

Libro de Ponencias



1er Congreso Argentino de TRIZ
1er Congreso Internacional de Creatividad e
Innovación Tecnológica

Metodologías para la Innovación en Productos y Procesos

General Pacheco - Pcia de Buenos Aires - Argentina
14 al 16 de setiembre 2016

1er Congreso Argentino de TRIZ

Libro de Ponencias

ISBN 978-987-1896-69-1

Compiladores:

Dr. Adrian Canzian (UTN, FRGP), Lic. Carlos Requena (UTN, FRGP), Ing. Juan Carlos Nishiyama (UTN, FRGP), Yamila Santarossa (UTN, FRGP)

Autores:

Guillermo Flores Téllez, Agustina Bella, Christian Blois, Federico Gil, Juan Pablo Roma, Tomás Iglesias, Vicente González Ladino, Edgardo Córdova López, Juan Carlos Nishiyama, Carlos E. Requena, Margarita De la Fuente, Fernando Yonni, Pedro Sariego Pastén, Fernando Navascues, Claudio Martínez, Adrian Canzian

2016



**Editorial de la
Universidad Tecnológica Nacional**

edUTecNe

<http://www.edutecne.utn.edu.ar>
edutecne@utn.edu.ar

©[Copyright]

edUTecNe, la Editorial de la U.T.N., recuerda que las obras publicadas en su sitio web son de libre acceso para fines académicos y como un medio de difundir la producción cultural y el conocimiento generados por autores universitarios o auspiciados por las universidades, pero que estos y edUTecNe se reservan el derecho de autoría a todos los fines que correspondan.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos productos (bienes tangibles y/o servicios) es la clave para la supervivencia de cualquier empresa, no alcanza con tener un producto de excelente calidad, los clientes ya están habituados a consumir productos de calidad superior buscan la innovación.

Existen muchas herramientas y metodologías que contribuyen al desarrollo de nuevos mercados, a la Ingeniería de producto como: Kansei (diseño sensorial) que aporta a las nuevas funciones un diseño sensorial adaptado a las necesidades de sus clientes (forma, textura, colores, etc.), QFD, AMFE, APQP (planeamiento avanzado de la calidad del producto), 6 Sigma y muchas más, pero estas sólo responden a 4 de las 5 preguntas o verdades de Kipling, es decir: qué, quién, dónde y cuándo **pero no responden a cómo** resolver el problema.

Desde hace unas décadas se comenzó a emplear una metodología llamada TRIZ, acrónimo ruso de “Teoría de Resolución de Problemas Inventivos”, esta nueva metodología está dirigida principalmente a los tecnólogos y emprendedores, cuyo objetivo final es la búsqueda de soluciones elegantes: **viables económicamente, innovadoras tecnológicamente y sobre todo sustentables**, aplicable al diseño y desarrollo de productos y al diseño de procesos.

En el ámbito empresarial son muchas organizaciones las que aplican la metodología TRIZ, entre ellas lideran las multinacionales japonesas como Konica, Minolta, Kawasaki, Panasonic, en el resto del mundo podemos mencionar entre otras a Samsung y Ford, etc.

En el ámbito académico podemos mencionar que se estudia TRIZ en todas las Facultades de Ingeniería de las Universidades Chinas, y en las siguientes Universidades: Gotemburgo, Osaka, Michigan, Harvard, Tel-Aviv e Institutos como el Tecnológico Samsung, Tecnológico de Monterrey, MIT, Tsukuba, entre otros.

En Argentina prácticamente no existe lugar dónde aprender TRIZ, la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional General Pacheco es pionera en la materia, durante el ciclo lectivo 2015 se implementó en la carrera de Ingeniería Mecánica la asignatura llamada “Metodologías para el Desarrollo de la Creatividad en Ingeniería”, que está “vertebrada” por TRIZ; de este modo, la convierte en la primera asignatura en su tipo en las aulas universitarias de Argentina. A partir de la interacción entre el cuerpo docente y los alumnos surgieron trabajos que se expondrán en congresos de la especialidad.

Además, el cuerpo docente de la Facultad Regional General Pacheco - FRGP ha compartido diversas actividades académicas y científicas con otras regionales de la UTN como: Delta; Paraná; Villa María; con la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Mar del Plata, la Facultad de Ingeniería de la Escuela Superior Técnica del Ejército y la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica Argentina.

Reflexionando, el motivo de este “contagio” TRIZ es que la actividad de resolución de problemas se convierte en una oportunidad para innovar.

Nuestra visión final es que el conocimiento de TRIZ juntamente con otras herramientas derivadas de esa metodología resulta indispensable para el desarrollo de los futuros profesionales tecnológicos y de las empresas.

Es por ello que la UTN FRGP decidió convocar al “1^{er} Congreso Internacional de Creatividad e Innovación Tecnológica - 1^{er} Congreso Argentino de TRIZ. Metodologías para la Innovación en Productos y Procesos” con la participación de expositores y expertos extranjeros como el Dr. Edgardo Córdova López (Instituto Tecnológico de Puebla y, BUAP Benemerita Universidad Autónoma de Puebla); Dr. Isak Bukhman (Vicepresidente del Altshuller Institute for TRIZ Studies EEUU) y el Ing. Vicente González Ladino (Consultor).

Temas / Topics

Metodología TRIZ en la enseñanza de la ingeniería

TRIZ methodology teaching in Engineering.

Resolución creativa de problemas en la Industria Manufacturera

Creative problems resolution in the Manufacturing Industry.

Aplicación de la metodología TRIZ a los Procesos Industriales

TRIZ methodology application to Industrial Processes.

Metodología de diseño TRIZ sustentable

TRIZ sustainable methodology design.

TRIZ como un punto de arranque para el emprendedorismo tecnológico

TRIZ as a starting point for technological entrepreneurship.

PONENCIAS

-  **Empleo de la metodología TRIZ en el aprovechamiento de Jardines de Justicia Spicigera Schlechtendal como alternativa de fortalecimiento de modos de vida sostenibles**
Guillermo Flores Téllez, Jaime Garnica González, Edgardo Córdova López, Elisa Arisbé Millán Rivera
-  **Casco plegable para motocicletas**
Bella, Agustina, Dolz, Sabrina Fernanda
-  **F1 Dynamic Security System**
Christian Blois, Joan Manfrida, Federico Murray, Gabriel Araujo
-  **Obstrucción de canal de entrada en sistemas de succión de agua de río**
Basgall Angel, Ecay Lucia, Gil Federico, Lescano Joaquin
-  **Aplicación de TRIZ y del método Taguchi en la industria de los adhesivos. El caso del adhesivo que cambia de color**
Vicente González Ladino
-  **Modelo para la implementación de TRIZ como acción estratégica para el éxito empresarial**
Edgardo Cordova López, Miguel Rojano Aguirre
-  **El mantenimiento creativo bajo el concepto TRIZ**
Edgardo Cordova López, Miguel Rojano Aguirre
-  **Optimizando el AMFE mediante el USIT**
Juan Carlos Nishiyama, Carlos Requena, Fernando Arrayago
-  **Aplicación de TRIZICS en resolución de problemas**
Juan C. Nishiyama, Tatiana Zagorodnova, Carlos E. Requena
-  **Innovadores que sí innovan**
Margarita De la Fuente y Valeria Pérez Silveira
-  **Metodología Holística TRIZ Aplicado a la Resolución de un Problema Químico**
Fernando Yonni
-  **Innovación tardía en Tolvas Mineras de Grandes Camiones Mineros**
Pedro Sariego Pastén
-  **TRIZ Una Metodología Estructurada para Incrementar la Creatividad en la Innovación Tecnológica**
Fernando Navascues, Rocio Delger
-  **Mecanismo con doble tracción a sangre**
Claudio Martínez
-  **USIT BIOMIMETISMO .Una Solución en la labranza agrícola**
J. C. Nishiyama, C. Requena, A. Canzian, C. A. Monti , R. Taboada
-  **Biomimética-PET-USIT**
Juan C.Nishiyama a, Juan Fructuoso b, Carlos E. Requena
-  **Aplicación de la metodología TRIZ a un problema real**
Iglesias Tomás, Lauría Kevin, Castro Pablo
-  **Walking device for dystonic patient**
Juan Pablo Roma

Comité Evaluador:

Dr. Edgardo Córdova López (Instituto Tecnológico de Puebla, México)

Dr. Marco Aurelio de Carvalho (Universidad Tecnológica Federal de Paraná, Brasil)

Ing. Juan Carlos Nishiyama (UTN, FRGP, Argentina)

Lic. Carlos Requena (UTN, FRGP, Argentina)

Lic. Fernando Yonni (UCA; UTN, FRGP, Argentina)

Ing. Mario Lozano (UTN, VM)

Dr. Guillermo Robles (Instituto Tecnológico de Orizaba, México)

Comité Organizador:

Dr Walter Legnani (UTN, Rectorado)

Ing. Ricardo Bosco (UTN, FRGP)

Ing. José Luis García (UTN, FRGP)

Ing. Juan Fructuoso (UTN, FRGP)

Ing. Juan C. Pérez Arrieu (UTN,
FRGP)

Lic. Alejandra Gabitto (UTN, FRGP)

Lic. Paula Ferrari (UTN, FRGP)

Lic. Tatiana Zogorodnova (UTN,
FRGP)

Srta. Yamila Santarossa (UTN, FRGP)

Sr. Leandro Santarossa (UTN, FRGP)

Ing. Guillermo Gómez (UNMdP)

Srta. Claudia Fryda (UTN, FRGP)

Dr. Adrian Canzian (UTN, FRGP)

Srta. Rocío Delger (UTN, FRGP)

Ing. Fernando Arrayago (UCA, UTN
FRGP)

Ing. Oscar Ozuna

Lic. Ariela De Rosso

AUSPICIANTES

ORGANIZA:



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional General Pacheco

ADHIERE:



AUSPICIAN:



Volkswagen

EMPLEO DE LA METODOLOGIA TRIZ EN EL APROVECHAMIENTO DE JARDINES DE JUSTICIA SPICIGERA SCHLECHTENDAL, COMO ALTERNATIVA DE FORTALECIMIENTO DE MODOS DE VIDA SOSTENIBLES

M. en C. Guillermo Flores Téllez^a, Dr. Jaime Garnica González^b, Dr. Edgardo Córdova López^c y Mtra. Elisa Arisbé Millán Rivera^d

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Doctorado en Ciencias en Ingeniería Industrial.

Calle 3 sur No. 22. Reforma Sur, Puebla, Puebla, 72160, México.

^b Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Centro de Investigación Avanzada en Ingeniería Industrial, Carboneras, Mineral de la Reforma, Pachuca, Hidalgo, 42184, México.

^c Instituto Tecnológico de Puebla, Avenida Tecnológico #420 Colonia Maravillas, Puebla, Puebla, 72220, México.

^d Centro de Adiestramiento Sistemático para el Desarrollo de Tecnologías, Área de innovación y Transferencia de Tecnología.

CASDT Scholarship to researchers Students, 61 sur No. 126 A, Col. Reforma Sur, Puebla, Puebla, 72160, México.

* Guillermo Flores Téllez, gft17@yahoo.com

ABSTRACT

This study provides the elements of the project of "Justicia spicigera schlechtendal" gardens, as an alternative to building sustainable ways of life. It is a proposal for creating family urban gardens, which involve only the cultivation of muicle and its care, harvest, sustainable consumption and processing. The muicle is a bush with flowers. Easy access plant, which by its attributes and characteristics can provide a viable alternative for feeding people who require it. The development of this research provides a case of the application of TRIZ methods, techniques and tools required to perform food manufacturing processes with this plant, this products are manufactured by families and establish the basis of their comprehensive utilization, with the proposed products for human consumption. The project is based on the consultation of scientific research, case studies, publications and manuals. This method helps to keep the information and proposal, improve their performance, and achieve continuity and sustainability in the operation of the developments, together with methods and techniques of sustainable engineering. This project can strengthen and promote growth, support and food self-sufficiency for building and achieving sustainable ways of life in the present societies. The development of the research is based on observations, reasoning and conclusions concerning the content of the topics about industry development, ecology, transformation, processes, technologies, environmental strategies, product design and creativity as a valuable resource for solving problems.

Keywords: TRIZ, Sustainable Development, muicle, Schlechtendal spicigera Justice, product design.

RESUMEN

En el presente estudio se plantean los elementos que corresponden al proyecto de Jardines de Justicia spicigera schlechtendal, como alternativa de fortalecimiento de modos de vida sustentables. Es una propuesta de creación de jardines familiares urbanos, únicamente con el cultivo, cuidado, cosecha, consumo y procesamiento sostenible para el caso del muicle, que es un arbusto con flores. Planta de fácil acceso, que por sus atributos y características puede brindar una alternativa viable a favor de la alimentación de las personas que lo requieran. El desarrollo de la investigación establece la aplicación de TRIZ en los métodos, técnicas y herramientas necesarias para realizar procesos de fabricación de alimentos con esta planta, para ser elaborados por familias y establecer las bases de su aprovechamiento integral, con la propuesta de productos derivados para el consumo humano. El proyecto se apoya en la consulta de investigaciones, casos de estudios, publicaciones y manuales, para mantener actualizada la propuesta, mejorar su funcionamiento, lograr continuidad y sustentabilidad en la operación de los desarrollos, conjuntamente de métodos y técnicas propios de la ingeniería sostenible. Es con este proyecto que se puede fortalecer y propiciar el crecimiento, apoyo y autosuficiencia alimentaria para la construcción y logro de modos de vida sostenibles. El proyecto se establece mediante la asistencia de las observaciones, razonamientos y conclusiones, referente al contenido de los temas del desarrollo de la industria, la ecología, la transformación, los procesos, las tecnologías, las estrategias ambientales y el diseño de productos.

Palabras Clave: TRIZ, Desarrollo Sostenible, muicle, Justicia spicigera schlechtendal, diseño de productos.

1. Introducción

El presente proyecto, se constituye mediante la revisión de los documentos referentes al contenido con respecto a los temas del desarrollo sostenible, la industria, la ecología, la transformación, los procesos, las tecnologías, las estrategias ambientales, el diseño de productos y la creatividad, como recurso valioso en la solución de problemas, a través de TRIZ. Se reflexiona el contexto y perspectiva del Desarrollo Sostenible para establecer una visión integral de los factores clave, que son necesarios contemplar en el planteamiento de propuestas susceptibles de desarrollo o implementación de un proyecto integrador, cuyo eje transversal emplee la creatividad para minimizar el empleo de recursos y maximizar los beneficios obtenidos de su puesta en operación.

Los investigadores consultados consideran que el planeta definitivamente alcanzará los límites de su crecimiento a razón de la tendencia descontrolada del incremento de la población mundial, la industrialización, la contaminación ambiental, la producción de alimentos y el agotamiento de los recursos [22]. El desarrollo tecnológico, industrial y la sustentabilidad de los recursos deben ser considerados como factores inseparables e inherentes al progreso de la humanidad. Es necesario considerar la protección y recuperación de ecosistemas, frente a los desmedidos efectos no deseados que se han producido en los ecosistemas naturales [14]. Es mediante la consulta documental del contenido de los documentos analizados en este escrito, que es posible constatar la declaración de intenciones de las diferentes organizaciones a favor de la sustentabilidad, sin embargo, es necesario encauzar los esfuerzos para atender la problemática de manera operativa, no solo de forma conceptual [17,18,28,29 y 34]. Ya que acorde con los datos consultados, en la actualidad, el sector privado, no cuenta con incentivos para involucrarse en la gestión ambiental, la población y los responsables de la elaboración de políticas se encuentran en un proceso lento de acción [13]. Es necesario, modelar nuevas tendencias de pensamiento, encaminado a efectuar de manera oportuna y sustentable las actividades y tareas cotidianas de cada ser humano, en los distintos niveles de la sociedad, plasmando estas estrategias en acciones globales en todos los ámbitos. Los esfuerzos se deben concentrar en crear soluciones con respecto a metas de progreso, objetivos comunes y soluciones necesarias. Para el logro de los objetivos, es necesario crear alternativas para concentrar e implicar a los distintos niveles de la sociedad, desde cada individuo hasta las diversas agrupaciones que realicen alguna actividad que conlleva la iteración con la economía y el medio ambiente. El nivel más elemental que conforma a una sociedad como sistema, es el individuo mismo, que se congrega en el sector social próximo de formación y convivencia, es decir, la familia, que representa el eslabón necesario para atender en la sociedad y es el sector de la población que es sensato reforzar debidamente para lograr una evolución en los hábitos de vida y consumo, que impactarán masivamente en los ecosistemas del planeta [9].

Se calcula que la población mundial para el año 2015, es de un poco más de 7,000'000,000 (siete mil millones) de personas. Hasta hoy, el 1% de la población tiene mucho más riqueza que el resto de la población, estos datos, con base al Informe sobre Riqueza Global 2015 de Credit Suisse, donde se realizó una serie de análisis, que muestran cómo se distribuye la riqueza a nivel mundial, cómo ha evolucionado y cómo se ve esta riqueza en forma de pirámide. Destaca que 0.7% de la población mundial, la cual representa cerca de 34 millones de personas, posee el 45.2% de la riqueza global, mientras que 71% de la población cuenta solo con 3% de la riqueza mundial. Esto quiere decir que el 1% más rico tiene tanto patrimonio como todo el resto del mundo junto. En la figura 1., se muestra los gráficos del estudio acerca de la distribución de la riqueza mundial [19].

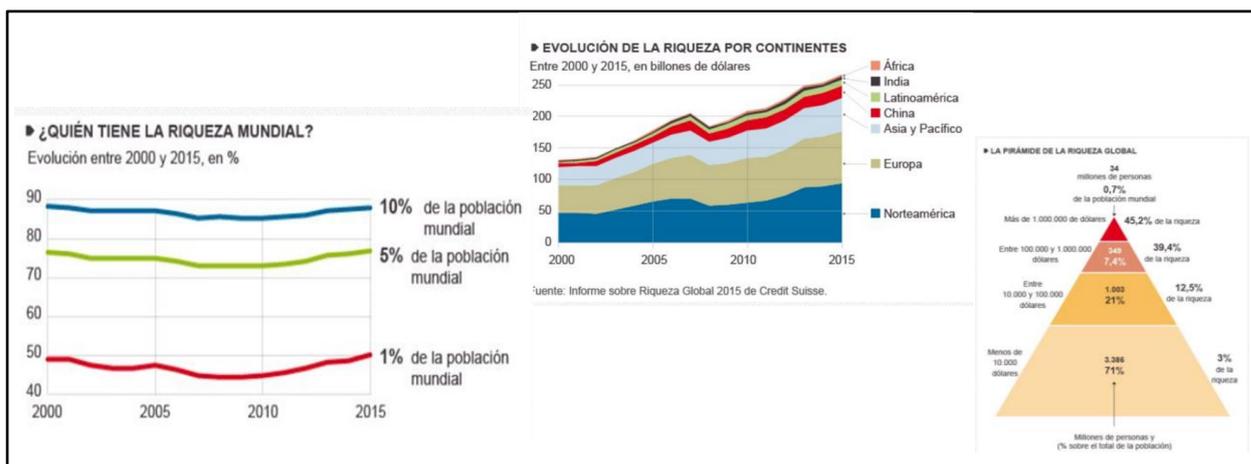


Figura 1. Gráficos del estudio Riqueza Global 2015 de Credit Suisse [19].

Se considera que en la actualidad, las naciones más ricas destinan más de 130 mil millones de dólares al año en apoyo a las naciones más pobres, condicionando los recursos para infraestructura a través de los corporativos globales. Estos extraen, de las naciones subdesarrolladas, cerca de 900 mil millones de dólares en materias primas, especulación y manipulación de divisas. Investigadores de la universidad de Massachusetts, concluyeron que el flujo total de las naciones más pobres a las naciones más ricas era de 2 billones de dólares cada año [31]. Es necesario formular e implementar propuestas que contribuyan a minimizar los efectos de desigualdad, conjuntamente con esquemas de sustentabilidad para generar la riqueza necesaria y brindar un desarrollo científico, que logre un progreso económico, social, ambiental y tecnológico. La propuesta del presente estudio, plantea la creación de cultivos de jardines de Justicia spicigera schlechtendal, apoyados en la metodología TRIZ, que permite aprovechar la creatividad de una manera sistemática. La creatividad es un estado permanente de descubrimiento, una manera diferente en el proceso de pensamiento de manera estética y cultural, cambia una estructura definida para la realización de algo por múltiples variables propias [21]. El método para la creación efectiva de este proyecto de desarrollo sustentable, para lograr una optimización de recursos y un mejor funcionamiento: es la metodología TRIZ (Teoría de inventiva para la resolución de problemas), sirve para resolver problemas de inventiva o innovación tecnológica de una manera sistemática [3], establece que cualquier persona puede innovar en cualquier ámbito, sin la necesidad de contratar los servicios de un experto en el área [2]. La teoría consiste en descubrir las principales contradicciones en un problema de innovación tecnológica o la necesidad de generar un invento [30]. La implementación de Jardines familiares urbanos de muicle para su cultivo, cuidado, cosecha, consumo y procesamiento sostenible, permitirá contar con una alternativa de reproducción controlada de un recurso natural valioso, económico y de fácil acceso, que por sus atributos y características puede brindar una alternativa a favor de la alimentación de las personas que lo requieran, permitiendo la construcción de modos de vida sostenibles en las familias, beneficiando la nutrición, la economía y reduciendo los impactos ambientales producidos por la huella de carbono en zonas urbanas.

2. Planteamiento de la problemática

México posee características geográficas y condiciones favorables para el cultivo de la familia Acanthaceae genero Justicia, que por su nombre científico Justicia spicigera schlechtendal es muy poco conocida, conjuntamente con los beneficios y propiedades de su consumo como alimento cuyas propiedades no aprovechadas, son necesarias para producir un bienestar a la sociedad. También conocida como Muicle, mozote, mohintli. Añil de piedra, micle, mohuite, muele, muelle, muille, muite, muitle. Oaxaca: me tzi ña, Puebla: mouait (tepehua): San Luis Potosi: muu (tenek); Yucatan: Cruz Káax [30]. Existen estudios con respecto a esta planta que evidencian variados beneficios acerca de su consumo y propiedades medicinales, antioxidantes y fortificantes. En la figura 2, se muestra una fotografía de la planta.



Figura 2. Muicle. Justicia spicigera schlechtendal [6].

Esta planta es originaria de México y crece principalmente en los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Veracruz y Yucatán. El muicle es un arbusto que tradicionalmente se ha empleado con fines medicinales, dentro de la herbolaria mexicana. Se ha empleado para atender problemas de salud, relacionados con la anemia, mala circulación, presión arterial, problemas digestivos y en diversos casos de cáncer, tumores y golpes. Existen diversos estudios acerca del muicle, con un enfoque medicinal y en México recientemente solo se encontró un modelo de utilidad con propuesta de patente en el IMPI, un solo caso reciente

de patente en proceso de revisión en México del 2014 – con número de solicitud: MX/a/2013/007273, para tratamiento de hipertensión [20], este planteamiento se muestra en la figura 3.

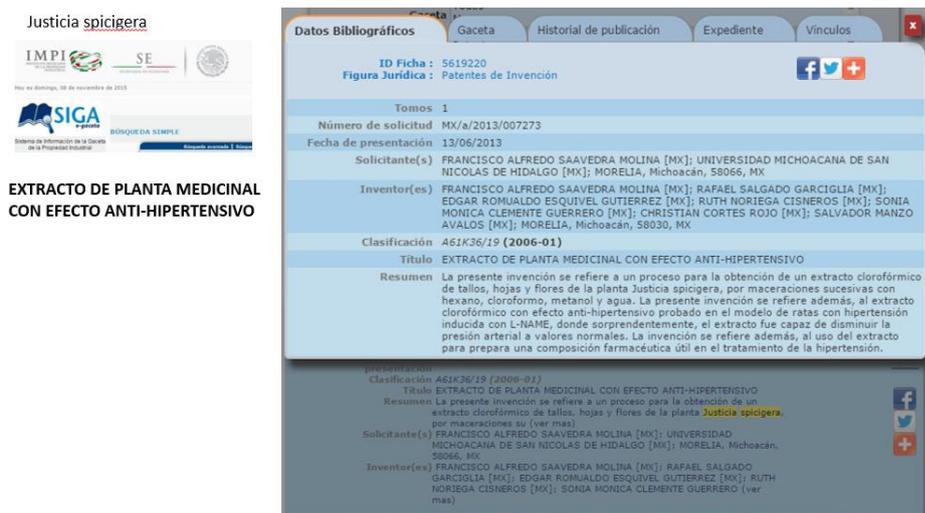


Figura 3. Patente en proceso de revisión en IMPI-México del 2014, número de solicitud: MX/a/2013/007273 [20].

En la tabla 1, se muestra una relación cronológica de las últimas décadas que muestran evidencia de estudios recientes acerca del muicle y sus propiedades medicinales. La mayor parte de los casos publicados se concentran en el estudio de la planta con usos medicinales enfocados al tratamiento de la hipertensión, cáncer en diversas manifestaciones, usos de aplicación industrial para pigmentos textiles y su estudio de las propiedades antioxidantes.

Tabla 1. Relación cronológica de investigaciones del muicle. Elaboración propia con base a las referencias mostradas.

Año	Publicación
2001	M Ponce-Macotela · Y Rufino-González · J I de la Mora-de la Mora · A González-Maciél · R Reynoso-Robles · M N Martínez-Gordillo (2001). Mortality and morphological changes in Giardia duodenalis induced by exposure to ethanolic extracts of Justicia spicigera. Proceedings of the Western Pharmacology Society 02/2001; 44:151-2.
2001	J R Cáceres-Cortés · F A Cantú-Garza · M T Mendoza-Mata · M A Chavez-González · G Ramos-Mandujano · I R Zambrano-Ramírez (2001). Cytotoxic activity of Justicia spicigera is inhibited by bcl-2 proto-oncogene and induces apoptosis in a cell cycle dependent fashion. Phytotherapy Research 12/2001; 15(8):691-7. DOI:10.1002/ptr.791 · 2.66 Impact Factor
2004	Manuel Jesús Chan-Bacab · Patricia Sanmartín · Juan Carlos Camacho-Chab · Kahlia Beatriz Palomo-Ascanio · Hesby Emmanuel Huitz-Quimé · Benjamín Otto Ortega-Morales (2014). Characterization and dyeing potential of colorant-bearing plants of the Mayan area in Yucatan Peninsula, Mexico. Journal of Cleaner Production 12/2014; 91. DOI:10.1016/j.jclepro.2014.12.004 · 3.84 Impact Factor
2004	K. L. Euler · M. Alam (2004). Isolation of Kaempferitrin From Justicia spicigera. Journal of Natural Products 06/2004; 45(2). DOI:10.1021/np50020a020 · 3.80 Impact Factor.
2009	Elisa Vega-Avila · Adolfo Espejo-Serna · Francisco Alarcón-Aguilar · Rodolfo Velasco-Lezama (2009). Cytotoxic activity of four Mexican medicinal plants. Proceedings of the Western Pharmacology Society 01/2009; 52:78-82
2009	Sepulveda-Jimenez Gabriela · Reyna-Aquino Celerino · Chaires-Martínez Leandro · Bermudez-Torres Kalina · Rodriguez-Monroy Mario. (2009). Antioxidant Activity and Content of Phenolic Compounds and Flavonoids from Justicia spicigera. Journal of Biological Sciences 06/2009; 9(6). DOI:10.3923/jbs.2009.629.632
2010	C. Fernandez-Pomares · M. Bravo-Avila · O. Munoz-Muniz · E. Juarez-Aguilar · M. A. Dominguez-Ortiz · M. E. Hernandez-Aguilar (2010). Antiproliferative activity of the polar extract of Justicia spicigera on LNCaP cells. Cancer Prevention Research; 12/2010
2011	Leopoldo Marco Antonio Pavón-García · César Pérez-Alonso · Juan Orozco-Villafuerte · Diana Jaqueline Pimentel-González · María Eva Rodríguez-Huezo · Eduardo Jaime Vernon-Carter (2011). Storage stability of the natural colourant from Justicia spicigera microencapsulated in protective colloids blends by spray-drying. International Journal of Food Science & Technology 06/2011; 46(7):1428 - 1437. DOI:10.1111/j.1365-2621.2011.02634.x · 1.38 Impact Factor
2012	E. García-Márquez · A. Román-Guerrero · C. Pérez-Alonso · F. Cruz-Sosa · R. Jiménez-Alvarado · E.J. Vernon-Carter (2012). Efecto de las condiciones de extracción solvente-temperatura en la actividad antioxidante y contenido de fenoles totales en

	extractos de muicle y su pérdida durante el almacenamiento a diferentes valores de pH. Revista mexicana de ingeniería química 04/2012; 11(1):1-10. · 0.57
2012	Rolffy Ortiz-Andrade · Angel Cabañas-Wuan · Víctor E Arana-Argález · Angel Josabad Alonso-Castro · Rocio Zapata-Bustos · Luis A Salazar-Olivo · Fabiola Domínguez · Marco Chávez · Candy Carranza-Álvarez · Alejandro García-Carrancá. (2012). Antidiabetic effects of Justicia spicigera Schltdl (Acanthaceae). Journal of ethnopharmacology 07/2012; 143(2):455-62. DOI:10.1016/j.jep.2012.06.043 · 3.00 Impact Factor.
2012	Elisa Vega-Avila · Rafaela Tapia-Aguilar · Ricardo Reyes-Chilpa · Silvia Laura Guzmán-Gutiérrez · Javier Pérez-Flores · Rodolfo Velasco-Lezama. (2012). Actividad antibacteriana y antifúngica de Justicia Spicigera
2012	Angel Josabad Alonso-Castro · Elizabeth Ortiz-Sánchez · Fabiola Domínguez · Víctor Arana-Argález · Maria del Carmen Juárez-Vázquez · Marco Chávez · Candy Carranza-Álvarez · Octavio Gaspar-Ramírez · Guillermo Espinosa-Reyes · Gabriela López-Toledo · Rolffy Ortiz-Andrade · Alejandro García-Carrancá (2012). Antitumor and immunomodulatory effects of Justicia spicigera Schltdl (Acanthaceae). Journal of ethnopharmacology 03/2012; 141(3):888-94. DOI:10.1016/j.jep.2012.03.036 · 3.00 Impact Factor
2013	Gómez, J.C. (2013). Actividades Biológicas y Análisis Metabólico de Justicia spicigera: Ensayos Biológicos de Justicia spicigera. Edited by Editorial Académica Española, 02/2013; Editorial Académica Española., ISBN: 978-3659067921
2013	I Baqueiro-Peña · J Á Guerrero-Beltrán (2013). Antioxidant and Coloring Characteristics of Muicle (Justicia spicigera). Internationa Food Technology, Chicago, Illinois, USA; 07/2013
2013	E.R.1 Esquivel-Gutiérrez · R.1 Noriega-Cisneros · M.1 Arellano-Plaza · M.2 Ibarra-Barajas · R.1 Salgado-Garciglia · A. Saavedra-Molina. (2013) Antihypertensive effect of Justicia spicigera in L-NAME-induced hypertensive rats. Pharmacologyonline 08/2013; 2:120-127. · 0.16 Impact Factor
2014	Julia Cassani · Ana María Dorantes-Barrón · Lilian Mayagoitia Novalés · Guadalupe Alva Real · Rosa Estrada-Reyes. (2014). Anti-Depressant-Like Effect of Kaempferitrin Isolated from Justicia spicigera Schltdl (Acanthaceae) in Two Behavior Models in Mice: Evidence for the Involvement of the Serotonergic System. Molecules 12/2014; 19(12):21442-61. DOI:10.3390/molecules191221442 · 2.42 Impact Factor.
2014	Itzamna Baqueiro · José Angel Guerrero Beltrán. (2014). Uses of Justicia spicigera in medicine and as a source of pigments. Functional foods in Health and disease 2014; 4(9):401-414.
2015	N.E. Awad · M.A. Abdelkawy · M.A. Hamed · A.M.A. Souleman · E.H. Abdelrahman · N.S. Ramadan. (2015). Antioxidant and hepatoprotective effects of Justicia spicigera ethyl acetate fraction and characterization of its anthocyanin content. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences 01/2015; 7(8):91-96. · 1.59 Impact Factor

Estos estudios evidencian una tendencia reciente de investigación formal, que brinda una importancia relevante acerca del estudio y propiedades del muicle. Sin embargo son pocos los casos científicos documentados en lo referente al empleo del muicle con fines alimentarios. Lo que limita significativamente los posibles alcances que pueden tener el consumo y aprovechamiento de esta planta para coadyuvar en lo referente a la soberanía alimenticia de las familias mexicanas y la prevención de enfermedades causadas por una mala alimentación. Aunado a esta problemática observada, es necesario establecer los medios necesarios para la siembra, cultivo y aprovechamiento de la planta, para contar con un sistema de funcionamiento y consumo sostenible, contemplando los procesos para producir derivados de la planta, desde su almacenamiento hasta su consumo final.

3. *La implementación de Jardines familiares urbanos de muicle*

La implementación de Jardines familiares urbanos de muicle para su cultivo, cuidado, cosecha, consumo y procesamiento sostenible, permitirá contar con una alternativa de reproducción controlada de un recurso natural valioso, económico y de fácil acceso, que por sus atributos y características puede brindar una alternativa a favor de la alimentación de las personas que lo requieran, permitiendo la construcción de modos de vida sostenibles en las familias, beneficiando la nutrición, la economía y reduciendo los impactos ambientales producidos por la huella de carbono en zonas urbanas. Es mediante el monitoreo tecnológico de patentes para conocer y determinar la posición e impacto del proyecto, con el objetivo de generar medidas y metas por alcanzar, sin incurrir en infracciones por el derecho de propiedad intelectual de empresas y/o personas físicas. El proyecto ha demandado y requiere en gran medida de investigación documental, exploratoria y en su fase de concepción e implementación de investigación de tipo experimental. Esta planta puede crecer de manera silvestre en los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Veracruz y Yucatán. Se ha contado con asesoría y orientación de manera voluntaria y altruista, por parte de investigadores y ciudadanos de diferentes grados académicos y perfiles laborales. Las entrevistas con expertos permitieron, obtener un conocimiento acerca de las circunstancias de los especialistas y sus trabajos previos con el muicle y sus diversas aplicaciones. En una referencia, el Dr. Miguel Ángel Villavicencio Nieto del centro de Investigaciones Biológicas, de la Universidad Autónoma del estado de Hidalgo (2015), corrobora la factibilidad de la propuesta y que la planta de muicle puede consumirse de manera cotidiana sin peligro de toxicidad. Dato que puede confirmarse con otros

estudios documentados donde se ha comprobado que es una planta no toxica y puede tomarse por largas temporadas como reconstituyente sin ningún riesgo [32].

Con la implementación de los jardines propuestos, se concibe como una propuesta orientada a la construcción de modos de vida sustentables, retomando las aportaciones y recursos de distintos actores sociales, con el objetivo de contribuir a la construcción de una autosuficiencia familiar en materia alimentaria y económica, para asistir a familias en condiciones de mayor vulnerabilidad social. El enfoque del desarrollo tecnológico de interés principal, se dirige a la propuesta de su siembra, almacenamiento, disposición, procesamiento y consumo, con fines de alimentación de las personas de manera autónoma. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo fundamental ofrecer un proceso, asistido por TRIZ en la reproducción, desarrollo y crecimiento del muicle, permitiendo con esto su explotación y conservación, además, la autosuficiencia de familias por medio de generar productos derivados de la planta. El objetivo primordial del desarrollo de la investigación se concentra en brindar una alternativa sencilla, económica y accesible para cualquier persona que lo necesite. En la figura 4, se muestra un ejemplo de los jardines desarrollados.



Figura 4. Ejemplo de Jardines familiares urbanos de muicle.

Referente a sus características botánicas, el muicle es un arbusto hasta de 5 m de alto; con tallos jóvenes y con láminas frecuentemente ennegrecidas con el secado, ovalado, elípticas de 3.2 a 22.5 cm de largo, de 0.7 a 6.7 cm de ancho. Inflorescencias hasta de 10.5 cm de largo. Panículos espigados, axilares y terminales de 10.5 cm de largo, pedúnculos de 1.7 a 4 cm de largo; corola de 3.3 a 5.5 cm de largo color rojo pálido, naranja o escarlata. Puede presentar frutos (aunque raramente sucede) que son cápsulas de 1.7 cm de largo, con 4 semillas, de 2.7 a 3 mm de largo y 2.5 mm de ancho.

La planta se cultiva no se considera vulnerable a la extinción. El muicle provee algunos de los colorantes usados extensamente en la tradición popular, de él se logra el rosa mexicano, el violeta y el azul, además es una planta utilizada por algunas etnias de México como tónico sanguíneo, estimulante, antidisentérico, antipirético, antiespasmódico, antiinflamatorio, para aliviar trastornos menstruales, anemia, nervios, insomnio, bronquitis, desordenes intestinales incluyendo náuseas, diarrea y vómito, para tratar el cáncer e infecciones renales. El cocimiento de las ramas, hojas y flores como tratamiento es muy útil para la presión arterial, purificar la sangre y tratar la sífilis. Se ha reportado también su uso para el tratamiento de enfermedades de las encías.

Datos reportados por otras especies de la familia (Acanthaceae) indican diferentes valores de capacidad antioxidante, fenoles totales y contenido de flavonoides, dependiendo de la especie de la planta y el extracto en el que se encuentra. La gran capacidad antioxidante encontrada en partes aéreas (hojas y flores) de Justicia spicigera muestra que el contenido de fenoles y flavonoides contribuyen a esta propiedad, relacionando el uso de estas partes en la tradición popular con propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas y depurativas. El muicle es comúnmente utilizado en México para el tratamiento del cáncer cervical. Estudios han demostrado que extractos de la planta Justicia spicigera ejercen efecto citotóxico y antitumoral en ratas siendo el principal componente aislado en este extracto el flavonoide kaempferol-3, 7-bisrhamnósido (kaempferitrin). El efecto citotóxico y apoptótico del flavonoide kaempferitrin fue evaluado en células cancerosas humanas y en células sin tumores. Los resultados demostraron que el flavonoide ejerce fuerte efecto citotóxico también en estudios in vitro, en células cancerosas. De igual forma kaempferitrin ejerce efectos quimiopreventivos y antitumorales. Los extractos de Justicia spicigera son buena fuente de antioxidantes. La capacidad antioxidante de la Justicia spicigera, es la capacidad de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas estabilizando los radicales libres.

4. La metodología TRIZ en el aprovechamiento de jardines de justicia spicigera schlechtendal

El objetivo del Desarrollo Sustentable, se propuso en la Comisión Brunthland y considera que el progreso debe permitir, a las generaciones actuales, satisfacer sus necesidades más apremiantes, pero al mismo tiempo protegiendo y conservando los ecosistemas del planeta, de tal manera que las generaciones futuras también sean capaces de satisfacer sus propias necesidades [8]. En el Desarrollo Sustentable, TRIZ tiene un lugar preponderante, es una base de los nuevos inventos, diseños e innovaciones tecnológicas, relacionadas con la protección ambiental, un antecedente se refiere a

TRIZ Journal de marzo 2003 bajo el título: “Support: Sustainable innovation tools proyect” [4]. Las herramientas que se utilizan en el manejo de TRIZ e implementadas en el presente estudio se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Herramientas de metodología TRIZ empleadas en la creación del proyecto de aprovechamiento del muicle [33].

Nombre	Descripción genérica
40 principios de inventiva	Sugerencias genéricas para eliminar contradicciones técnicas en un sistema tecnológico.
Tendencia de evolución de los sistemas tecnológicos	Un sistema tecnológico está en constante cambio, este no se mantiene estático.
Matriz de contradicciones de Altshuller	Consta de 39 características las cuales estipulan que mientras una cualidad mejora otra empeora, lo que busca es eliminar las contradicciones técnicas y físicas, mediante 40 principios de mejora.
Análisis del campo-sustancia	Ve la interacción entre sustancia y campo donde se presenta un problema de inventiva.
Patrones de la evolución	Los sistemas técnicos evolucionan siguiendo patrones predecibles. TRIZ en la evolución de sistemas busca soluciones posibles a problemas tecnológicos basada en predicciones de cómo evolucionan los sistemas tecnológicos.
ARIZ (algoritmo para resolver un problema de invención)	Transformación lógica de la situación inicial del problema en soluciones conceptuales para ese problema.

En la figura 5, se muestra el esquema general del proyecto de aprovechamiento de jardines de justicia spicigera schlechtendal, mediante la integración y asistencia de TRIZ, para el desarrollo del proyecto y fabricación de nuevos productos, derivados de la planta.

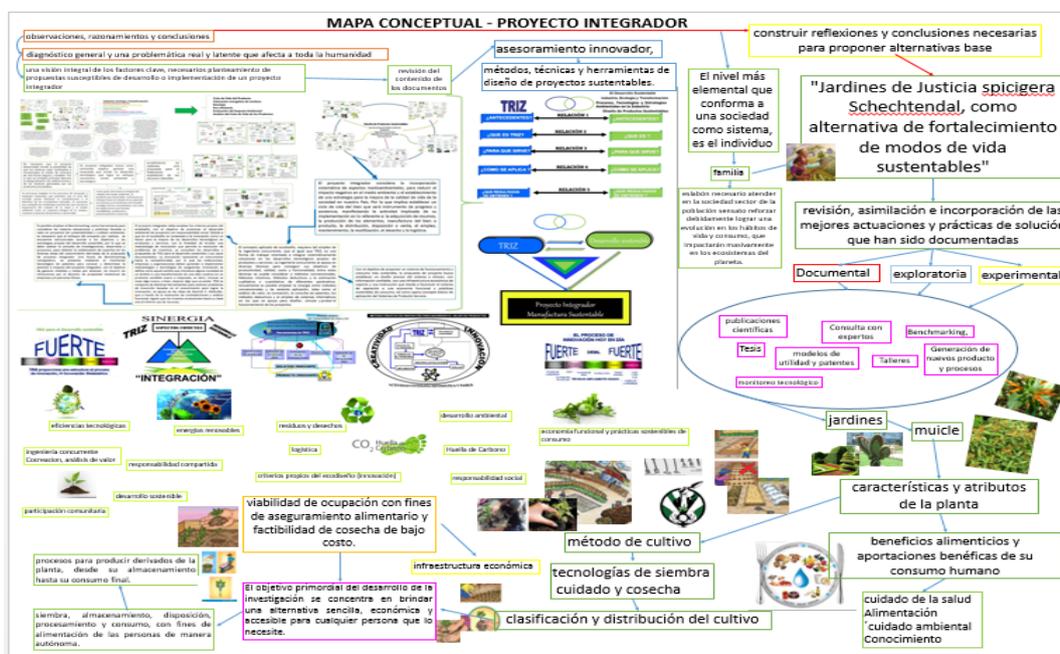


Figura 5. Mapa conceptual general del proyecto con la integración de TRIZ

5. Conclusiones

Los resultados de la investigación han permitido promover la difusión permanente de una ideología sobre los beneficios que se tienen del muicle, conllevando un impacto social con expectativas de crecimiento, formar una organización del estudio que oriente a la realización de mejoras e innovaciones del mismo, lograr y controlar la reproducción del muicle, a través de métodos, técnicas y herramientas simples, conservando sus propiedades, sistematizar el proceso de crecimiento y maduración, utilizando condiciones idóneas para su desarrollo. También el fomentar el cultivo del muicle y mostrar sus ventajas de innovación. Brindar una alternativa para que las familias incluyan dentro de su dieta diaria productos derivados del muicle.

Referencias

- [1] Altomonte, H., Correa, N., Rivas, D. y Stumpo, G., La dinámica del consumo energético industrial en América Latina y sus implicancias para un desarrollo sostenible, Revista CEPAL.
- [2] Chala, J. Diseño de una metodología que reduzca la necesidad de expertos en el diseño de productos ambientalmente eficientes mediante el uso de elementos de la teoría para la resolución de problemas de inventiva, TRIZ, (Magister en ingeniería). Universidad Nacional de Colombia. (2012).
- [3] Córdova, E. Un modelo de innovación bajo el concepto de TRIZ. I Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Puebla, México. (2006).
- [4] Coronado, M., Oropeza, R. y Rico, E. Triz, la metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática. México. D.F: Panorama. (2005).
- [5] El huerto familiar biointensivo. Introducción al método de cultivo biointensivo, alternativa para cultivar más alimentos en poco espacio y mejorar el suelo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013).
- [6] El huerto medicinal. Cultivo y uso de plantas medicinales y aromáticas. Tierra Mar. (2010).
- [7] Energía y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe: guía para la formulación de políticas energéticas.
- [8] Feitó, M., Cespón, R. y Rubio, M. Modelos de optimización para el diseño sostenible de cadenas de suministros de reciclaje de múltiples productos. (2016).
- [9] Flores, G. y Millán, E. A. El kung fu de la metodología TRIZ para la Generación del Conocimiento. V Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica Basado en TRIZ. Puebla, México. (2010).
- [10] Fuentes renovables de energía en América Latina y el Caribe: situación y propuestas de políticas. CEPAL. (2004).
- [11] Fuentes de energía renovables, fuentes de desarrollo sostenible, leader european observatory.
- [12] Fundacion Bankinter. La tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID). Mitos y realidades.
- [13] Fundacion Bankinter. Claves para el nuevo equilibrio global. (2014). www.fundacionbankinter.org
- [14] Fundación de la innovación Bankinter. Innovación Social: (2009).
- [15] Fundación de la innovación Bankinter. Reinventando el desarrollo sostenible. Future Trends Forum. (2009).
- [16] Fundación de la innovación Bankinter. Lo que antes era innovación ahora es presente. Future Trends Forum. (2013).
- [17] German Agency for Technical Cooperation, NU. CEPAL, OLADE.
- [18] Gestión ambiental hacia la industria, logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000. Secretaría del medio ambiente, recursos naturales y pesca, SEMARNAP, instituto nacional de ecología, INE, procuraduría federal de protección al ambiente, PROFEPA.
- [19] IMCO. Instituto Mexicano para la Competitividad A.C.
- [20] Instituto Mexicano de la propiedad Industrial. Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Industrial. (2015).
- [21] López, C. Homeopatía y psique, Trastornos psico-emocionales, diagnóstico y tratamiento. Barcelona: vedra. (2009).
- [22] Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la Humanidad". Meadows, D.H.; Meadows, D.L.; Randers, J; Behrens, W. (1972).
- [23] Manual de Educación en Consumo Sustentable, "Desarrollo del Movimiento de Consumidores en América Latina y el Caribe", comisión 24 de la Unión Europea. I.S.B.N.: 956-7665-13-3.
- [24] Manual de huertos sostenibles en casa. Diputación de alicante. (2010).
- [25] Manual de La Huerta Familiar Dirección General de Integración y Desarrollo Social. Dirección de Desarrollo Local. Municipio de Maldonado. (2008).
- [26] Manual de La Huerta Familiar Tierra Mar. (2010).
- [27] Manual del taller: agricultura urbana básica. Cuautli. (2012).
- [28] Naciones Unidas, Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible Johannesburgo (Sudáfrica), 26 de agosto a 4 de septiembre de 2002.
- [29] ONU. Our Common Future. Reporte de la Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo.1987. 318 pp.
- [30] Oropeza, R. TRIZ, La metodología más avanzada para acelerar la innovación tecnológica sistemática. NL. (2010).
- [31] Pedroche, H. El descontento Socioeconómico, detonante revolucionario. La Gran Época. México. (2015).
- [32] Peña, B. Usos y aplicaciones de Muicle. Diplomado de medicina tradicional Mexicana. Tlahui. (2010).
- [33] Romano, P. y Córdova, E. Evaluación analítica del programa de posgrado de ingeniería industrial del instituto tecnológico de Puebla bajo el enfoque de la inercia psicológica (TRIZ). I Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Puebla, México. (2006).
- [34] UNDESA United Nations Division for Sustainable Development, Guidance in preparing a National, Sustainable Development Strategy: managing sustainable development in the new millennium.

Casco plegable para motocicletas

Bella, Agustina^a, Dolz, Sabrina Fernanda^b

^a*Bella, Agustina, Guemes 1129, Justiniano Posse, 2553, Argentina – agu375@hotmail.com*

^b*Dolz, Sabrina Fernanda, 25 de Mayo 870, Villa Nueva, 5903, Argentina- Sabri_fer_d@hotmail.com*

ABSTRACT

The helmet used by motorcycle users plays a vital role in security, considering that it protects the head from impacts.

Due to the importance it has, the helmet must be built with highly resistant materials. At the same time, it must also provide comfort to the users.

The helmet design has a cavity where the head is housed when it is not used, so there is an unused space. Although these features are necessary, they generate discomfort.

For all these reasons, the idea of raising a folding helmet that can be stored in small places such as a backpack or a briefcase, arises.

Keywords: Folding motorcycle helmet

RESUMEN

El casco que utilizan los usuarios de motocicletas cumple una función vital en cuestiones de seguridad, dado que protege la cabeza de golpes. Por lo que debe ser realizado con materiales altamente resistentes a posibles impactos pero que a la vez, generen comodidad en el motociclista.

El diseño del casco posee una cavidad donde se aloja la cabeza, que en los momentos donde éste no se usa, es un espacio inutilizado.

Estas características, si bien son necesarias, generan incomodidad al usuario.

Debido a estas circunstancias, surge la idea de plantear un casco plegable el cual se pueda guardar en pequeños lugares, como en una mochila, cartera, etc.

Palabras Clave: Casco plegable para motocicleta.

1. Introducción

Una condición necesaria a la hora de conducir una motocicleta, es el uso del casco por cuestiones de seguridad. Para que el recorrido sea placentero, este elemento, debe ser del talle correcto y no generar incomodidad al usuario.

Este último punto no siempre se cumple, dado a que cuando no se utiliza, es una carga para el conductor.

Planteando una situación cotidiana, como la de ir en moto a un sitio, durante el viaje se necesita el casco, pero una vez que se llegó a destino, ya no. Por lo que, o se lo lleva en la mano, o se lo deja amarrado al candado de la moto.

La primera situación es molesta, ya que limita la utilización de uno de los brazos. Y en el segundo caso, el casco queda expuesto a condiciones desfavorables, como lo son, el sol, la lluvia, rayas, etc.

Es por ello, que analizando el problema por medio Triz, proponemos un casco plegable para que pueda ser guardado en pequeños lugares facilitando su transporte.

2. Análisis del Problema

Un tema recurrente en los usuarios de motocicletas, es el espacio que ocupa el casco cuando no se lo está utilizando. Esto nos lleva a analizar cuál o cuáles son los componentes problemáticos, donde nos encontramos con los dos fundamentales: El diseño y el material con el que está construido. Por lo que para poder estudiar estas causas, primero planteamos cuáles son sus funciones principales:

- Seguridad
- Confort
- Personalidad
- Status
- Salud

Y cuáles son las funciones nocivas del sistema Casco:

- Espacio desaprovechado
- Mal olor
- Transpiración
- Disminución de la audición
- Calor
- Peso / Tamaño

2.1. Contradicciones

Atendiendo a todo lo analizado anteriormente, se plantean las siguientes contradicciones físicas:

- Debe existir, pero no debe estar.
- Debe tener una cavidad para alojar la cabeza, y no debe tener ese espacio inutilizado.
- Debe ser pequeño, pero debe cubrir toda la cabeza.
- Debe cumplir con la función útil, pero no debe generar funciones nocivas.
- Debe ser rígido, pero no muy denso.

2.2. Nueve ventanas

Se dividió el sistema casco en dos subsistemas para un mejor análisis, donde nos encontramos primero con el estudio de la carcasa, y luego del material amortiguador que se encuentra en el interior del mismo.

Tabla N° 1 – Nueve ventanas subsistema carcasa.

	Pasado	Presente	Futuro
Macro sistema	*Menor protección de la cabeza debido a su forma	*Materiales pesados *Ventilación regulable	*Aerodinámicos *Más estilizados
Sistema	*Menor seguridad	CARCASA	*Menor peso *Espesor delgado
Sub sistema	*Materiales menos resistentes	*Materiales resistentes al impacto pero no a la abrasión del medio ambiente	*Materiales altamente resistentes *Que no se raye

Tabla N° 2 – Nueve ventanas subsistema material amortiguador

	PASADO	PRESENTE	FUTURO
MACRO SISTEMA	*Prácticamente inexistente	*Material amortiguador pero muy duro	*Materiales menos densos
SISTEMA	*Menor seguridad	MATERIAL AMORTIGUADOR	*Mayor seguridad con menor espesor
SUB SISTEMA	*Muy baja amortiguación	*De gran espesor	*Bajo espesor * Comprimible

2.3.Recursos:

Como recursos principales en un casco, podemos indicar:



2.4. Selección de materiales – contradicciones – principios

En base a estos, presentamos cuatro alternativas para utilizar como material amortiguador. Por cada uno se plantearon las contradicciones de utilización, para hallar los principios de inventiva por medio de la matriz.

Los materiales propuestos son:

1. Telgopor
2. Burbujas inflables.
3. Tipo air bag
4. Burbujas de aire.

Contradicción Material 1: Resistencia contra volumen de objeto sin movimiento.

Los principios aplicados para resolver este tipo de contradicción son el 9, 14, 17 y 15. Los cuales señalan lo siguiente:

9. Acción previa contraria

Si el objeto está sujeto a factores nocivos del ambiente, sométalo a una acción contraria previamente. Esta se compensará con el factor nocivo

14. Esfericidad

- a. Utilice movimiento rotatorio

- b. En lugar de partes lineales del objeto utilice partes curvas

17. Otra dimensión

- a. Reorganice los objetos de tal forma que en lugar de un arreglo de un solo nivel un arreglo multinivel puede ser llevado a cabo.
- b. Incline el objeto.
- c. Use otro lado del área dada.

15. Dinamicidad

- a. Divida sus objetos en partes capaces de moverse en forma relativa unas de otras.
- b. Aumente el grado de movimiento libre.
- c. Haga que su objeto o ambiente cambie dinámicamente para estar acorde con las condiciones requeridas en cada etapa de la operación.

Contradicción Material 2: Volumen de un objeto en movimiento contra tensión, presión.

Los principios aplicados para resolver este tipo de contradicción son el 24 y 35. Los cuales señalan lo siguiente:

24. Intermediario

- a. Use un portador intermediario para proveer las acciones necesarias si no es posible utilizar los objetos o partes existentes.

35. Cambio de parámetros físicos y químicos

- a. Cambie el estado agregado del objeto
- b. Cambie la concentración o consistencia del objeto.
- c. Cambie el grado de flexibilidad del objeto
- d. Cambie la temperatura del objeto o el ambiente

Contradicción Material 3: Volumen de un objeto en movimiento contra tensión, presión.

Los principios aplicados para resolver este tipo de contradicción son el 24 y 35. Los cuales señalan lo siguiente:

24. Intermediario

- b. Use un portador intermediario para proveer las acciones necesarias si no es posible utilizar los objetos o partes existentes.

35. Cambio de parámetros físicos y químicos

- e. Cambie el estado agregado del objeto
- f. Cambie la concentración o consistencia del objeto.
- g. Cambie el grado de flexibilidad del objeto
- h. Cambie la temperatura del objeto o el ambiente

Contradicción Material 4: Volumen de un objeto sin movimiento contra Factores perjudiciales actuando en un objeto

Los principios aplicados para resolver este tipo de contradicción son el 19, 27, 34 y 39. Los cuales señalan lo siguiente:

19. Acción periódica

- a. En lugar de una acción continua use acciones de pulso
- b. Varíe periódicamente de acuerdo con las condiciones
- c. Use pausas entre impulsos para realizar alguna otra causa

27. Corta vida barata en lugar de larga vida costosa.

- a. Reemplace un objeto barato con muchos objetos baratos los cuales entregan la misma función.

34. Rechazo y regeneración de partes.

- a. Si una parte de un objeto que ha llevado a cabo su función ha llegado a ser innecesaria o indeseable elimínala disolviéndola, evaporándola, etc. o modifíquela de tal forma que la propiedad de interferencia cese de existir.
- b. Restaure partes consumibles del objeto durante la operación.

39. Atmósfera inerte.

- a. Utilice gases inertes en lugar los usuales
- b. Adicione partes neutras o aditivos al objeto

2.5. Casco ideal

Considerando estos puntos, surgen propuestas de cómo sería el “Casco ideal”, al punto de poder guardarlo en la billetera y solo sacarlo cuando se lo necesite. Esto nos llevó a trazar las siguientes pautas para la idealidad:

- Que no ocupe espacio,
- Que no se raye,
- Que no tenga peso,
- Que la visera no se empañe,
- Que sea ultra seguro,
- Que en verano no provoque calor al usuario,
- Que no te despeine,
- Que solo emerja cuando se lo necesite,
- Que la visera sea de un material fotosensible para percibir la intensidad de la luz solar,
- Que sea cómodo y ventilado.
- Que sea estético
- Perdurable en el tiempo

3. Conclusión

Mediante TRIZ pudimos analizar de forma más exhaustiva el problema que se nos presenta hasta encontrar la solución al mismo que tienda a la idealidad de nuestro modelo.

Debido a estas circunstancias, surge la idea de plantear un casco plegable el cual se pueda guardar en pequeños lugares, como en una mochila, cartera, etc.



Figura N° 3.1 Teatro de la opera, Sydney. Australia.

El teatro de la opera de Sydney, Australia, presenta una arquitectura vanguardista y en este caso en particular resultó nuestra musa inspiradora, dando lugar a los primeros bosquejos para la realización del casco plegable.

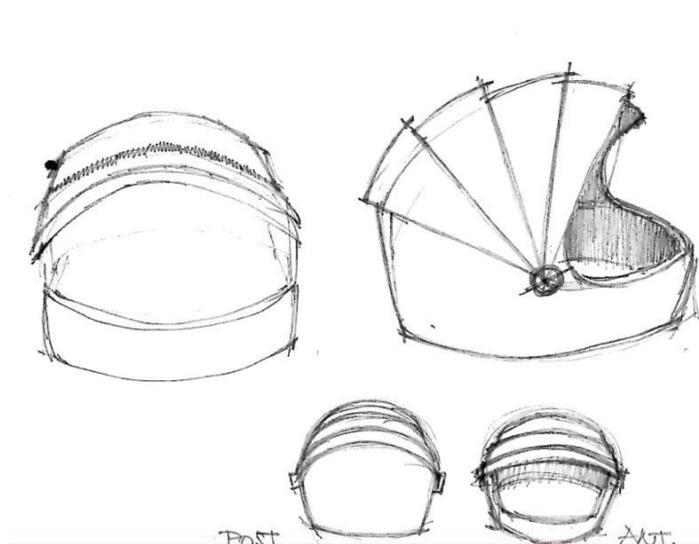


Figura 3.2. Diseños preliminares del casco plegable

El diseño de éste, consta de tiras semicirculares dispuestas de tal forma que por medio de engranajes se pueden superponer unas con otras logrando una forma de media luna, la cual a su vez, puede recibir un plegado más para reducir el tamaño total del casco a una “V”



Figura N° 3.3. Maqueta del casco plegado.

El problema que se presenta ahora es el material con el que debe ser confeccionado, tanto en el exterior como en el interior, para que cumpla con los requisitos de seguridad, pero a su vez que sean lo suficientemente delgado como para que se puedan solapar las tiras y así lograr el propósito buscado.

De este modo, realizamos un cuadro donde comparamos nuestro sistema antes y después de haber efectuado el estudio.

Tabla N°3 – Comparación del sistema casco antes y después de aplicarle Triz

Sistema inicial	Casco rígido de gran tamaño e incomodo para transportar o almacenar cuando no se lo utiliza.
Sistema mejorado	Casco de un material liviano pero resistente y de espesor menor.
¿Qué ha cambiado?	Debido a un nuevo diseño y al cambio de material del interior del mismo, se puede plegar para no ocupar tanto espacio.
Ventajas mejoradas	El espacio que ocupa el casco cuando no se lo utiliza se ha reducido considerablemente
Daño quitado	El espacio donde se aloja la cabeza

La elección y estudio del material con el que se fabricara exceden a la realización de este trabajo, pero hemos hecho una selección de cuatro posibles opciones. La decisión de cuál es el más apto para su utilización se debería hacer en base a estudios de resistencias del mismo. En caso de que ninguno de los propuestos sean aptos, se plantearán nuevas contradicciones y el análisis con triz continuara.

Agradecimientos

A nuestro profe, el Ingeniero Mario Sergio Lozano, por habernos hecho conocer el fantástico mundo de Triz e incentivarnos a salir de nuestra área de confort.

A nuestras familias por acompañarnos en nuestros sueños.

Referencia Bibliográfica

- <http://www.ametriz.com/matriz/MATRIZ.php>
- Las Contradicciones Técnicas-UTN-BA
- TRIZ For Engineers: Enabling Inventive Problem Solving (Karen Gadd *Oxford Creativity*)

F1 Dynamic Security System

Christian Blois, Joan Manfreda, Federico Murray, Gabriel Araujo

*UTN-Delta, San Martin 1171, 2804 Campana, Buenos Aires, Argentina
Christian Blois, direccion de correo electronico: christian.blois8@gmail.com*

ABSTRACT

The aim of the project is to propose a solution to the serious accidents that happen in the highest categories of open-wheel racing . It is intended that the solution is feasible and can be adopted to lower categories . Analyzing the problem by different methods of Triz , the solution seems to be to design a dynamic and automated system.

Keywords: F1, security, cockpit, head, dynamic, crashes.

RESUMEN

El objetivo del proyecto es proponer una solución a los accidentes de gravedad que suceden en las máximas categorías de carreras de monoplazas. Se busca que la solución sea factible y que pueda adoptarse a categorías menores. Analizando el problema por distintos métodos de Triz, la solución está en diseñar un sistema dinámico y automatizado.

Palabras clave: F1, seguridad, habitaculo, cabeza, dinamico, choques.

1. Introduccion

En los últimos años ha habido accidentes fatales en competencias de autos monoplazas por causa de golpes en la cabeza. Con el paso de los años se logro diseñar habitáculos que garantizan la seguridad total del cuerpo del piloto [5-7], pero no así de su cabeza, que depende exclusivamente de la protección del casco, que no logra soportar impactos tan fuertes [1-4], provocando graves lesiones o la muerte.

La sugerencia inmediata de la FIA (ente regulador del automovilismo) fue cerrar el habitáculo del piloto parcialmente. Eso reduciría los riesgos del piloto drásticamente. Pero surgen varios problemas con cambiar la forma clásica del auto con el habitáculo abierto y cabeza expuesta. Los fanáticos creen que el habitaculo abierto es un factor fundamental de la categoría, agrega riesgo, emoción y es una característica histórica. Se diseñaron dos sistemas de protección, el Halo y el Aeroscreen.



Figura 1 - Halo



Figura 2 - Aeroscreen

El Aeroscreen fallo los test [8]. Si bien el Halo supero las pruebas, la FIA veto su implementación para la siguiente temporada. Las razones principales fueron por ser antiestético, empeorar la visibilidad en manejo y el tiempo de escape en caso de accidente. Por otro lado, mas del 60% de los fanáticos cree que fue correcto vetar la idea, confirmando el disgusto con el sistema. [9]

Entonces, el objetivo del proyecto será diseñar un sistema integral de seguridad para pilotos de monoplazas, que se aplicable tanto en categorías altas y bajas, que no cambie drásticamente la forma de los autos.

2. Analisis de funciones

[18]

2.1 Analisis de componentes

Tabla 1 - Analisis de componentes

Sistema tecnico	Componentes del sistema tecnico	Componentes del supersistema
Sistema de seguridad	Casco Soporte Hans Chasis Cuerpo del piloto Cabeza del piloto	Objeto chocante (target) Aire Espectador

2.2 Matriz de interacciones

Tabla 2 - Matriz de interacciones

	Casco	Soporte Hans	Chasis	Cuerpo del piloto	Cabeza del piloto	Objeto chocante	Aire	Espectador
Casco	■	+	-	-	+	+	+	-
Soporte Hans	+	■	-	-	+	-	-	-
Chasis	-	-	■	+	-	+	+	+
Cuerpo del piloto	-	-	+	■	+	+	-	-
Cabeza del piloto	+	+	-	+	■	+	+	-
Objeto chocante	+	-	+	+	+	■	+	-
Aire	+	-	+	-	+	+	■	-
Espectador	-	-	+	-	-	-	-	■

2.3 Identificación de funciones

Tabla 3 - Identificación de funciones

Función	Categoría	Ranking	Performance	Comentarios
Casco (S.T.)				
Cubre ----> cabeza del piloto	Útil	Auxiliar	Suficiente	
Amortigua o desvía ----> objeto chocante	Útil	Básica	Insuficiente	Sustituye el daño de la cabeza del piloto.
Obstruye ----> aire	Útil	Adicional	Suficiente	Mejora la visibilidad y respiración del piloto a velocidades altas.
Soporte Hans (S.T.)				
Limita movimiento ----> casco	Útil	Auxiliar	Suficiente	Actúa como un cinturón de seguridad para la cabeza.
Chasis (S.T.)				
Amortigua o desvía ----> objeto chocante	Útil	Básica	Suficiente	Sustituye el daño del cuerpo del piloto. El habitáculo se mantiene rígido.
Obstruye ----> aire	Útil	Adicional	Suficiente	Se diseña para sacar provecho del flujo de aire.
Objeto chocante (S.S.) (Target)				
Golpea ----> casco	Nocivo			
Golpea ----> chasis	Nocivo			
Aire (S.S.)				

Arrastra ----> casco	Nocivo			
Arrastra ----> chasis	Nocivo			
Arrastra ----> objeto chocante	Útil	Básica	Insuficiente	
Espectadores (S.S.)				
Juzgan ---> chasis	Útil	Auxiliar	Suficiente	Si a los espectadores les disgusta el chasis, baja el rating.

2.4 Conclusión del análisis de funciones:

El cuerpo del piloto está mucho mejor protegido que su cabeza. El chasis ha demostrado ser muy efectivo en absorber todos los daños del choque y manteniendo el habitáculo del cuerpo del piloto rígido. El casco, aunque es un elemento de seguridad básico y esencial, solo logra una protección parcial de la cabeza en impactos fuertes o en altas velocidades. Entonces, la cabeza del piloto aparece como único punto débil del sistema de seguridad actual.

3 Trimming

[18]

Tabla 4 - Trimming

Componente	Función	Ranking	Trimming	Nuevo actuante	Solución de trimming	Problema de trimming
Casco	Cubre ----> cabeza del piloto	Auxiliar 1	Regla c - condición 1	Chasis	El chasis cubre la cabeza del piloto.	¿Cómo hacer que el chasis cubra la cabeza del piloto?
Casco / chasis	Amortigua / desvía ----> objeto chocante	Básica	Regla c - condición 1	Aire	El aire amortigua / desvía el objeto chocante.	¿Cómo hacer que el aire amortigüe/desvíe el golpe del objeto chocante?

3.1 Conclusión del trimming:

La extensión del chasis y/o el aprovechamiento del aire de frente pueden ser la base de la solución del problema.

4 Planteo de solución por contradicción física

[18]

Es necesaria una protección que cubra la cabeza, pero también es necesario que la cabeza esté descubierta por razones de estética y reglamento. La contradicción física es que la protección tiene que estar y no.

No se puede aplicar el método de "Separación en el Espacio" porque la ubicación de la demanda de contradicción en la misma. Se aplica el método de "Separación en el Tiempo" ya que la contradicción de estar o no, depende de la situación.

4.1 Soluciones surgentes de la contradicción física

Tabla 5 - Soluciones del método "Separación en el tiempo"

Principio de inventa	Soluciones
----------------------	------------

15 - Dinamicidad	- La protección de la cabeza será retráctil, de forma que cubra la cabeza del piloto cuando se active y se mantenga escondida mientras este desactivada.
34 - Descartar y regeneración de partes	- La protección soportará varios impactos sin mostrar fallas.
10 - Acción preliminar	- Se implementara un sistema de detección anticipada del objeto chocante.
9 - Contra-acción preliminar	- El piloto esconderá la cabeza adentro del habitáculo en choques frontales.
11 - Compensación preliminar	

4.2 Conclusión de la contradicción física

La solución principal está en una implementar una protección dinámica reutilizable, activada por un sistema de detección, antes del impacto.

5 Contradicciones técnicas

[18]

Los requerimientos del sistema deseado presentan varias contradicciones técnicas:

- 1) Es necesario que el sistema tenga la confiabilidad (27) y facilidad de uso (33) del habitáculo cerrado, pero supone un cambio de forma (12) drástico en el chasis.
- 2) Para que sea fácil de usar hay que lograr un alto alcance de automatización (38), pero eso aumenta la complejidad del sistema (36) y de control (37).
- 3) El sistema debe tener rapidez (9) de activación. Eso aumenta la complejidad de control (37).
- 4) El peso del objeto móvil (1) tiene que ser el menor posible, afectando la resistencia (14).

5.1 Matriz de contradicciones técnicas

Tabla 6 - Matriz de contradicciones técnicas

	12 - Forma	36 - Complejidad del sistema	37 - Complejidad de control	14 - Resistencia
27 - Confiabilidad	35 / 1 / 16 / 11	13 / 35 / 1		
33 - Facilidad de uso	15 / 34 / 29 / 28	32 / 26 / 12 / 17		
38 - Alcance de automatización		15 / 24 / 10	34 / 27 / 25	
9 - Rapidez			3 / 34 / 27 / 16	
1 - Peso objeto móvil				28 / 27 / 18 / 40

5.2 Soluciones surgentes del contradicciones técnicas

Tabla 7 - Soluciones de las contradicciones técnicas

Principio de inventiva	Soluciones posibles
29 - Construcción neumática e hidráulica	- El sistema que retraiga protección será un actuador de activación neumática o hidráulica.
28 - Reemplazos de sistemas mecánicos	- El sistema de detección de objetos estará compuesto de sensores que pueden ser ópticos, acústicos, térmicos, magnéticos, eléctricos, etc.
35 - Cambio de parámetros	- El movimiento del actuador lo producirá una reacción química en vez de un sistema hidráulico o neumático.
3 - Calidad Local	- Cada componente del sistema que mantenga contacto con el flujo de aire será optimizado aerodinámicamente.
40 - Materiales Compuestos	- La protección será de un material compuesto resistente al impacto y con la menor densidad posible.
1 - Segmentación	- Se optimizará el peso y resistencia de la protección diseñando una placa hueca o de perfil variable.

6 Propuesta

Desarrollar un sistema de seguridad, que consista en una placa retráctil (reutilizable) de la carrocería, movida rápidamente por un actuador lineal (descartable) externo a la carrocería, activado manualmente por el piloto o equipo de boxes, o automáticamente por un sistema de detección de radar. Además, en caso de choques violentos frontales, se reclinará el asiento del piloto de forma que esconda la cabeza adentro del chasis.

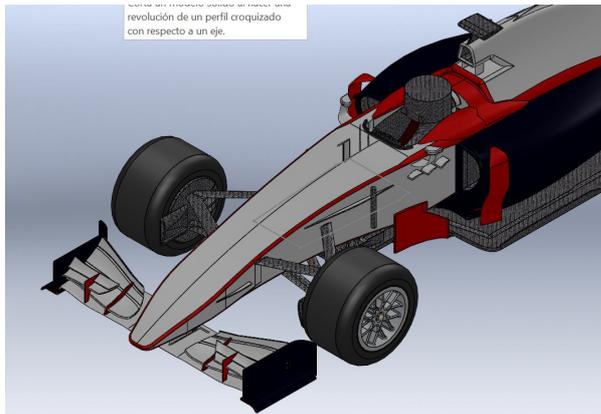


Figura 2 - Protección desactivada

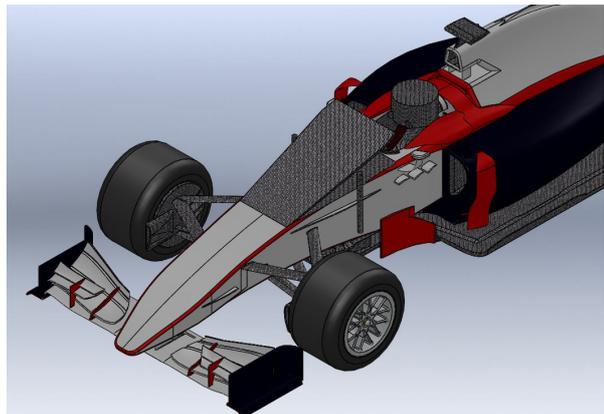


Figura 4 - Protección activada

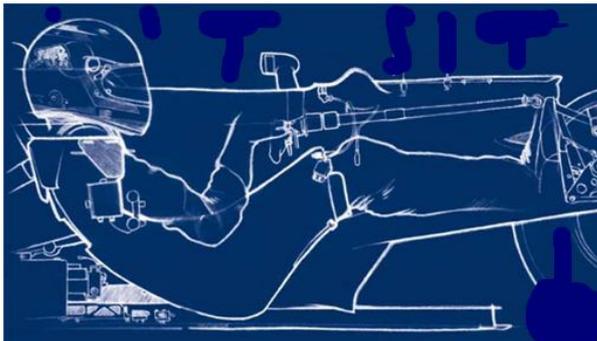


Figura 5 - Asiento levantado



Figura 6 - Asiento reclinado

7 Function oriented search

[18]

Busco tecnología ya desarrollada para aplicarla a mi concepto y defino las características y funcionamiento de los componentes.

7.1 Actuadores

Para el rápido accionar del actuador aplico la tecnología de inflado de airbags [10-11]. El concepto del actuador será el siguiente:

- Actuador de expansión neumática a partir de reacción química.
- En el interior de la cámara se dispondrá de una masa sólida de Azida de sodio (NaN_3).
- Al elevar la temperatura del químico a 275°C con una pequeña carga eléctrica, reaccionará liberando rápidamente nitrógeno gaseoso (35 litros de $\text{N}_2(\text{g})$ en 0.004s en el caso de los airbags con 65g de masa de NaN_3).

- En el final de carrera del actuador se activara una traba mecánica que se encargara de soportar toda la fuerza de compresión generada por la amortiguación del golpe.
- Una vez movido y trabado el actuador, la creciente presión en el interior de la cámara romperá el actuador.
- Luego de su uso, el piloto ingresara a boxes para reemplazar el actuador por uno nuevo.

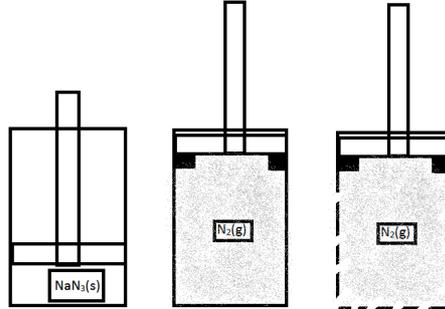


Figura 7 - Actuador de N_2 - (a) Estado inicial; (b) expansión a causa de la reacción; (c) destrucción de la cámara por exceso de presión

7.2 Protección

El policarbonato de alto impacto tiene la resistencia y bajo peso que busco. Es usado para cabinas de aviones de caza con éxito [12-14].

Características de la protección:

- Placa de policarbonato transparente.
- Totalmente resistente a varios golpes de máxima demanda.
- Los impactos no dejan rastro de fisuras o marcas en el material.
- Perfil de la placa hueco para optimizar peso y resistencia.
- Según el diseño inicial de una placa maciza de 80cm x 45cm x 1,5cm (no hueca), con una densidad de 1.25 g/cm^3 , pesa máximo 7kg.

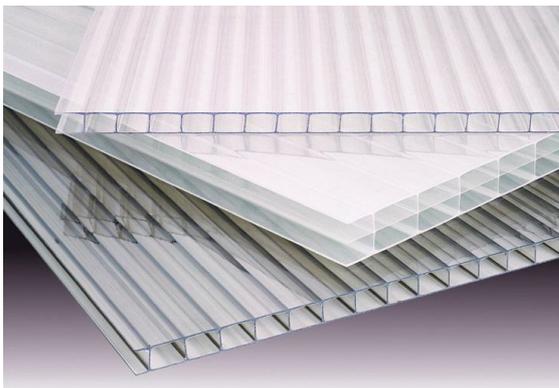


Figura 8 - Policarbonato de perfil hueco



Figura 9 - Test de impacto de cabina de policarbonato

7.3 Detección y activación del sistema

Existe un sistema de radares desarrollado para sistemas de piloto automático, velocidad de crucero adaptable y prevención de accidentes viales, que detecta objetos a una distancia de 30 metros y reacciona según como los interprete. La tecnología de radares ya está muy desarrollada y no supone grandes problemas adaptarla al sistema propuesto [15-16].

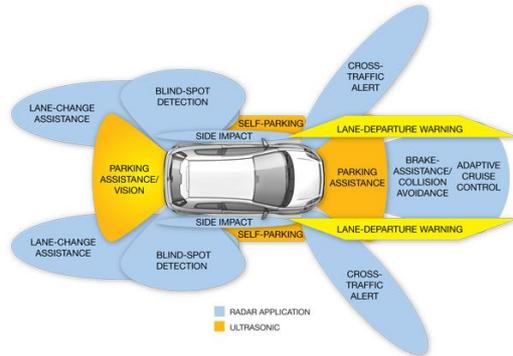


Figure 2 Several driver-assistance systems are currently using radar technology to provide blind-spot detection, parking assistance, collision avoidance, and other driver aids (courtesy Analog Devices).

Figura 10 - Sensores de acercamiento de auto de calle

Características del sistema de detección:

- Radar 3D instalado dentro del auto.
- Distancia de detección de 30 metros máximo.
- Detección de múltiples objetos simultáneos.
- Disposición de 4 radares para cada dirección.
- Interpretación de objetos que tengan la velocidad y tamaño necesario para la activación del actuador de la placa o la inclinación del asiento del piloto

7.4 Asiento reclinable

- Asiento de fibra de carbono dividido entre respaldo y asiento.
- En condiciones normales el asiento respaldo y asiento están en la posición común de manejo.
- En condición de choque frontal, el asiento se mueve hacia adelante para deslizar al piloto adentro del chasis.
- Para mover el asiento en un choque, se usa la misma fuerza de inercia del choque frontal para mover hacia adelante el asiento.
- Para que el asiento se mueva a partir de la fuerza de inercia, se separa las dos posiciones del asiento por una traba mecánica que falla a determinado esfuerzo (superior a los 8G), cediendo el paso del asiento y piloto.

8 Restricciones y requisitos

La FIA (ente regulador de la F1) exige que el sistema supere un test [8, 17] en el que se lanza un neumático de 20kg a 225km/h (62,5 m/s) disparado a 2 metros de la cabeza del piloto, que es donde golpearía con la protección. Por otro lado, el largo de un auto de F1 es de 5 metros, el piloto se sitúa en el medio, y supongo que la detección del objeto que sobrevuele y golpee el casco sucede a 25 metros.

Necesito saber cuál es la fuerza máxima del impacto y cuánto tiempo de reacción máximo tiene que tener mi sistema de detección y activación.

Entonces,

$$m = 20\text{kg}; V = 62.5\text{m/s}; d_{\text{disparo}} = 2\text{m}; d_{\text{detección}} = 25\text{m}$$

$$V = d_{\text{disparo}} / t \text{ ----} > t = 0.032\text{s}$$

$$a = V / t = 1953.125\text{m/s}^2$$

$$F_{\text{impacto}} = m.a = 39062.5\text{N}$$

$$V = d_{\text{detección}} / t_{\text{detección}} \text{ ----} > t_{\text{detección}} = 0.4\text{s}$$

- La placa deberá soportar un impacto de $F_{\text{impacto}}=40$ kN y la activación del actuador deberá ser más rápida que la de detección, que es de $t_{\text{detección}}=0.4$ s.
- Si un airbag de 35 litros se infla en 0.04s, supongo que el actuador, con un volumen mucho menor que el de un airbag, es capaz de mover la protección inclusive más rápido que 0.04s. De esta manera el sistema reacciona al menos 0.36s antes del impacto.

9 Agradecimientos

Al Ing. Juan Pablo Roma por inculcar el método Triz en la facultad y a mi familia y amigos que me apoyan diariamente en la carrera.

10 Apéndice

1. Introducción
2. Análisis de funciones
 - 2.1 Análisis de componentes
 - 2.2 Matriz de interacciones
 - 2.3 Identificación de funciones
 - 2.4 Conclusión del análisis de funciones:
- 3 Trimming
 - 3.1 Conclusión del trimming:
- 4 Contradicción física
 - 4.1 Soluciones surgentes de la contradicción física
 - 4.2 Conclusión de la contradicción física
- 5 Contradicciones técnicas
 - 5.1 Matriz de contradicciones técnicas
 - 5.2 Soluciones surgentes de las contradicciones técnicas
- 6 Propuesta
- 7 Búsqueda orientada por función y soluciones
 - 7.1 Actuadores
 - 7.2 Placa
 - 7.3 Detección y activación del sistema
 - 7.4 Asiento reclinable
- 8 Restricciones y requisitos

Referencias

- [1] <https://www.youtube.com/watch?v=mu00QoS453I>
- [2] <https://www.youtube.com/watch?v=Sr96EOzrPFw>
- [3] https://www.youtube.com/watch?v=P7EFP_wr2fo
- [4] https://www.youtube.com/watch?v=0eHU5Bqe_4Q
- [5] <https://www.youtube.com/watch?v=dhjjyVzzHpk>
- [6] https://www.youtube.com/watch?v=vT17vWFKl_w
- [7] <https://www.youtube.com/watch?v=6GQ0MBMhDjo>
- [8] <https://www.youtube.com/watch?v=quOc-eNYH6g>
- [9] <http://www.speedcafe.com/2016/08/01/poll-f1-right-delay-cockpit-protection/>
- [10] <http://www.chemistry.wustl.edu/~edudev/LabTutorials/Airbags/airbags.html>
- [11] https://www.youtube.com/results?search_query=airbag+chemistry
- [12] <https://www.youtube.com/watch?v=SzyULQPACYQ>
- [13] <https://www.youtube.com/watch?v=YkT9crvHwis>
- [14] <https://en.wikipedia.org/wiki/Polycarbonate>
- [15] <https://www.youtube.com/watch?v=uLEqCzaGTLA>
- [16] <http://www.nxp.com/pages/automotive-radar-millimeter-wave-technology:AUTRMWT>
- [17] <https://www.youtube.com/watch?v=aoevqnIR7YI>
- [18] GEN3 Partners Inc., "Basic GEN3 Innovation Discipline Training", (2008)

Obstrucción de canal de entrada en sistemas de succión de agua de río

Basgall Angel, Ecaý Lucia, Gil Federico, Lescano Joaquin

*UTN Facultad Regional Delta, San Martín 1171, Campana (2804), Argentina
Gil Federico, dirección de correo electrónico: fedegil69@hotmail.com*

RESUMEN

En un sistema de succión de agua de río para uso industrial es necesario evitar el ingreso de materiales extraños arrastrados por el agua que puedan generar roturas y fallas en los componentes del mismo.

El material en el cual hace referencia este estudio es el camalote (Eichhorniacrassipes) que dependiendo de la temporada, supone un problema potencial en la instalación.; éstos al bajar por la rivera del río en cantidades abundantes, superan las protecciones de los canales de ingreso de agua, siendo atraídos por la succión de las bombas y retenidos en su mayoría por las rejas de ingreso. Aun así el filtro rotativo dentro de la instalación se ve afectado por la acumulación de estos objetos extraños de manera que al taparse permite el paso de estos por medio de un bypass manteniéndose el caudal constante. Por consiguiente la suciedad llega a las bombas de succión y a otras instalaciones posteriores como el condensador principal.

El objetivo de este estudio es aumentar la seguridad del proceso de succión evitando la llegada de suciedad u otros materiales extraños que dañen los componentes del subsistema.

1. Introducción

En primera instancia se plantea utilizar distintas herramientas de TRIZ, para poder llegar a la solución del problema planteado anteriormente. Se propone utilizar el Análisis de funciones de un Sistema Tecnológico y utilizar la Matriz de las Contradicciones por medio de las contradicciones técnicas.

2. Análisis de Funciones

2.1. Componentes del Sistema Técnico.

Se identificaron los componentes del Sistema Tecnológico en la siguiente figura de manera de poder analizar la función de cada uno de ellos.

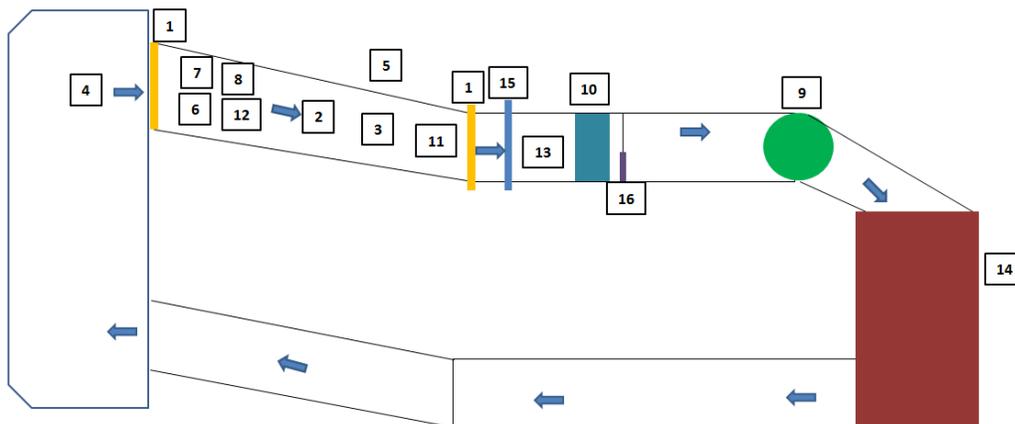


Figura 1- Referencias: 1) Reja; 2) Agua; 3) Canal; 4) Andarivel; 5) Viento; 6) Efluentes Urbanos; 7) Nutrientes; 8) Algas; 9) Bombas de Succión; 10) Filtros Rotativos; 11) Material Extraño; 12) Barro; 13) Calle; 14) Condensador; 15) Rastrillos; 16) Bypass del Filtro Rotativo.

2.2. Análisis de Interacción

Se identifican las interacciones entre cada componente del Sistema Tecnológico:

Tabla 1 – Matriz de Interacción

	Reja	Agua	Canal	Andarivel	Viento	Efluentes	Nutrientes	Algas	Bombas de succión	Filtro rotativo	Material extraño	Condensador	Barro	Calle	Rastrillo	Bypass de filtro
Reja	0	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-
Agua	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Canal	+	+	0	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
Andarivel	-	+	-	0	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
Viento	-	+	+	-	0	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Efluentes	+	+	-	-	+	0	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Nutrientes	-	+	-	-	-	+	0	+	-	-	+	+	+	+	+	+
Algas	+	+	+	-	-	-	+	0	+	+	-	+	+	+	+	+
Bombas de succión	-	+	-	-	-	-	-	+	0	-	+	-	+	+	-	-
Filtro rotativo	-	+	-	-	-	-	-	+	+	0	+	-	+	+	-	-
Material extraño	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	0	+	+	+	+	+
Condensador	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	+	0	+	-	-	-
Barro	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	+
Calle	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	0	+	+
Rastrillo	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+	0	-
Bypass de filtro	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	0

2.3. Modelación de Funciones

Se definen en la siguiente tabla las funciones que llevan a cabo cada componente del Sistema Tecnológico analizando la categoría, la importancia y el nivel de performance mediante la siguiente tabla.

Función que se lleva a cabo			Análisis			Contestar		
A	Hace esto a	B	Categoría	Importancia	Calidad de performance	Es necesaria la función?	La función puede ser realizada por B? Cómo?	
1	Reja	Detiene	Material extraño	Útil	Básica	Normal	Si	Al encontrar una barrera física, comienza a acumularse entre si
2	Agua	Transporta	Material extraño	Dañina	Básica		Si	No
2	Agua	Refrigera	Condensador	Útil	Auxiliar	Normal	Si	No
3	Canal	Contiene el	Agua	Útil	Auxiliar	Normal	Si	No
4	Andarivel	Detiene	Material extraño	Útil	Básica	Insuficiente	Si	No
5	Viento	Reproduce	Camalote	Dañina	Adicional		No	Si, mediante los estolones se puede reproducir y amplificar
6	Efluentes urbanos (pueden ser fertilizantes)	Ayudan al crecimiento	Camalote	Dañina	Adicional		No	No
7	Nutrientes (nitrógeno, potasio, fosforo)	Favorecen el crecimiento	Camalote	Dañina	Adicional		No	No
8	Algas	Oxigenan	Agua	Dañina	Adicional		Si	No
9	Bomba de succión	Mueve	Agua	Útil	Auxiliar	Insuficiente	Si	Si, por diferencia de altura o corriente del río.
10	Filtros rotativos	Separan	Material extraño	Útil	Básica	Insuficiente	Si	No
11	Material extraño	Tapa	Filtro rotativo	Dañina	Básica		No	No
11	Material extraño	Tapa	Reja	Dañina	Básica		No	No
11	Condensador	Se tapa	Material extraño	Dañina	Básica		No	No
12	Barro	Se acumula	Canal	Dañina	Básica		No	
13	Calle	Contiene el	Agua	Útil	Auxiliar	Insuficiente	Si	No
14	Condensador	Calienta	Agua	Útil	Auxiliar	Normal	Si	No
15	Rastrillo	Remueve	Material extraño	Útil	Básica	Insuficiente	Si	No
16	Bypass de filtro	Libera	Agua	Útil	Básica	Excesiva	Si	No
16	Bypass de filtro	Libera	Material extraño	Dañina	Básica	Excesiva	No	No

Tabla 2 – Modelo de Funciones

3. Contradicciones Técnicas

Se plantean las contradicciones técnicas en la siguiente tabla.

Tabla 3 – Contradicciones Técnicas

Si	Bypass libera el agua
Entonces	El agua llega al condensador
Pero	El material extraño tapa el Condensador
Si	Disminuyo cantidad de material extraño
Entonces	Tengo agua limpia
Pero	Aumenta la complejidad del sistema

3.1. Matriz de contradicciones

Utilizando la matriz de contradicciones, se plantea lo siguiente:

Tabla 4- Matriz de Contradicciones

		Característica que empeora	
Característica que mejora		23- Perdida de materia	27- Complejidad de control
	26- Cantidad de sustancia	3 , 6 , 10 , 24	3 , 27 , 29 , 18

3.2. Análisis de los principios de inventiva

Se analizan los principios obtenidos en la matriz de contradicción analizada en la tabla 4.

3: Calidad local:

Cambiar la estructura homogénea a heterogénea de algún componente de un sistema tecnológico

Que los componentes de un sistema tecnológico cuenten con varias funciones

Colocar algunos componentes de un sistema tecnológico bajo las condiciones más apropiadas para su manipulación o visualización.

Agregar funciones o cambiar los parámetros de trabajo a los componentes ya existentes traería más complejidad al sistema.

18: Vibración mecánica:

Emplear oscilaciones.

Aumentar la frecuencia de oscilación si ésta ya existe.

Emplear vibraciones ultrasónicas y campos magnéticos.

Estos conceptos aplicarían a sistemas con agua relativamente estancada o sedimentada.

27: **Desechar:** reemplazar un objeto costoso con otro más económico y conveniente.

No hay ningún componente que actualmente remueva el material extraño una vez abierto el bypass.

29: **Emplear un sistema hidráulico o neumático:** Reemplazar partes solidas de un objeto con un gas o líquido. Estas partes pueden usar aire o agua para inflarse o usar amortiguaciones neumáticas hidrostáticas.

En vez de utilizar métodos mecánicos para la extracción, se podría utilizar el agua como medio de extracción separación.

6: Universalidad: Haz un objeto o sistema sea capaz de ejecutar funciones múltiples, eliminando la necesidad de utilizar otros sistemas.

Ninguno de los componentes del sistema o del supersistema podría realizar ambas funciones.

10: Acción Anticipada: Introduce una acción útil en un objeto o sistema (ya sea en forma total parcial) antes de que se necesite.

Prepara con anticipación objetos o sistemas para que entren en acción en el tiempo y lugar más convenientes.

Si se realiza algún tipo de acción preliminar a la zona de conflicto se traslada el problema aguas abajo sin dar una solución definitiva.

24: Mediador: Introduce un intermediario entre dos objetos, sistemas o acciones.

Se puede integrar al sistema un método intermediario de filtrado post bypass que asegure la llegada de agua limpia al condensador.

4. Análisis de posibles soluciones

Se analizaron los distintos principios de inventiva y se llegó a la conclusión que tanto el principio número 29 como el 24 eran los más adecuados y por el cual se pudo llegar a una solución efectiva conjunta:

4.1. Separador Solido-Líquido ciclónico (Hidrociclón)

Es un equipo utilizado para separar partículas sólidas suspendidas en un flujo líquido o gaseoso sin el uso de un filtro de aire, utilizando un vórtice para la separación. Los efectos de rotación y la gravedad son usados para separar mezclas de sólidos y fluidos.

El líquido fluye en un patrón helicoidal, comenzando desde lo más alto del ciclón a lo más bajo y finalizando en un flujo central ascendente que sale por el tubo de salida. Las grandes partículas en el flujo rotatorio tienen demasiada inercia para seguir la fuerte curva ascendente en la parte inferior del ciclón, y chocan contra la pared, luego caen hacia la parte más baja del ciclón donde son extraídas.

Se plantea diseñar y colocar uno o más hidrociclones luego de la compuerta bypass del filtro rotativo para de esta forma separar la suciedad que ingrese luego de que se abra éste por saturación, y que extraiga la suciedad al río por un canal de salida. De esta forma solo funcionaría en caso de apertura de bypass y no en operación normal del sistema.

Dado que los hidrociclones tienen una pérdida de carga relativamente alta a medida que aumenta el caudal de trabajo, se utilizan presurizadores para compensarlo y mantener el sistema dentro de los parámetros de operación normal.

5. Referencias

- Genrich Altshuller, “The Innovation Algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity”
- Genrich Altshuller, “And Suddenly the Inventor Appeared: TRIZ, the Theory of Inventive Problem Solving”
- Rafael Oropeza Monterrubio, “Triz, la metodología más avanzada para acelerar la innovación tecnológica sistemática”

APLICACIÓN DE TRIZ Y DEL MÉTODO TAGUCHI EN LA INDUSTRIA DE LOS ADHESIVOS. EL CASO DEL ADHESIVO QUE CAMBIA DE COLOR

Autor: Vicente González Ladino, vicente.gl2010@hotmail.com

Dirección: Gobierno del distrito 68, Ciudad de México, 15700, México

Abstract

Al desarrollar una barra adhesiva morada (ver Figura 1) para pegar fotografías, estampas y artículos de papel en general sobre cartón, cartulina o papel que durante su almacenaje mantuviera su color y al aplicarse una película de adhesivo sobre el papel se tornase de morada a translúcida (Efecto Deseado), presentó con el tiempo de almacenaje que la película no tornase a translúcida quedando en su lugar un color café oscuro (Efecto Indeseado). El efecto deseado se logró utilizando fenolftaleína la cual es un indicador ampliamente usado en la industria química para titulación de sustancias ácidas ($\text{pH} < 7$) o básicas ($\text{pH} > 7$) mostrando la fenolftaleína un color morado en presencia de sustancias básicas y no mostrando color en presencia de sustancias ácidas. La barra adhesiva consiste básicamente de la mezcla de un jabón con Polivinil Pirrolidona (PVP) por lo cual el pH del producto resultante presentaba un carácter básico y al agregársele fenolftaleína la barra adhesiva adquiría el color morado, y cuando este producto se aplica sobre los sustratos de carácter ácido, se lograba el efecto deseado del cambio de color de morado a translúcido, sin embargo con el tiempo de almacenaje el efecto se perdía. Analizando el problema vía TRIZ se logró identificar los factores que causaban la situación descrita y aplicando Diseño de Experimentos con el enfoque de Taguchi se logró la Retroalimentación (Principio 23) que permitió resolver el problema.

Keywords: Barra Adhesiva, Morado-Translúcido, pH



Figura 1 Barra Adhesiva

1 Antecedentes

Para el desarrollo de la barra adhesiva morada, se partió de la barra adhesiva existente sin color, agregando fenolftaleína a la formulación final considerando el hecho de que esta sustancia tornaría a la barra adhesiva con el color inicial deseado por tener la fenolftaleína la propiedad de presentar una coloración morada al entrar en contacto con productos con $\text{pH} > 7$, lo cual cumplía la barra adhesiva de partida por ser un producto que se obtenía por la saponificación de un ácido graso para formar un jabón con Hidróxido de sodio mezclándose con un polímero soluble en agua (polivinil pirrolidona), para darle al producto final una consistencia sólida (jabón) con propiedades adhesivas impartidas por el polímero soluble en agua (ver Figura 2).



Figura 2 Adición de Fenolftaleína a la barra adhesiva tradicional.

1.1 Fenolftaleína

La fenolftaleína es un indicador ampliamente utilizado en la industria química por el cambio de color que presenta de morado a translúcido cuando pasa de un pH básico ($\text{pH} > 7$) a un pH ácido ($\text{pH} < 7$), y viceversa es decir de translúcido a morado cuando pasa de un pH ácido a un pH básico. De tal forma que en el caso que se presenta el color impartido a la barra adhesiva era de color morado, y cuando esta barra adhesiva se aplicaba a los sustratos celulósicos con carácter ácido, la película de adhesivo tendía a pasar de morado a translúcido por el cambio de pH de la película aplicada. Este comportamiento de la fenolftaleína en la barra adhesiva se presentaba cuando recientemente esta sustancia era incorporada a la barra adhesiva, sin embargo con el paso del tiempo el cambio de color (morado a translúcido) que se presentaba inicialmente se modificaba de morado a café, tornándose más oscuro con mayor tiempo de haber sido incorporada la fenolftaleína a la formulación de la barra adhesiva (ver Figuras 3 y 4).



Figura 3 Producto recién aplicado (tonalidad morada en la película)

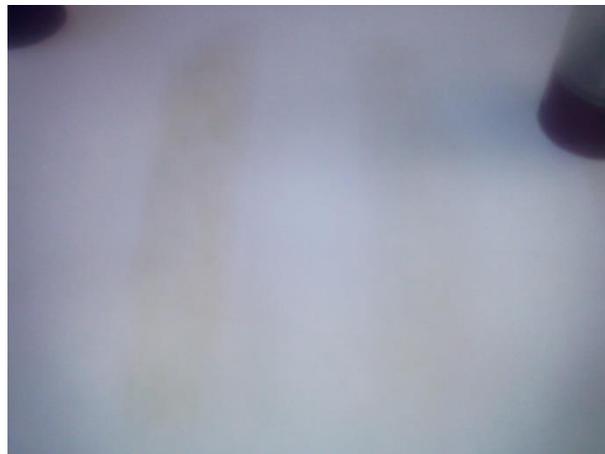


Figura 4 Película seca con una tonalidad café.

2 Pruebas Experimentales

Para tratar de resolver el problema se llevaron a cabo algunas pruebas experimentales a nivel laboratorio, determinándose que el problema con el paso del tiempo era provocado por el Hidróxido de Sodio que se requería para elaborar el jabón el cual a su vez era necesario para obtener el pH básico que se requería para que la fenolftaleína le diese al producto el color morado deseado en la barra adhesiva, reduciéndose su concentración sin embargo el problema se mantenía presente.

3 Análisis del problema vía TRIZ

Con base a la información disponible del caso, se concluía que el uso del Hidróxido de Sodio era necesario para llevar a cabo la saponificación del ácido graso para hacer el jabón que le diera al producto la consistencia de un sólido (pasta con cierta dureza) y junto con el polímero soluble en agua, formase la barra adhesiva y a su vez que tuviera el pH adecuado para que la fenolftaleína generase el color deseado de la barra adhesiva, pero por otro lado no debería estar presente en el producto ya que junto con la fenolftaleína y probablemente con alguna sustancia extraña de todo el sistema generaba una sustancia adversa para lograr el cambio deseado de morado a translúcido en los sustratos a pegar en donde se le utilizaría, siendo esta la principal contradicción a resolver para mejorar su estabilidad (*parámetro número 13 – Estabilidad de la composición del objeto*) y tratar de evitar se deteriore con respecto al tiempo de almacenamiento del producto (*tiempo de vida – parámetro número 16 – Duración de una acción del objeto estacionario*).

4 Análisis de principios propuestos por la matriz de contradicciones

Con los dos parámetros identificados (13 y 16) la matriz de contradicciones de Altshuller sugiere los siguientes principios para resolver el problema:

Principio N° 3	Calidad local
Principio N° 23	Retroalimentación
Principio N° 35	Transformación de propiedades
Principio N° 39	Ambiente inerte

4.1 *Calidad local*

El uso de materias primas grado industrial, normalmente incluyen impurezas que podrían ser la causa del efecto adverso observado con el paso del tiempo, de tal forma que podría pensarse en sustituirlas por sustancias más puras, sin embargo no sería costeable su producción por ser normalmente de un mucho mayor costo.

4.2 *Retroalimentación*

La retroalimentación en el proceso de desarrollo de nuevos productos es muy importante, por lo cual se considera el uso del “Diseño de Experimentos” bajo la metodología desarrollada por Genichi Taguchi por razones de tiempo, reducción en el número de condiciones experimentales y costo.

4.3 *Transformación de propiedades*

4.3.1 *Cambio de estado físico de algún componente del sistema.*

El Hidróxido de Sodio es una base que normalmente permanece en estado sólido, en cambio el Hidróxido de Amonio es una base que expuesto al medio ambiente tiende a volatilizarse por lo cual un factor que sería conveniente evaluar en el diseño de experimentos lo es la sustitución parcial del Hidróxido de Sodio por el de Amonio.

4.3.2 *Cambio de concentración o densidad*

En la formación del jabón, el Hidróxido de Sodio juega un papel importante por lo cual su sustitución total por Hidróxido de Amonio no es viable, sin embargo en la formación del jabón se podría sustituir parcialmente por Hidróxido de Potasio, siendo este cambio un siguiente factor de estudio del Diseño de Experimentos. Adicionalmente se considera que la concentración de la Fenolftaleína también debería ser un factor de estudio, así como la concentración total de las bases a evaluar en la formulación total.

4.4 *Ambiente inerte.*

Es posible que el efecto indeseable con el paso del tiempo provocado por el uso de Hidróxido de Sodio en conjunto con la Fenolftaleína tuviera que ver con el fenómeno de oxidación, aunado a alguna reacción química provocada por algún contaminante de los materiales grado industrial empleado para su fabricación, sin embargo el empleo de alguna sustancia inerte en este proceso de degradación se buscaría a futuro, si los factores anteriores identificados para su estudio en el diseño de experimentos bajo la metodología de Taguchi no fuese exitosa.

5 Diseño de Experimentos – Metodología de Taguchi

Tomando en cuenta la información del punto anterior, los factores que se consideraron para el Diseño de Experimentos fueron los siguientes:

- A. Concentración de los materiales de carácter básico en la formulación.
- B. Concentración de Fenoltaleína en la formulación.
- C. Porcentaje de sustitución del Hidróxido de Sodio.
- D. Tipo de base a utilizar para sustituir parcialmente al Hidróxido de Sodio

Estudiar estos 4 factores en un diseño de experimentos factorial a 2 niveles requeriría hacer $2^4 = 16$ condiciones experimentales y como cada condición experimental requiere de un día para hacerla, se opta por utilizar el gráfico lineal número 1 de los 2 disponibles para un arreglo ortogonal L8 bajo la metodología de Taguchi que se muestran en la Figura 5 y Tabla 1 respectivamente, a efecto de reducir el tiempo en preparar las condiciones experimentales requeridas, que en este caso serían de 8 en lugar de las 16 que se requerirían hacer en un factorial completo. Los factores se asignaron a las columnas 1, 2, 4 y 7 respectivamente como se muestran en la Tabla 2.

GRÁFICAS LINEALES L8

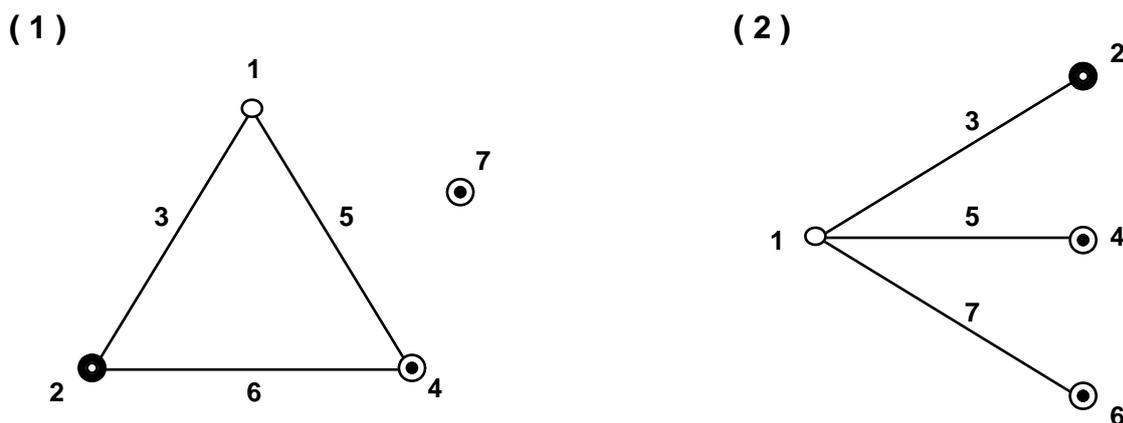


Figura 5 Gráficos Lineales “L8”

Tabla 1 Arreglo Ortogonal “L8”

Nº	COLUMNAS							Resultado
	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	1	1	1	1	1	1	Y1
2	1	1	1	2	2	2	2	Y2
3	1	2	2	1	1	2	2	Y3
4	1	2	2	2	2	1	1	Y4
5	2	1	2	1	2	1	2	Y5
6	2	1	2	2	1	2	1	Y6
7	2	2	1	1	2	2	1	Y7
8	2	2	1	2	1	1	2	Y8

Tabla 2 Distribución de factores en Arreglo Ortogonal “L8” y niveles de estudio definidos

Factor	Descripción	Nivel 1	Nivel 2	Columna
A	Concentración total de bases en la formulación	100	80	1
B	Concentración Fenolftaleína en la formulación	100	80	2
C	Porcentaje sustitución del Hidróxido de Sodio	40	20	4
D	Tipo de base para sustitución parcial de NaOH	Amoniaco	Potasa	7

6 Resultados Diseño de Experimentos – Taguchi / TRIZ

En la Tabla 3 se muestran los resultados de las condiciones experimentales que se realizaron, y en la Tabla 4 el análisis de la varianza de este diseño de experimentos.

Tabla 3 Resultados observados del Diseño de Experimentos – Taguchi /TRIZ

Condición Experimental N°	% Base Total	% Fenolftaleína	Sustitución NaOH - %	Tipo de Base	Manchado* a 30 días (menor es mejor)
1	100	100	40	Amoniaco	2
2	100	100	20	Potasa	6
3	100	80	40	Potasa	3
4	100	80	20	Amoniaco	6
5	80	100	40	Potasa	0
6	80	100	20	Amoniaco	3
7	80	80	40	Amoniaco	0
8	80	80	20	Potasa	1

Tabla 4 Análisis de la varianza – Nivel de Significancia

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F Calculada	Nivel de Significancia
% Total de Bases	21.125	1	21.125	18.778	.0227
% Fenolftaleína	.125	1	.125	.111	.7641
% Sustitución de NaOH	15.125	1	15.125	13.444	.0351
Tipo de Base sustituta	.125	1	.125	.111	.7641
Error (estimado)	3.375	3	1.125		
Total Corregido	39.875	7			

De los resultados obtenidos se observa que el porcentaje del total de las sustancias con carácter básico en la formulación de la barra adhesiva así como el porcentaje de sustitución del Hidróxido de Sodio por Hidróxido de Amonio o Hidróxido de Potasio presentan un efecto significativo en el “manchado” que presenta la barra adhesiva con el tiempo de almacenaje. En tanto el % de Fenolftaleína en la formulación así como la base sustituta del Hidróxido de Sodio no tienen un efecto significativo en el problema observado, por lo cual se pueden colocar en su nivel más económico para reducir el costo de la formulación. El modelo matemático que explica el comportamiento observado se muestra en la ecuación siguiente:

$$\text{Manchado} = 0.1625 (\% \text{ Total de Bases}) - 0.1375 (\% \text{ Sustitución de NaOH}) - 7.875 \quad (1)$$

Como en este caso “Menor es Mejor” el Porcentaje Total de sustancias con carácter básico en la formulación de la barra adhesiva se recomienda ponerlo en el nivel menor (80% del original) y en el caso del Porcentaje de Sustitución de Hidróxido de Sodio ponerlo en su nivel más alto (40%), siendo posible el uso de Hidróxido de Potasio o Hidróxido de Amonio.

7 Conclusiones

El uso de TRIZ en el Diseño de Experimentos es una fuente de Retroalimentación (Principio N° 23) importante para los investigadores, ya que se pueden validar estadísticamente los resultados observados y de esta forma generar productos más robustos.

En este caso, el Principio N° 35 fue el que aportó la solución del problema al modificar la concentración del componente con la principal contradicción identificada aplicando la metodología de TRIZ, en conjunto con la sustitución parcial de este componente por uno similar.

Bibliografía

- [1] M. Coronado M., R. Oropeza M., y E. Rico A. “TRIZ, La Tecnología más Moderna para Inventar o Innovar Tecnológicamente de manera Sistemática”. Editorial Panorama, 2005.
- [2] Genichi Taguchi, “System of Experimental Design”. Quality Resources and American Supplier Institute Inc., 1987.
- [3] “The Condensed Chemical Dictionary”, Tenth Edition, Revised by Gessner G. Hawley. Van Nostrand Reinhold Company. 1981.

MODELO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TRIZ COMO ACCIÓN ESTRATÉGICA PARA EL ÉXITO EMPRESARIAL

Edgardo Córdova López^a Miguel Rojano Aguirre^b

^{a y b} Académicos del Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Puebla *

^a ecordoval@gmail.com

ABSTRACT

For more than a decade we have observed the difficulty to implement TRIZ in manufacturing or in service companies. Despite the fact that the effectiveness of the tool has been demonstrated repeatedly, these demonstrations or the numerous testimonies that appear in bibliography are not enough. Even with cases of study in the company itself where the forcefulness of the method generating highly creative solutions to complex technical problems has been tested. Enterprises are skeptic yet for accepting an unknown method that lacks references, besides with a suspicious and quite dramatic origin. We propose here a method to facilitate the implementation of TRIZ in enterprises.

Keywords: TRIZ, Creativity, Innovation, enterprise strategy, success

RESUMEN

Durante más de una década hemos observado que resulta complicado implementar TRIZ en las empresas de manufactura o de servicios. A pesar de que se haya demostrado la efectividad de la herramienta reiteradamente, no basta estas demostraciones ni los numerosos testimonios que aparecen en la bibliografía, ni aún los casos de estudio realizado en la propia empresa, donde se ha probado la contundencia del método para generar soluciones altamente creativas a problemas técnicos complejos. Las empresas se muestran escépticas respecto a aceptar un método desconocido y poco referenciado en la bibliografía de más actualidad, además con un origen oscuro y algo dramático. Aquí se propone un modelo para facilitar la implementación de TRIZ en las empresas.

Palabras claves: TRIZ, Creatividad, Innovación, estrategia empresarial, éxito.

INTRODUCCIÓN

La creatividad y la innovación son competencias humanas que se adquieren, se transmiten y se gestionan. Desde el siglo pasado se vienen proponiendo modelos y metodologías que intentan explicar el origen de la creatividad y el desarrollo de la innovación.

Un número creciente de empresas a nivel mundial, comienza a utilizar modelos y herramientas para crear valor a sus productos. La mayoría de la veces con un éxito modesto. Sin embargo, no fue sino hasta hace un par de décadas que este sueño ha podido hacerse realidad gracias a la introducción en occidente de la teoría TRIZ. Teoría desarrollada por Altshuller desde fines de la década de los '40 del siglo pasado. Pero se hizo importante a partir de la década de los '90 cuando surgió el fenómeno de la globalización y la innovación cobró una importancia sin precedente en la lucha por los mercados de los principales países desarrollados, considerados social, económica y tecnológicamente poderosos.

Este sueño al que hacemos referencia consiste en el hecho de hacer de la innovación una actividad cotidiana, una acción de rutina en las empresas que permita utilizar la creatividad humana para alcanzar soluciones simples, económicas y elegantes, nosotros le llamamos *soluciones creativas*. Esto sería producto de una innovación progresiva y creciente en los diversos procesos tecnológicos, donde todos los agentes humanos involucrados colaboren de manera consciente y esmerada para que esto sea posible. Esto es lo que hemos denominado Innovación sistemática. Aunque este término se ha utilizado ya de manera "liviana" y hasta con trivialidad en muchas fuentes. Ahora, con la metodología TRIZ, la sistematización de la innovación es una realidad que siempre ha sido anhelada, aunque aún poco conocida.

TRIZ como concepto tecnológico

Detengámonos brevemente para reflexionar acerca de cómo ubicar el concepto TRIZ en nuestro contexto empresarial y sobre todo en el académico. Si bien surgió como una teoría de resolución de problemas, se ha estado utilizando de manera reservada en muchas empresas como una metodología formal para la innovación sistemática. Resolver un problema de manera creativa siempre es un paso hacia el estado ideal del sistema tecnológico en cuestión. Hay quienes aún dudan en considerar a TRIZ como una metodología.

Sin embargo, siendo un proceso sistemático y formal para lograr soluciones creativas ante problemas técnicos complejos (y aún de carácter humano), con herramientas analíticas que facilitan esta labor al grado de presentar una base inmensa de conocimientos que crece de manera consistente, indicando al analista las etapas a seguir para que una solución creativa emerja sin necesidad de caer en el método de ensayo y error que ya no procede en la tecnología actual. Existiendo softwares que facilitan aún más esta labor. Sería absurdo que TRIZ no operase como una metodología formal y estructurada para la innovación en general. Sin embargo, nadie ha dudado de metodologías como Taguchi con sus inconsistencias estadísticas, con sus arbitrariedades matemáticas, con sus complejidades técnicas para definir un curso de acción idóneo para mejorar la calidad y lograr un proceso llamado “robusto” sin tener certeza absoluta de su eficacia final. Mencionemos también a Seis-sigma que se basa en herramientas estadísticas y por tanto sujetas a las leyes de la probabilidad, proporcionando resultados que dependen de la habilidad del analista; si es realmente hábil, por ejemplo un Black Belt Máster, el resultado es mucho mejor que si se trata de un modesto Green Belt y para ello, se requiere de mucho y penoso entrenamiento que muchos no están dispuestos ni siquiera a empezar.

TRIZ en cambio es un metodología que sólo requiere un entrenamiento básico, usar la base de conocimientos ya disponible, desarrollar las habilidades requeridas no implican de mucho tiempo, sino de pocas semanas para empezar a generar resultados brillantes en situaciones emergentes. La clave es utilizar la creatividad y el talento humano acumulados; la experiencia y el esfuerzo aportados por técnicos, científicos, ingenieros, artistas, etc. y el conocimiento de infinidad de eruditos que han contribuido de manera determinante para hacer crecer a la ciencia y a la tecnología. Sólo esto ya marca una diferencia considerable de TRIZ con respecto a otras metodologías usadas y reconocidas dentro del mundo industrial y académico.

Por último, TRIZ se perfila como algo más trascendente que una teoría y una metodología. Por su enorme contenido disciplinario y su capacidad para transformar la visión de quienes tienen la oportunidad de practicarlo, se puede considerar como una filosofía. De hecho, TRIZ se funda en conceptos eminentemente filosóficos y de gran contenido místico. Mencionaremos el concepto de *idealidad*. Concepto muy antiguo pero que por primera vez se aplica de manera intuitiva a la tecnología y que permite una estrategia de desarrollo acelerado de la innovación. El hecho de que Altshuller haya propuesto algunas leyes que se validan en el mismo proceso histórico y técnico es de un gran mérito filosófico. Una de ellas se puede enunciar de la siguiente manera: *Todos los sistemas tecnológicos tienden a su estado ideal, o sea, cuando no requieren de energía para operar y por tanto, no contaminan ni generan desechos*. Sólo esta ley, que hasta ahora nadie ha cuestionado, bastaría para generar nuevos y poderosos paradigmas que permiten por sí solos, idear, proponer e inventar nuevos diseños en procesos o productos, así como idear soluciones de alto nivel de creatividad. Lo mismo se podría decir de las demás leyes formuladas por el propio Altshuller o de los preceptos vertidos de la inercia psicológica, un concepto ya explorado, pero nunca antes se habían propuesto herramientas tan efectivas que facilitan su erradicación o al menos su neutralización.

En fin, TRIZ se ha presentado como una propuesta revolucionaria e innovadora por sí misma, como un reto para la mayoría de los tecnólogos, ingenieros, académicos, etc. Aunque muchos, prefieren sólo quedarse con la versátil matriz de contradicciones que si bien representa la herramienta clásica por excelencia y de gran impacto en la resolución creativa de problemas técnicos complejos, no deja de ser sólo una de tantas herramientas existentes en la actualidad que pueden ser de gran utilidad para diversos propósitos encausados a incrementar la competitividad de las empresas y para ayudar a mejorar el clima laboral.

Este enfoque radical, exige de los innovadores una nueva manera de concebir la tecnología, una nueva manera de entender la innovación y una nueva forma de trabajar.

Podría parecer antagónico si observamos a “líderes” conservadores tratando de implementar TRIZ en sus empresas.

En pocas semanas terminan abandonado sus proyectos y aun cuando haya resultados prometedores en curso, claudican antes de ver concretizados sus esfuerzos. Definitivamente este enfoque tiene que ver con la personalidad de quienes pretenden tomar la innovación como un proceso sistemático y cotidiano. Tarde o temprano descubren que el inicio verdadero no está sólo en una idea creativa que debe evolucionar hasta convertirse en un éxito comercial. Está en una manera de pensar, de actuar y de ser. Es de hecho una nueva manera de concebir la vida y a sí mismos como entes inter actuantes dentro de una organización que obviamente tiene problemas complejos a resolver, productos o procesos a innovar y a comercializar y lo más complicado, riqueza material a compartir. La mayoría se estanca en alguna de estas etapas, es difícil descubrir la misión del ser humano como miembro de una comunidad empresarial, académica o social. Los que lo consiguen son seres que generalmente trabajan a contracorriente y se enfrentan a infinidad de obstáculos antes de lograr metas valiosas.

TRIZ como filosofía y estrategia gerencial

Entonces descubrimos que el problema de fondo no está en el método o en la manera de aplicar una herramienta. Ni siquiera está en el trabajo organizado. Tal vez esté en la manera de transformar la conciencia de los líderes de una organización para lograr que estas tecnologías de gran impacto, como TRIZ, puedan ser implementadas en una empresa y que además todos cooperen para lograr resultados deseados. Con frecuencia, sólo son uno o dos solitarios idealistas quienes pretenden aplicar TRIZ en ciertos procesos técnicos dentro de una empresa. Rara vez ostentan cargos directivos, así que se enfrentan casi de manera inevitable a potenciales e invisibles boicoteadores que cooperan muy poco y que esperan que no funciones esta extraña y subversiva metodología llamada TRIZ. Es muy diferente el caso donde los principales líderes son quienes buscan implementar esta metodología y empiezan por “educar” a su personal. Cuando es así se consiguen valiosos resultados y contribuciones reales a la tecnología, como ocurre con las empresas de clase mundial.

Por ello, trataremos de proponer un modelo que facilite la implementación de TRIZ como filosofía de trabajo dentro de las empresas progresistas para facilitar el éxito empresarial a partir de la innovación sistemática. Este modelo se funda principalmente en conceptos empíricos según las observaciones rigurosas de cómo se han implementado métodos y filosofías suficientemente reconocidas tales como el aseguramiento de la calidad o el mantenimiento productivo total o incluso la tecnología esbelta o Seis-Sigma.

Etapas estratégicas para implementar TRIZ

Las etapas que consideramos estratégicas para la implementación de la metodología TRIZ si se desea lograr un éxito empresarial en una empresa son las siguientes: (ver la Fig)

1. Reeducación

El inicio natural de todo proceso de implementación de cualquier método nuevo debe ser la reeducación. Es decir, inducir el descubrimiento de la importancia de adoptar una nueva manera de pensar según los preceptos, en este caso de TRIZ. Lo que permitirá a los miembros de la organización encausar sus esfuerzos siempre hacia una misma dirección. Esta nueva cultura debe ser congruente con lo que la alta dirección desea para la organización. Nadie debe de obstaculizar la labor que repercutirá en un proceso de innovación sistemática y por ende de mayor productividad en todos los procesos de la organización, incluidos los administrativos, los financieros y los que tienen que ver con la mercadotecnia. Al mismo tiempo, ir eliminando muchos de los mitos de carácter tecnológico que durante décadas se han considerado estratégicos, aunque muchos de ellos, llegaron a ser válidos en algún momento. Tomemos en cuenta que en los últimos años, la tecnología crece más rápido que nuestra capacidad de adaptación y esto ha dejado muchos paradigmas que otrora fueron vigentes, fuera de operación.

Esta nueva cultura también implica una alfabetización, debemos de adoptar incluso un nuevo lenguaje. Las palabras, en su abstracción más invisible, están llenas de inercia mental y pueden conducirnos a errores significativos.

Esta reeducación implica adoptar la cultura TRIZ, no sólo ante los problemas técnicos o ante los retos de nuevos diseños de productos o procesos, sino que de una manera natural y espontánea aplicarla siempre donde quiera que estemos. Siendo capaces incluso de aplicar esta nueva modalidad en nuestra propia vida y con nuestros propios problemas tanto domésticos como personales. Recordemos que TRIZ implica una revolución total de nuestra manera de pensar, actuar y ser. No se puede concebir a alguien que puede arreglar problemas técnicos complejos y que su propia vida esté hecha un caos. Sería una incongruencia muy severa.

Naturalmente cada etapa señalada requiere a su vez de todo un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que deben aplicarse para lograr agregar valor a los procesos productivos y administrativos con el mínimo de recursos extras y el mínimo de inversión.

Es importante recordar que una solución creativa es por definición una solución económica, simple y elegante. A diferencia de las soluciones convencionales que muchas de las empresas de hoy implementan ante problemas con contradicciones físicas principalmente, que se caracterizan por ser costosas, complejas, agregando más recursos e incrementando el esfuerzo humano. Estas soluciones pueden tener un fuerte impacto en la competitividad de las empresas e incluso ser motivo de colapsos graves.

2. Desarrollo de competencias y habilidades

La siguiente etapa es ofrecer un breve taller para desarrollar las competencias y habilidades requeridas para la implementación de TRIZ en uno o varios procesos técnicos de la organización. Es importante saber qué tipo de

herramienta técnica debemos aplicar ante diversas situaciones que puedan ser mejoradas. Es recomendable que estos talleres sean ofrecidos por instructores reconocidos y con amplia experiencia en esta labor.

TRIZ se fundamenta en base de conocimientos, en millones de patentes analizadas y catalogadas, en casos exitosos que puedan usarse como referencia. La idea es nunca recorrer el camino dos veces, y menos si quienes lograron grandes contribuciones a la técnica, debieron usar años para lograrlo y un esfuerzo y disciplina tenaz. Gracias a esta enorme base de conocimientos el taller que se ofrezca no debe ser tan cansado ni tan complejo. Tampoco debe requerir conocimientos avanzados de tal o cual área de la ciencia o de la tecnología. Sólo debe requerir una conducta afable y una actitud optimista.

3. priorizar acciones

El tercer paso debe ser priorizar las operaciones, los procesos, las actividades que resultan ser las más costosas, las más conflictivas o las más lentas. Así como revelar los costos invisibles. A éstos se les debe dar prioridad a través de las diferentes herramientas desarrolladas en TRIZ. El arte radica en saber identificar las contradicciones involucradas. También es importante identificar los problemas de carácter humano, algunos de ellos impactan de manera importante la competitividad de la empresa y resultan ser poco visibles a los ojos de los miembros de una organización, pero sus síntomas son claros y fácilmente atribuibles a causas no técnicas. También se han desarrollado en TRIZ herramientas psicológicas para minimizar el impacto nocivo de estas deficiencias humanas que merman la productividad y entorpecen la convivencia armónica de los miembros de una organización.

4. Monitoreo

Por último, no basta tener todo un plan estratégico para la innovación sistemática empresarial. Aún cuando vayamos acumulando éxitos en diversas situaciones problemáticas o en nuevos diseños, es importante continuar con la misma disciplina en cuanto a acciones, trabajo, respeto a la opinión de otros y manera de enfrentar los problemas, sin querer resolverlos, recordar que esto nos lleva de manera inevitable al método de ensayo y error que queremos abandonar.

Debemos tener presente que los problemas son para plantearse, un problema bien planteado está resuelto en un 50%. Un problema bien planteado a la manera TRIZ debe estar resuelto en un 90%. Debemos evitar sobre todo que estas acciones sean pasajeras o esporádicas, a menudo un resultado pobre suele desanimar para ulteriores intentos. Todos estas claves tecnológicas deben compartirse en el taller que se ofrezca sobre TRIZ, en la etapa 2

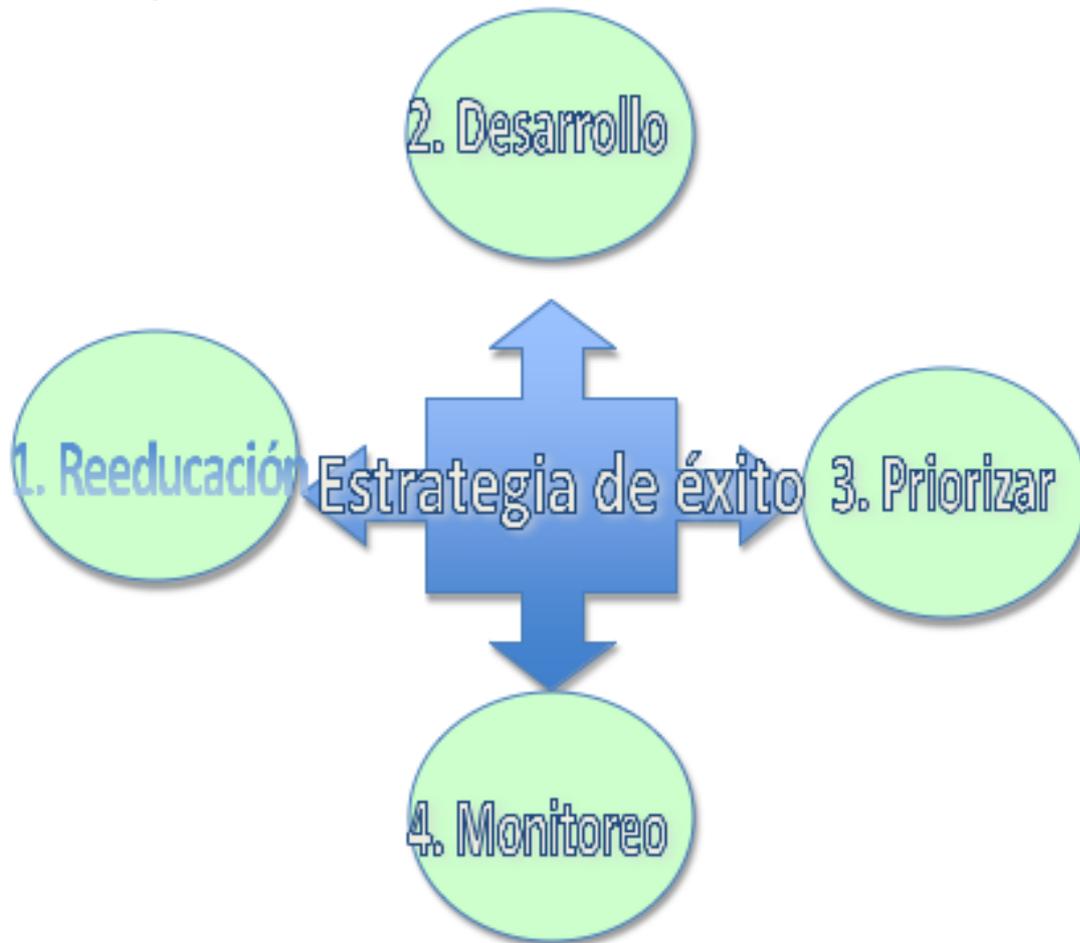


Figura 1. Modelo para la implementación de TRIZ en una empresa

Conclusiones

TRIZ es y ha sido utilizado como una metodología estructurada para la resolución creativa de problemas técnicos complejos así como para sistematizar la innovación en productos y procesos.

TRIZ no debería usarse de manera aislada sólo cuando está un experto y bajo su supervisión. Es importante hacer de TRIZ toda una filosofía de trabajo y usarlo como una herramienta técnica y humana de crecimiento integral. Lograr que se instituya en las empresas como plataforma tecnológica para el trabajo cotidiano en sus más diversas facetas. Lo más rentable es empezar por una reeducación empresarial que permita ver ésta y otras tecnologías como una acción cotidiana y normal y no verla como algo extraordinario, mágico o costoso, que sólo las grandes empresas, pueden utilizar. TRIZ cuenta con las herramientas técnicas requeridas para lograr productividad, calidad e innovación como ejes centrales del éxito empresarial que es lo que todos anhelamos y buscamos.

REFERENCIAS

[1] CÓRDOVA LÓPEZ, Edgardo/ HERNÁNDEZ DELGADO, José Gregorio. La Séptima Generación de la Calidad, un Nuevo Paradigma TRIZ. 3er Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica, Guadalajara, Jal, Méx. Nov. 2008.

[2] ALTSHULLER, Genrich. And suddenly the inventor Appeared, TRIZ, The Theory of inventive problem solving/ 2nd edition, published by Technical Innovation Center, Inc Worcester, MA/ 1996

[3] CÓRDOVA-LÓPEZ, Edgardo/ Contribution a une Approche Méthodologique du Processus d'innovation: Application de la Théorie TRIZ Aux Systèmes Produit-Procédé- Processus/ Tesis Doctoral presentada El 16 de Julio de 2002 en el Instituto Nacional Politécnico de Toulouse, Francia.

[4] MILES, Lawrence / “Análisis de Valor” / Ed. Deusto / Bilbao / 1970

[5] VALDEZ, Luigi / Conocimiento es futuro, hacia la sexta generación de los procesos de calidad / CONCAMIN/ ISBN 970-91643-0-9 / 15^a edición / mayo 2002/ México, D.F.

[6].Páginas Web consultadas: <http://dnxgroup.com/que-hacemos/cocreacion.html> y <http://www.materiabiz.com/mbz/estrategiaymarketing/nota.vsp?nid=38619>

[7] CÓRDOVA-LÓPEZ, Edgardo / MACÍAS-PONCE, José Luis; co-creación con TRIZ un enfoque moderno de innovación sistemática: 6^o Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica, Querétaro, Qro, Méx. Nov. 2011

EL MANTENIMIENTO CREATIVO BAJO EL CONCEPTO TRIZ

Edgardo Córdova López^a Miguel Rojano Aguirre^b

^{a y b} Académicos del Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Puebla *

^a ecordova@gmail.com

ABSTRACT

The creative maintenance concept comes with the objective of looking for the automatization and avoid any human intervention for the maintenance in determined machines or equipment.

In the past, the maintenance technician was dedicated to change pieces and conduct reparation. Today, he is obligated to rely on a combination of knowledge in programming, automatization, tooling, electronic, electricity, hydraulic, pneumatic, mechanic, industrial security, quality, computing and languages.

Along the years, the industrial maintenance department has been acquiring a relevant importance, due mainly to the technologic changes that have improved the industrial equipments. The integration and the development of robotized machines, programmable automate and other high tech equipment have obligated the companies to rely on highly skilled maintenance employees and high tech materials.

However, the technology is not the only reason that has impulse maintenance development. The result of a company in terms of production has also been of influence since those are related to the installed capacity, the operation rhythm, the product quality and the availability of the installations.

The aim of creative maintenance is to allow the machines to auto maintain so the intervention of a human worker is not necessary anymore and therefore to reduce the costs.

Keywords: Creative maintenance,, SIM, Ideality, TRIZ, RCM

RESUMEN

El concepto de mantenimiento creativo surge con el objetivo de buscar la automatización y evitar la menor intervención humana al requerirse mantenimiento en determinada maquina o equipo.

En el pasado, el técnico en mantenimiento se dedicaba sólo a cambiar piezas y hacer reparaciones, ahora se ve obligado a contar con una combinación de conocimientos en programación, automatización, instrumentación, electrónica, electricidad, hidráulica, neumática, mecánica, seguridad industrial, calidad, computación e idiomas.

El departamento de mantenimiento industrial, con el paso de los años, ha ido adquiriendo una importancia relevante, debido principalmente a los cambios tecnológicos que han mejorado los equipamientos industriales. La integración y el desarrollo de los aparatos robotizados, autómatas programables y otros equipos de tecnología de punta, han obligado a las empresas a contar con personal de mantenimiento altamente capacitado, y materiales de alta tecnología.

Pero, la tecnología, no es la única razón que ha impulsado el desarrollo del mantenimiento, mucho han influido los resultados de una empresa en términos de producción, ya que éstos se encuentran relacionados con la capacidad instalada, el ritmo de operación, la calidad de los productos y la disponibilidad de las instalaciones.

Lo que se busca con el mantenimiento creativo es que las máquinas se auto mantengan solas, que ya no haya necesidad de que la mano del hombre intervenga en este tipo de mantenimiento, ya que con eso reduciríamos los costos.

Palabras clave: Mantenimiento Creativo, SIM, Idealidad, TRIZ, RCM

1. LA CREATIVIDAD EN ACCIÓN: TRIZ, SIX SIGMA Y RCM. ENTRE EL RETO INNOVADOR Y LA NECESIDAD INDUSTRIAL

Aquí se propone un acercamiento a la satisfacción de las necesidades de mantenimiento en la industria, a través de la conjunción de la Teoría de Problemas de Inventiva (TRIZ) y Six Sigma, como parte de un proceso de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Propone abrir el horizonte más allá de los esquemas hasta ahora trabajados para ser consecuentes con el principio de mejora continua como necesidad y condición para la innovación y el progreso organizacional y la responsabilidad social.

La Teoría de Resolución de Problemas de Inventiva (TRIZ), Six Sigma (6σ) y el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) son también tecnologías capaces de ofrecer, en su conjunto, una promesa de desarrollo, pero no capacidad de decisión, ni creatividad, ni iniciativa, ni confiabilidad, ni menos aún asegurar la competitividad.

El hecho de que se utilicen teorías, métodos y estrategias no significa que seamos capaces de obtener un resultado

aceptable al hacer el balance para nuestros fines. Todavía menos, si dichas tecnologías se convierten en un fin en sí mismas y las estrategias bien estructuradas, pero desenfocadas, se conciben para un corto plazo. Consideremos que las tecnologías aportan ingredientes vitales, necesarios pero no suficientes.

En el mundo de la ingeniería y la gestión empresarial se tratan de resolver problemas constantemente –con malos, regulares y buenos resultados- sean tanto de índole puramente técnica como gerencial. Esto se hace con el sentido de hacer la empresa sostenible, productiva, competitiva con procesos más eficientes y eficaces, o simplemente para sobrevivir, todo lo que confiere un carácter de exigencia innovadora a la actividad empresarial. En este sentido las organizaciones que entran en el selecto grupo de las calificadas como “que aprenden” son una mezcla estructura-capital humano con un enfoque marcadamente creativo, apoyado por la aplicación de principios, actitudes, aptitudes y valores necesarios para primero llegar a identificar los problemas y luego a intentar solucionarlos con aceptables probabilidades de éxito.

En este contexto se presenta y desarrolla la Teoría de Resolución de Problemas de inventiva (TRIZ) derivada de las generalizaciones del estudio de millones de patentes e inventos que han conducido al enunciado de una serie de reglas manifiestas en casos diferentes y que se han sintetizado en forma de principios y normas aplicables a procesos de creación -no importa si de elementos físicos concretos o flujos idóneos para la gestión.

En este trabajo se intentará relacionar los principios de inversión, segmentación, y acción anterior de TRIZ con las prácticas cotidianas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (Reliability Centered Maintenance, RCM según su sigla en inglés).

El principio de segmentación como su nombre indica es la separación, repetición de pequeñas partes que cumplen la función de una sola gran parte, pero como es de esperar con una mayor capacidad de compartimentación y flexibilidad, lo que confiere a la aplicación específica de atributos adicionales. Por su parte el principio de acción anterior recomienda realizar una acción requerida (parcial o total) de antemano, con el fin que pueda entrar en acción desde la posición más ventajosa y sin retrasos. En el avance del trabajo se irán explicando ejemplos de aplicación y analogías de estos principios vistas desde el RCM.

El principio de inversión se destaca por el hecho de hacer algo opuesto a lo que se hace para obtener un resultado con atributos equivalentes o diferentes con alguna ventaja manifiesta y deseada, según sea la necesidad y/o la intención. En esencia el ciclo de la calidad es un exponente del principio de inversión en la práctica gerencial. El ciclo de la calidad, basado en las ideas de Taylor, esbozado por Shewhart, atribuido a Deming y modificado finalmente por Ishikawa en seis pasos, continua siendo el esquema básico para proceder en pos del control y la mejora de la calidad y es referenciado como “ciclo Deming” en las normas de gestión de la calidad de la familia ISO 9000: 2000. Deming amerita ser aquel que más lo difundió, pero no sería exacto ni justo atribuírselo por esa razón.

La gestión de la calidad exige a las organizaciones un proceso que se rija por el tránsito de los viejos paradigmas a los nuevos a través de la inversión, al demandar prácticas, pensamientos y actitudes diferentes y en muchos casos contrarias a las impuestas por la tradición y las prácticas cotidianas. Evidentemente, este tránsito se presenta hartamente complejo cuando se trata de modificar el pensamiento y comportamiento de la personalidad colectiva de una organización.

En particular, es importante resaltar la vinculación existente entre la metodología TRIZ y aquella del RCM. Este último de aparición en los años 60, casi una década posterior a los inicios de TRIZ.

Sin embargo, la tecnología del RCM requiere esencialmente la creatividad y la innovación para aportar sus resultados en la compleja misión de mantener haciendo lo que se quiere que hagan los diferentes actores de los escenarios industriales (procesos, sistemas, máquinas, herramientas, componentes, dispositivos de seguridad). Para ello, se vale del conocimiento y la capacidad innovadora que pueda ser extraída y gestionada de las personas que están vinculadas al lugar y campo donde se aplique.

a. EL PROCESO RCM

El objetivo supremo de un proceso de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es mantener las funciones de los sistemas al nivel de rendimiento deseado, dado un determinado contexto operacional. En este caso lo que se denomina contexto operacional constituye una fuente de variación de las condiciones reales de operación que puede llegar a ser altamente variable e imprevisible para los que diseñan y fabrican los sistemas, por tanto la mayor responsabilidad se deja a los que operan y mantienen los activos industriales. El contexto operacional es una variable que puede superar con creces el uso previsto y aun así el RCM tendría el sentido y la misión de garantizar el cumplimiento de las funciones reestructurando el campo de operación de sus activos en una organización y condiciones dadas.

El RCM es una metodología consistente que obtiene como resultado relevante las tareas de mantenimiento a nivel de

modo de fallo, que aseguran el cumplimiento de las funciones de los sistemas, obsérvese que deliberadamente se mantienen las funciones de los sistemas y no se mantienen a los sistemas mismos.

Los modos de fallos son aquellos eventos que se consideran las causas que desencadenan los fallos en las funciones de los activos (fallos funcionales), sistema o proceso que se analice. Es decir, las diferentes razones técnicas y humanas que pueden llevar a un estado de incumplimiento, ya sea total o parcial, de la misión deseada. De ahí la relevancia de su identificación y análisis.

Por supuesto, las cosas no se quedan ahí. El proceso RCM exige describir los efectos de suceder cada uno de los modos de fallos. Posteriormente, se analiza la importancia de cada modo de fallo. Con esto finaliza la parte inicial del proceso RCM y se evalúan y proponen las tareas de mantenimiento, que deben ser posibles de realizar y que debe valer la pena hacerlas (hablamos de los criterios de factibilidad técnica y sostenibilidad de las tareas que se propongan que determinarán si se trata o no de una tarea apropiada).

RCM considera cuatro categorías de consecuencias de ocurrir un modo de fallo dado y de esa manera mide la importancia de los mismos. En orden de prioridad se identifican: consecuencias para la seguridad, el medio ambiente, la operación y las denominadas consecuencias no operacionales (está última sólo se relaciona con el costo de reparación). En función de la consecuencia preponderante que pueda tener un modo de fallo, existirá un camino lógico para proponer la tarea proactiva o alternativa que lo gestione para intentar eliminar o minimizar dichas consecuencias. Una tarea de mantenimiento puede ser una restauración, una sustitución, una inspección o una modificación. Esta última es la tarea de mantenimiento que posee más probabilidades de ser, en sí misma, una innovación al sistema donde se aplique.

Cada modo de fallo considerado tendrá que tener una tarea para gestionarlo. Las tareas pueden incorporar elementos importantes derivados de los principios de segmentación (incorporación de redundancias), acción anterior (tareas preventivas) e inversión (aplicación de acciones opuestas a lo que impone la tradición o el pensamiento lineal). Las tareas se acompañan de una frecuencia inicial de ejecución y de la identificación del responsable (persona, área) de ejecutarla.

Preciso es reconocer que una reparación, una sustitución o una modificación no tienen necesariamente que devolver al activo o sistema, un nivel de confiabilidad igual, o presumiblemente superior, al que tenía cuando nuevo. Existen diferentes estados en que puede quedar un activo (hablamos de su capacidad de cumplir con su función) después de labores preventivas o correcciones. Estos estados son:

1. Tan bueno como nuevo.
2. Mejor que antes de fallar, pero peor que nuevo.
3. Mejor que nuevo.
4. Tan malo como antes de fallar.

Corresponderá determinar objetivamente en qué situación ha quedado el activo objeto de intervención, luego de haber restaurado nuevamente su función. De la seriedad de este análisis dependerá la evaluación precisa de la confiabilidad en el contexto sin la creación de falsas expectativas de desempeño. Un proceso de aplicación de TRIZ (o Six Sigma), combinado con RCM deberá caracterizar el nuevo estado en que presenta al sistema luego de haber realizado modificaciones sobre él.

b. INTEGRANDO SIX SIGMA AL RCM

Por otra parte, la implementación de Six Sigma con la preparación de Master Black Belt, Black Belt, Brown belt, greenbelt Plus, potencia enormemente la capacidad de realización de mejoras y proyectos de modificación dentro de un enfoque de RCM. Con el arsenal de Six Sigma es posible realizar modificaciones en los sistemas y procesos impactando su confiabilidad inherente y que esto se traduzca en el desempeño deseado a nivel de confiabilidad en el contexto.

Como detalle relevante, se debe observar la eficacia del proyecto bajo el enfoque de six sigma y también que se trata de la solución para gestionar un sólo modo de fallo desde el punto de vista del RCM. Un sistema puede fallar a consecuencia de varios modos de fallo, algunos de ellos muy críticos como es el caso reflejado. Es precisamente, en las tareas de modificación donde existe el posible mayor vínculo de potencial integración entre six sigma y el RCM. Con la interiorización y mediación de los principios de TRIZ se podría aspirar a una elevada efectividad en la aplicación de las tecnologías de mejora de la calidad y sobre todo a concebir diseños que aseguren funcionalidad y confiabilidad que a la postre determinan el ciclo de vida de cualquier producto (entiéndase producto como se define en ISO 9001).

c. EL FLUIR DEL CONOCIMIENTO

La aplicación del diagrama causa evidenció la enorme importancia que lleva en el proceso de solución de problemas la fase de identificación y análisis de las posibles causas que pueden influir sobre un problema de gestión que puede ser manifiesto o latente y que determina la flexibilidad para realizar transferencias tecnológicas y la aptitud innovativa.

Es hoy un hecho innegable la evidencia abrumadora de la necesidad de producir bienes y servicios con una elevada confiabilidad para poder hablar de competitividad empresarial. Por ello, están dadas importantes condiciones objetivas para desterrar las viejas ideas y transitar hacia otros paradigmas. La confiabilidad debe incorporarse dentro de cada diseño y cada proceso. No se puede crear mediante inspecciones, ni tampoco a través de pasivas declaraciones y buenos deseos. Se trata de la incorporación de mecanismos de pensamiento y gestión que respondan a la exigencia derivada de la propia lógica que imponen los cambios en las formas de pensar y de sentir.

Si verdaderamente deseamos y necesitamos eficacia y eficiencia en el mantenimiento, entonces la confiabilidad integral de los activos, será parte implícita de la estrategia que se trace y se reflejará explícitamente en las tecnologías que se utilicen que den cada vez más espacio a los procesos creativos que lleven a la identificación y solución de problemas y, más que todo, a la prevención de problemas. Si bien son importantes los expertos en resolver problemas, a juicio del autor, más importante son los expertos en anticiparse, prevenir, predecir los problemas y sus respectivas consecuencias.

El proceso de RCM no sólo representa la plataforma que aporta las soluciones técnicas para determinar los requerimientos de mantenimiento de los sistemas tecnológicos, para que continúen o mejoren las funciones que se desea y se necesita sean cumplidas, sino que identifica y jerarquiza los problemas según su importancia, facilitando el proceso de sus posibles variantes de solución.

También, y no menos importante, el RCM aporta los elementos para decidir cuáles problemas es más conveniente permitir que ocurran y no evitarlos, dado que acepta y propone la idea que para determinadas condiciones y contextos operacionales, no siempre resulta apropiada la solución de algunos problemas que se presentan, aún existiendo soluciones para enfrentarlos.

No es posible el éxito del RCM, ni de ninguna estrategia de desarrollo que tribute a la calidad, sin una dirección que prevea la conservación y el crecimiento del conocimiento de la organización.

Es perfectamente posible aplicar otras tecnologías de desarrollo creativo en combinación con RCM, tales son los casos comentados de TRIZ y Six Sigma, que constituyen herramientas del pensamiento que promueven el pensamiento creativo y la innovación.

2. SISTEMA INTELIGENTE DE MANTENIMIENTO (SIM). HACIA UN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CREATIVO

Los cambios tecnológicos han obligado a cambiar los enfoques tradicionales que se le daba al mantenimiento de la maquinaria industrial. El concepto de mantenimiento creativo surge con el objetivo de buscar la automatización, y el evitar la menor intervención física por parte del técnico al requerirse mantenimiento en determinada máquina o equipo. La propuesta que se presenta de un Sistema Inteligente de Mantenimiento busca fomentar y despertar el interés por el nuevo enfoque del mantenimiento hacia la creatividad facilitado por la utilización de la novedosa metodología TRIZ.

d. UN NUEVO ENFOQUE DEL MANTENIMIENTO

Desde su surgimiento, el mantenimiento industrial ha sido analizado desde diferentes enfoques; desde el correctivo, el preventivo, el predictivo, hasta el proactivo. Pero el avance de la tecnología, nos va acercando a un nuevo enfoque del mantenimiento, hacia el lado creativo. Este es un nuevo concepto que tiene como objetivo la búsqueda y aplicación de propuestas tecnológicas que pretendan el evitar en lo posible la intervención física del técnico, al dar este mantenimiento a determinada maquinaria.

Si el ser humano es el que le ha dado vida a las máquinas y ha generado la tecnología necesaria para automatizar los procesos en la industria, entonces tiene la capacidad de buscar automatizar los procesos de mantenimiento.

Con la tecnología se han mejorado y sofisticado los equipos, ahora los diseñadores e ingenieros desde que crean las máquinas, buscan sustituir a aquellas piezas que constantemente se tenían que cambiar al dar mantenimiento, por nuevos materiales que necesitan poca revisión y cambio.

Pero, hasta ahora no se ha logrado automatizar, por ejemplo: la actividad de ir y tomar muestras del lubricante en uso de determinada máquina, llevarlas al laboratorio y analizar sus propiedades físico-químicas para determinar si debe sustituirse por otro o puede seguir en actividad. O el ir y por medio de instrumentos de medición, monitorear las variables medibles de una máquina, recolectar datos, graficarlos, y llevar a cabo un análisis para determinar las condiciones actuales de la máquina, o determinar por medio de esta inspección qué partes mecánicas están por entrar en un estado de falla.

En concreto, aun el técnico de mantenimiento tiene que ir físicamente y monitorear determinada máquina o equipo y en

base en sus resultados, tomar una decisión de las acciones necesarias a emprender, influyendo en todo este procedimiento esfuerzo, tiempo, y dinero. Por consiguiente, se dice que la lubricación y el cambio de piezas son de las actividades más comunes que tiene que realizar un técnico en el mantenimiento de máquinas, y si bien lo que busca evitar el mantenimiento creativo es esto mismo, la intervención física del hombre, por medio de la generación de propuestas tecnológicas.

Ahora bien, el mantenimiento creativo que se refiere a la creación de ideas y propuestas se puede complementar con la metodología que proporciona la Teoría para Resolución de Problemas de Inventiva (TRIZ). Si bien, es una técnica que permite a cualquier ingeniero mejorar notablemente su capacidad inventiva para la resolución de problemas, ya que sus herramientas están basadas en modelos para la generación de ideas y soluciones innovadoras. TRIZ ayuda a extraer la esencia del problema en cuestión y la estrategia de solución aportada.

Lo que propone esta teoría es que ante un problema determinado, hay que reconocer sus elementos y su modelo, entrando en la fase conceptual "Problema Modelo".

Entonces, de acuerdo a la metodología TRIZ, y analizando la situación actual del mantenimiento industrial, se podría definir como un problema a resolver, y quedaría de la siguiente manera:

Solución ideal: Lograr que las máquinas sean auto-mantenibles, es decir, que ellas mismas se hagan el mantenimiento mientras prestan el servicio. Sin embargo hay que tratar algunas importantes contradicciones, de las cuales la más importante es la siguiente:

* Se requiere que las máquinas estén en reposo para hacerles el mantenimiento; se requiere que estén en actividad para evitar baja productividad.

Por lo que una solución intermedia podría ser concebida, inspirada en la solución ideal:

* Automatizar las actividades más comunes en el mantenimiento de determinada máquina industrial, que son la lubricación y el cambio de piezas.

Resta aún ver la manera de eliminar el efecto nocivo de algunas contradicciones físicas:

* Eliminación de la intervención del factor humano que se requiere por el momento.

* Cambio automático del lubricante y piezas sin interrupción

e. PROPUESTA: SISTEMA INTELIGENTE DE MANTENIMIENTO (SIM)

El Sistema Inteligente de Mantenimiento (SIM) es una propuesta que surge con el motivo de automatizar las actividades más frecuentes en el proceso de dar mantenimiento a determinada maquinaria industrial. Este sistema permite eliminar la mayoría de las contradicciones planteadas y generar una solución intermedia a la solución ideal planteada.

El SIM consistiría básicamente en un sistema de monitoreo y acción. Fundamentada también en una base de conocimientos.

i. MONITOREO

El SIM se encontraría interconectado a las máquinas que conforman el proceso, y cada una de éstas tendría instalados, en lugares estratégicos, sensores que serían los que tomarían los datos de las variables medibles de la máquina, esta información recolectada sería enviada directamente al SIM y comparada con una base de datos preestablecidos; parámetros y rangos estándar.

ii. ACCIÓN

De acuerdo a la comparación que realice el sistema se emitiría un diagnóstico, y en base a éste, el sistema buscaría en su base de datos preestablecida una acción lógica a realizarse, e inmediatamente se realizaría la actividad de solución. Esta base de datos estaría equipada con los principales efectos científicos relacionados con las propiedades de los lubricantes y también con los principios de inventiva catalogados por Altshuller.

El proceso de monitoreo y acción lo realizaría el SIM de forma constante y automática, y aún mejor, las acciones de solución que se tengan que realizar el sistema las efectuaría.

iii. AUTOMATIZACIÓN DE LA LUBRICACIÓN

Una de las actividades relevantes que efectuaría el SIM, sería el monitoreo y análisis del lubricante, ya que éste se considera como el líquido vital que le da una vida prolongada a la maquinaria. Su monitoreo constante nos permite detectar además de las propiedades físico-químicas, contaminación de partículas y desgastes de componentes.

Es importante hacer el cambio en el momento adecuado del líquido lubricante, ya que las principales funciones de los

lubricantes industriales son:

- * Disminuir el rozamiento.
- * Reducir el desgaste.
- * Evacuar el calor (refrigerar).
- * Facilitar el lavado (detergencia) y la dispersancia de las impurezas.
- * Minimizar la herrumbre y la corrosión que puede ocasionar el agua y los ácidos residuales.
- * Transmitir potencia.
- * Reducir la formación de depósitos duros (carbono, barnices, lacas, etc.)
- * Sellar.

En complemento, se monitorearían también los sistemas de filtrado y respiradores del equipo, y el depósito del lubricante.

De las propiedades, relevantes en un lubricante, que se monitorearían sería la viscosidad, porcentaje de cenizas sulfatadas (muestras de aceite quemado); ya que un incremento de cenizas sulfatadas usualmente indica la presencia de contaminantes tales como polvo, suciedad, partículas de desgaste y posiblemente contaminantes; el índice de Alquitrán y de Alquinatrización (en aceites en uso se comprueba con ello su grado de desgaste o envejecimiento); la untuosidad (capacidad del lubricante de llegar a formar una película de adherencia y espesor entre dos superficies deslizantes, quedando suprimido el rozamiento entre ellas), entre algunas otras, dependiendo del tipo de máquina industrial y del tipo de lubricante.

El SIM por medio de los sensores adecuados, analizaría todas las propiedades necesarias para determinar si es factible seguir trabajando con el actual lubricante o de lo contrario realizar el cambio por un nuevo. En el caso de que sea necesario realizarse el cambio, el sistema lo detectaría con anticipación, y por medio de depósitos de lubricante colocados estratégicamente en la máquina, se haría el cambio automático, sin que tenga que existir la intervención humana ni interrumpir el funcionamiento de la máquina.

iv. DIAGNÓSTICO AUTOMÁTICO DE PIEZAS A CAMBIAR

El cambio de piezas, que se diagnostican inservibles en una máquina industrial, es de las actividades más comunes dentro de un proceso de mantenimiento y sin duda se sigue realizando de forma manual, y el pretender automatizar esta acción sería una situación tan difícil como complicada de realizarse, pero no deja de ser posible. Los diseñadores y creadores de maquinaria industrial son las personas más indicadas para diseñar la automatización de piezas que en un determinado momento necesitarán cambiarse por otras nuevas; baleros, poleas, ejes, engranes, etc.

En el SIM lo que se propone es que bajo un monitoreo constante de toda la máquina industrial, se determine anticipadamente las piezas mecánicas que tiendan a entrar en un estado de falla, y que dentro de la misma máquina se encuentren colocados estratégicamente compartimientos con esas refacciones listas para utilizarse, y que de forma robotizada se haga el cambio de piezas. Habría un conducto por el cual se haría llegar la refacción hasta el compartimiento estratégico, y habría otro por donde saldría la pieza usada y que se consideraría inservible.

Aquí los principios de separación en el tiempo de TRIZ desempeñan un rol fundamental, pues debe existir los intervalos de tiempo, que determinada pieza a reemplazar no está en operación y es en ese justo momento cuando el sistema inteligente hace el reemplazo. En la actualidad, existen diferentes técnicas para llevar a cabo mediciones de las variables de las partes mecánicas de una máquina, entre las más utilizadas en el mantenimiento preventivo se encuentra el análisis de vibraciones. En esta técnica, comúnmente se recopilan datos y se grafican para su posterior análisis y toma de decisión. Además, ayuda a detectar fallas como desbalanceo, desalineación, soldaduras, fallas de rodamiento, fallas de engranajes, roces, entre otras.

La metodología en la que se basa el análisis de vibraciones, y la que se está proponiendo que contenga programado el SIM sería la siguiente:

Básicamente el SIM se basaría en el tipo de mantenimiento predictivo, realizando revisiones periódicas de las variables físicas relevantes de los equipos mediante los sensores adecuados, y mediante los datos obtenidos evaluar el estado actual y el futuro de la máquina. Ofrecería información oportuna y precisa, para la toma de decisiones. De esta forma se haría el mantenimiento adecuado en el momento justo.

El SIM sería capaz de efectuar un monitoreo en el cual se capten los síntomas de amplia variedad de fallas.

La maquinaria industrial está formada por diferentes componentes con comportamientos característicos. El SIM estaría programado de acuerdo a las características que compongan a la máquina o equipo en cuestión.

Algunas de las actividades principales que podría realizar el SIM serían las siguientes:

* Para monitorear las partes rotativas de una maquinaria habría una aplicación tanto del análisis de vibración como del ruido ultrasónico.

* En máquinas con cojinetes planos, se monitorearían y analizarían las propiedades físico-químicas del lubricante.

- * Para supervisar el desbalanceo o desalineación de una máquina o equipo, se monitorearía la vibración mecánica.
- * La temperatura es un parámetro estable en la mayoría de las máquinas industriales, algún cambio en el nivel de temperatura indicaría una condición anormal. El SIM estaría conectado a cámaras termo gráficas instaladas estratégicamente en la máquina a monitorear.
- * Aquí existen contradicciones técnicas, por lo que la matriz de Altshuller es muy importante. En todo caso, algunos de los 40 principios de inventiva podría resultar de mucha utilidad si están todos debidamente registrados en la base de datos que actuaría como un cerebro que decide qué principio es el más adecuado para determinada situación (contradicción técnica).

3. NANOTECNOLOGIA APLICADA AL MANTENIMIENTO CREATIVO

El mantenimiento industrial dejó de ser en los países desarrollados un tema de reparación de máquinas para convertirse en una de las áreas a las que se presta mayor cuidado y se destina más inversión tecnológica.

Para realizar su función primaria de transformar, transportar y/o almacenar materias primas, insumos o productos terminados, las empresas requieren de maquinaria cada vez con más complejidad tecnológica y de mayor nivel científico, la que por desgaste, uso y efectos ambientales requiere de un alto grado de mantenimiento, de hecho, se estima que en países desarrollados como Canadá, Estados Unidos y Francia, por lo menos entre el 7 y el 18% de sus ingresos anuales, se destinan para ese fin.

Por ello se han creado diferentes tipos o métodos para hacer más eficiente y barato el costo del mantenimiento del equipo de una empresa.

La mejor forma de evitar los gastos por mantenimiento, es la prevención, y las superficies protegidas donde niveles microscópicos presentan menor riesgo de daños.

g. ¿QUÉ ES LA NANOTECNOLOGÍA?

La nanotecnología es un campo de las ciencias aplicadas dedicado al control y manipulación de la materia a una escala menor que un micrómetro, es decir, a nivel de átomos y moléculas (nanomateriales). Lo más habitual es que tal manipulación se produzca en un rango de entre uno y cien nanómetros. Se tiene una idea de lo pequeño que puede ser un nanobot sabiendo que un nanobot de unos 50 nm tiene el tamaño de 5 capas de moléculas o átomos -depende de qué esté hecho el nanobot-.

Nano es un prefijo griego que indica una medida ($10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$), no un objeto; de manera que la nanotecnología se caracteriza por ser un campo esencialmente multidisciplinar, y cohesionado exclusivamente por la escala de la materia con la que trabaja. La nanotecnología comprende el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nanoescala, y la explotación de fenómenos y propiedades de la materia a nanoescala. Cuando se manipula la materia a escala tan minúscula, presenta fenómenos y propiedades totalmente nuevas. Por lo tanto, los científicos utilizan la nanotecnología para crear materiales, aparatos y sistemas novedosos y poco costosos con propiedades únicas.

Cuadro de sectores industriales y productivos vinculados a la nanotecnología.

Otros, no sólo consideran que ésta sea una revolución tecnológica más, sino que ésta desencadenará una auténtica segunda revolución industrial, en la que tendrán lugar transformaciones productivas, económicas y sociales de gran envergadura que se difundirán de manera acelerada y dinámica.

El nuevo mundo nano puede ejemplificarse a través de tres casos de investigación y desarrollo nanotecnológico. El primero refiere a la construcción de fábricas moleculares (nanofabs) con nanorobots (nanobots) en línea de ensamble y con capacidad para autoreplicarse. El segundo, concierne a la fabricación de nanocomputadoras electrónicas ensambladas químicamente (Chemically Assembled Electronic Nanocomputers, CAEN) con capacidad para realizar simultáneamente billones de operaciones a costos energéticos ínfimos.

El tercer caso es el relativo a nanoenfermeros y nanocirujanos capaces de detectar tempranamente enfermedades, suministrar medicamentos puntualmente in situ o reparar quirúrgicamente con fines ya sean preventivos o correctivos, células, tejidos, órganos, neuronas, de nuestros cuerpos.

Las empresas tradicionales podrán beneficiarse de la nanotecnología para mejorar su competitividad en sectores habituales, como textil, alimentación, calzado, automoción, construcción y salud. Lo que se pretende es que las empresas pertenecientes a sectores tradicionales incorporen y apliquen la nanotecnología en sus procesos con el fin de contribuir a la sostenibilidad del empleo. Actualmente la cifra en uso cotidiano es del 0,1 %. Con la ayuda de programas de acceso a la nanotecnología se prevé que en 2014 sea del 15 % en el uso y la producción manufacturera.

h. EL FUTURO DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Los nuevos desarrollos en la manufactura a la escala nano, refieren a la manufactura molecular, vinculada a los nuevos materiales producidos en el campos de la nanoquímica y nanotecnología. De acuerdo a las previsiones que se auguran, el conjunto de los nuevos desarrollos en la manufactura conducirán a una disminución de energía, reducción de desperdicio de materiales, menor uso de substancias contaminantes, un aumento del reciclamiento de materiales, menores niveles de mantenimiento industrial, mayores niveles de automatización y mejoría en los beneficios del conjunto de las industria manufactureras. Asimismo, se vincula en el área de la nanoingeniería, al desarrollo de herramientas, materiales con elevado desempeño, propiedades y funciones únicas, que rebasarán la producción de la química tradicional (en el campo de la química y en particular a la ciencia de los materiales, la nanoquímica y los nanomateriales)

En el futuro el hombre ya no se encargara de darle mantenimiento a las maquinas, porque de ello se encargaran los nanobots.

Estos microscópicos robots se encargaran de hallar y reparar cualquier defecto que tenga la maquina.

También existirán las maquinas inteligentes las cuales serán capaces de auto mantenerse, ya que contarán con sistemas que les permita detectar cualquier posible falla y repararla o prevenirla.

4. VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO CREATIVO

* Nos acercáramos a un “Lean Maintenance” (Mantenimiento Esbelto), evitando grandes inventarios y sólo teniendo las refacciones necesarias,

* Se ahorraría tiempo y esfuerzo

* Evitaríamos las averías inesperadas y la labor reactiva.

* En base la toma de datos, comparación y análisis que realice el SIM, se efectuarían solamente las acciones apropiadas que eliminan la fuente del defecto.

* Estamos acercándonos al mantenimiento ideal.

5. CONCLUSIONES

La creciente complejidad en materia de tecnología ha obligado a tener un departamento de mantenimiento con personal más capacitado. Sin duda se ha llegado al nivel de automatizar los procesos, y por lo cual la automatización de las actividades más comunes en el proceso de mantenimiento, y evitar la intervención directa del factor humano no deja de ser posible en un futuro cercano.

Con el Sistema Inteligente de Mantenimiento (SIM) se propone la automatización del mantenimiento industrial, que es sin duda lo que busca el reciente enfoque del mantenimiento creativo que con los principios y herramientas de TRIZ facilitarían este importante enfoque del mantenimiento industrial cuyo costo es aún muy significativo para la mayoría de las empresas que lo requieran.

En fin, el mantenimiento creativo busca reducir al mínimo la participación humana en el mantenimiento y usar los recursos invisibles ya presentes en el sistema industrial. Así lograr un avance significativo en reducir costos y tiempo. Es decir, estaríamos acercándonos a lo que consideraríamos el mantenimiento ideal.

REFERENCIAS

[1] Fernández Francisco Javier, Mantenimiento avanzado, Pág. 577

[2] Gómez de León Félix C, Tecnología del mantenimiento industrial, Universidad Murcia, Pág. 341

[3] Portal de innovación sistemática; www.innovacion-sistemática.net/is/resolver-tareas-inventivas.html

[4] Portal TRIZ; www.triz.org

[8] Tendencias actuales del mantenimiento industrial. www.sinais.es

[5] Portal SKF, www.skf.com

[6] Edgardo Córdova – Juvencio Roldán / El proceso de innovación en el mantenimiento industrial, hacia un mantenimiento creativo con TRIZ/ memorias del 4º Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica, celebrado en Santiago, Chile; 18,19 de Noviembre de 2009

[7]. Sexto, Luis F.: Nivel de calidad Seis Sigma: paradigma del mantenimiento a sistemas críticos. Proceedings del 4º Congreso Peruano de Ingeniería de Mantenimiento, Lima, Perú 2004.

[8]. Sexto, Luis F. Estrategias y métodos hacia un mantenimiento de clase mundial. Proceedings del seminario internacional de mantenimiento. Arequipa, Perú, 23-25 de febrero de 2005.

[9]. Sexto, Luis Felipe. La creatividad en acción, TRIZ y RCM entre el reto innovador y la necesidad industrial. Proceedings del Primer Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica, Puebla, México (4-7 septiembre, 2006).

Optimizando el AMFE mediante el USIT

Ing. Juan Carlos Nishiyama UTN-FRGP

jcnishiyama@yahoo.com.ar

Lic. Carlos Eduardo Requena- Profesor UTN-FRGP- UBA-UCA

carlooseduardorequena@yahoo.com.ar

Esp.Ing. Fernando Javier Arrayago - Profesor UTN-FRGP, UCA

*fjarrayago@gmail.com **

ABSTRACT

FMEA (failure mode and effects analysis) is widely known and used in the technological and business environment. Your application can be optimized by application, on this, the USIT (Unified Structured Inventive Thinking). Taking Functions (E) from the Functional Analysis and together with Components (C) of the bill of materials present in the problem a matrix [EC] is constructed. With this, and with Failure Modes (F) taken from the FMEA Fault Record. Matrix [CF] is constructed. The vector product of both gives us [EF]. The vector product of both gives us [EF]. Then sieved to the Taxonomy of Failure Mode and then Standardized Function taxonomy. From here, the USIT, among its other properties, thanks to its modelling OAF (Object-Attribute-Function) is applied to functions of the matrix. This allows using the tool search for roots causes of the problem. At this point in the problem definition, there are two possible paths to follow. One quick and easy is to apply the Heuristic Innovation with their own tools Unification Nullification and Elimination. The other path, slower but more powerful, is the application of problem analysis with two algorithms, the Close World Method and Method of the Particles then you are able to apply the search for solutions with Solution Tools of USIT. Integration of structured, sequential strategic procedure followed the application of FMEA in finding functions and / or unwanted effects according USIT jargon, leading to problems analyst, precise way to the set of domain conceptual solutions is achieved.

Keywords: FMEA, USIT, Heuristics, Functional Analysis, Taxonomy, Failure Mode, Root Cause.

RESUMEN

El AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos) es ampliamente conocido y utilizado en el ambiente tecnológico y empresarial. Su aplicación puede ser optimizada mediante la aplicación, sobre éste, del USIT (Pensamiento Inventivo Estructurado Unificado). Tomando las Funciones (E) desde el Análisis Funcional y junto con los Componentes (C) de la Lista de Materiales presentes del problema se construye una matriz [EC]. Con esto, y junto con los Modos de Fallas (F) tomados del Registro de Fallas del AMFE se construye la matriz [CF]. El producto vectorial de ambas nos da [EF]. Luego se tamiza con la Taxonomía de Modo de Fallo Estandarizado y luego por la Taxonomía de Función. A partir de aquí, el USIT, entre otras de sus propiedades, gracias a su modelización OAF (Objeto-Atributo-Función) se aplica sobre las funciones de la matriz. Esto permite hacer uso de la herramienta de Búsqueda de las Causas Raíces del Problema. En este punto de la Definición del Problema, hay dos caminos posibles a seguir. Uno rápido y sencillo es el de aplicar las Heurísticas de Innovación con sus herramientas propias de Unificación, Nulificación y Eliminación. El otro camino, más lento pero más poderoso, es el de la aplicación del Análisis del Problema con sus dos Algoritmos, el del Mundo Cerrado y el Método de las Partículas, luego, se está en condiciones de aplicar La Búsqueda de Soluciones con las Herramientas de Solución del USIT.

Se logra una integración de procedimiento estratégico estructurado y secuencial seguido a la aplicación del AMFE en el hallazgo de funciones y/o efectos indeseados según la jerga USIT, conduciendo al analista de problemas en el camino preciso hacia el conjunto de dominio de soluciones conceptuales.

Palabras Clave: AMFE, USIT, Heurísticas, Análisis Funcional, Taxonomía, Modo de Falla, Causa Raíz.

1. Introducción

Un AMFE realizado rigurosamente contiene información valiosa sobre los diversos componentes y conjuntos de un producto, lo que ayuda en la detección precoz de las deficiencias en el diseño del mismo. El procedimiento AMFE todavía es considerado por la mayoría de las organizaciones como laboriosa y costosa, tanto en términos de dinero y tiempo. Muchas veces, los esfuerzos, han tenido resultados pobres debido a la mala capacidad de reutilización que surge de las descripciones inconsistentes de las funciones de los componentes o sistemas y de los fallos. Se han identificado dos debilidades fundamentales en el AMFE convencional [1]. Estos son: la falta de guía metodológica para llevarlo a cabo, y el empleo de un lenguaje adecuado en la recolección de la información. Es conveniente utilizar en la descripción

de las funciones las taxonomías de funciones derivadas de un conjunto de verbos y operadores. Esto evita la falta de coherencia en la descripción de los modos de fallo. Un ingeniero puede describir diferentes ocurrencias del mismo fallo de diferentes maneras o la misma descripción de dos fracasos marginalmente diferentes. Esta falta de consistencia hace que la clasificación de las fallas manifieste un conjunto particular de síntomas difíciles de identificar, que de otro modo sería una gran fuente de ayuda en el análisis de diagnóstico. En el presente trabajo, seguiremos lo aconsejado por los autores referidos que explican cómo es la normalización tanto del vocabulario de la función y como del modo de fallo.

Por otro lado, las Funciones, consideradas dentro del llamado USIT (sigla en inglés de Pensamiento Inventivo Unificado Estructurado) [2] como equivalente a Efectos Indeseados [3], es decir, de acuerdo al AMFE, son Modos de Falla. ¿Qué utilidad tiene esto? Pues bien, USIT es una metodología que puede tomar las funciones y sus equivalentes (modos de fallas, efectos indeseados, etc.) y realizar un modelo del problema de acuerdo a su Modelo OAF (Objeto-Atributo-Función) [4]. Esto, exige un previo Análisis de la Causa Raíz y una posterior Definición del Problema, luego se realiza el Análisis del Problema, al modo del USIT, y la posterior Aplicación de Técnicas de Solución USIT. Todos estos pasos van vertebrados bajo una estructura rigurosa, más, si es necesaria, se realiza la aplicación de Heurísticas de Resolución de Problemas. Para una comprensión gráfica ver la Fig. 1.

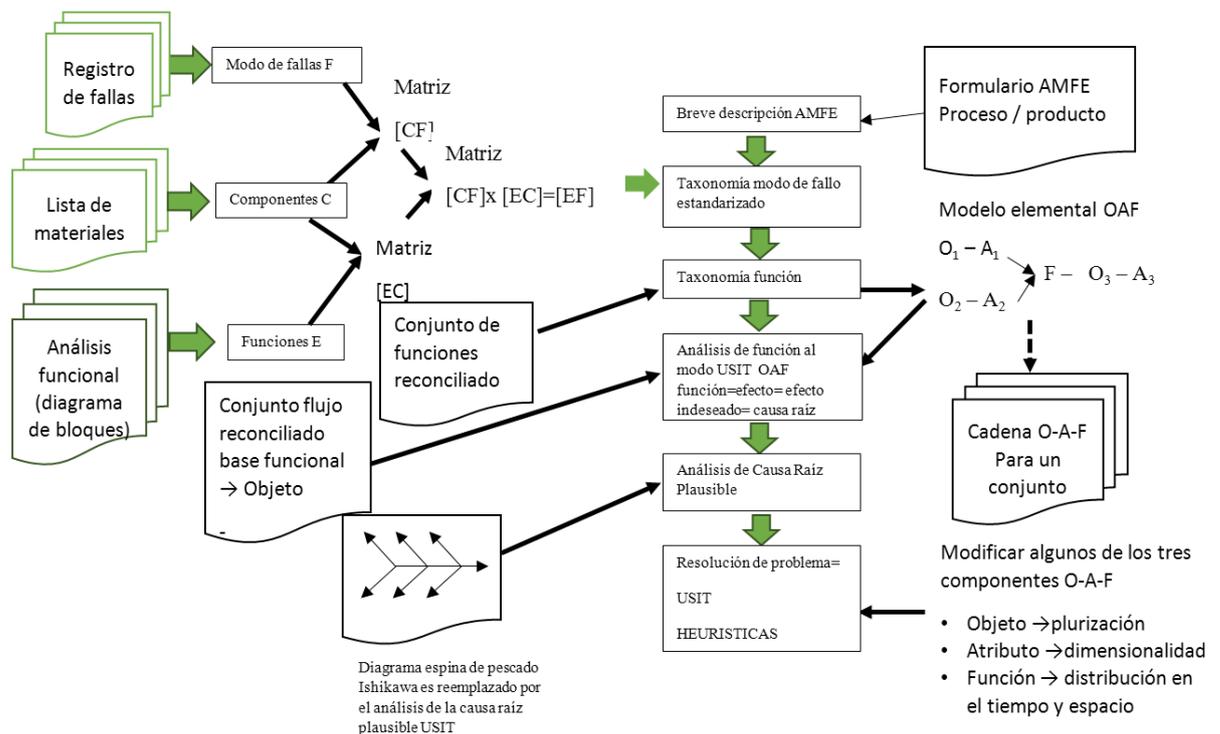


Figura 1- Resumen gráfico del proceso general del trabajo.

2. Breve Descripción del AMFE

Existen dos tipos de AMFE:

- De producto o servicio (AMFE de Producto). Sirve como herramienta de optimización para diseño. Pondrá de manifiesto el impacto que puede tener un proceso en la ocurrencia de fallos.
- De proceso (AMFE de Proceso). Permite la obtención del producto o la prestación del servicio. Sirve como herramienta de optimización antes de su traspaso a operaciones.

En general, los dos tipos de AMFE deben ser utilizados, en una secuencia lógica, durante el proceso global de planificación.

A veces no se puede modificar el producto/servicio ya que nos viene impuesto. En este caso, nuestro proceso de planificación sólo requeriría un AMFE del proceso productivo o de prestación.

El proceso de realización es idéntico para los dos tipos mencionados.

Este carácter preventivo a la ocurrencia del fallo en los productos/servicios o en los procesos permite actuar de

antemano a los posibles problemas. Además, el enfoque estructurado que se sigue para la realización de un AMFE asegura, prácticamente, que todas las posibilidades de fallo han sido consideradas. Permite priorizar las acciones necesarias para anticiparse a los problemas dando criterios para resolver conflictos entre acciones con efectos contrapuestos. Es en este punto, dónde radica el núcleo del presente trabajo, mejorar esos criterios con la normalización de la nomenclatura funcional mediante los criterios taxonómicos antes mencionados y la posterior aplicación del USIT.

La realización de un AMFE es un trabajo en equipo, que requiere la puesta en común de los conocimientos de todas las áreas afectadas. Un modo de fallo puede estar originado por una o más causas. Éstas, pueden ser independientes entre sí, tales como la A o la B de la Fig. 2. También pueden combinarse entre ellas, es decir, que el modo de fallo está condicionado a que se presenten ambas, como por ejemplo, C y D. Y, por último, puede que las causas estén encadenadas como la E y F, es decir, la E no se presentará si no aparece antes de F.

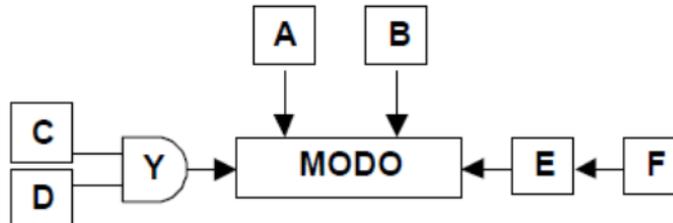


Figura 2- Se muestra que un modo de fallo puede estar originado por una o más causas.

En este último caso, las causas pueden ser confundidas con los modos de fallo o los efectos. Por ejemplo, una vibración en un elemento mecánico puede provocarle fatiga, y ésta a su vez producir la rotura, que el cliente detectará por un ruido especial. Si un modo de fallo tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirá el más grave. A continuación, se indican algunos de los pasos necesarios para la aplicación del método AMFE de forma genérica, tanto para diseño como para procesos. Los pasos siguen la secuencia indicada en el formato AMFE que se presenta a continuación. Los números de cada una de las casillas se corresponden con los pasos de aplicación del método AMFE. Ver Fig. 3.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS											HOJA	REVI. N°	FECHA	POR		
DE PROCESO <input type="checkbox"/>					DE DISEÑO <input type="checkbox"/>						de					
PRODUCTO:				PROCESO:							RESPONSABLE:					
ESPECIFICACIÓN:				OPERACIÓN:							FECHA:					
FECHA DE EDICIÓN:				ACTUAR SOBRE NPR> QUE:							REVISADO:					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	VALORACIÓN N		18
														15	16	17

1 Nombre del producto	10 Probabilidad de no detección
2 Operación o función	11 Número de prioridad de riesgo
3 Modo de fallo	12 Acción correctora
4 Efectos del fallo	13 Definir responsables
5 Gravedad del fallo	14 Acciones implantadas
6 Características críticas	15 Nuevo valor de gravedad del fallo
7 Causa del fallo	16 Nuevo valor de probabilidad de ocurrencia
8 Probabilidad de ocurrencia	17 Nuevo valor de probabilidad de no detección
9 Controles actuales	18 Nuevo número de prioridad de riesgo

Figura 3- Pasos de aplicación del método AMFE

3. Análisis Funcional

También conocido como Modelización Funcional, es una herramienta para capturar información acerca de las funciones de un sistema técnico o proceso técnico y poder evaluarlos, revelando problemas inherentes o ineficiencias. Estas Funciones, pueden transformarse en Modos de Falla, y deben ser tratadas, primero con el AMFE, clasificadas taxonómicamente y posteriormente utilizar el USIT por medio del Modelo OAF para conseguir las sugerencias de

soluciones. Esto último, al ser estructurado, es lo que agrega, aún más, valor al AMFE tradicional, junto con la Taxonomía de las Funciones.

En el proceso del Análisis Funcional (AF), se hace una representación de las funciones ejecutadas por componentes de un sistema o las etapas de un proceso. Este mapeo de los componentes (sus funciones), más que lo que ellos parecen, debe mostrar como los componentes operan unos con otros. Esto puede ayudar a Liberar la Inercia Psicológica que inhibe la solución a un problema o la mejora de un sistema. Por eso, el Análisis Funcional no es, en modo alguno, un método exacto.

Recortar es una acción muy útil de la modelización funcional. Cuando un modelo es creado, podemos ver frecuentemente como mejorar el sistema o proceso por remoción más que por adición, componentes o etapas. Se inicia estableciendo el propósito principal de la función productiva o de servicios bajo análisis y se pregunta sucesivamente qué funciones hay que llevar a cabo para permitir que la función precedente se logre. Una vez que se ha establecido el propósito clave (función principal) puede avanzarse en la especificación.

Con el Análisis Funcional podemos identificar mediante el desglosamiento o desagregación y el ordenamiento lógico, se aplica desde lo general hacia lo particular. El AF identifica funciones delimitadas (discretas) separándolas del contexto. El proceso de desglose se hace siguiendo la lógica de CAUSA-EFECTO.

Consiste en tres herramientas [5]: El Árbol Funcional, el Árbol de Fallas y el Análisis del Modo y Efecto de Falla.

El Árbol Funcional es una herramienta para la descomposición funcional de un sistema. En ésta técnica se debe definir la función útil primaria del producto, esto es, lo que va a hacer el producto, ver Fig. 4.

Otro enfoque similar para establecer la estructura funcional de un sistema es el propuesto por Pahl y Beitz [6]. Ellos establecen que para describir y resolver problemas de diseño, es muy útil aplicar el término “función” a la relación general entrada/salida de un sistema cuyo propósito es llevar a cabo una tarea.

Una función principal puede dividirse directamente en subfunciones identificables correspondientes a diferentes subtareas. Las funciones se definen usualmente mediante frases con un verbo y un objeto directo, por ejemplo: “Incrementar presión”, “transferir torque”, etc. y se derivan de la conversión de energía, material e información.

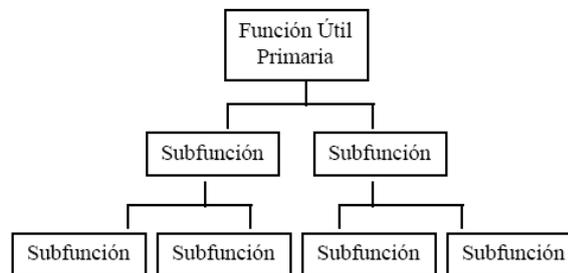


Figura 4- Diagrama del Árbol Funcional.

El Árbol de fallas y el Análisis del Modo de Falla y Efecto (AMFE) se utilizan para identificar los factores críticos que pueden producir un inconveniente en el desempeño del sistema, esto es, efectos secundarios perjudiciales o modos de falla. El árbol de falla es un análisis de descomposición de arriba hacia abajo de una falla de alguna función, y el AMFE, ya referido, es un análisis de abajo hacia arriba de alguna falla, ambos son útiles para desarrollar la confiabilidad del producto.

Los efectos secundarios y los modos de falla son las salidas no deseables en el sistema. Esos indicadores de desempeño ampliamente usados son síntomas de problemas físicos adyacentes en el sistema. Saber cuales son los modos de falla ayuda a establecer límites razonables en las expectativas del diseño. Comprender la física de los modos de falla del sistema permite la comprensión necesaria para identificar los factores críticos que pueden contribuir más directamente a la falla del sistema. Conocer los efectos laterales secundarios del sistema durante la transformación de energía necesaria para llevar a cabo la Función Útil Primaria permite la comprensión de los factores internos críticos que el diseño puede imponerse a sí mismo, así como los factores que el subsistema puede imponer a otros subsistemas vecinos.

Toda la información obtenida del Análisis Funcional representada en el Árbol Funcional, el Árbol de Fallas y el Análisis del Modo y Efecto de Falla puede utilizarse en el Proceso de Formulación del Problema mediante los diagramas SUH [7].

4. Taxonomía de Modo de Fallo Estandarizada

La identificación de funcionalidad del componente/sistema, y, la identificación de los modos de fallo, son dos etapas críticas en el AMFE, por otro lado, y tal como se mencionó anteriormente, uno de los aspectos más limitantes del AMFE

es la falta de un vocabulario estandarizado, es decir, una taxonomía adecuada para describir los modos de funcionalidad y de error de forma precisa y sin ambigüedad [1, 8]. Esta taxonomía ya existe, y se ha probado en diversos entornos demostrando que proporciona a los diseñadores un vocabulario normalizado repetible y reutilizable para explorar con éxito el espacio de diseño. La taxonomía funcional se centra en el desarrollo de una taxonomía de modo de fallo normalizado.

Una descripción basada en la física del modo de fallo proporciona a los diseñadores una verdadera comprensión de la naturaleza de lo que falló. Además, proporciona una comprensión de los modos de fallo en su estado más "elemental". Por ejemplo, un modo de fallo de un AMFE podría indicar que un conector esta "roto", cuando un diseñador podría beneficiarse mejor de un modo de fallo se define como "rotura frágil", lo que indica la forma en que la parte se rompió, y por lo tanto los tipos de requisitos de una solución debe tener, así como los tipos de análisis que deben someterse para evitar un fracaso similares que se produzcan. Por ejemplo, una posible solución para evitar este modo de fallo podría ser la de escoger un material que no es frágil.

El producto final ofrecerá una taxonomía del modo de fallo estándar que se puede utilizar en conjunción con un enfoque del modelado funcional para ayudar a detectar posibles fallos operativos al principio del diseño conceptual.

La "especificidad" es necesaria para describir los fracasos a los diseñadores de una manera que les resulte de utilidad.

5. Breve Descripción del USIT

El USIT es una metodología estructurada de resolución de problemas. Ha sido desarrollado y probado en las industrias para asistir al analista en la definición, posterior análisis de problemas, conducentes a la aplicación de técnicas específicas de soluciones y ampliando con detenimiento la búsqueda de soluciones conceptuales, basadas en un pequeño conjunto de componentes unificados (objetos, atributos y funciones), lógicamente concatenados.

Los "efectos deseados" reciben el nombre especial de "funciones". Por eso, ambas palabras, función y efecto, llevan la connotación de una acción para modificar o para mantener.

La palabra causa es usada en el análisis de un efecto indeseado. Esto se refieren a la descomposición en otros efectos subyacentes que lo llamaremos "Causas". La preocupación inicial es determinar si el efecto indeseado es un efecto indeseado único- un tema de discusión principal en la definición del problema para la aplicación del USIT. Por lo tanto, con analizar un efecto indeseado particular en términos de sus causas, otros efectos enmarañados pueden hacerse aparentes. Ver la Fig. 6.

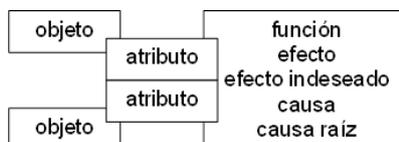


Figura 6 - Esquema de la interacción objeto-objeto, en donde se ilustra la equivalencia de función, efecto, efecto indeseado, causa y causa raíz.

El propósito de esta figura es para enfatizar que la Función [9], Efecto, Efecto Indeseado, Causa y Causa Raíz, son términos que tienen relaciones equivalentes, al menos en USIT, y que todos ellos tienen atributos asociados [3]. Estos son referidos como atributos causales cuando se aluden a causas de los efectos indeseados y como atributos soportes cuando se refieren a funciones. Listando los atributos causales para ser asociados con cada una de las causas raíces, se completa un diagrama de las causas raíces creíbles.

En resumen, discriminar las palabras causa, causa raíz y efecto, es como sigue: un efecto mantiene o modifica un atributo. El modelo OAF del USIT consiste de un par de atributos interactuantes, uno de cada uno desde dos objetos en contacto. Por eso la causa de un efecto puede ser descrita en tres modos diferentes: en término de otro efecto (o función), en término de dos atributos interactuantes, o en término de dos objetos en contacto.

Este modelo ayuda al analista a enfocar en el punto de contacto entre dos objetos y a identificar los atributos activos de dicho contacto.

5.1. Diagrama de Flujo del USIT

Problema bien definido

Las convoluciones de varios efectos mal definidos simbolizan el planteo del problema inicial. Si esta complicación no

se identifica y se busca resolver rápidamente el problema, el analista puede languidecer en un estado de incertidumbre incapaz de encontrar una posición establecida en la situación del problema. La sección del problema bien definido contiene los pasos diseñados para permitir una rápida definición del problema con un enfoque eficaz.

Diagrama del mundo cerrado

Una vez que el problema ha sido definido, el analista tiene a su disposición dos métodos de análisis. Uno de ellos es el método del mundo cerrado, que se ejecuta con un conjunto fijo de objetos, es decir, dentro de un mundo cerrado.

Método de las partículas

Este es el segundo método. Tiene la particularidad de aproximar el trabajo desde una solución ideal imaginada hacia la situación inicial del problema. Pueden ser posibles múltiples configuraciones de partículas en el estado final, pero solo se selecciona una para el análisis.

Técnicas de solución

Son seis técnicas y se las aplica en la última fase del proceso de resolución del problema. A veces, no es necesario agotar el uso de todas las técnicas, pues las soluciones pueden aparecer mucho antes, en cualquier punto a lo largo del proceso del USIT. Las técnicas de solución entran en juego como esfuerzos convenidos para ejercitar las herramientas específicas y encontrar aún más soluciones conceptuales no halladas anteriormente. Sus nombres son: unicidad, dimensionalidad, pluralización, distribución, transducción y generificación. Ver Fig. 7.

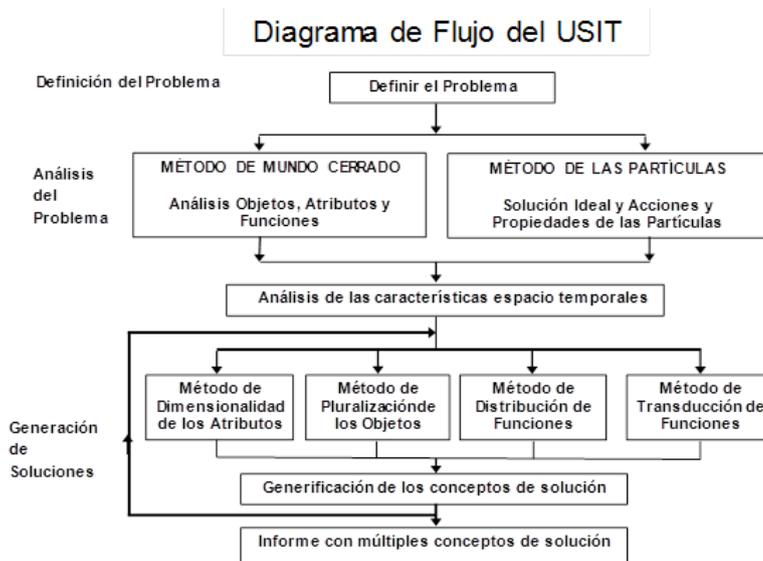


Figura 7- Diagrama de Flujo del USIT mostrando sus tres partes principales: la Definición del Problema el Análisis del Problema y la Generación de Soluciones.

6. Análisis Causa-Raíz (ACR)

El ACR (RCA: Root Cause Analysis) se incluye en muchos métodos de probada eficacia: Lean Manufacturing; Análisis de Falla; AMFE; Gestión de Riesgos; Análisis de accidentes; DFSS; Seis Sigma, y así sucesivamente. El ACR es un método sistemático que conduce al descubrimiento de la primera falla o causa raíz. Es una progresión definida de acciones y consecuencias que conduce a un fallo o a un problema más simple.

Una investigación de ACR recorre el juicio de causa y efecto desde el fracaso final hacia la raíz del problema. Es muy similar al proceso de razonamiento deductivo de Sherlock Holmes. El ACR ayuda a definir el problema correcto y simplificar el problema inicial planteado. El USIT tiene una adaptación propia de esto, se llama Análisis de las Causas-Raíces Creíbles, ver Fig. 8.

En el diagrama de las causas raíces creíbles del USIT, un efecto indeseado es ubicado en el tope del diagrama de las causas raíces creíbles. Cuando, en una rama específica del diagrama, una causa raíz es alcanzada, la rama finaliza y el recuadro terminal, no tiene un efecto asociado. En cambio de esto, se tiene una lista de atributos (que no se muestra en esta figura).

Es un proceso de dos pasos:

- El primer paso consiste en analizar cada efecto para las causas creíbles. Cuando ningún nuevo análisis de las causas

de los efectos es evidente, cada causa en el nivel más bajo de cada rama del diagrama, es tomada para ser una causa raíz creíble.

- En el segundo paso, cada causa raíz creíble es luego analizada en términos de atributos causales.

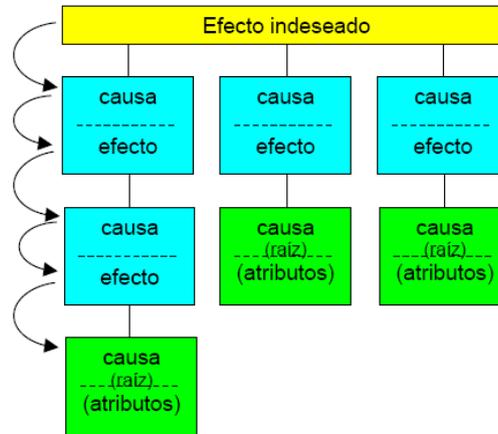


Figura 8- Diagrama de las Causas Raíces Creíbles del USIT.

El rol del atributo causal, se hace evidente al examinar la definición gráfica del contacto objeto-objeto, mostrado en la Fig. 10.

El diagrama define un concepto principal del USIT, es decir, el concepto del contacto objeto-objeto, para soportar una función. Dos objetos hacen contacto a través de uno de los atributos desde cada uno de los objetos interactuantes para soportar una función que modifica o mantiene otro atributo en uno de los objetos en contacto o en un tercer objeto. La palabra función puede ser reemplazada en el diagrama con los términos: efecto, efecto indeseado, causa, o causa raíz. Las mismas relaciones objeto-atributo-función existen para cada uno.

En este proceso, la mente, primero considera acciones y luego gradualmente transiciona hacia las propiedades físicas: transiciones tales como, efectos → causas → atributos, ayuda a nuestro modelo mental de, Fenómeno → causa fundamental → propiedades físicas [3]. Las soluciones conceptuales pueden surgir en cualquier nivel, pero son especialmente efectivos cuando son expresados en términos de propiedades físicas.

7. Exploración del Espacio de Fallas - con el Método de Diseño de Funciones-Fallas

La Matriz de Fallos forma una base sólida para la catalogación de datos de fallas y como potencial herramienta de diseño de ingeniería. Su eficacia como una herramienta de diseño reside en su capacidad para aceptar datos reales y para generalizar y normalizar los datos, que luego pueden ser utilizados para una aplicación específica. El método de diseño de la función de fallo implica la formación de una matriz de funciones-modos de fallas (EF) que se puede utilizar como base de conocimientos para identificar y analizar los fallos potenciales para nuevos diseños y rediseños. El procedimiento general para crear la base de conocimientos se describe en la Fig. 9. La matriz de funciones-componente (EC) está formada por columnas de componentes (obtenidos a partir de la lista de materiales) y filas de funciones (obtenidas a partir de la lista de materiales y el modelo funcional). La matriz de componente-modo de fallo (CF) se confecciona con filas de componentes y columnas de modos de fallo. La matriz de función-modo de fallas se obtiene de la multiplicación de la matriz de las dos matrices: $EF = EC \times CF$.

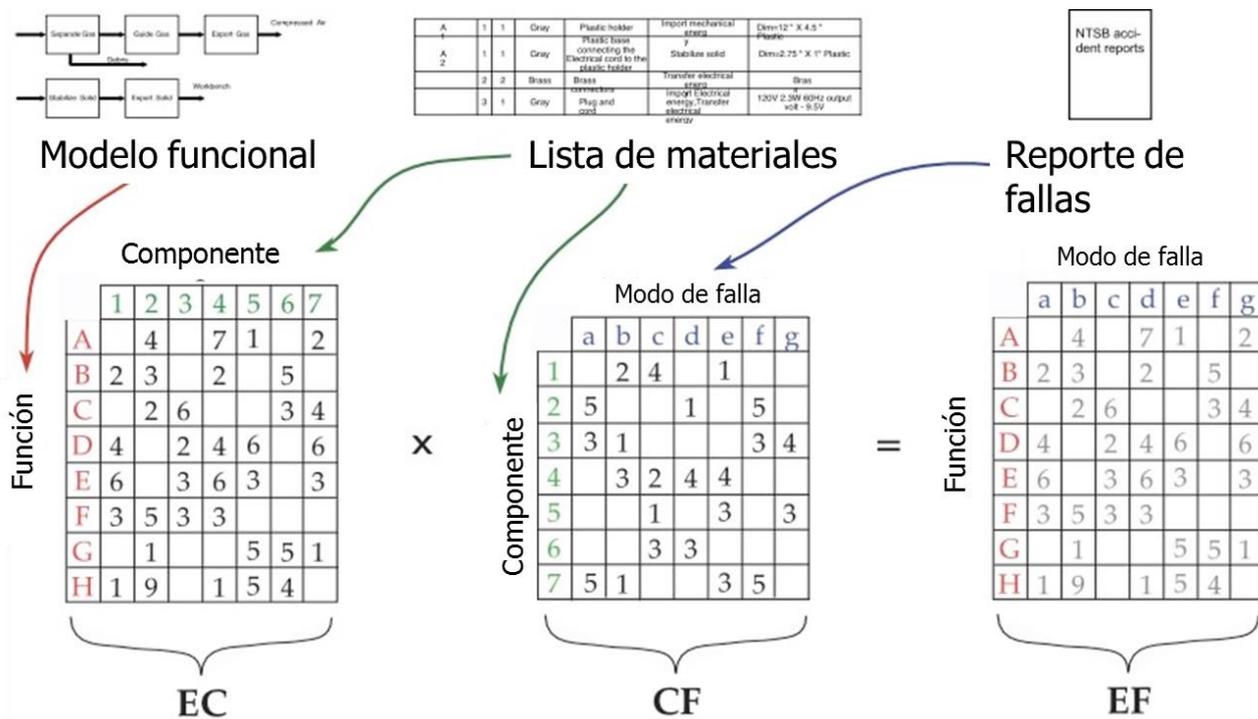


Figura 9- Esquema del método de diseño función- modo de falla.

8. Operando con USIT

Una vez que el problema ha sido definido, primera de las tres etapas principales USIT, el analista tiene a su disposición dos métodos de análisis. Uno de ellos es el Método del Mundo Cerrado, el otro el Método de las Partículas (una adaptación al USIT de Smart Little People de TRIZ). Por razones de espacio, solo nos referiremos al primer método que trabaja con un conjunto fijo de objetos seleccionados cuidadosamente. Luego se prosigue con el planteo O-A-F (Objeto-Atributo-Función) [4]. El modelo O-A-F es una herramienta gráfico-conceptual que se fabrica teniendo en cuenta las interacciones entre los objetos que componen un sistema físico [10]. En un punto de contacto, esos objetos están presentes al igual que las funciones que los relacionan. Necesitamos identificar los pares de atributos activos, uno por cada objeto que soporta una función. En la Fig. 10, se aprecia que dos objetos (O_1 y O_2) interactúan por medio de sus atributos activos (A_1 y A_2) soportando una función (F) deseable o indeseable, la cual modifica o evita la modificación del atributo (A_3) de un tercer objeto (O_3), que puede ser igual o diferente a uno o los dos objetos antes referidos.

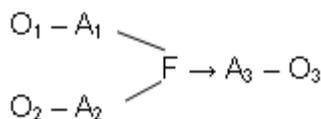


Figura 10. Modelo OAF, dónde: Dos objetos hacen contacto a través de uno de los atributos desde cada uno de los objetos interactuantes para soportar una función que modifica o mantiene otro atributo en uno de los objetos en contacto o en un tercer objeto.

9. Propuesta de Trabajo

Justamente esa Función Fallida, que no cumple el cometido para la cual fue el diseño original, puede ser abordada por el método USIT e introducida dentro del Diagrama OAF.

El planteo O-A-F, puede ser usado para analizar funciones deseables e indeseables o efectos [4]. Esta forma de proceder permite modelar una situación problemática con el siguiente formato (ver Fig. 11):

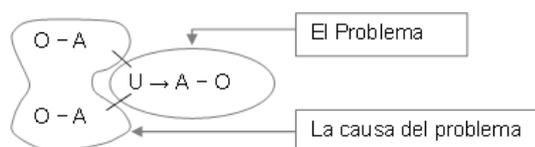


Figura 11. Modelo OAF representando una situación problemática.

El ejercicio de formulación del planteo OAF permite al analista resolver con claridad y quizás lograr visiones inesperadas de un problema.

En USIT, es imprescindible la distinción de los roles de los objetos, atributos, y funciones. Un diagrama-OAF da al analista una comprensión completa de la funcionalidad del objeto. Tantos atributos relevantes como sean posibles son identificados.

Los gráficos de cambio cualitativo ofrecen inspiración inmediata para soluciones técnicas basadas sobre el rol de sus variables independientes. De este modo la variable dependiente acechada en términos de “incremento de efecto indeseable”, hace aparecer a la variable independiente como “adversidad” causando el cambio. Esto sugiere dos técnicas de soluciones: (1) eliminar la adversidad o (2) convertir la adversidad en ventaja.

Con todo esto, ahora, el analista, está preparado para encarar la tercera etapa del USIT, Aplicación de las Técnicas de Solución. Para esto, el analista, debe tener en mano el Diagrama del Mundo Cerrado y los Gráficos de Cambio Cualitativo.

Dónde se juega el rol de la función que por diferentes razones no puede cumplirse, sino, que se comporta como un efecto indeseado. El Diagrama OAF permite detectar los atributos activos (los que están en juego en ese lugar e instante preciso de falla) que sostienen a la Función, pero que, por alguna razón, la misma se convierte en Efecto Indeseado. Todas las otras metodologías, señalan, resaltan, clasifican, etc., al fallo (Efecto Indeseado del USIT), pero ninguna soluciona estructuralmente (sí se puede solucionar por la experiencia propia del analista o al azar con metodologías no estructuradas como Prueba y Error, Brainstorming, etc.). En la Fig. 12, se puede observar como el conjunto de los componentes que forman el Diagrama OAF interactúan con las herramientas del Análisis del USIT, es decir el Algoritmo del Mundo Cerrado y el Método de las Partículas [11].

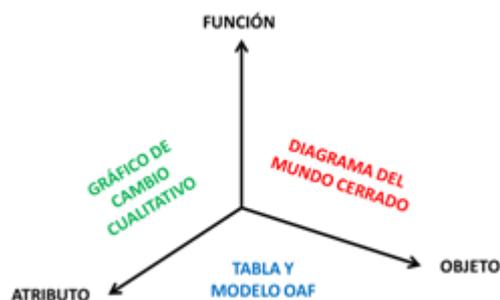


Figura 12. Gráfico dónde se muestra la interacción entre los objetos, atributos y función con las gráficas correspondientes para su análisis

10. Conclusiones

La propuesta ofrecida en este trabajo, optimiza al AMFE pues además de hacer intervenir herramientas como el Análisis Funcional, con su Árbol Funcional, Árbol de Fallas y el Análisis del Modo y Efecto de Falla (AMFE), se agrega el tema de las Taxonomías utilizadas por empresas como la NASA. También junto con la incorporación de la Exploración del Espacio de Fallas - con el Método de Diseño de Funciones –Modo de Fallas, que con el producto de las matrices función-componente y componente-modo de falla, se obtiene la matriz función-modo de falla, lo cual permite saber la relación entre la función a cumplir y la falla. A partir de aquí, para poder completar al AMFE, faltaría la lista de sugerencias para solucionar o prevenir esas fallas. Tradicionalmente se procede por la propia experiencia en esta parte o aplicando metodologías como Prueba y Error, Brainstorming, etc., Creemos que el aporte principal aquí, es por parte del USIT, que hace de la Función “Fallada” una Función equivalente a Efecto Indeseado. Esto permite utilizar todo el potencial del USIT definiendo correctamente al problema gracias al previo paso por la Taxonomía de las Funciones, esto abre las puertas del poderoso Análisis del Problema del USIT con su Modelo OAF, dejando todo listo para ahora sí

aplicar las Técnicas de Solución y caer, no en una sugerencia de solución, sino, en un amplio Dominio del Espacio de Soluciones. Los autores del presente trabajo estamos elaborando estrategias similares a esta, pero con TRIZICS [12].

Referencias

- [1] Irem Y. Tumer, Robert B. Stone, David G. Bell. Requirements for Failure Mode Taxonomy for Use in Conceptual Design. International Conference on Engineering Design Iced 03 Stockholm, August 19-21, 2003
- [2] Ed. Sickafus, “Unified Structured Inventive Thinking – How to Invent”, Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA, ISBN 0-965-94350-X. (www.u-sit.net). (1995)
- [3] Ed Sickafus “Causes = Effects?” Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA (734) 676-3594 Ntelleck@u-sit.net, www.u-sit.net y Triz journal
- [4] Sickafus Ed.: –Unified Structured Inventive Thinking – How to Invent || , Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA, ISBN 0-965-94350-X. (www.u-sit.net), bajo el título de Pensamiento Inventivo Unificado Estructurado, como Inventar. Traducido al idioma español por J. C. Nishiyama, T. Zagorodnova y C. Requena. Dirección Nacional de Derechos de Autor, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos Expte. 5023607. Junio 1912
- [5] Clausing, Don, Total Quality Development: A Step by Step Guide to World Class Concurrent Engineering, New York: ASME Press, 1993.
- [6] Pahl, G., Beitz, W., Engineering Design: A Systematic Approach, Springer Verlag, 1996.
- [7] Modelo del Proceso de Diseño Conceptual: Integración de las Metodologías QFD, Análisis Funcional y TRIZ. Tesis, Presentada como requisito parcial para obtener el grado de: Maestro en Ciencias Especialidad en Sistemas de Manufactura. Humberto Aguayo Téllez. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Monterrey División de Ingeniería y Arquitectura Programa de Graduados en Ingeniería. Diciembre de 1997
- [8] Trabajos varios consultados sobre AMFE / FMEA / APQP.
- [9] Nishiyama J. C., Zagorodnova T., Requena C. E. “Funciones en el Marco del USIT” -8º Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Mérida, Yucatán, del 20 al 22 de noviembre del 2013.
- [10] Ed. Sickafus: Heuristic Innovation || , Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA, ISBN 0-965-9435-2-6 (www.u-sit.net). Bajo el título de Innovación Heurística. Traducido al idioma español por J. C. Nishiyama, T. Zagorodnova y C. Requena. Dirección Nacional de Derechos de Autor, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos Expte. 5023607. Junio 2012
- [11] Comparación del Manejo de las Contradicciones Físicas en TRIZ con Respecto al USIT. J. C. Nishiyama, T. Zagorodnova y C. E. Requena. 10º Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica Monterrey. Noviembre 2015.
- [12] Gordon Cameron - TRIZICS: Teach yourself TRIZ, how to invent, innovate and solve "impossible" technical problems systematically. www.trizics.com. 2010

Aplicación de TRIZICS en resolución de problemas

Juan C. Nishiyama ^a, Tatiana Zagorodnova ^b, Carlos E. Requena ^{c,*}

^{a,b,c} UTN, FRGP Av. Hipólito Yrigoyen 288, 1617 Grl. Pacheco, Buenos Aires, Argentina

* carloseduardorequena@yahoo.com.ar

ABSTRACT

According to some authors, TRIZ [1] can be difficult to use. TRIZICS which has been recently created, manages to successfully addressing the TRIZ tools. It provides to the solving problem person with additional no TRIZ problem solving tools. It also gives a framework to apply the classic tools of TRIZ in a systematic and sequential way simplifying their application.

In this paper, we intend to show the benefits of TRIZ methodology from the perspective of TRIZICS in order to suggest all possible design technical device improvements. In an effort to overview and explain it in all branches of engineering, the example given has been considered on a simple technology. Through this, we believe that you can have an idea of how TRIZ methodology works in the light of this new vision.

Keywords – Problem, tool, solution, contradiction, structure

RESUMEN

Según algunos autores, TRIZ [1] puede resultar difícil de utilizar. TRIZICS, de reciente creación, logra con éxito el abordaje a las herramientas TRIZ. Proporciona a quién soluciona problemas herramientas adicionales no TRIZ de resolución de problemas y un marco que permite aplicar las herramientas clásicas de TRIZ de modo sistemático y secuencial a los problemas técnicos, simplificando su aplicación.

En el presente trabajo, se pretende desplegar las bondades de la metodología TRIZ bajo la óptica de TRIZICS en cuánto a posibles mejoras de diseño de un dispositivo técnico. Con el afán de difundir y explicar en todas las ramas de la ingeniería, la elección del ejemplo, fue pensado sobre una tecnología sencilla. Con esto, creemos que se puede dar una idea de cómo se trabaja con la Metodología TRIZ con esta nueva visión.

Palabras Clave: Problema, herramienta, solución, contradicción, estructura.

1. Introducción

De acuerdo a lo señalado en el resumen, TRIZ [2] pasa a ser así un subconjunto de TRIZICS [3]. Fue creado y desarrollado por Gordon Cameron entre 2007 y 2011. Gordon Cameron es presidente de la Asociación TRIZ de Arizona y autor del libro TRIZICS (noviembre de 2010). A diferencia de TRIZ Clásico, TRIZICS se puede utilizar para el análisis de la causa raíz. En la hoja de ruta TRIZICS (ver Figura 1) define el problema específico, las limitaciones de que cambios son permitidos, establecer el marco de tiempo para una solución, listas y chequeos asumidos, definir los criterios de éxito, el costo, recursos y la implementación del plan, etc., la practicidad de un proceso comprensible competente, desde el planteo del problema a la implementación de la solución son consideradas, y organizadas en seis etapas secuenciales que incluyen el componente clave de un proceso práctico sistemático estructurado de resolución de problemas:

- Identificar el problema (definición del problema).
- Seleccionar el tipo de problema.
- Aplicar las herramientas analíticas.
- Definir el o los problemas específicos.
- Aplicar las Herramientas de Soluciones.
- Identificar y aplicar las soluciones.

Consideramos la hoja de ruta TRIZICS clave para la aplicación exitosa de TRIZ para la resolución de problemas y la innovación sistemática, y cabe agregar que hay otras diversas herramientas utilizadas en TRIZ que no están indicadas en la hoja de ruta (Pronóstico a Largo Plazo, Elusión de Patente, Transferencia de Función, etc.) aquellas pueden ser obtenidas del cuerpo de trabajo de publicaciones TRIZ. Si el usuario desea incluirlos en la hoja de ruta, entonces simplemente decide cual herramienta es apropiada al tipo de problemas y suma a esto una o más de las cajas en la etapa de “Aplicación Analítica de las Herramientas”.

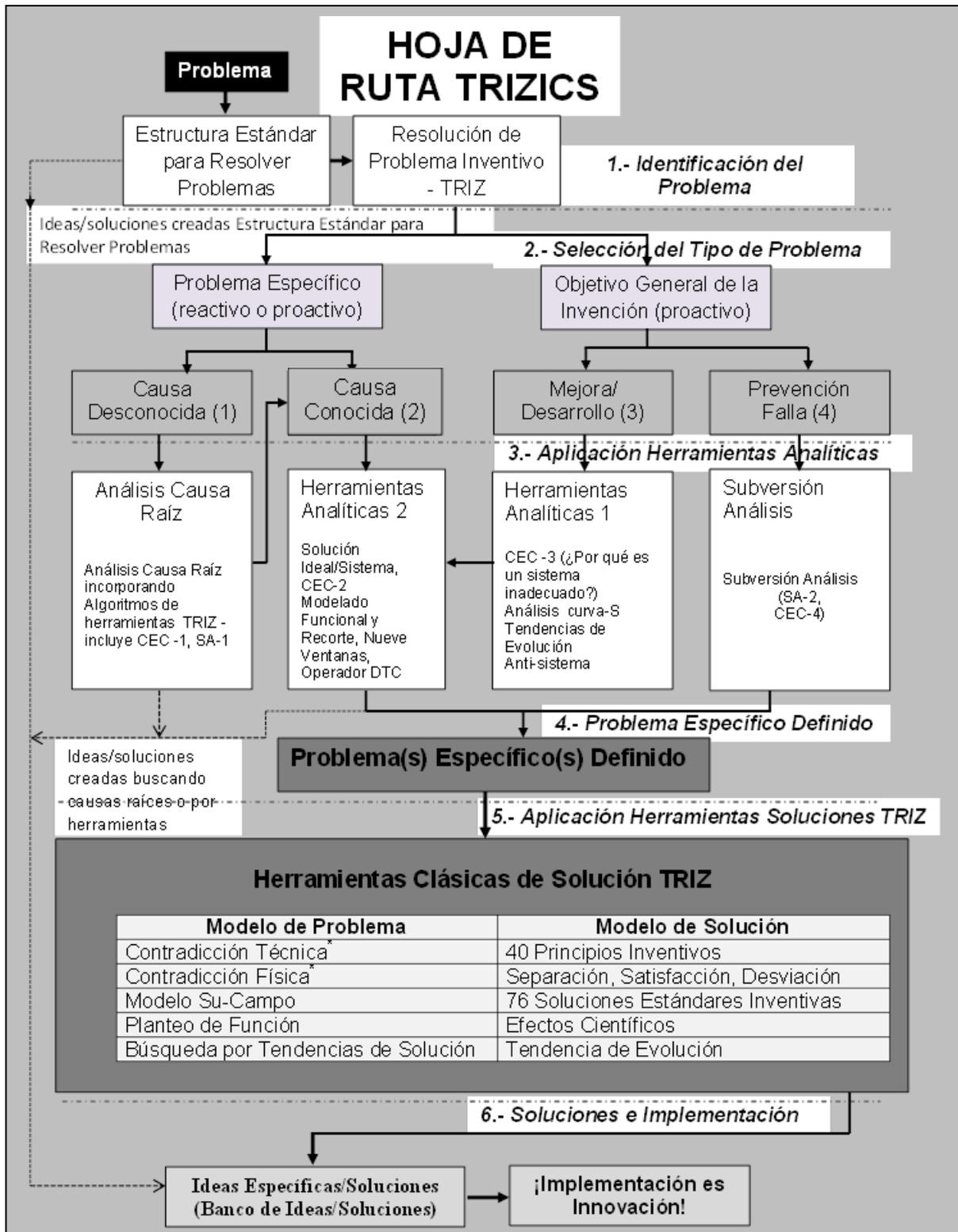


Figura 1. Hoja de Ruta de TRIZICS.

2. Ejemplo de Aplicación

2.1 Problema

Los papeles, recibos, boletas, etc., muchas veces son colocados temporariamente en pincha papeles, de modo que no estén desparramados y se pierdan o que haya que invertir mucho tiempo en volver a buscarlos para su destino final, el archivero. Pero a todo esto, debido a la punta aguda para perforar el papel, hay un problema de potencial accidente, dónde el usuario puede resultar lesionado en una escala que fácilmente puede ir desde una lesión sencilla, de poca importancia, hasta una de graves consecuencias. Se necesita un diseño de pincha papeles que no presente peligro por la punta aguda del mismo. También hay que tener en cuenta que el peligro persiste aun cuando el pincha papeles no se utiliza. Se busca imperiosamente mejorar esta operación. Ver Figura 2.



Fig. 2. Diversos diseños de pincha papeles, que se pueden encontrar en el mercado.

¿Cómo solucionar este problema? Una forma es del modo tradicional, con mucha información acumulada, a veces inmanejable, podemos alcanzar varias soluciones, tanto por experiencia en el tema, intuitivamente o por el azar. Otro camino es utilizar metodologías estructuradas de resolución de problemas. Hoy día se disponen de algunas, TRIZ es una de ellas, SIT, USIT son otras derivadas de TRIZ.

3. Aplicación de la metodología TRIZICS

3.1. Pasos a seguir

Procederemos a través de los siguientes pasos generales:

- a) **Identificar el Problema.**
- b) **Seleccionar el Tipo de Problema.**
- c) **Aplicar Herramientas Analíticas 1:**
 - C1- CEC-3 ¿Por qué un sistema es inadecuado?
 - C2- Análisis de la Curva-S.
 - C3- Tendencias de Evolución.
 - C4- Anti-sistema (previa aplicación de 9 ventanas).
- d) **Definir el Problema.**
- e) **Aplicar las Herramientas Clásicas de Solución TRIZ.**
- f) **Compilar las soluciones halladas y hacer aplicación.**

a) **Identificar el Problema:** Básicamente, el problema es que “la punta aguda del pincha papeles es muy peligrosa”.

b) **Seleccionar el Tipo de Problema:** Esto nos permitirá poder elegir las herramientas analíticas en el próximo paso.

La clasificación es:

Tipo 1: Resolver un problema específico cuando la causa raíz es desconocida.

Tipo 2: Resolver un problema específico para el cual la causa raíz es conocida.

Tipo 3: Mejorar, desarrollar, inventar un sistema técnico o proceso técnico.

Tipo 4: Prevenir fallas futuras para un sistema técnico o proceso técnico.

Teniendo en cuenta esta clasificación, deducimos que nuestro problema del pincha papeles es del Tipo 3, es decir, de mejora de la eficiencia del dispositivo. Por eso C1.

c) **Aplicar Herramientas Analíticas 1:** Cabe aclarar, en este punto, que por razones de espacio, si bien aplicaremos las Herramientas Analíticas para el presente problema, las mismas no se harán en profundidad, pero sí intentando con la suficiente claridad para que el lector evalúe la potencialidad de pensamiento que éstas le otorgan a un analista de

problemas. El lector podrá apreciar cómo cada una de ellas colabora en el camino hacia la definición del problema, primeramente, y luego avanzar hacia las herramientas de solución. Para esto, primeramente haremos un listado para el Banco de Problemas, ver Tabla 1:

Tabla 1– Banco de Problemas.

Banco de Problemas		
1	Herirse con la punta al utilizarlo.	Prioridad
2	Herirse con la punta cuando no se lo usa.	
3	Amenaza permanente para el usuario.	
4	Romper papel.	
5	Agregar la tarea de agujerear previamente el papel.	
Etc.		

Comenzaremos nuestra aplicación de las Herramientas Analíticas 1.

CI- CEC-3 ¿Por qué un sistema es inadecuado? Simplemente identificamos los sistemas o procesos que desearíamos mejorar y el estado del problema objetivo como “el sistema técnico o proceso técnico no es el ideal”. Utilizamos CEC como una herramienta para identificar problemas con nuestro sistema. Ver Figura 3.

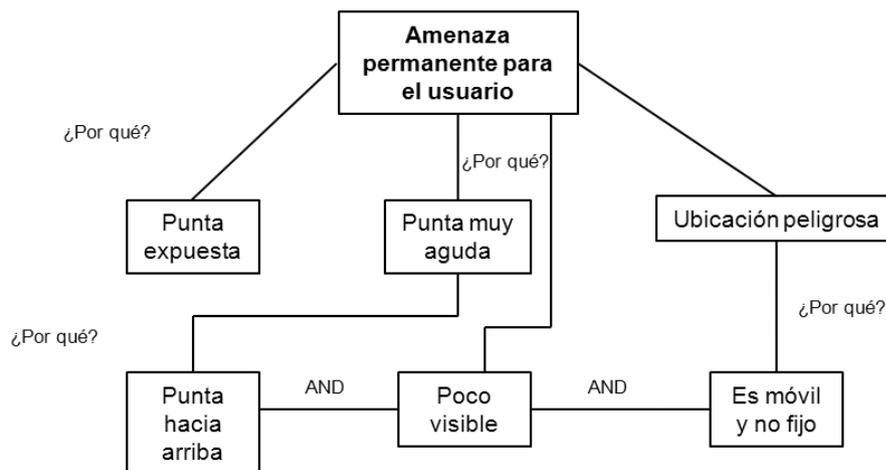


Figura 3. Diagrama del CEC-3. Se encabeza con el problema principal y se van derivando las causas y efectos. Usted puede coincidir con éste diagrama o puede definir otro diferente.

En nuestro sistema técnico, el pincha papeles, el planteo inicial elegido como problema es “la punta del pincha papeles es peligrosa”. Usted quizás tenga otro diagrama en mente, nosotros presentamos este. Las diferencias, lejos de confrontar, enriquecen el análisis. Identificamos el bache hacia la idealidad del dispositivo: por ejemplo, de lo listado en el Banco de Problemas, juzgamos prioritario el punto 3. Podemos construir un CEC, definimos el problema con el sistema e identificamos los baches que deberíamos cerrar. Ver Tabla 2. Se puede crear una lista de prioridades para mejorar el pincha papeles basada en las razones que se han elaborado. A su vez, de ser posible, intentar con ellas contradicciones, que pertenecen al conjunto de las Herramientas Clásicas de TRIZ. La formulación de las contradicciones es el método TRIZ para crear un salto en el pensamiento. Como formularlas y resolverlas será discutido en los siguientes pasos.

Tabla 2 – Se muestra la lista de prioridades y las contradicciones que surgen, las cuales serán estudiadas en pasos siguientes.

	Causa	Problema	Contradicción
1	Presenta muy expuesta la punta.	Potencial peligro de herirse (pincharse).	Si está expuesta, el papel se pincha fácil, pero es peligroso para el usuario. Y si no está expuesta, no es peligroso para el usuario, pero el papel es problemático pincharlo.
2	Punta demasiado aguda	Potencial peligro de herirse (pincharse).	Si la punta es muy aguda, el papel se pincha muy bien, pero se corre serio riesgo de accidentarse el usuario. Y si la punta es totalmente roma, el usuario no corre peligro, pero el papel no se pincha.
3	La punta, está dirigida hacia arriba.	Potencial peligro de herirse (pincharse).	Si la punta está hacia arriba es cómodo para pinchar, pero es peligroso para el usuario. Y si la punta estuviera para abajo, no reviste peligro para el usuario, pero es difícil de posicionar el papel a pinchar.

C2- Análisis de la Curva-S: Un típico sistema tecnológico tiene cuatro etapas: infancia, crecimiento, madurez y declinación [4]. Con el tiempo (normalmente años para la mayoría de los productos) el rendimiento de los parámetros de la función principal de un sistema sigue una curva con forma-S. Luego del nacimiento del sistema, desde la infancia a través de todas las etapas, el sistema evoluciona. Ver Figura 4.

La tendencia de incremento de la idealidad dirige el desarrollo de un sistema y por lo tanto el ascenso a lo largo de la curva-S. El desempeño de cada parámetro del dispositivo puede tener un diferente estado de desarrollo y por lo tanto diferentes formas de evolución de las etapas de la curva-S. La curva-S del pincha papeles, respecto a la seguridad, parece no haber evolucionado mucho desde su nacimiento, más bien reviste la forma de una S que recién empieza, lo cual indica que no ha crecido y desarrollado lo suficiente respecto a nuestro problema principal, la seguridad de uso. Esto es una gran oportunidad para innovar. Es recién al finalizar la etapa 1 cuando muchos de los temas técnicos están resueltos. Los costos y efectos dañinos han sido reducidos. A medida que se avanza a través de la Etapa 2 (crecimiento), el sistema gana una gran aceptación del mercado.

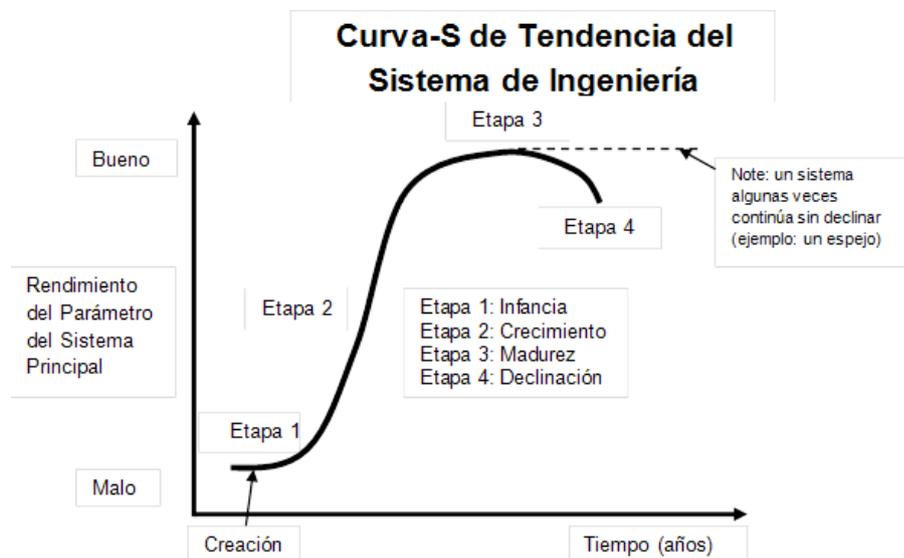


Figura 4. Curva-S de un sistema técnico o proceso técnico general.

C3- Tendencias de Evolución: El estudio de cientos de miles de patentes por parte de Altshuller, creador de TRIZ, reveló un número de repeticiones de tendencias que indican cómo los sistemas técnicos evolucionan. La evolución de los sistemas técnicos no es al azar, está gobernada por leyes objetivas [5]. Estas tendencias muestran como los sistemas técnicos han sido desarrollados en el pasado. Nos permiten pronosticar los futuros cambios en un sistema que pueden ser explotados para mantener el liderazgo del mercado, obtener patentes con anticipación, etc. Pasemos ahora a nombrarlas brevemente y ver posibilidades puntuales de aplicación a nuestro problema.

1. Tendencia del Incremento de la Integridad de un Sistema: Se parte de que todo sistema consta de:
 - a. Parte Operativa: en nuestro caso la punta del pincha papeles es la parte que ejecuta la función principal. Es necesario que esa sea la parte operativa.
 - b. Transmisión: el brazo y la mano del usuario transmiten la energía en forma de movimiento para ubicar el papel y presionarlo contra la punta del pincha papeles. ¿Se podría transferir esta función a otra parte del sistema?, es decir, que quede solo la de ubicar el papel en responsabilidad del usuario y que la acción de presionar sea hecha por el propio dispositivo?
 - c. Fuente de Energía: “el motor” es el propio usuario. El usuario termina activando la parte del mecanismo de presión, propio o del dispositivo.
 - d. Sistema de Control: es parte de la sensibilidad y destreza del propio usuario.
 2. Tendencia de la Conductividad de la Energía
 3. Tendencia de la Coordinación: Hay varias coordinaciones a tener en cuenta: una es colocar el papel en posición y luego presionar sobre la punta del pincha papeles. La mano debe coordinar la posición respecto de la punta para evitar el riesgo de accidente. También coordinar la calidad de los materiales, tal que la punta y la base no se aflojen, pues podría producirse un descentramiento y des coordinar la mano respecto a la ubicación de la punta.
 4. Tendencia hacia la Idealidad
 5. Tendencia de Desarrollo Desigual de los Componentes del Sistema: Sugerido en la Curva-S. Por ejemplo, se lograron atractivos pincha papeles, muy variados, con bases de todo tipo y estilo, pero la punta, en cuanto a ergonomía y seguridad no evolucionó en la misma intensidad.
 6. Tendencia de Transición hacia el Súper-Sistema: Por ejemplo un pincha papeles integrado al mobiliario de la oficina o sector de trabajo del usuario.
 - 6a. Tendencia de Dinamización: Nos hace pensar, entre otras cosas, en un pincha papeles sin pinche, algo magnético, que surja la punta si activo algún botón con el pie, o tipo pinza que aplaste los papeles y hasta lo aparentemente inconcebible un pincha papeles en 2D, es decir seccionable y horizontal siguiendo la línea de la mesa o pupitre, etc., o adosado a la pared.
 7. Tendencia hacia el Micro-nivel: ¿Por qué no hacerlo el largo del pinche más corto? Por ejemplo seccionable o con partes desmontables.
 8. Tendencia de Incremento del Desarrollo Sustancia-Campo: Aquí no desarrollaremos este punto, debido a la extensión del trabajo, pero sí podemos comentar que también se trata de una herramienta poderosa para el análisis de problemas y para la aplicación en soluciones.
- C4- *Anti-sistema (previa aplicación de 9 ventanas):* Antes de aplicar el Anti-sistema, conviene la aplicación de otra herramienta de análisis, “Las Nueve Ventanas”. Esta herramienta nos ayuda a pensar “fuera de la caja”, llevándonos a considerar soluciones en el pasado y el futuro y en los niveles del súper-sistema y subsistema, en vez de focalizar al nivel del sistema en el presente. Nuevamente por razones de espacio, no avanzaremos sobre esta herramienta de análisis, muy efectiva en conjunto con la herramienta del Anti-sistema, todo lo contrario a Nueve Ventanas, pues “dispara” el pensamiento del analista.
- e) **Definir el Problema:** [6] El problema específico, ha de ser planteado como una contradicción, contradicción física, modelo Su-campo, planteo de función o una búsqueda de tendencia de evolución. Y para cada uno de estos planteos, TRIZ tiene un modelo de solución a seguir. En el ejemplo particular nos limitaremos a las contradicciones técnicas, como mencionamos antes. La creación de la contradicción nos coloca en el camino de la innovación creativa. En cambio de pensar en una solución de compromiso, estamos dirigidos a resolver el problema sin compromiso.
- f) **Aplicar las Herramientas Clásicas de Solución TRIZ:** Estas son las herramientas clásicas de TRIZ, que nos guían hacia ideas creativas cuando un problema ha sido clasificado. Pero antes, es interesante aclarar que se puede encontrar soluciones conceptuales recorriendo simplemente la lista de los 40 Principios de Inventiva de TRIZ [7]. Haremos esto y también aplicaremos la Matriz de Contradicciones.

Contradicción Técnica (CT): Una contradicción técnica es una situación en la que queremos variar un parámetro de un sistema o proceso tecnológico y al hacerlo nos varía otro parámetro distinto que no queremos que se modifique o que, en todo caso, se podría modificar en sentido contrario al deseado. TRIZ soluciona las contradicciones técnicas haciendo uso de la Matriz de Contradicciones, la cual es una matriz de doble entrada, donde en uno de los ejes están listados 39 parámetros de ingeniería de mejora [8], y en el otro eje están listados, en el mismo orden, los mismos 39 parámetros de empeoramiento. En el cruce de los parámetros elegidos, hay hasta cuatro números enteros del 1 al 40, que indican cuales de los 40 principios conviene utilizar para resolver mi problema. Esa lista de principios nos “dice” que otros analistas con problemas distintos, pero con los mismos parámetros de compromiso, los han resuelto de esa manera. Por ejemplo, elijamos la causa 2 de la Tabla 2:

CT-1: Si la forma de la punta es aguda, entonces, el papel se pincha fácil, pero no es confiable al usuario.

CT-2: Si la forma de punta no es aguda, entonces, es confiable al usuario, pero es problemático pinchar el papel.

Aunque busco que la facilidad de operación (Parámetro Nro 33) y la confiabilidad (Parámetro Nro 27) mejoren, comienzo con la CT-2.

Forma es otro de los 39 parámetros (Nro 12), y en este caso hace de parámetro de cambio entre los otros dos. Esto se aprecia en la redacción de ambas CT.

Ahora, buscando en la matriz de contradicciones por el cruce de los parámetros encontramos los principios: 17, 27, 8 y 40. Tomando en cuenta el 17, que es “Transición hacia una nueva dimensión”, coincidimos con Tendencia de Dinamización, lo cual revela un camino coincidente, digno de seguir por esta vía nuestro razonamiento. El 27 “Desechar” a nosotros nos parece que no aplica al caso. Aquí, quizás el lector tenga alguna idea que estos autores no alcancen a vislumbrar. Eso es lo humanamente rico del método TRIZ. En 8, “Contrapeso”, hace imaginar un brazo que cubra la punta mientras no se pinche ningún papel, y cuando se lo haga, se desplaza, manualmente o automáticamente, la capucha. El 40, “materiales compuestos”, tampoco parece adaptable al presente problema.

Los autores ensayaron otras combinaciones de CT, de lo cual solo citaremos las soluciones halladas.

g) Compilar las ideas e implementar soluciones: repasando todo lo analizado, podemos postular las siguientes soluciones conceptuales:

Solución conceptual 1: Diseñar el pinchapapeles copiando el sistema de la perforadora. (Principio 26).

Solución conceptual 2: Podría, en caso de labor rutinaria, tener el papel agujereado de fábrica y con eso disminuimos la agudeza del pinchapapeles y así disminuimos el daño. (Principio 10). Quizás poco práctico.

Solución conceptual 3: Fabricar pinchapapeles de modo que la mano no quede expuesta a la punta, y esto se consigue colocando una guía. (Principio 24).

Solución conceptual 4: Fabricar un pinchapapeles con una capucha, que baje automáticamente y reemplace a los dedos para presionar. (Principio 24).

Solución conceptual 5: Fabricar los pinchapapeles con pintura fosforescente.

Solución conceptual 6: Fabricar los pinchapapeles con leds incorporados.

Solución conceptual 7: Fabricar pinchapapeles con baterías solares y con leds.

Solución conceptual 8: Instalar el pinchapapeles a diferentes alturas del escritorio, de modo que no resulte de peligro para el usuario.

Solución conceptual 9: Instalar el pinchapapeles en diferentes lugares, por ejemplo en alguna “pared” saliente del mueble escritorio, de modo que no resulte de peligro para el usuario.

Y como dijimos pared:

Solución conceptual 10: Instalar el pinchapapeles en diferentes lugares, por ejemplo en alguna pared cercana al mueble escritorio.

Suponemos que todas las soluciones 8, 9, 10, la punta tienen orientación hacia arriba y con los aditamentos de las soluciones anteriores en combinación, lo cual hace un número mayor de soluciones conceptuales hasta aquí mencionadas. ¿Y si el pinche primero apunta hacia abajo y luego se curva? Esto nos lleva a pensar en:

Solución conceptual 8, 9 y 10 bis

Esto hace pensar en dividir el pinchapapeles en partes. Quizás un nuevo diseño, por ejemplo, aplicar una perforadora que perfora el papel y luego, solo haya que posicionar la punta en el agujero del papel.

Solución conceptual 11: Anteponer la acción de la perforadora, que puede ser la de diseño tradicional, para luego, una vez perforado el papel, solo haya que dirigir la perforación de este hacia la punta evitando el peligro de que el dedo presione contra el pinche. La mano también tiene la función de presionar el papel con la punta del pinchapapeles. Sería interesante para disminuir riesgos transferir esa función al pinchapapeles.

Solución conceptual 12: Diseñar el dispositivo con un lector óptico que al ser interrumpida su señal por interponerse en su camino el papel a ser pinchado, active un dedo mecánico que empuje el papel contra la punta.

Solución conceptual 13: Copiar a la perforadora de papeles transfiriendo la función del empuje del dedo a la palanca.

Dejamos al amable y paciente lector, que llegó a esta altura del trabajo, la búsqueda de soluciones que a nosotros no se nos ocurrieron, seguro podrá aportar muchas. Lo importante es que el pensamiento quedó “inspirado” y dirigido a seguir aportando más soluciones. Observe el lector, que solo hemos empleado un mínimo de Herramientas Analíticas y un mínimo de Herramientas de Solución TRIZ, y cuántas soluciones conceptuales sencillas se han alcanzado para este dispositivo.

4. Conclusiones

Si bien las soluciones halladas al problema del pincha papeles lleva un considerable tiempo y esfuerzo y quizás sin hacer uso de TRIZ se llega a algunas de las soluciones presentadas más rápidamente, pero, TRIZ nos ofrece con su base de datos, surgida del amplio conocimiento de muchos tecnólogos de diferentes épocas y lugares, una estructura que nos guía en el análisis del problema, su definición y posterior búsqueda ordenada de soluciones conceptuales, seguido de la aplicación, y luego finalizando en el paso ingenieril. Por eso, TRIZ no nos resuelve el problema dándonos una solución, sino que es el analista del problema guiado por TRIZ quién llega, no a la solución sino, al espacio de soluciones.

TRIZ permite, dependiendo también de la habilidad del analista, poder profundizar en el problema de modo sistemático. Así, podemos deslindarnos de la inercia psicológica, es decir de algún modo, de todo aquello que por culpa de la especialidad nos dificulta el intento de buscar soluciones distintas a nuestro campo de especialidad, experimentando pensamientos “osados”. Esto se logra con todas las metodologías estructuradas [9].

Por último, se observa que TRIZICS enriquece a TRIZ con otras herramientas diseñadas especialmente, haciendo que éste último sea de acceso más inmediato, pues TRIZICS hace de puente facilitando el atajo entre el analista y las herramientas TRIZ.

Agradecimientos

Al Director del Departamento de Ingeniería Mecánica de la UTN FRGP, Ingeniero Juan Fructuoso, por brindarnos la oportunidad de difundir la metodología TRIZ en sus cátedras.

Referencias

- [1] Tesauros – terminología del TRIZ y ARIZ (Autores: Tatiana Zagorodnova, Carlos Requena, Juan Carlos Nishiyama), Rusia. 2004. <http://www.altshuller.ru/thesaur/thesaur.asp>
- [2] Página de la Altshuller Foundation. <http://www.altshuller.ru/world/spa/news.asp>
- [3] TRIZICS, Teach yourself TRIZ, how to invent, innovate and solve “impossible” technical problems systematically. Gordon Cameron. Printed by Create Space 2010. ISBN: 1456319892.
- [4] TRIZICS Roadmap Applied to Early-Stages of Technology Research. Carlos J. Espinoza-González, Carlos A. Ávila-Orta, Guillermo Martínez-Colunga, Darío Bueno-Baqués, Alfonso Maffezzoli, Francesca Lionetto. 7^o Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica Orizaba, Veracruz, del 14 al 18 de noviembre del 2012.
- [5] Karen Gadd. TRIZ For Engineers: Enabling Inventive Problem Solving © 2011 John Wiley & Sons, Ltd. Published 2011 by John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 978-0-470-74188-7
- [6] Ed Sickafus, Pensamiento Inventivo Unificado Estructurado, Como Inventar. Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA, ISBN 0-965-94350-X. Traducido al idioma español por J. C. Nishiyama, T. Zagorodnova y C. Requena. Dirección Nacional de Derechos de Autor, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos Expte. 5023607. Junio 2012
- [7] Savransky, Semyon D. Engineering of Creativity (Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving) © 2000 by CRC Press LLC.M. [6] Página del AMETRIZ (Asociación Mexicana de TRIZ). <http://www.ametriz.com/matriz/MATRIZ.php>
- [8] Página del AMETRIZ (Asociación Mexicana de TRIZ). <http://www.ametriz.com/index.php/principios-de-inventiva>
- [9] Breve Descripción y Comparación de las Metodologías Estructuradas Para Resolución de Problemas. Juan Carlos Nishiyama, Tatiana Zagorodnova, Carlos Eduardo Requena. 9^o Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica- AMETRIZ. DF, México. Noviembre de 2014

INNOVADORES QUE SI INNOVAN

Margarita De la Fuente y Valeria Pérez Silveira

margarita@trenova.com.mx

valeria.silveira@thechangecompany.net

Abstract

¿Innovar?, ¿Realmente será posible lograr algo distinto pensando de la manera en que siempre se ha pensado?, ¿En realidad se cree que los problemas se van a resolver pensando en la misma forma en que se pensaba cuando estos se generaron? Las ideas, los pensamientos innovadores, las soluciones efectivas no están flotando en el aire esperando a que alguien se tropiece con ellas, tampoco llueven del cielo... Estas ideas, pensamientos y soluciones se gestan en la mente de las personas y lo hacen mediante los procesos mentales descritos por Edward de Bono en su libro "El mecanismo de la mente". No se debería esperar a que estos procesos se lleven a cabo esporádicamente o por casualidad (que de hecho es lo que sucede), el "Innovador que si innova" los provoca deliberadamente cuando es necesario, mejor aun, los provoca deliberadamente cuando así lo desea...

Keywords: *Innovación, creatividad, proceso de innovación, detección de oportunidades, generación de ideas*

1. Contenido

1.1 Introducción

Cada vez más organizaciones están interesadas en el asunto de la innovación, sin embargo, se conocen pocos procedimientos y estándares efectivos que garanticen que una empresa va a innovar y menos aun, que va a dominar y dirigir su sentido innovador. Es común ver que las empresas cambian el nombre de su departamento de Investigación y Desarrollo, Tecnologías o Marketing y lo renombran como Innovación.

Lo anterior no es suficiente para innovar, lo corroboran frases famosas como "Locura es hacer la misma cosa una y otra vez esperando obtener resultados diferentes. Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo" de Albert Einstein y "Los problemas no

van a resolverse pensando en la misma forma en que fueron generados” de Edward de Bono.

1.2 La Innovación como proceso estratégico y dirigido de los negocios.

Tras 20 años de incursión en Innovación como proceso estratégico y dirigido de los negocios, a grandes rasgos se observan claramente 3 pilares en los que ésta se sostiene (figura 1); aunque diferentes autores las subdividen hasta en 13 segmentos.



Fig. 1 Pilares de la Innovación de acuerdo a Innovum [1]

Los 3 pilares que sostienen un proceso de innovación son: estrategia de innovación, generación continua de ideas y/o detección de oportunidades y programa de ejecución. La figura 1 muestra el diagrama completo de dicho proceso diseñado por De la Fuente y González [1]

1.2.1 Estrategia. El proceso de innovación debe estar alineado con la visión de la organización y tiene la función de crear o robustecer sus ventajas competitivas para que éstas se traduzcan en crecimiento. Si la alineación no es correcta se puede caer en el error de contar con la infraestructura de apoyo para el proceso o incluso desviarnos de la visión del negocio. Independientemente de si la responsabilidad recae en un CIO, Chief Innovation Officer, Director de Innovación, Gte. o Líder de Innovación, este es responsable de asegurar que los programas y proyectos de innovación estén alineados con la visión y que cuenten con los recursos suficientes para operar adecuadamente.

1.2.2. Ideas y oportunidades. Contrariamente a lo que se hace en muchas organizaciones, la detección de oportunidades y generación de ideas no debe dejarse a la suerte, debe ser un

proceso continuo, controlado y ordenado, alineado a la estrategia de innovación predefinida y con actividades y responsables que garanticen el flujo continuo de iniciativas al “pipeline” de innovación. Los estímulos para su generación pueden ser de diferente naturaleza: observación directa de los clientes y consumidores, entrevistas con clientes y no clientes, análisis de la competencia y de otras industrias, participación de los empleados, etc. pero el proceso debe ser deliberado y reproducible para no depender de la suerte o la casualidad. Como ejemplo de dichos procesos se tiene los desarrollados por Edward de Bono [2], quien es reconocido como uno de los principales innovadores en este campo. Técnicas tales como “Pensamiento Lateral” han probado ser de gran utilidad en la generación de ideas de alto impacto.

[3] Edward de Bono, en su libro “The mechanism of mind”, escribe que un sistema es un arreglo de circunstancias que hace que las cosas pasen de cierta manera, este sistema recibe insumos (tangibles o intangibles) y al pasar éstos por el arreglo de circunstancias, se generan productos (tangibles o intangibles). Como ejemplo de ello tenemos una línea para manufactura de ropa, recibe tela, hilo, electricidad, etc. y una vez que pasa por el arreglo de circunstancias: corte, costura, plancha, etc. se tiene ropa. La naturaleza de los productos está subordinada a la naturaleza de las circunstancias y de los insumos que reciban, pero también a la forma en que las circunstancias estén ordenadas.

El sistema cerebral es como cualquier otro sistema, solo que en vez de circunstancias tales como corte, costura y plancha, se tienen las neuronas. Otra diferencia es que el sistema cerebral recibe como insumo, la información que la persona recibe a través de sus sentidos. Una vez que pasa a través de las neuronas se generan los pensamientos, la naturaleza de los pensamientos está subordinada a la información que recibe (insumos) y, como punto muy importante, a la forma en que estén dispuestas las neuronas. Lo más interesante es que cada persona en el mundo que existe o ha existido, tiene o ha tenido un arreglo neuronal distinto. De este punto deriva la importancia y poder de organizar el pensamiento grupal y considerar todas sus ideas.

Pensamiento Lateral usa este principio de sistemas y provoca la habilitación de nuevos caminos en el sistema cerebral para encontrar soluciones que el pensamiento lógico hubiera ignorado. (Ver figura 2)

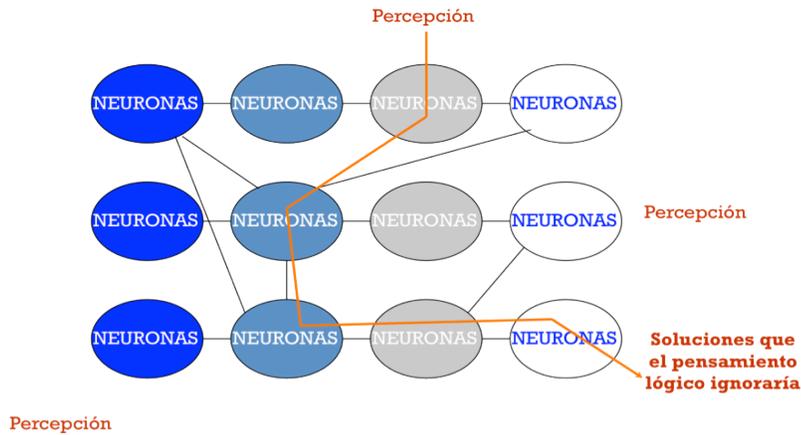


Figura 2. Pensamiento Lateral. Provoca el sistema cerebral.

[4] Un mito muy conocido es que los creativos son creativos porque así nacieron. Este malentendido es obsoleto, ya que hoy en día, se sabe que la creatividad puede ser una disciplina adquirida y aplicada a voluntad para encontrar ideas que vayan más allá de nuestros paradigmas actuales, ideas que generen nuevos paradigmas y esto sucede gracias a las herramientas de Pensamiento Lateral que diseñó Edward de Bono a partir de los procesos mentales del ser humano. (Ver figura 3)

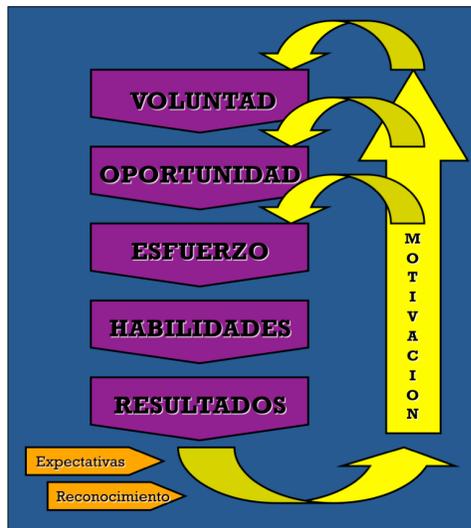


Figura 3. Círculo virtuoso de la creatividad [5]

1.2.3. Ejecución de proyectos de innovación. Los pasos anteriores no tendrían sentido si los proyectos no culminaran en una ejecución impecable, si no culminaran en resultados. De acuerdo a estudios realizados en Estados Unidos una tercera parte de las empresas califican su proceso de lanzamiento de innovaciones como muy pobre y casi la mitad de los nuevos proyectos no alcanzan los niveles esperados de rentabilidad [6]. Lo anterior tiene su

origen en la falta del uso de metodologías que ayuden a seleccionar los proyectos con mayor posibilidad de éxito y que aseguren la coordinación y alineación entre los departamentos claves que participan en los lanzamientos. Una vez terminada la etapa de selección y cosecha de oportunidades es necesario utilizar alguna herramienta para catalogar los proyectos de acuerdo al impacto que pueden tener en el mercado y la factibilidad técnica que la empresa tiene para ejecutarlos. El modelo de Evaluación Temprana (MET) utilizado por Innovum [1] ubica los proyectos en una matriz de poder de 4 cuadrantes y los clasifica en función de las dos dimensiones antes mencionadas. La figura 4 muestra los cuadrantes descritos.

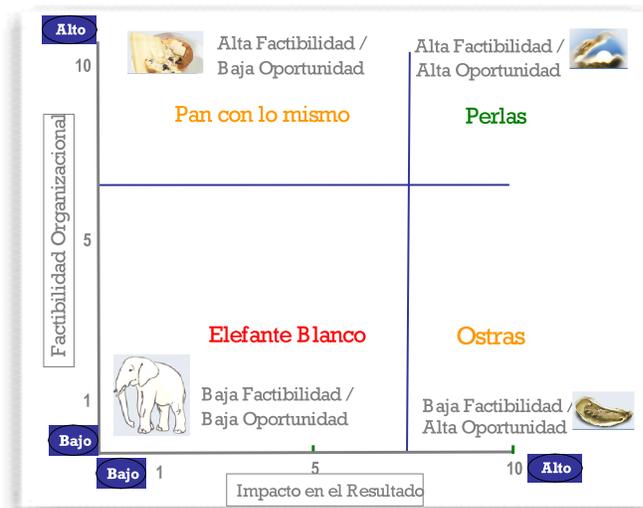


Figura 4. MET para la selección de proyectos de innovación.

2. Referencias

- [1] www.trenova.com.mx
- [2] de Bono, E, Serious Creativity, Des Moines, de Bono Thinking Systems, 1992.
- [3] de Bono, E, The mechanism of mind, London, Penguin Books, 1969.
- [4] de Bono Thinking Systems, Edward de Bono's Lateral Thinking" certified instructor manual Des Moines, de Bono Thinking Systems, 2006
- [5] Sproul, M, master trainer of dBTS, Lateral Thinking conference materials.
- [6] American Productivity and Quality Center , Benchmark Study, 2006.

Metodología Holística TRIZ Aplicado a la Resolución de un Problema Químico

Fernando Yonni

UTN(FRGP), profyonni@yahoo.com.ar

ABSTRACT

The proposal of a holistic approach to the TRIZ methodology presented in this work in solving a technical problem. We aim to develop an integral methodology including not only the traditional set of tools developed by TRIZ, but also the simultaneous analysis of multiple parameter fields of possible solutions, so as to enable multiple views of reality from different perspectives, which would synergistically lead to richer and more complete suggestions for solutions.

Keywords: TRIZ, Technical problem, holistic methodology, multiple parameter, synergism.

RESUMEN

La propuesta de un enfoque holístico de la metodología TRIZ se presenta en este trabajo en la solución de un problema técnico. Nuestro objetivo es desarrollar una metodología integral que incluya no sólo el conjunto tradicional de herramientas desarrolladas por TRIZ, sino también el análisis simultáneo de múltiples campos de parámetros de posibles soluciones, a fin de permitir múltiples puntos de vista de la realidad desde diferentes perspectivas, lo que sinérgicamente conducir a más rico y sugerencias para las soluciones más completas.

Palabras Clave: TRIZ, problema técnico, metodología holística, múltiples parámetros, sinergia.

1. Introducción

En este trabajo se presenta la aplicación del “enfoque holístico de la metodología TRIZ” a la resolución de un problema común en laboratorio de enseñanza de la materia química que se presenta cuando es necesario diluir al ácido sulfúrico 98 % m/m (aproximadamente 18 molar). Este enfoque holístico busca alcanzar una síntesis integradora que contenga el corpus metodológico desarrollado hasta el momento por TRIZ pero abarcando el análisis simultáneo de los múltiples campos de parámetros de soluciones posibles, de tal forma que las múltiples miradas de la realidad desde distintos puntos de vista, deriven sinérgicamente en sugerencias de abordaje de soluciones más ricas y completas.

El ácido sulfúrico se comercializa como una solución líquida densa, incolora, oleosa y corrosiva; su principal uso industrial es en la producción del fertilizante de fosfato; sin embargo, tiene varios otros usos que van desde su utilización para fabricar químicos, como el ácido clorhídrico y el ácido nítrico, hasta ser utilizado para la purificación del petróleo. Dada su característica corrosiva y su alta afinidad por el agua el ácido sulfúrico concentrado no debe ser diluido por usuarios que no tengan experiencia; se deben tomar precauciones llevando puesta siempre la protección necesaria en los ojos y la piel cuando se realiza este procedimiento. La ecuación que representa la dilución del ácido sulfúrico puede representarse como:



Donde $\Delta H^\circ = - 880 \text{ kJ mol}^{-1}$ indica el calor liberado por el sistema. Experimentalmente se puede determinar que si en un vaso de precipitado equipado con un sensor de temperatura que contiene 200 mL de agua (20 °C) se agrega en el

termino de 1 minuto 100 mL de ácido sulfúrico concentrado, la temperatura se incrementa rápidamente a 131.2 °C, lo que ocasiona la ebullición de la solución acuosa formada provocando su salpicadura (sumamente peligrosas dado su carácter corrosivo y la alta temperatura alcanzada).

1.1. Método de Trabajo

Inicialmente se identifican de todos los parámetros que de acuerdo a los actores que trabajan en el tema (puede ser como en este caso una persona o un grupo de personas) pueden permitir solucionar el problema que presenta la dilución del ácido sulfúrico concentrado.

Tabla 1.- Lista de parámetros determinados que podrían actuar mejorando el objeto en estudio

Parámetros que se quiere mejorar
9 Velocidad 15 Tiempo de acción del objeto en movimiento 17 Temperatura 25 Desperdicio de tiempo 27 Confiabilidad 30 Factores perjudiciales actuando sobre el objeto 31 Factores perjudiciales del objeto 35 Productividad

Una vez obtenidos los parámetros que podrían mejorar el acto de diluir el ácido sulfúrico concentrado (en nuestro caso se identificaron los parámetros indicados en la tabla 1) se determina para cada uno de ellos (parámetros de mejora) aquellos parámetros que podrían empeorar el objeto en estudio (ver tabla 2).

Tabla 2.- Lista de parámetros determinados que podrían mejorar y degradar el objeto en estudio

Parámetros que se quieren mejorar	Parámetros que se van a degradar
9 Velocidad	17 Temperatura 27 Confiabilidad 30 Factores perjudiciales actuando sobre el objeto 39 Productividad
15 Tiempo de acción del objeto en movimiento	17 Temperatura 27 Confiabilidad 30 Factores perjudiciales actuando sobre el objeto 39 Productividad
17 Temperatura	7 Volumen del objeto móvil 8 Volumen del Objeto Estacionario 9 Velocidad 15 Duración de la acción del objeto móvil 25 Pérdida de tiempo 31 Daños generados por el objeto 39 Productividad
25 Pérdida de tiempo	17 Temperatura 27 Confiabilidad 31 Daños generados por el objeto 39 Productividad

27 Confiabilidad	7 Volumen del objeto móvil 9 Velocidad 15 Duración de la acción del objeto móvil 25 Pérdida de tiempo 39 Productividad
30 Factores perjudiciales actuando sobre el objeto	25 Pérdida de tiempo 33 Comodidad de uso 39 Productividad
31 Factores perjudiciales del objeto	19 Uso de energía del objeto móvil 36 Complejidad del Objeto 39 Productividad
39 Productividad	27 Confiabilidad 30 Factores perjudiciales actuando sobre el objeto 31 Daños generados por el objeto 33 Conveniencia de uso

Identificados ambos parámetros se utiliza la matriz de contradicción para identificar los principios de inventiva propuestos en cada caso por Altshuller como aquellos de cuyo análisis podrían surgir soluciones de inventiva posibles (ver tabla 3).

Tabla 3.- Parámetros determinados que podrían mejorar y degradar el objeto en estudio y los principios de inventiva que surgen de matriz de contradicción de Altshuller.

Parámetros que se quieren mejorar	Parámetros que se van a degradar				
9 Velocidad	17 Temperatura	28	30	36	2
	27 Confiabilidad	11	35	27	28
	30 Factores perjudiciales actuando sobre el objeto	1	28	35	23
	39 Productividad	---	---	---	---
15 Tiempo de acción del objeto en movimiento	17 Temperatura	19	35	39	---
	27 Confiabilidad	11	2	13	--
	30 Factores perjudiciales actuando sobre el objeto	22	15	33	28
	39 Productividad	35	17	14	19
17 Temperatura	7 Volumen del objeto móvil	34	39	40	18
	8 Volumen del Objeto Estacionario	35	6	4	--
	9 Velocidad	2	28	36	30
	15 Duración de la acción del objeto móvil	19	13	39	---
	25 Pérdida de tiempo	35	28	21	18
	31 Daños generados por el objeto	22	35	2	24
	39 Productividad	15	28	35	--
25 Pérdida de tiempo	17 Temperatura	35	29	21	18
	27 Confiabilidad	10	30	4	--
	31 Daños generados por el objeto	35	22	18	39
	39 Productividad	---	---	---	---
27 Confiabilidad	7 Volumen del objeto móvil	3	10	14	24
	9 Velocidad	21	35	11	28
	15 Duración de la acción del objeto móvil	2	35	3	25
	25 Pérdida de tiempo	10	30	4	--
	39 Productividad	1	35	29	38

30 Factores perjudiciales actuando sobre el objeto	25 Pérdida de tiempo	35	18	34	---
	33 Comodidad de uso	2	25	28	39
	39 Productividad	22	35	13	24
31 Factores perjudiciales del objeto	19 Uso de energía del objeto móvil	2	35	6	---
	36 Complejidad del Objeto	19	1	31	---
	39 Productividad	22	35	13	24
39 Productividad	27 Confiabilidad	1	35	10	38
	30 Factores perjudiciales actuando sobre el objeto	22	35	13	24
	31 Daños generados por el objeto	35	22	18	39
	33 Conveniencia de uso	1	28	7	10

Se determina luego la repitencia de cada principio de inventiva teniendo en cuenta su ubicación en la matriz de contradicción (ver tabla 4). Por ejemplo el principio de inventiva “2.- extracción” se encuentra 4 veces en el 1er lugar (en los cruces de la matriz 17 vs 9; 27 vs 15; 30 vs 33; 31 vs 19), 1 vez en el 2do lugar (15 vs 27), 1 vez en el 3er lugar (17 vs 31) y 1 vez en el 4to lugar (9 vs 17)

Tabla 4.- Lista de principios de inventiva determinados v su repitencia.

Principio de inventiva	Repitencia			
	Lugar en la matriz			
	1er	2do	3er	4to
1 segmentacion	4	1		
2 extraccion	4	1	1	1
3	1		1	
4			3	
6		1	1	
7			1	
10 accion previa	2	1	1	1
11	2		1	
13		1	4	
14			2	
15 dinamicidad	1	1		
17		1		
18		1	2	3
19	3			1
21	1		2	
22	5	2		
23				1
24				5

Principio de inventiva	Repitencia			
	Lugar en la matriz			
	1er	2do	3er	4to
25		1		1
27			1	
28 remplazo de sistemas mecánicos	1	5	1	3
29		1	1	
30	1	2		1
31			1	
33			1	
34	1		1	
35 transf. de los estados físicos y químicos de un objeto	7	11	2	
36			2	
38				2
39		1	2	3
40			1	

A los principios sugeridos (Tabla 4) se le aplica un “factor de grado de prioridad de análisis” para cuya determinación se parte del hecho de que el orden en que aparecen en la matriz de contradicción los principios de inventiva no es aleatorio sino que guardan relación con un cierto “grado de prioridad de análisis”. Arbitrariamente se propone que este “grado de prioridad de análisis” guarda la siguiente relación: un principio de inventiva que al analizar la tabla 3 aparecer 3 veces en el 4to lugar es equivalente en cuanto a su prioridad de análisis al principio que aparece 2 veces en el primer lugar o sea $3 \times \frac{2}{3} = 2$ como $\frac{2}{3} \approx 0,71$ aproximando, se toma como “factor de grado de prioridad de análisis 0,7; extrapolando para los principios de inventiva que aparecen en el 3er, 2do y 1er lugar en la matriz de contradicción tendremos:

- si aparece en el 4to lugar se le asigna un “factor de grado de prioridad de análisis” de 0,7
- si aparece en el 3er lugar se le asigna un “factor de grado de prioridad de análisis” de 0,8
- si aparece en el 2do lugar se le asigna un “factor de grado de prioridad de análisis” de 0,9
- si aparece en el 1er lugar se le asigna un “factor de grado de prioridad de análisis” de 1,0

Se calculan luego los porcentajes ponderado de repitencia de todos los principios encontrados (parciales y totales) aplicándose para cada uno de ellos el “factor de grado de prioridad de análisis” (ver tabla 5), por ejemplo en nuestro caso la totalidad de principios que surgen de la matriz de contradicción es de 118 de este total el principio de inventiva 1.- Segmentación aparece 7 veces en el 1er lugar (factor de grado de prioridad 1), 4 veces en el 2do lugar (factor de grado de prioridad de análisis 0,9), 4 veces en el 3er lugar (factor de grado de prioridad de análisis 0,8) y cero veces en el 4to lugar (factor de grado de prioridad de análisis 0,7); por lo tanto el porcentaje de repitencia del principio de inventiva 1.- segmentación será:

$$(4/118) \times 100 \times 1 = 3,39 \text{ (para su repitencia en el 1er lugar de la matriz)}$$

$$(1/118) \times 100 \times 0,9 = 0,76 \text{ (para su repitencia en el 2do lugar de la matriz)}$$

$$(0/118) \times 100 \times 0,8 = 0 \text{ (para su repitencia en el 3er lugar de la matriz)}$$

$$(0/118) \times 100 \times 0,7 = 0 \text{ (para su repitencia en el 4to lugar de la matriz)}$$

Tabla 5.- Lista de principios de inventiva determinados y su porcentaje ponderado de repitencia parcial y total teniendo en cuenta el factor de grado de prioridad de análisis

Principio de inventiva	Porcentaje ponderado de repitencia total	Porcentaje ponderado de repitencia parcial			
		1	2	3	4
1 segmentación	4,15	3,39	0,76	---	---
2 extracción	5,42	3,39	0,76	0,68	0,59
3	1,52	0,85	---	0,68	---
4	2,03	---	---	2,03	---
6	1,44	---	0,76	0,68	---
7	0,68	---	---	0,68	---
10 acción previa	3,73	1,69	0,76	0,68	0,59
11	2,37	1,69	---	0,68	---
13	3,47	---	0,76	2,71	---
14	1,36	---	---	1,36	---
15 dinamicidad	1,61	0,85	0,76	---	---
17	0,76	---	0,76	---	---
18	3,90	---	0,76	1,36	1,78
19	3,13	2,54	---	---	0,59
21	2,20	0,85	---	1,36	---
22	5,76	4,24	1,52	---	---
23	0,59	---	---	---	0,59
24	2,96	---	---	---	2,96
25	1,36	---	0,76	---	0,59
27	0,68	---	---	0,68	---
28 remplazo de sistemas mecánicos	7,11	0,85	3,81	0,68	1,78
29	1,44	---	0,76	0,68	---
30	2,96	0,85	1,52	---	0,59
31	0,68	---	---	0,68	---
33	0,68	---	---	0,68	---
34	2,0	1,1	---	0,44	0,4
35 transformación de los estados físicos y químicos de un objeto	15,67	5,93	8,39	1,36	---
36	1,36	---	---	1,36	---
38	1,19	---	---	---	1,19
39	3,90	---	0,76	1,36	1,78
40	0,68	---	---	0,68	---

Finalmente se seleccionan el o los principios de inventiva que surgen con mayor porcentaje de repitencia total. En nuestro caso el principio 35 con un porcentaje del 15,67 % se aparta mas del doble del que continua en orden de porcentaje de repitencia (principio 28 con un 7,11%)

Principio 35 (15,67%) : transformación de los estados físicos y químicos de un objeto.

1. Cambiar el estado físico de un objeto (por ejemplo, pasar un gas a líquido o sólido).
2. Transportar a un gas como líquido, en lugar de un gas, para reducir volumen.
3. Cambie la concentración o consistencia.
4. Cambie el grado de flexibilidad.
5. Cambie la temperatura. Elevar la temperatura de los alimentos para cocinar o baje la temperatura de las muestras medicas para preservarlos para su posterior

Principio 28(7,11%) : remplazo de sistemas mecánicos

1. Reemplace un medio mecánico con una sensorial (óptica, acústica, sabor u olor).
3. Caliente una sustancia que contiene material ferromagnético mediante el uso de campo magnético variable. Cuando la temperatura supera el punto Curie el material se convierte en paramagnético, y ya no absorbe el calor.

1.2. Soluciones Obtenidas

Del análisis de los principios de inventiva finalmente seleccionados (35 y 28) y sus ejemplos se centro el pensamiento hacia las posibles soluciones de inventiva al problema objeto de estudio asociados a :

*del Principio 35 :

1. Cambiar el estado físico de un objeto por ejemplo, pasar un líquido o sólido.
2. Transportar a un líquido como sólido, para reducir volumen.
3. Cambie su consistencia.
4. Cambie el grado de flexibilidad.
5. Cambie la temperatura. Baje la temperatura de las muestras medicas para preservarlos para su posterior

*del principio 28

1. Caliente una sustancia que contiene material ferromagnético mediante el uso de campo magnético variable. Cuando la temperatura supera el punto Curie el material se convierte en paramagnético, y ya no absorbe el calor.

De los mismo surge como solución de inventiva posible el enfriar el agua utilizada para realizar la dilución hasta incluso llevarla al estado sólido (a temperaturas menores o iguales a los 0°C) lo que permitiría dispersar la energía liberada en la reacción ($- 880 \text{ kJ mol}^{-1}$) en fundir el agua y elevar su temperatura hasta temperaturas menores o iguales a los 70°C (aproximadamente 350 kJ/kg) evitando su ebullición (y por ende las salpicaduras que esta podría generar).

Referencias

- [1] Altshuller, G.. 40 Principles TRIZ Keys to Technical Innovation.Massachusetts Technical Innovation Center. U.S.A. 356 p. (1997)
- [2] Yonni, F., Requena, C.E., Fasoli, H. Aplicación de triz en la resolución de un problema en un dispositivo experimental. 9^{no} Congreso Iberoamericano e InnovaciónTecnológica. México -Oct. 15 al 17 de 2014
- [3] Yonni, F., Requena, Malinauskas, A. Creativity as an exact science in the resolution of engineering problems. The TRIZ Journal. Feb. 2016 ,<<http://triz-journal.com>>
- [4] Nishiyama, J. C., Zagorodnova T., Requena, C. E., Metodologías para el Desarrollo de la Creatividad en Ingeniería. AQA., 2015, <<https://www.aqa.org.ar/joomla/images/anales/pdf102/cd/10-NSDP/10-001.PDF>>

Innovación tardía en Tolvas Mineras de Grandes Camiones Mineros

Pedro Sariego Pastén

*Departamento de Ingeniería Mecánica
Universidad Técnica Federico Santa María
Avenida España 1680, Casilla 110-V
Valparaíso - Chile
Pedro.sariego@usm.cl*

ABSTRAC

The trend in recent decades in mining operations is gigantism in machinery and equipment. Off-road trucks is one the most representative of this trend of technology in open pit mining machines. They are devices used to transport the material from the fronts of the crushing operation, collection points, dumps sterile materials or slag. Off-road trucks, are indeed a complex system containing a comprehensive set of easily identifiable subsystems. Most of these subsystems have had over time a number of improvements and even greater innovations, some earlier than others, leaving clear that components have hardly evolved. One of these strategic components are giant mining truck hoppers, structure receiving loads, moving and unloading, from one point to another. This paper illustrates the evolution that has taken the hopper and its most important effects, specifying the most important innovations of the team that developed late, leading to the creation of the light hopper, a hopper curve and lower weight also looking at possibilities can continue to unfold in the short and medium term in the use and manufacture of light hopper.

Keywords : Hoppers Trucks Mining , Technical Contradiction , TRIZ Mining

RESUMEN

La tendencia en las últimas décadas en las faenas mineras es el gigantismo en máquinas y equipos. Los camiones fuera de carretera es uno las máquinas más representativos de esta tendencia de la técnica en la minería a tajo abierto. Son artefactos destinados al traslado del material desde los frentes de explotación a los de chancado, puntos de acopio, vertederos de materiales estériles o escorias. Los camiones fuera de carretera, son por cierto un sistema complejo que contiene un conjunto amplio de subsistemas fácilmente identificables. La mayoría de estos subsistemas han tenido en el tiempo una serie de mejoras e incluso innovaciones, unas antes que las otras, quedando de manifiesto componentes que casi no han evolucionado. Uno de esos componentes estratégicos del camión minero gigante son las tolvas, estructura que recibe las cargas, las traslada y descarga, de un punto a otro. Este trabajo ilustra la evolución que ha tenido la tolva y sus efectos más importantes, especificando las innovaciones más relevantes del equipo que se han desarrollado tardíamente, dando lugar a la creación de la tolva liviana, una tolva curva y de menor peso, mirando además las posibilidades que se pueden seguir desplegándose en el corto y mediano plazo en el uso y fabricación de la misma.

Palabras Claves: Tolvas Camiones Mineros, Contradicción Técnica, TRIZ Minería

1. Introducción

La minería, como en toda actividad productiva, está necesitando constantemente innovaciones tecnológicas que se adapten a sus necesidades, por tal motivo es fundamental implementar diferentes métodos de creatividad e innovación tecnológicas, hallar soluciones de una manera más eficaz y rápida. Sin dudas que una de las claves son las posibilidades que ofrece TRIZ a la inventiva. En rigor si bien es cierto los primeros avances se hicieron sin la aplicación de teorías de inventiva, éstos se pueden explicar desde las mismas, sistemáticas, sin embargo, se puede explicar este avance desde TRIZ, de manera rápida y hasta de manera trivial, luego parece aconsejable la aplicación de TRIZ en toda la cadena de valor en que se utiliza, como también donde se desarrolla y produce este componente.

2. El Componente Original

2.1 El Camión.

Un camión minero grande tiene una vida útil de unos 15 a 20 años, tiene un valor de US\$ 3 a 5 millones, se pueden arrendar o comprar, en este último caso la demora desde que se hace la orden de compra hasta que llegue a la minera, es de 1 a 2 años. Según datos del Catastro de Equipamiento Minero 2013/2014 en Chile existían más de 1600 camiones identificados en las faenas mineras de mayor tamaño. La participación de mercado se distribuye a la fecha en tres grandes proveedores, a saber: Caterpillar 52%, Komatsu 44% y Liebherr con el 4%. Dada la importancia de estos equipos, las decisiones de compra de un camión son críticas, deben realizarse con mucha anticipación, e influirán durante muchos años en su operación y mantenimiento.

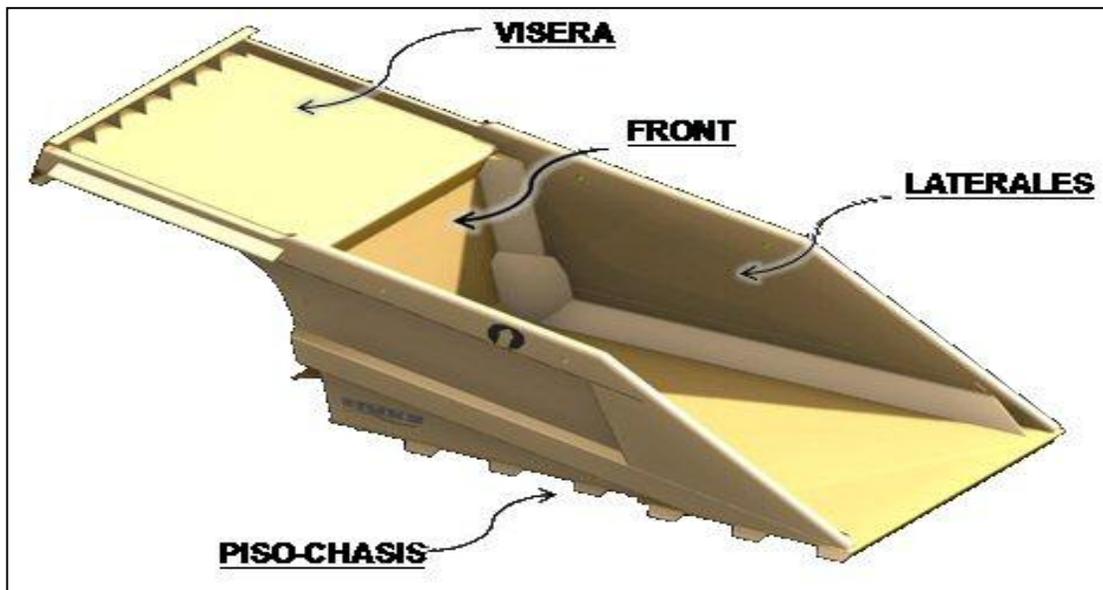


Figura 1. Tolva Minera Convencional

2.2 La Tolva

Por su parte, una tolva es un dispositivo que se asemeja a una caja con paredes inclinadas de gran tamaño destinado para el depósito y traslado de material granulado, que se monta en el chasis de los camiones, cuenta con un sistema hidráulico que permite la elevación de la misma para la descarga de los granos donde sea requerido. Un camión minero tiene entre sus componentes más importantes una tolva de grandes proporciones, denominadas generalmente Tolva Camión Minero (TCM) que en el tiempo fue creciendo en la medida que el camión minero fue capaz de alcanzar mayor potencia. En términos generales la tolva es un componente que no evolucionó. La característica por decenas de años fue la de un paralelepípedo compuesto de placas soldadas a un esqueleto de vigas a las que soldaban planchas formando: piso chasis, laterales, fondo y visera, tal como se observa en la figura N° 1.

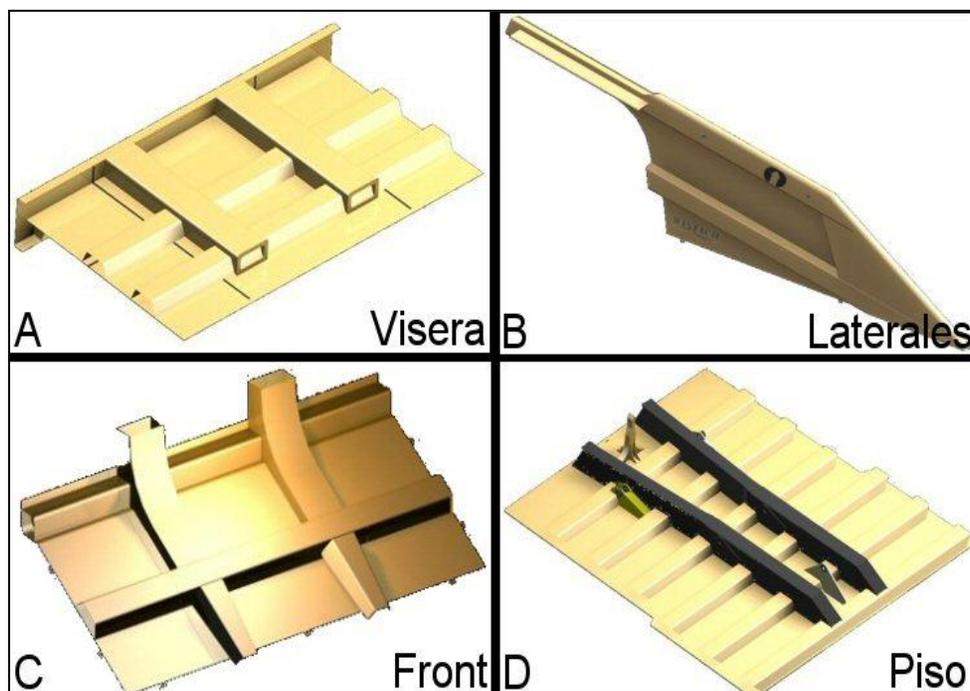


Figura 2. Armado de las partes de la tolva

Las tolvas para camiones mineros, denominadas generalmente TCM, son las encargadas de servir como receptáculo de grandes volúmenes de mineral sin procesar, para finalmente descargarlo generalmente en los chancadores de la línea de producción, o en los botaderos de escorias de la faena minera donde se encuentre prestando servicios el camión de gran tonelaje que soporta y transporta la TCM de un punto a otro. Las TCM son fabricadas con aceros antiabrasivos especiales y para tener una idea del gran tamaño que pueden llegar a tener. Asociado a la capacidad de carga de un camión fuera de carretera, una tolva de estas características puede llegar a pesar de 60/70 toneladas en los modelos más grandes de las marcas más conocidas en Chile (Caterpillar 797 y Komatsu 760) capaces de llevar aproximadamente hasta 390 toneladas de carga y tara de la tolva, el camión más grande del mundo, el Belaz 75710 de origen Belioruso, puede llevar 496 toneladas de carga y tara, no está en operaciones a la fecha en América Latina. Como se señaló en una TCM principalmente se pueden distinguir 4 módulos, señalados, cada uno de está compuesto por una cincuentena de planchas, vigas y partes, de gran envergadura, las uniones de las vigas configuran la estructura y luego ésta

a las partes y planchas cortadas se hacen mediante la deposición de material (soldadura). En la Figura 2 se esquematiza de manera general el proceso de armado de una Tolva convencional.

3. La Tolva Liviana.

Dos innovaciones chilenas en materia de tolvas son el uso de materiales compuestos en la tolva, especialmente en su piso, lo que hace que la misma aumente su capacidad de amortiguación ante el impacto producido por el proceso de carguío por medio de palas y cargadores de gran tamaño. En una primera etapa la opción fue el uso de caucho, posteriormente se fueron haciendo camas en el piso en el que se intercalan trozos de metal con el mismo material.

Pero la innovación más radical es desarrollar curvatura en la tolva, la que entre otras ventajas aumenta la rigidez de la tolva, lo que a su vez permite disminuir el material de la misma, al punto que en tolvas de 60/70 ton de tara, se disminuye a 30/40. Estas 30 toneladas de promedio, permite que en once camiones operando, se tenga operando uno más, lo que desde punto de vista de la operación minera constituye un enorme ganancial por sí mismo.

En efecto esta es una de las características de la forma curva, pero no la única, pues al tener menos puntos de intercepción en ángulo recto se minimizan los puntos de concentración de tensiones disminuyendo el riesgo de fisuras o fatigas de material. Por consiguiente, las formas curvas proporcionan una mayor resistencia y requieren una menor cantidad de refuerzos en su estructura, supone una reducción de peso en el conjunto general, pero establece un nuevo desafío para la ingeniería de este nuevo concepto, ya que la fabricación de una estructura cupular requiere atención especial y personal altamente especializado.

Importante también es experimentar con diferentes aceros presentes en el mercado, la investigación y trabajo en conjunto con fabricante de acero permiten desarrollar y producir el acero anti-desgaste, utilizado posterior en la fabricación de la tolva, el material desarrollado posee una combinación única de cualidades especiales a tener en cuenta, resistencia al desgaste, alta resistencia al impacto, deformable mecánicamente y por lo tanto adecuado para uso estructural. En la actualidad los proveedores son alemanes y suecos.

El diseño de la tolva curva, denominada tolva liviana (tolva light), está en constante evolución desde su nacimiento en 1995, modelo que se comercializa desde Chile con gran éxito hasta el día de hoy. Sin embargo, este proceso ha sido un largo, generándose los pasos clásicos de productos desarrollados por prueba y error.

El modelo actual de tolva tiene un menor peso respecto a las tolvas convencionales, y un mayor espesor en los pisos, laterales y frontales, lo que permite intervalos de desgaste más largos y mayor resistencia al impacto, especialmente con los nuevos equipos de carguío de mayor tamaño.

Aunque se podría pensar que el mayor grosor de algunos componentes provocaría un aumento del peso esto no ocurre en este caso, debido a que la estructura requiere una menor cantidad de vigas y refuerzos provocando que el conjunto final sea más liviano que una tolva cuadrada.

Desde el punto de vista de los principios de la resistencia de materiales, se puede agregar que su forma curva presente en los frontales y piso poseen un mayor momento de inercia, lo que se traduce como una mejor resistencia al impacto y deformación en el proceso de carga del material, similar es lo que ocurre en la visera curva, ya que al poseer las mismas características de forma entrega una mayor seguridad al conductor y cabina.



Figura 3. Evolución a Camión con tolva Liviana

Por otra parte, otra característica de su forma curva es que permite el auto-centrado de la carga sin dejar espacios vacíos, y su visera curva no permite ni retiene material cargado en la parte superior, por lo que la carga está posicionada correctamente de forma automática, por lo que la distribución de eje no varía debido al movimiento de la misma. La correcta distribución del peso ayuda a un desgaste homogéneo de los neumáticos, que también se ven beneficiados por el menor peso de la tolva que contribuye a un menor desgaste de los mismos. En la figura 4 se ilustran los efectos combinados de cargas identificándose con color rojo los sectores sometidos a mayor esfuerzo. Una serie de análisis de ingeniería han optimizado la tolva liviana de forma curva, a cada de sus partes, asignándole funciones. El piso es la estructura que cuenta con mayor grosor, y forma parte estructural de la tolva y no van a lo largo de toda la estructura. El piso también está expuesto a la carga constante del material, lo que provoca desgaste y constante golpes por lo que se hace una cama con piezas soldadas y el mismo material.

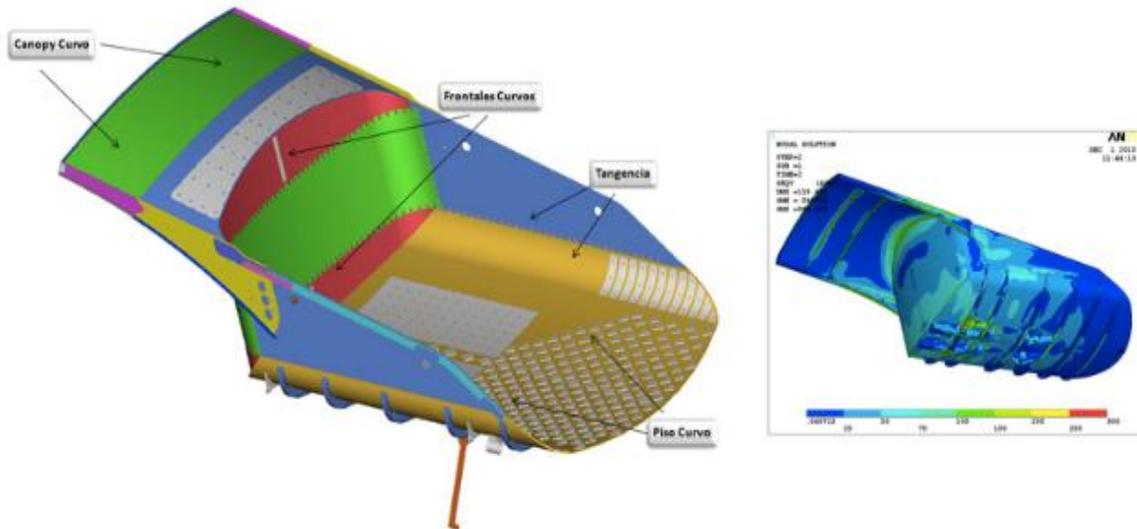


Figura 4. Distribución de cargas de la tolva liviana

La visera, es la parte que se extiende sobre la cabina del camino con el fin de proteger a la misma, de posible derramamiento de material, sobre todo el desprendimiento de rocas de grandes dimensiones, las cuales pueden ocasionar hasta la muerte del operario. Por último, el frontal y los laterales son los encargados de mantener y la carga y dar la capacidad máxima, debido a que son las piezas encargadas de contener el material.

4. La concepción de la tolva liviana desde TRIZ

Desde TRIZ la solución desarrollada por años se sintetiza en la identificación de los parámetros que entran en contradicción: **Pérdida de Sustancia versus Resistencia**, como así mismo **Volumen de un Objeto en Movimiento versus Resistencia**. Aplicando la misma a la matriz de contradicciones se obtiene los principios de inventiva para cada par a saber.

En el primer par: Pérdida de sustancia v/s Resistencia, surge el principio de Transformación de propiedades, que tiene entre sus alternativas el concepto de cambio de flexibilidad, que se une a la de Materiales Compuesto, el que básicamente invita probar nuevos materiales de características especiales. Un estudio de materiales conduciría en el corto plazo a las soluciones anteriormente mencionadas. Uso de caucho con metal, desarrollo de cama de metal con áreas del mismo material.

Tabla 1. Los parámetros en contradicción y los principios de inventiva asociados a cada caso.

Pérdida de sustancia v/s Resistencia.	Volumen objeto estacionario v/s Resistencia
35. Transformación de propiedades	10. Acción Anticipada
28. Reemplazar sistema mecánico por otros sistema	15. Incremento dinámico
31. Material Poroso	14. Esfericidad
40. Material Compuesto	7. Anidación

El segundo par: Volumen objeto estacionario v/s Resistencia, tiene entre sus alternativas la Esfericidad, la que a su vez tiene entre sus opciones la de reemplazar partes lineales por curvas o esferas.

Un análisis básico de resistencia de materiales nos recuerda que las esquinas rectangulares son áreas y segmentos propicios para la concentración de esfuerzos. El uso de arcos en los mismos sectores disminuirán los esfuerzos y las tensiones se distribuirán uniformemente en la placa curva.

Con estos elementos, es posible desarrollar la ingeniería y optimización de la tolva, de manera muy rápida, los conceptos que permiten disminuir su volumen y peso, modificando su forma, curvándola, optimizándola, lo que en los hechos permite que esta pese 30 toneladas menos en su tara y sea capaz de llevar esas mismas adicionalmente como carga de mineral.

Como se observa, conceptualizar la innovación descrita desde herramientas básicas de TRIZ como la matriz de contradicciones es elemental, el impacto tecnológico económico es enorme.

5. Conclusiones

Las conclusiones más evidentes de este trabajo son reiterar una vez la necesidad de usar TRIZ en la fase de ingeniería conceptual.

En esta ocasión, en sobre un producto que es el orgullo de la ingeniería chilena, la tolva liviana, un producto exportable a una significativa muestra de países del mundo, que incluye EEUU y Rusia, fabricantes de camiones de gran tonelaje, sobre los que se montan las tolvas, los tiempos de búsqueda de soluciones se habrían acortado dramáticamente.

En lo que sigue se trabaja ahora sobre problemas acotados para optimizar la tolva, minimizando daños que sufran en operaciones y/o en el proceso de fabricación de la tolva liviana curva. Los daños en las tolvas mineras provienen principalmente del impacto de la descarga de las palas sobre las mismas, como así mismo la abrasión del mineral sobre la tolva. Los efectos se materializan en el desgaste de las placas de las tolvas como de las soldaduras, el efecto cruzado de los mismos conduce a la disminución de la vida útil de las tolvas. Por otra parte, la fabricación de las tolvas curvas no es trivial, especialmente el proceso de curvado de las vigas, que por su naturaleza se hace a la fecha de manera manual, para los distintos tamaños de tolvas, en la misma área dentro de la empresa.

Estas son oportunidades para TRIZ, que esperamos ahora desarrollar para acortar tiempos y eficientar el proceso de desarrollo de este importante producto de la ingeniería chilena al mercado internacional. Otras consideraciones, no menos importante es el desarrollo, que requiere altos niveles de creatividad, es el desarrollar, bajo licencia, las tolvas livianas curvadas en otras latitudes, con mano de obra y reglamentos distintos al país de origen, que entre otros, supone superar barreras administrativas y burocráticas. A la luz de los hechos esto último parece ser un problema mucho más complicado que el técnico.

Referencias

- [1] www.dthiload.cl/
- [2] <http://www.triz.net/lecturas/TrizJournal.html>
- [3] <https://triz-journal.com/triz-lean-thinking-tool>

TRIZ

Una Metodología Estructurada para Incrementar la Creatividad en la Innovación Tecnológica

Fernando Navascues^{a}, Rocio Delger^a, Gonzalo Vittorángeli^a*

^a Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional General Pacheco.

H. Irigoyen 288 – Gral. Pacheco, Buenos Aires, Argentina.

[*fnavascues@ar.gestamp.com](mailto:fnavascues@ar.gestamp.com)

ABSTRACT

TRIZ is a systematic method to increase creativity in technological innovation. It is based on the study of evolution models patents and other types of solutions to problems [1]. Engineers and other professionals solve technical problems intuitively find that TRIZ, provides additional ideas. They solve problems in an organized way, find that TRIZ, will provide additional structures.

Keywords: TRIZ.

RESUMEN.

TRIZ es un método sistemático para incrementar la creatividad en la innovación tecnológica. Se basa en el estudio de modelos de evolución de patentes y en otros tipos de soluciones a problemas [1]. Los ingenieros y otros profesionales que resuelven problemas técnicos de forma intuitiva, encontrarán que el método TRIZ, les proporciona ideas adicionales. Los que resuelven problemas de forma organizada, encontrarán que el método TRIZ, les proporcionará estructuras adicionales.

Palabras clave: TRIZ, Inercia Psicológica, Contradicciones

1. INTRODUCCIÓN

Todas las organizaciones pueden innovar y hacerlo sistemáticamente, sin depender de los destellos de brillantez de algún "genio" que por azares del destino se encuentre en la organización. Con TRIZ, que es la primera metodología estructurada, y no al azar, de búsqueda de soluciones a problemas ingenieriles. Comprende un conjunto de herramientas de complejidad creciente tales como los "40 Principios de Inventiva", "Matriz de Contradicciones", "Análisis Sustancia-Campo", "ARIZ" (algoritmo) [2], etc., que se integran perfectamente con AMFE, QFD, Análisis de Riesgo, etc., y con técnicas conocidas de gestión empresarial como "Value Engineering" o "Six Sigma". Estas combinaciones permiten formar poderosos sistemas de gestión y de creación.

Estas herramientas de TRIZ permiten hallar un amplio espacio de soluciones conceptuales a un problema, que, a diferencia del brainstorming, la perspicacia, la experiencia, etc., son independientes de la inercia psicológica. En particular, TRIZ es única en su concepción ya que surge de un enfoque diferente, que consiste en utilizar, en algún modo, el máximo de conocimientos disponibles sobre un problema concreto y llegar a un espacio de soluciones por la adecuación de soluciones aplicadas previamente a problemas similares. Es la primera metodología, que a diferencia de las mencionadas, se ha definido como "basada en el conocimiento", pero no la única, ya que a partir de TRIZ se han construido otras, ejemplos de ellas son SIT [3], ASIT [4], USIT [5], HI [6].

2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA TRIZ

2.1. Problemas Inventivos

La "inercia psicológica", (ver Figura 1) se refiere a que muchas veces las soluciones a un problema están basadas solamente en la propia experiencia, no considerando la búsqueda de tecnologías alternativas, lo cual conduciría hacia nuevos conceptos de solución.

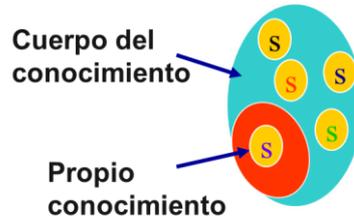


Figura 1. El problema de la inercia psicológica.

Un problema de aparente solución mecánica puede ser resuelto a través de medios eléctricos y magnéticos. Por ejemplo, un ingeniero mecánico puede diseñar un sistema de amortiguación reemplazando un resorte o muelle por medio de dos imanes con sus polos iguales enfrentados (el rechazo de polos iguales produce fuerzas de rechazo entre ambos imanes provocando la amortiguación), logrando así una solución a su problema fuera del campo de su experiencia.

2.2. Breve historia de cómo se creó el TRIZ

Altshuller, ingeniero ruso que creó TRIZ a finales de los 40 del siglo XX, “tamizó” 1.500.000 patentes, quedándose con 200.000 de ellas tratando de buscar sólo los problemas inventivos y la forma en que fueron resueltos. De éstas, sólo 40.000 patentes fueron consideradas como inventivas. El resto, son sólo mejoras rutinarias. A finales de los 90, TRIZ se expande por el mundo. Primeramente pasa por Israel, luego, EEUU, Europa, lejano oriente, Latinoamérica (México, Brasil y Chile).

2.3. Algunas Herramientas Clásicas de TRIZ

Del estudio realizado por Altshuller y su equipo, surgió que los parámetros de ingeniería utilizados en las patentes eran tan sólo 39. Estos se conocen como los “39 Parámetros de Ingeniería”. Se muestra una lista en la Tabla 1.

También, extrajo de todas esas patentes solamente 40 principios de invención. Esta lista se conoce como los “40 Principios de Inventiva”, que son la deducción más directa del análisis de las patentes realizado por el creador de TRIZ. Se da una lista de los 40 principios en la Tabla 2.

Tabla 1. Los 39 parámetros de ingeniería.

LOS 39 PARÁMETROS DE INGENIERÍA			
1. Peso de un objeto móvil	10. Fuerza	20. Energía consumida por un objeto inmóvil	30. Factores nocivos que actúan en un objeto
2. Peso de un objeto inmóvil	11. Tensión, presión,	21. Potencia	31. Efectos nocivos
3. Longitud de un objeto móvil	12. Forma	22. Desperdicio de energía	32. Manufacturabilidad
4. Longitud de un objeto inmóvil	13. Estabilidad de un objeto	23. Desperdicio de sustancia	33. Conveniencia de uso
5. Área de un objeto móvil	14. Fuerza	24. Pérdida de información	34. Reparabilidad
6. Área de objeto inmóvil	15. Durabilidad de un objeto móvil	25. Pérdida de tiempo	35. Adaptabilidad
7. Volumen de objeto móvil	16. Durabilidad de un objeto inmóvil	26. Cantidad de sustancia	36. Complejidad de un dispositivo
8. Volumen de objeto inmóvil	17. Temperatura	27. Fiabilidad	37. Complejidad de control
9. Velocidad	18. Brillo	28. Precisión de medida	38. Nivel de automatización
	19. Energía consumida por un objeto móvil	29. Precisión de manufactura	39. Productividad

Para las dos últimas tablas el interesado puede consultar en [7] y [8], en donde se encuentran más completas y con las descripciones de los parámetros y de los principios inventivos.

Esta breve introducción con estas dos tablas, nos permite, ahora sí, presentar una de las herramientas clásicas de TRIZ, la Matriz de Resolución de Contradicciones Técnicas. Esto nos permitirá resolver un problema técnico como ejemplo. Pero, primero veremos que son las Contradicciones Técnicas.

Tabla 2. Los “40 Principios de Inventiva”

LOS 40 PRINCIPIOS INVENTIVOS			
1. Segmentación	13. Inversión.	23. Retroalimentación	31. Uso de material poroso
2. Extracción	14. Esferoidalidad	24. Mediador	32. Cambio de color
3. Calidad local	15. Dinamicidad	25. Autoservicio	33. Homogeneidad
4. Asimetría	16. Acción parcial o sobrepasada	26. Copiado	34. Restauración y regeneración de partes
5. Combinación	17. Moviéndose a una nueva dimensión	27. Objeto barato de vida corta en vez de uno caro y durable	35. Transformación de los estados físicos y químicos de un objeto
6. Universalidad	18. Vibración mecánica	28. Reemplazo de sistemas mecánicos	36. Transición de fase
7. Anidación	19. Acción periódica	29. Uso de una construcción neumática o hidráulica	37. Expansión térmica
8. Contrapeso	20. Continuidad de una acción útil	30. Película flexible o membranas delgadas	38. Uso de oxidantes fuertes
9. Reacción previa	21. Despachar rápidamente		39. Medio ambiente inerte
10. Acción previa	22. Convertir algo malo en un beneficio		40. Materiales compuestos
11. Amortiguamiento anticipado			
12. Equipotencialidad			

2.4. Contradicciones Técnicas

Una contradicción técnica es una situación que se presenta cuando queremos variar una característica (parámetro de ingeniería) de un sistema tecnológico para mejorarlo y al hacerlo, invariablemente se nos empeora otra. Definir una contradicción técnica de un problema es modelizar el problema. Veamos algunos ejemplos:

Si mejoro disminuyendo costos al reducir el contenido de tensioactivo de un detergente por dilución, voy en detrimento de su viscosidad, la situación empeora.

Si deseamos reducir el costo de una pieza metálica estampada, lo mejoramos reduciendo el espesor de la chapa, pero como resultado se resiente su resistencia mecánica, situación que empeora.

La hipérbola indicada en la Figura 2 [9], es la estrategia de la resolución de problemas por compromiso (trade-off), ni muy bueno ni muy malo para cada parámetro. TRIZ, en cambio, apunta a lo bueno-bueno en ambos parámetros en conflicto. TRIZ, haciendo uso de sus herramientas “destruye” la contradicción. La Matriz de Contradicciones, es un modelo de solución.

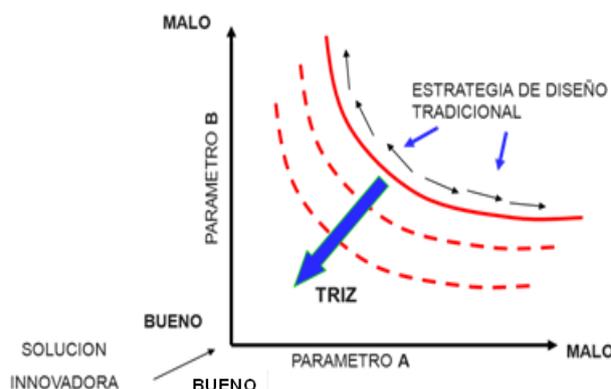


Figura 2. TRIZ no busca la solución por compromiso.

2.5. Matriz de Contradicciones Técnicas

Es un cuadro de doble entrada, ver Figura 3, cuya primer columna de la izquierda están listados en valor ascendente hacia abajo los 39 parámetros, de los cuales se elige uno para mejorar el sistema tecnológico en cuestión, y en la primer fila superior están listados ordenadamente de modo ascendente de hacia la derecha los 39 parámetros de los cuales algunos empeoran el sistema tecnológico al elegir el parámetro que mejora de la columna vertical. En el cruce de cada fila y columna se dan referencias a los tipos de soluciones que se pueden aplicar para mejorar un parámetro sin que

empeore el otro. Las soluciones ofrecidas, justamente, son los 40 principios de inventiva que identificó Altshuller.

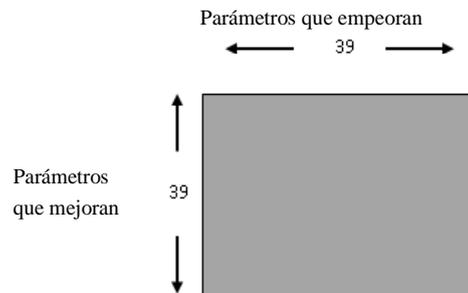


Figura 3. Vista general de la forma de la Matriz de Contradicciones.

En la Figura 4 tenemos una vista parcial de la Matriz de Contradicciones, dado que por su tamaño no podemos visualizarla completamente. El orden de los números, se debe a que en ese mismo orden es que aparecen más patentes con el principio inventivo con que fue resuelto un problema con igual contradicción.

		ATRIBUTO QUE EMPEORA							
		9 Velocidad	10 Fuerza	11 Tensión/Presión	12 Forma	13 Estabilidad de la composición	14 Resistencia o fortaleza	15 Tiempo de acción del objeto móvil	16 Tiempo de acción del objeto estacionario
ATRIBUTO QUE MEJORA	1 Peso del objeto móvil	2,8,15,38	8,10,18,37	10,36,37,40	10,14,35,40	1,35,19,39	28,27,18,40	5,34,31,35	
	2 Peso del objeto estacionario		8,10,19,35	13,29,10,18	13,10,29,14	26,39,1,40	28,2,10,27		2,27,19,6
	3 Longitud del objeto móvil	13,4,8	17,10,4	1,8,35	1,8,10,29	1,8,15,34	8,35,29,34	19	
	4 Longitud del objeto estacionario		28,10	1,14,35	7,13,14,15	35,37,39	14,15,28,26		1,40,35
	5 Área del objeto móvil	29,30,4,34	19,30,35,2	10,15,36,28	5,34,29,4	11,2,13,39	3,15,40,14	6,3	
	6 Área del objeto estacionario		1,18,35,36	10,15,36,37		2,38	40		2,10,19,30
	7 Volumen del objeto móvil	29,4,38,34	15,35,36,37	6,35,36,37	1,4,15,29	28,10,1,39	9,14,15,7	6,35,4	
	8 Volumen del objeto estacionario		2,18,37	24,35	7,2,35	34,28,35,40	9,14,15,17		35,34,38
	9 Velocidad		13,28,15,19	6,18,38,40	35,15,18,34	28,33,1,18	8,3,26,14	3,19,35,5	
	10 Fuerza	13,28,15,12		18,21,11	10,34,35,40	35,10,21	35,10,14,27	19,2	
	11 Tensión/Presión	6,35,36	36,35,21		35,4,15,10	35,33,2,40	9,18,3,40	19,3,27	
	12 Forma	35,15,34,18	35,10,37,40	34,15,10,14		33,1,18,4	30,14,10,40	14,26,9,5	
	13 Estabilidad de la composición	33,15,28,18	10,35,21,16	2,35,40	22,1,18,4		17,9,15	13,27,10,35	39,3,35,23
	14 Resistencia o fortaleza	8,13,26,14	10,18,3,14	10,3,18,40	10,30,35,40	13,17,35		27,3,26	
	15 Tiempo de acción del objeto móvil	3,35,5	19,2,16	19,3,27	14,25,26,28	13,3,35	27,3,10		

Figura 4. Matriz de Contradicciones Técnicas. Por razones de espacio, sólo se eligió la parte de interés para un ejemplo particular.

Evidentemente, los principios no son una solución directa a la contradicción, sino una línea de razonamiento para encontrar la solución. Las casillas de la matriz que quedan vacías corresponden a contradicciones técnicas que no se pueden dar o que no están resueltas. En este caso se utilizan otras herramientas TRIZ, como por ejemplo: el Análisis Sustancia-Campo, el Método de los Pequeños Hombres Inteligentes (SLP, Smart Little People), los 76 Estándares, el ARIZ, etc., que por razones de espacio no serán descritas en este trabajo y que el lector interesado puede consultar en [1]. Estas herramientas pueden ser integradas junto a otras más conocidas y difundidas y de eficacia probada tales como el AMFE, QFD, Diseño Axiomático, APQP, etc.

3. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA TRIZ

Se eligió el siguiente ejemplo tomado de [10] sobre la resolución del problema que se presenta ante el desgaste de la resistencia mecánica de un aerogenerador de baja potencia de diseño experimental empleado en la Patagonia, en el marco del proyecto de energía eólica desarrollado en conjunto por el Programa Patagónico (Facultad de Ciencias Políticas, UCA) y el Grupo Ambiental Patagónico (Facultad de Ingeniería, UCA) con colaboración de TRIZ por parte de la UTN FRGP. Ver Figura 5.



Figura 5. Vista del aerogenerador de eje vertical.

En su aplicación en la región patagónica se determinó que, en presencia de los cambios bruscos registrados en la velocidad del viento (ráfagas) o en presencia de velocidades por encima de los 25 m/s se bloquea el sistema de pivoteo, como defensa para el sistema de bobinado del mismo, mediante la desorientación de las palas con respecto al viento (sistema Furling de frenado, ver Figura 6). Este bloqueo genera fuertes tensiones, las que a lo largo del tiempo producen la rotura de la parte que une la paleta con el eje del aerogenerador (el inconveniente se observó, junto con otros problemas, también en otros modelos comerciales que se emplean en la región).



Figura 6. Vista del sistema de frenado Furling.

3.1. Aplicación del método TRIZ para el problema planteado.

En la soldadura confluyen las funciones de transmitir el movimiento de la paleta del Sistema Furling y la de adherencia al caño que contiene al eje en su interior. Ver Figura 7.

Esa parte del sistema, por lo tanto, está sometida a tensiones variables y sorpresivas por las ráfagas de viento y juegan un papel fundamental la resistencia del material de aporte de la soldadura. También puede ser útil ver que la fuerza ejercida es variable. Esta fuerza, también puede resultarnos muy útil en nuestro razonamiento.

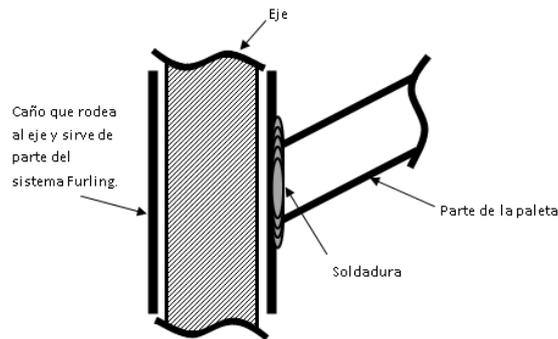


Figura 7. Esquema sobre la situación del problema a resolver.

3.2. Planteo de la Contradicción Técnica

Si la resistencia (“adherencia”) de la soldadura aumenta, esto puede interpretarse como mayor aporte de soldadura, el sistema se hace más pesado (malo), pero el efecto de ruptura producido por las tensiones de la paleta disminuye (bueno) y si se disminuye la resistencia de la soldadura, entonces se hace más liviano el sistema (bueno), pero el efecto de ruptura producida por las tensiones variables a que es sometida la paleta es más contundente (malo). Similarmente se puede definir para la otra dupla en conflicto. Si la resistencia (“adherencia”) de la soldadura aumenta, esto puede interpretarse como mayor aporte de soldadura, el sistema se hace más pesado, pero el efecto de la fuerza que realiza es mayor y si se disminuye la resistencia de la soldadura, entonces se hace más liviano el sistema, pero el efecto de la fuerza disminuye.

3.3. Aplicación de la Matriz de Contradicciones

Se analizó la matriz de contradicciones TRIZ introduciendo los parámetros: Parámetro 14: Resistencia (mejora) versus el Parámetro 11: Tensión (empeora) y también el Parámetro 14: Resistencia (mejora) versus el Parámetro 10: Fuerza (empeora). Comenzando con el primer par de parámetros en “pugna”, se encuentran “los principios de inventiva” que son posibles de aplicar para mejorar el accionar del dispositivo. Estos fueron los principios 10, 3, 18, 40 (para la contradicción resistencia - tensión, presión, ver Tabla 3) y 10, 18, 3 y 14 (para la contradicción resistencia – fuerza, ver Tabla 4).

3.4. Identificar y aplicar las soluciones

En la Tabla 5 se hace un listado de ideas surgidas de los Principios de Inventiva recopilados en la Matriz de Contradicciones. Cabe aclarar que estos resultados, no son únicos, el lector puede hallar otras soluciones (aparte del método), e incluso si algún principio no es aplicable al problema, otro analista puede encontrarle aplicación.

Como se observa, la mente se “dispara” pero no al azar, como sucede muchas veces con el pensamiento propio.

Plantear los parámetros en conflicto, nos llevó solo a estudiar 5 Principios de los 40. El resultado inmediato fue el de encontrar más de 10 posibles soluciones, y plausibles cada uno por la disponibilidad de recursos. Quizás al lector se le ocurran más, eso depende de la perspicacia personal. Como se observa, TRIZ no conduce a una solución, sino hacia un

espacio que contiene un conjunto de soluciones, de naturaleza disciplinaria muy dispar. Esto es porque TRIZ elimina la inercia psicológica.

4. OTRAS POSIBILIDADES

Resultaría interesante aquí sumar otra de las herramientas TRIZ, como lo es plantear el problema como una Contradicción Física y utilizar los Modelos de Solución. Por razones de espacio, no lo haremos, pero sí se puede decir que las soluciones conceptuales halladas con esas herramientas, superaron las 20. Luego queda elegir la más conveniente, y el resto es ingeniería.

Tabla 3. Principios encontrados del Parámetro 14(mejora) vs 11 (empeora).

Principio	Definición
10	<p>A. Ejecutar antes de que se necesite los cambios requeridos de un objeto (totalmente o parcialmente). -Aplicar adhesivo para el papel de la pared. -Esterilizar todos los instrumentos necesarios para un procedimiento quirúrgico en una bandeja sellada.</p> <p>B. Objetos prearreglados tales que ellos puedan venir en acción desde los lugares más conveniente y sin pérdida de tiempo para su entrega. -Los arreglos de Kanban en una fábrica Just-in-Time. -Celda de manufactura flexible. -Partes precortadas para la construcción de casas de maderas.</p>
3	<p>A. Cambiar una estructura del objeto desde una uniforme a una no uniforme, cambiar un ambiente externo (o la influencia externa) desde uno uniforme a uno no uniforme. -Usar un gradiente de temperatura, densidad, o de presión, en lugar de temperatura, densidad o presión constantes. -Para combatir el polvo en las minas de carbón, se aplica una llovizna fina de agua en forma cónica a las partes activas de la máquina de taladrar y de cargar. Las gotas más pequeñas, tienen mayor efecto para combatir el polvo, la llovizna fina impide el trabajo. La solución es desarrollar una capa de llovizna mas gruesa alrededor del cono de la llovizna fina. - Lápiz y goma de borrar en una unidad.</p> <p>B. Hacer que cada una de las partes de una función del objeto sea en las condiciones más conveniente, mejor para su funcionamiento. -Bandeja porta alimentos con compartimientos especiales para las comidas sólidas calientes y frías y para los líquidos</p> <p>C. Hacer que cada parte de un objeto ejecute una función diferente y útil. - Lápiz con la goma de borrar - Martillo con uña extractora de clavos. - herramienta multifunción que descama el pez, actúa como alicates, destripador, destornillador plano, destornillador de Phillips, juego de manicura, etc.</p>
18	<p>A. Provocar un objeto para oscilar o vibrar. -Cuchillo de entalladura eléctrico de hojas vibratorias. -Caladora eléctrica.</p> <p>B. Aumentar su frecuencia (incluso hasta ultrasonido). -Distribuir polvo con vibración.</p> <p>C. Usar la frecuencia resonante de un objeto. -Destruir piedras de billis o el riñón desmenuzándolas mediante resonancia ultrasónica.</p> <p>D. Usar vibradores piezoeléctricos en lugar de mecánicos. - Oscilaciones del cristal de cuarzo para relojes de gran exactitud.</p> <p>E. Uso combinado de oscilaciones de campos ultrasónicos y electromagnéticos. - Mezclar aleaciones en un horno de inducción. -Filtración electroacústica puede ser incrementada su eficiencia entre siete y diez veces.</p>
40	<p>A. Cambiar desde un material uniforme hacia un material compuesto (múltiple). - los ejes de resina epoxi con fibra de carbono para palos de golf, los ejes compuestos son más ligeros, más fuertes, y más flexibles que el metal. Lo mismo para partes de avión. - Las tablas de surf de fibra de vidrio son más ligeras y más controlables y más fáciles de fabricar en una variedad de formas que las de madera.</p>

Tabla 4. Principios encontrados del Parámetro 14(mejora) vs 10 (empeora)

Principio	Definición
10	Idem tabla 3
18	Idem tabla 3
3	Idem tabla 3
14	<p>A. En lugar de usar partes rectilíneas, superficies, o formas, usar una curvilínea; mover desde superficies planas a uno esféricas; desde partes formadas como un cubo (el paralelepípedo) a las estructuras de forma esférica.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Usar arcos y domos para resistencia en arquitectura. - Forma de banana en teléfono celular. <p>B. Usar rodillos, esferas, espirales y domos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Engranaje helicoidal que produce una resistencia por contacto continuo en un levantamiento de pesos. - Bolígrafos y plumas con punto de rodillo para la distribución de tinta. <p>C. Ir desde un movimiento lineal a uno rotatorio, usar fuerzas centrífugas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Producir el movimiento lineal del cursor en la pantalla de la computadora usando un mouse o un trackball. - Reemplazar el secado de ropa a rodillo, que retuerce a la ropa para quitar el agua de la ropa por el centrifugado de la misma. - Usar dispositivos de ruedas esféricas en lugar de ruedas cilíndricas para mover el mobiliario. - Parrilla espiedo en cambio de parrilla fija móvil. <p>D. Utilizar una fuerza centrífuga</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uso de fuerza centrífuga, ejemplo: en Ing. Química, el empleo de máquinas centrífugas para separar los distintos componentes de mezclas líquidas que tienen diferentes densidades. - Ruleta para lechuga - utiliza fuerza centrífuga para eliminar el agua de las hojas después del lavado.

Tabla 5. Principios aplicados al pensamiento y las ideas particulares que surgen en el espacio de soluciones conceptuales.

Principio de Inventiva 10
<i>Parece no aportar solución alguna.</i>
Principio de Inventiva 3
<ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer que una parte del brazo de la cola cumpla la función de resistir y otra parte cumpla la función de transmitir movimiento. 2. Diseñar un brazo grueso contra el eje y fino en la cola. 3. Diseñar un brazo que esté agujereado cerca de la cola y que no tenga agujeros cerca del eje de rotación de modo que el peso a vencer esté más cerca del eje que de la cola.
Principio de Inventiva 18
4. Al movimiento oscilante, amortiguarlo con imanes con los polos iguales enfrentados.
Principio de Inventiva 14
<ol style="list-style-type: none"> 5. Soldar con aporte abundante, de modo de poder formar una concavidad en la soldadura por maquinado posterior. 6. Colocar abrazadera rodeando al eje y que tome el brazo de la cola ajustando más cerca de esta. 7. Colocar resorte de amortiguación de un lado. 8. Colocar resorte de amortiguación del lado opuesto al del punto 5. 9. Colocar muelles como reemplazo de resortes en los puntos 5 y 6.
Principio de Inventiva 40
<ol style="list-style-type: none"> 10. Aplicar otro material en una parte del brazo. 11. Hacer el brazo de un metal liviano y la parte cerca del eje, que sea la que tenga mayor peso por un material más resistente.

5. IMPACTO EN LAS EMPRESAS

Con estas metodologías, no se requiere de expertos para generar ideas en un determinado tema, aunque en el proceso de resolución de problemas se puede requerir la consulta de especialistas. Estas metodologías aceleran el proceso creativo y de solución de problemas. Ver en Figura 9 [11] el impacto de la metodología TRIZ en empresas.

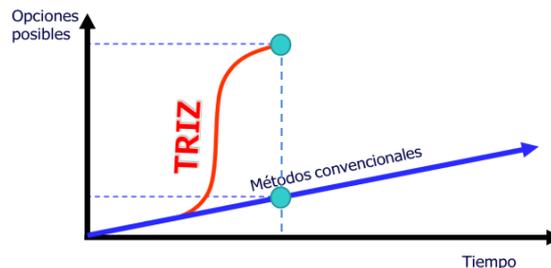


Figura 9. Impacto de la aplicación de la metodología TRIZ en las empresas.

Esto causa impacto en el alumnado de carreras ingenieriles al presentar la materia posible de su elección. Lo mismo sucede en el profesional ingeniero, pues reconoce la utilidad como herramienta solucionadora de problemas y de innovación.

El ingeniero percibe rápidamente que TRIZ y sus derivados permiten “convertir” la creatividad y la innovación en un sistema de principios y de algoritmos.

6. UNIVERSIDADES DONDE SE ESTUDIA

Universidades: de Gotemburgo-Suecia, de Osaka, de Michigan, de Harvard, de Tel-Aviv, etc. Instituto: Tecnológico Samsung, Tecnológico Monterrey, Tecnológico de Puebla, MIT, etc. [11, 12, 13].

En Argentina, en la UTN-FRGP, se investiga, se aplica y se enseña. En UTN FRGP se implementó en 2015 la materia electiva “Metodologías para el Desarrollo de la Creatividad en Ingeniería”, en tercer año la carrera de Ingeniería Mecánica. En esta materia, TRIZ abarca un 80% de los contenidos.

Empresas: GM, Ford, Toyota, Dana, Rockwell, Motorola, Xerox, Kodak, Siemens, Volkswagen, Johnson & Johnson, Mitsubishi, Boeing, NASA, Lockheed, Hewlett-Packard, Lexmark, 3M, Rolls-Royce, Samsung, etc. [15]

7. CONCLUSIONES

En este sencillo ejemplo, abstrayendo la situación, nos encontramos frente a un caso general. Alguien ya resolvió algo, sino igual, semejante en sus principios. Esta es una ventaja que aprovecha TRIZ. Utilizar estrategias para encarar una situación problemática y encontrar múltiples soluciones conceptuales. Se utiliza para resolver un problema todo el mejor razonamiento existente, el de muchos cerebros que así lo hicieron con éxito en algún momento, en algún lugar. Tan sólo con los conocimientos no se garantiza el éxito de la resolución de problemas, pues también depende de la estrategia empleada y de la actitud para enfrentar los problemas. Esto, debe ser placentero y no una carga pesada.

En esta muestra sobre TRIZ, se puso en práctica para ejemplificar sólo una de las herramientas básicas. Aclaramos que, por razones de espacio y complejidad, no se exponen otras muchas herramientas, muy poderosas al momento de enfrentar problemas de muy difícil resolución técnica.

El capital intelectual de cualquier organización puede incrementarse, en gran medida, si los empleados aprenden la aplicación de TRIZ, para enfrentar problemas de inventiva o de innovación tecnológica, contribuyendo al éxito de la empresa.

El lugar idóneo para introducir la metodología TRIZ, a nivel masivo, son sin duda las universidades, en especial, con los estudiantes de los últimos años de cursada e inclusive con los recién egresados de las diferentes ramas de la ingeniería.

Lo anterior ya ha sido probado, con mucho éxito, en Korea, China, Japón y Singapur [12, 13, 14, 15].

REFERENCIAS

- [1] Tesauros – terminología del TRIZ y ARIZ. Traducción desde el idioma ruso (Autores: Tatiana Zagorodnova, Carlos Requena, Juan Carlos Nishiyama), Rusia. 2004.
<http://www.altshuller.ru/thesaur/thesaur.asp>
- [2] ARIZ 85 – Traducción de la versión original Ruso al Español (Autores: Tatiana Zagorodnova, Carlos Requena, Juan Carlos Nishiyama), Rusia. 2004. <http://www.altshuller.ru/world/spa/ariz85v.asp>
- [3] Horowitz, R. and Maimon, O., SIT — A Method for Creative Problem Solving in Technology, in Proc. 7th International Conference on Thinking, Singapore, 1997.
- [4] Roni Horowitz: 'From TRIZ to ASIT in 4 Steps', <http://www.start2think.com>
- [5] Ed Sickafus: "Unified Structured Inventive Thinking -- An Overview", eBook, URL: <http://www.u-sit.net/>, (2003). Traducido al idioma español por J. C. Nishiyama y C. Requena
- [6] Ed Sickafus, Innovación Heurística. Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA, ISBN 0-965-9435-2-6. Traducido al idioma español por J. C. Nishiyama, T. Zagorodnova y C. Requena. Dirección Nacional de Derechos de Autor, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos Expte. 5023607. Junio 2012
- [7] Página web del AMETRIZ (Asociación Mexicana de TRIZ).
<http://www.ametriz.com/matriz/MATRIZ.php>
- [8] Página web del AMETRIZ (Asociación Mexicana de TRIZ).
<http://www.ametriz.com/index.php/principios-de-inventiva>
- [9] Nishiyama, J. C., Zagorodnova, T., Requena C., TRIZ. Metodologías para el Desarrollo de la Creatividad en Ingeniería. Manual oficial para el dictado de la materia del mismo nombre en la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional General Pacheco, Buenos Aires, Argentina. Uso Interno. 2015.
- [10] Actividad Extracurricular de Creatividad en Alumnos de Ingeniería Industrial. Yonni, F.; Fasoli, H.; Requena, C.; Zagorodnova, T.; Nishiyama, J. C. UCA, Facultad de Cs. Fisicomatemáticas e Ingeniería. Buenos Aires, Argentina y UTN, FRGP, Depto. Ing. Mecánica. VI Congreso de Ingeniería Industrial COINI 2013. Centro Tecnológico de Desarrollo Regional Facultad Regional San Rafael - Universidad Tecnológica Nacional Los Reyunos, San Rafael, Mendoza, Argentina.
- [11] Rovira, Noel León, TRIZ: Innovación Estructurada para la Solución de Problemas y el Desarrollo de Productos Creatividad como una Ciencia Exacta. Second LACCEI. 2004, Miami, Florida, USA Copyright Dr. Noel Leon – ITESM
- [12] http://www.etria.net/TRIZ_academic_institutions.pdf
- [13] <http://dx.doi.org/10.4236/eng.2012.412115>
- [14] <http://www.tetris-project.org>
- [15] [http://www.triz-japan.org/PRESENTATION/sympo2010/Pres-Japan/JI08eS-Nakagawa\(Osakagakuin_U\)100825.pdf](http://www.triz-japan.org/PRESENTATION/sympo2010/Pres-Japan/JI08eS-Nakagawa(Osakagakuin_U)100825.pdf)

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Director del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Ingeniero Juan Fructuoso por el apoyo brindado a la enseñanza y difusión de TRIZ en beneficio de los alumnos.

Mecanismo con doble tracción a sangre

Claudio Martinez

*Ingeniero Mecánico, UTN, FRGP Av. Hipólito Yrigoyen 288, 1617 Grl. Pacheco, Buenos Aires, Argentina
claudio-10-martinez@hotmail.com*

ABSTRACT

The aim is to design a mechanism two wheels causing the translation by human effort, involving in their actions, and in a balanced way the upper and lower extremities all mature physical fitness of an individual, but for its use, conditional on some initial physical fitness.

Keywords: Problem, tool, solution, contradiction, structure.

RESUMEN

Se pretende diseñar un mecanismo de dos ruedas que provoque la traslación por medio del esfuerzo humano, que involucre en su accionar, y de forma equilibrada las extremidades superiores e inferiores todo ello para madurar la aptitud física de un individuo, sin que, para su uso, se condicione a una cierta aptitud física inicial.

Palabras Clave: Problema, herramienta, solución, contradicción, estructura.

1. Introducción

Si observamos un mecanismo de bicicleta por “tracción trasera” a cadena, vemos que la traslación solo involucra el uso de las extremidades inferiores, casi sin intervención de la musculatura del torso.

Cuando el ciclista cansa sus piernas en la acción de pedalear, solo utilizamos la inercia en la traslación. Podríamos pensar que ese “tiempo muerto” por fatiga muscular, los músculos del torso y de los brazos podrían involucrarse para continuar con el movimiento.

Se propone mediante la utilización de TRIZ estudiar la estructura de la bicicleta común proponiendo mejoras, opciones, reformas, etc. Ver Fig. 1.

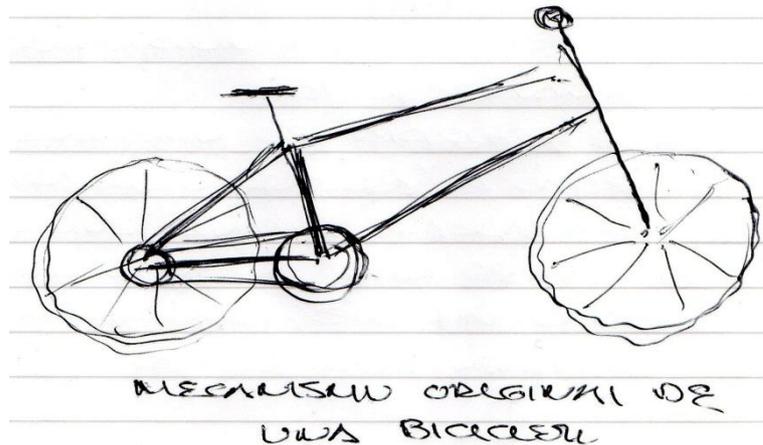


Figura 1. Diseño tradicional o común de una bicicleta de la cual se parte para su rediseño.

2. Investigaciones

2.1. En cuanto al chasis

El chasis de una bicicleta se asemeja a un reticulado, con mucho material y mucha soldadura. Se propone a esto otra forma estructural posible más sencilla.

Para encarar esto aplicando la metodología TRIZ, podemos ver que están en conflicto la resistencia y la forma. De acuerdo a la tabla de los 39 parámetros se observa que Resistencia es el Nro 14 y que Forma es el Nro 12. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Exposición de los parámetros en conflictos y los principios correspondientes

MEJORA	EMPEORA	PRINCIPIOS
14	12	10: Acción anticipada 30: Membranas flexibles 35: Transformación de propiedades 40: Materiales compuestos
12	14	34: Desechando y regenerando partes 14: Esfericidad 10: Acción anticipada 40: Materiales compuestos

De estos se seleccionó subjetivamente como los más aplicables los Principios de Inventiva 30 y 14. El principio 30 hace suponer alguna fuerza con un momento de inercia bajo en una dirección. El principio 14 hace pensar en el uso de curvas. Ver Fig. 2.

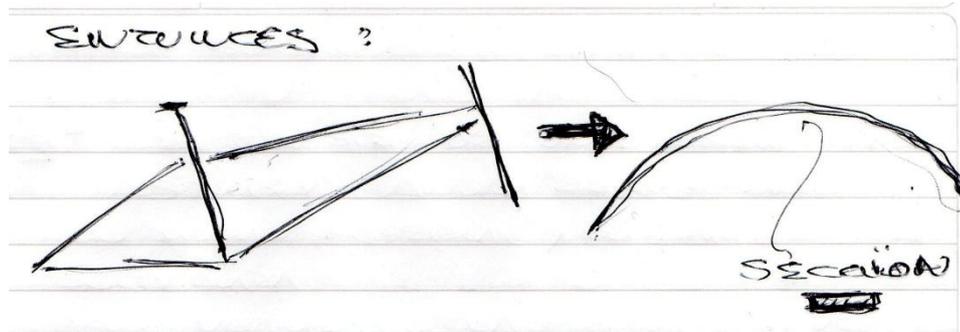


Figura 2. Síntesis de la propuesta de un posible nuevo diseño de una bicicleta tradicional mediante los principio 30 y 14.

La forma del arco no solo nos da resistencia (esto es común en la construcción de puentes) sino también algún grado de amortiguamiento (que permite la forma de la sección elegida) por acción de la gravedad. Ver Fig. 3.

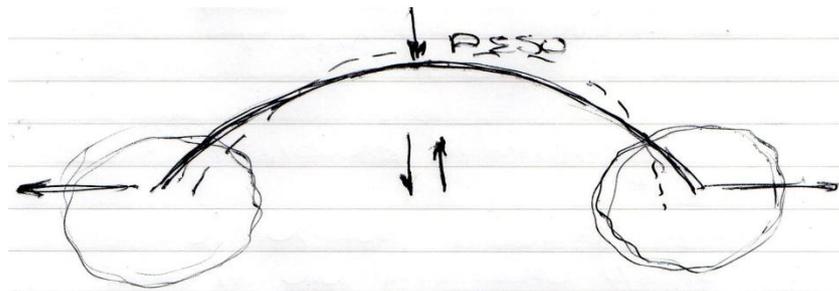


Figura 3. Gráfica en dónde se representa la consecuencia del posible nuevo diseño dónde se señala la resistencia y el amortiguamiento.

2.2. En cuanto a la forma de impulso

Se hace nuevamente la aplicación TRIZ sobre el mecanismo de impulso, se busca con esto alguna otra opción plausible a la tradicional tracción a cadena, piñones, cambios.

Encarando el problema nuevamente con la metodología TRIZ, podemos ver que están en conflicto lo podemos asimilar como Complejidad de un mecanismo, Nro 36 y con Potencia Nro 20. Veamos cómo queda. Ver Tabla 2:

Tabla 2. Exposición de los nuevos parámetros en conflictos y los principios correspondientes

MEJORA	EMPEORA	PRINCIPIOS
36	21	20: Llevar acción positiva continuamente 19: Acción previa 30: Membranas flexibles 34: Desechando y regenerando partes
21	36	20: Llevar acción positiva continuamente 19: Acción previa 30: Membranas flexibles 34: Desechando y regenerando partes

Se eligen los principios 20 y 19. Esto supone eliminar tiempos muertos, y es lo que proponemos en la investigación. Es decir, involucrar las extremidades superiores cuando las inferiores no trabajan, y viceversa, o ambas a la vez.

El 20, nos das la idea de una doble, ahora ¿cómo conectarlas?

Se proponen barras vinculantes. Ver Fig. 4.

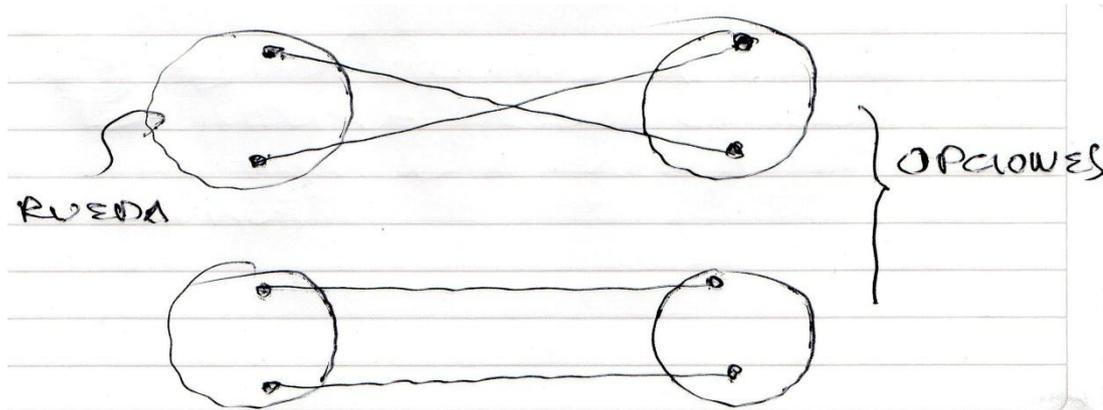


Figura 4. Gráfica en dónde se representa la aplicación de barras vinculantes.

El 19, supone reemplazar una acción continua, como el pedaleo, por una acción pulsante.

Lleva a pensar la idea de impulsión con los brazos, sea un movimiento de remo o empuje hacia adelante y también con los muslos, en forma combinada o individual.

Un accionar pulsante podría ser un mecanismo de trinquete, y el lugar indicado sería en los ejes de ambas ruedas. Ver Fig.5.

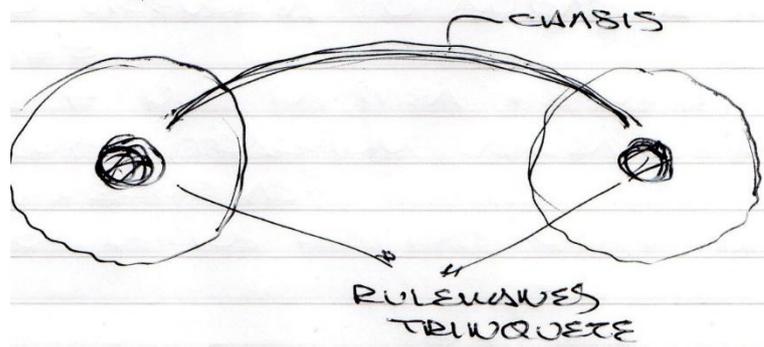


Figura 5. Gráfica en dónde se representa la aplicación con trinquetes.

2.3. En cuanto a la energía

Nuevamente se tendrá en cuenta en cuanto a la energía y la velocidad. Se elige el parámetro 19 “Energía gastada por objeto en movimiento” y para la velocidad justamente el parámetro 9 que es “Velocidad”. Ver Tabla 3.

Tabla 3. Exposición de los nuevos parámetros en conflictos y los principios correspondientes

MEJORA	EMPEORA	PRINCIPIOS
19	9	8: Contrapeso 35: Transformación de propiedades
9	19	8: Contrapeso 15: Dinamicidad 35: Transformación de propiedades 38: Oxidación acelerada

Se eligen los principios 8, 15, 19. El 8 supone interactuar con el medio ambiente, entonces, producir por acción del campo gravitacional, impulsos hacia adelante, por acción voluntaria a través de movimientos verticales del cuerpo (acción de vaivén). Ver Fig. 6.

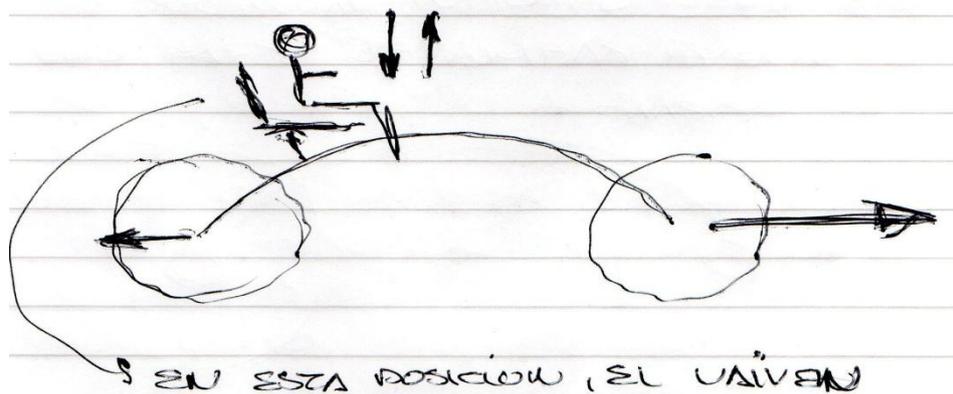


Figura 6. El vaivén del cuerpo del ciclista produce un impulso adicional favorecido por la forma del arco.

Por el principio 15 se evalúa un incremento dinámico en nuestro caso que el volante además de girar pueda trasladarse. Ver Fig. 7

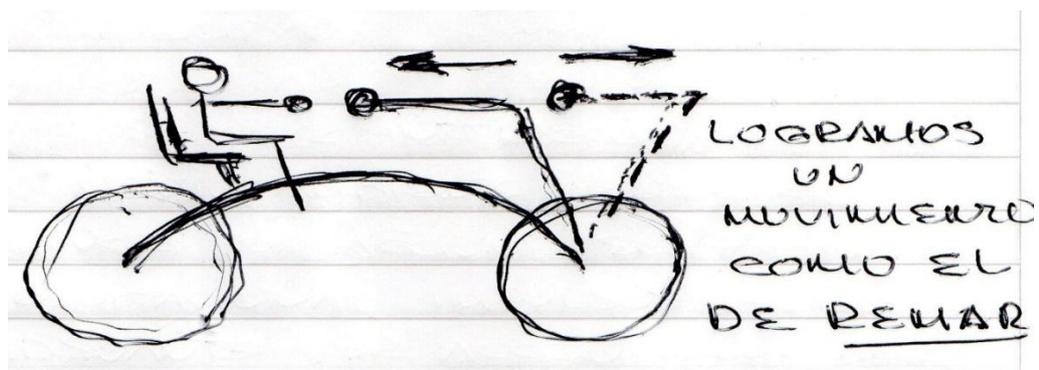


Figura 7. Gráfico en el que se observa el movimiento del volante como remos.

Ahora se está en condiciones de imaginar el nuevo mecanismo, con mayor eficiencia en la distribución del esfuerzo humano. Ver Fig. 8 y 9.

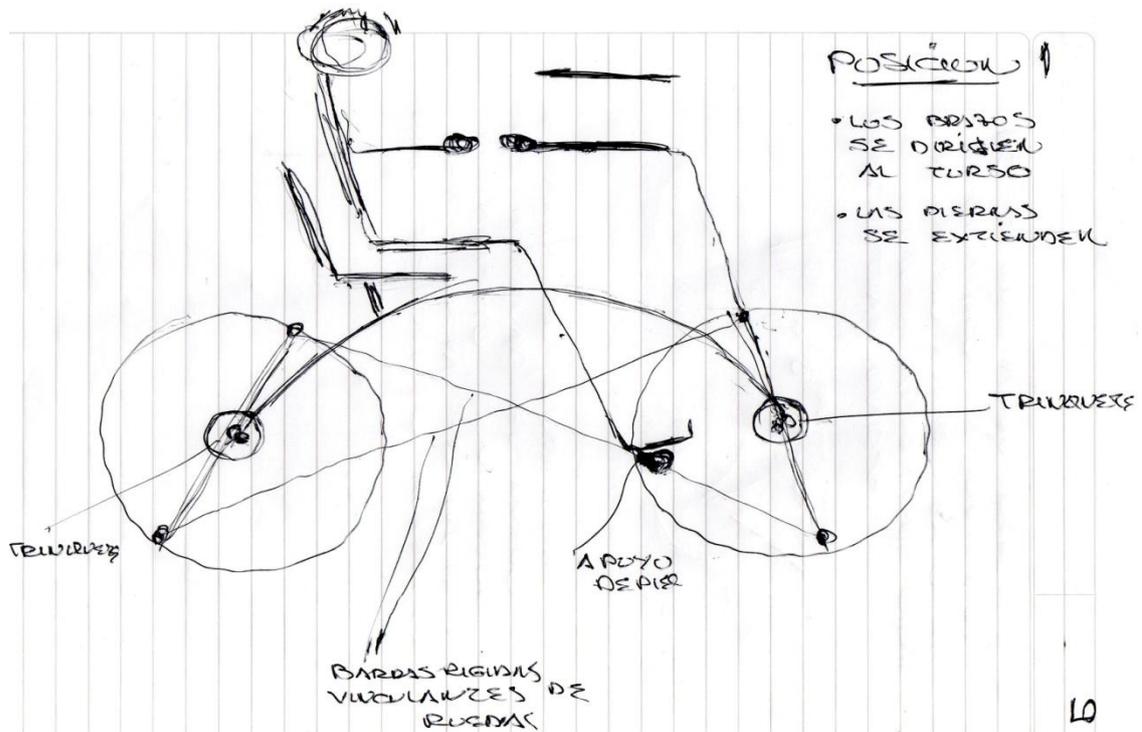


Figura 8. Gráfico en el que se observa todas las modificaciones del conjunto en la posición 1.

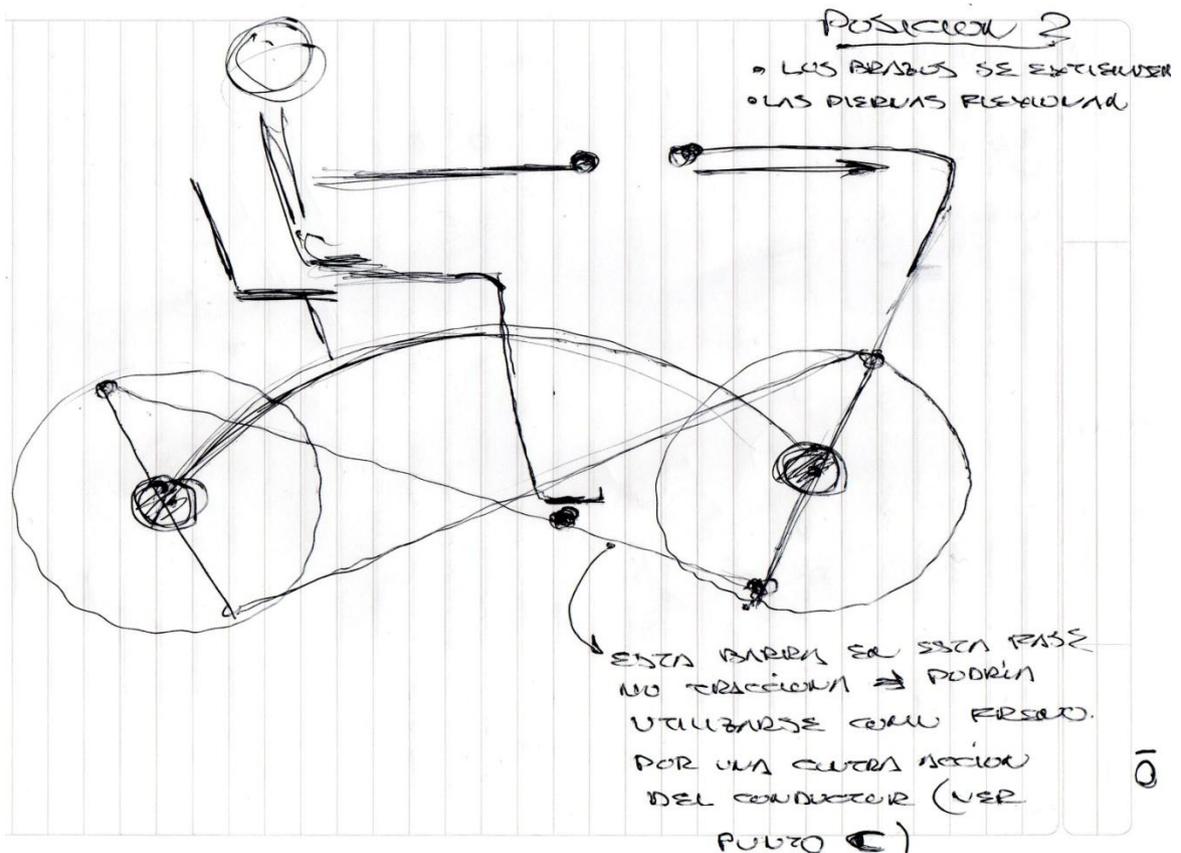


Figura 9. Gráfico igual al de la figura 8, pero en la posición 2.

2.3. En cuanto al frenado

Se investiga nuevamente aplicando TRIZ la acción del frenado que reemplace al de fricción por patines. Ver tabla 4.

Tabla 4. Exposición de los nuevos parámetros en conflictos y los principios correspondientes

MEJORA	EMPEORA	PRINCIPIOS
22	9	16: Acción parcial o excesiva 35: Transformación de propiedades 38: Oxidación acelerada
9	22	14: Esfericidad 20: Llevar acción positiva continuamente 19: Acción previa 35: Transformación de propiedades

Otra vez acciones periódicas. La idea podría ser que, en algunas acciones de tracción por las extremidades, otras podrían posibilitar el frenado, solo por acción del esfuerzo. Ver Fig. 9, posición 2.

2.4. En cuanto al doblado

Se investiga cómo doblar para poder aplicar TRIZ. Suponemos que cuando la rueda delantera dobla, la longitud del mecanismo se modifica. Ver Tabla 5.

Tabla 5. Exposición de los nuevos parámetros en conflictos y los principios correspondientes

MEJORA	EMPEORA	PRINCIPIOS
3	36	1: Segmentación 19: Acción previa 26: Copiado 24: Mediador
36	3	1: Segmentación 19: Acción previa 26: Copiado 24: Mediador

El 1 ¿significa segmentar una rueda?

El 23 ¿significa intermediación entre las partes de la rueda?

Ver Fig. 10.



Figura 10. Gráfico de la solución propuesta surgida de la resolución de la contradicción física.

Por otro lado, la rueda delantera del mecanismo propuesto no puede doblar ya que está vinculada rígidamente con la

rueda trasera a través de las barras vinculantes.

Con esto tenemos: “La rueda debe permanecer fina y a la vez doblar. Estamos ante una contradicción física.

Para solucionar la contradicción propondremos una solución en espacio, es decir, parte de la rueda gira y parte es fija.

Vemos que con la investigación TRIZ también nos da pistas a través de la segmentación. Se propone dos ruedas concéntricas y vinculadas (intermediación)

- Un aro externo que pueda girar de forma limitada, y una rueda interna que contenga las barras vinculantes.
- El control del aro externo deberá proceder del accionar del volante a través de algún mecanismo vinculante (otro problema).

En la Fig. 11 se propone un esquema a la solución propuesta:

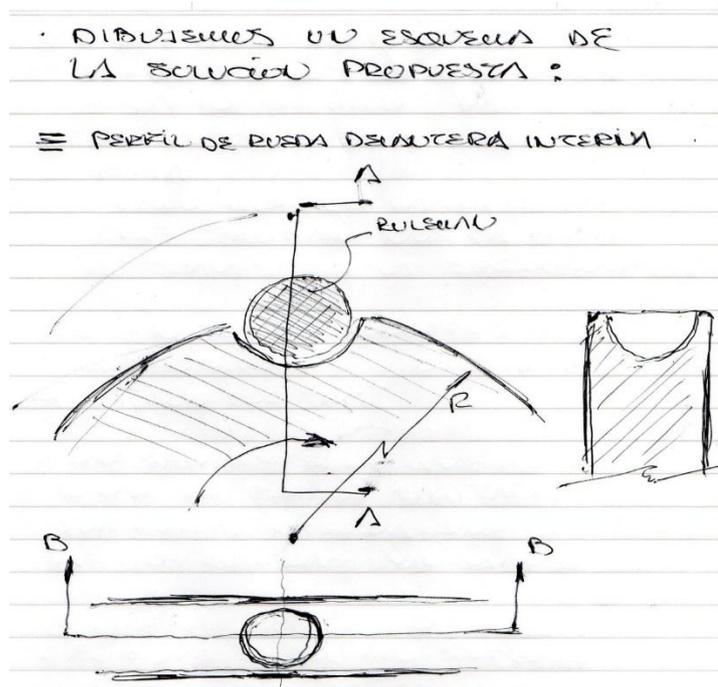


Figura 11. Gráfico de la solución propuesta surgida de la resolución de la contradicción física.

Pero podría ser más de un ruleman. Ver Fig. 12.

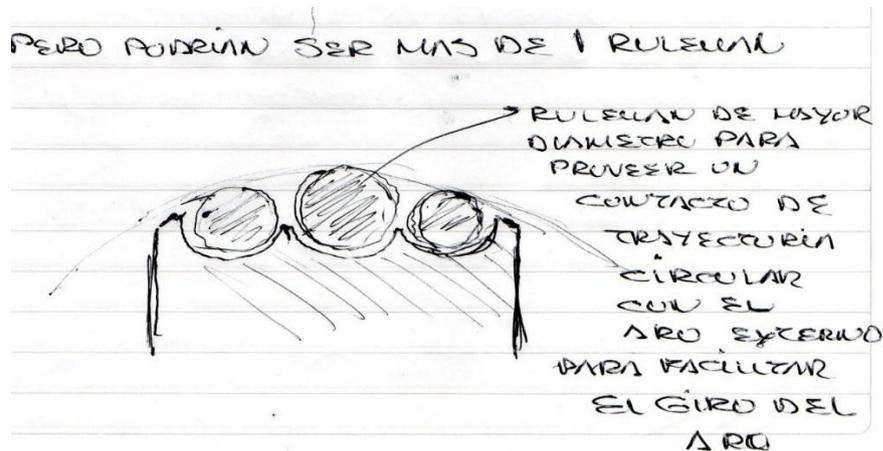


Figura 12. Gráfico de la solución propuesta con más de un ruleman.

En la Fig. 13 se aprecia el perfil del aro perimetral de la rueda delantera.

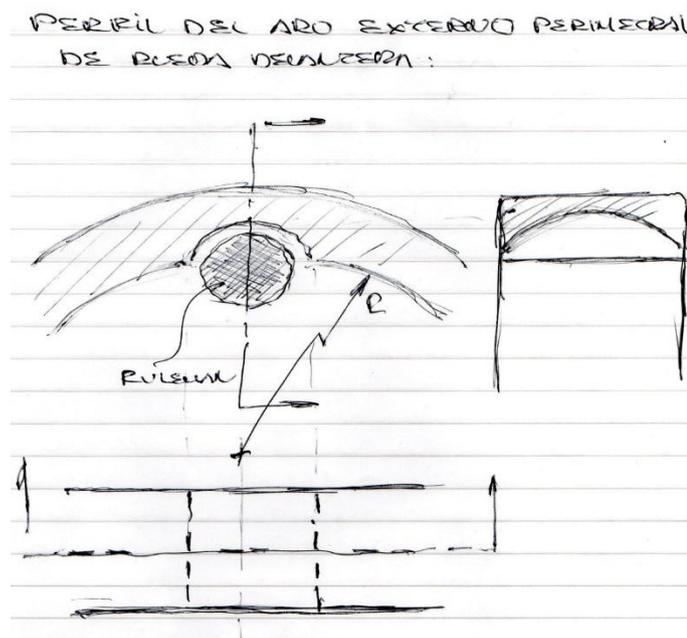


Figura 13. Gráfico del perfil del aro perimetral de la rueda delantera.

En la Fig. 14 se ve el esquema general:

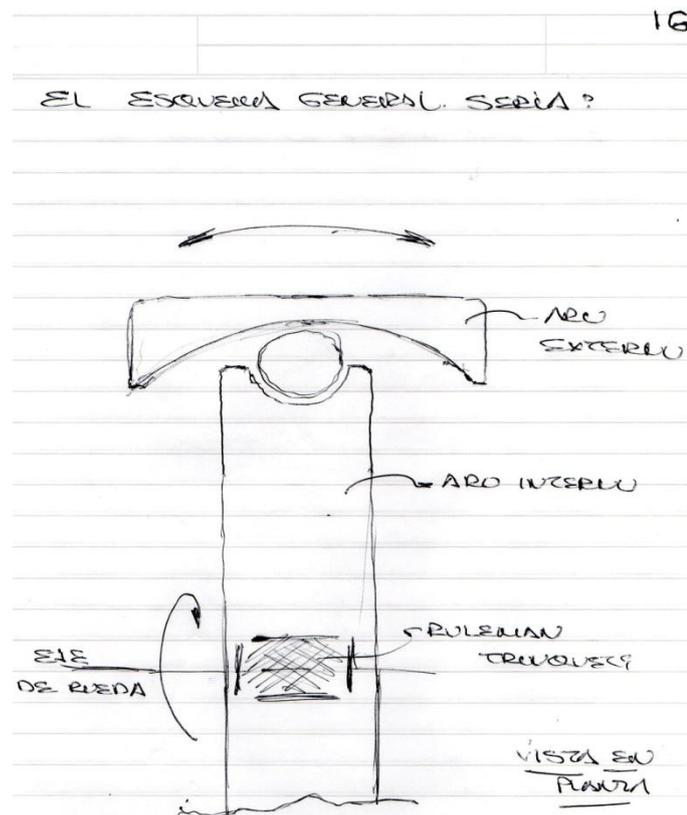


Figura 14. Gráfico del esquema general.

En la Fig. 15 se ve el modelo total.

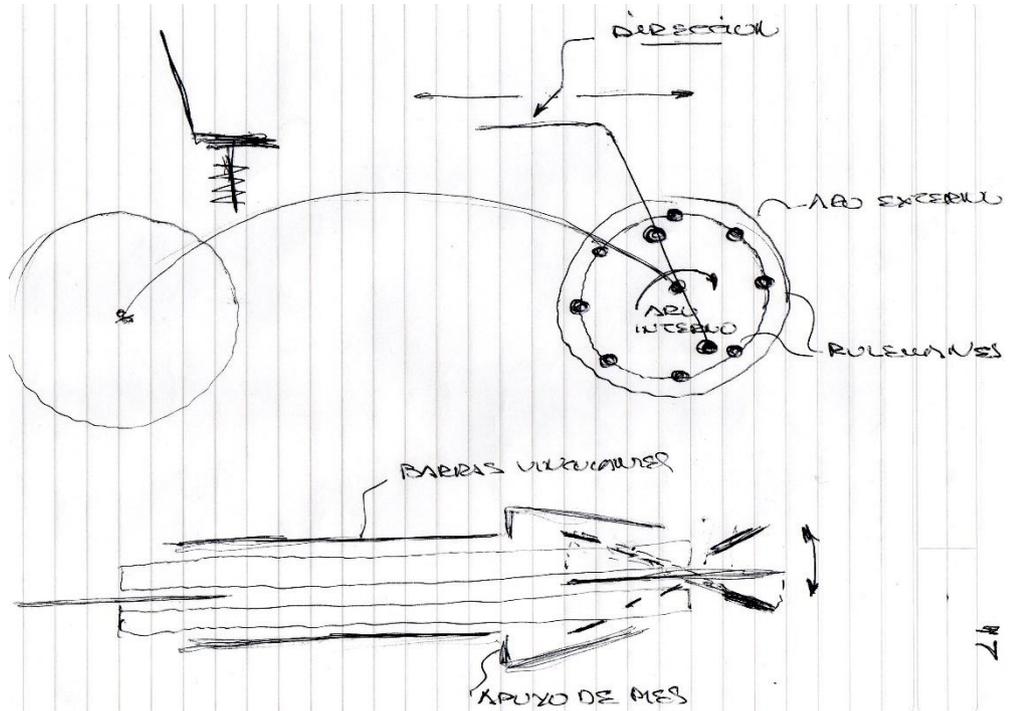


Figura 15. Gráfico del modelo total.

2.5. Estudio sobre posible solución en el diseño de la dirección

La dirección a través de una horquilla se conecta a la rueda interna a través de las barras vinculantes que provocan traslación hacia adelante por acción de una acción pulsante del manubrio de mando en dirección de la traslación.

Por otro lado, la dirección, a través del manubrio de mando, debe controlar la rotación del aro externo para producir doblar. Ver Fig. 16.

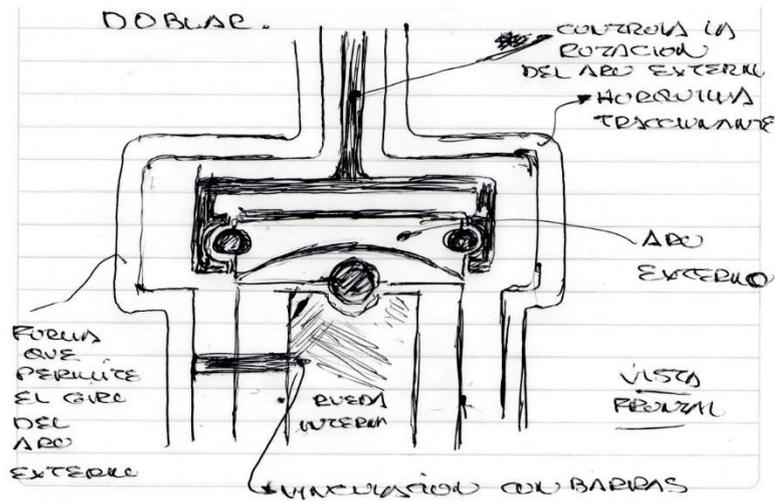


Figura 16. Gráfico de una posible solución en el diseño de la dirección.

En la Fig. 17 se aprecia otra vista. El canal externo deberá tener un canal en todo el perímetro para el almacenamiento de los rulemanes.

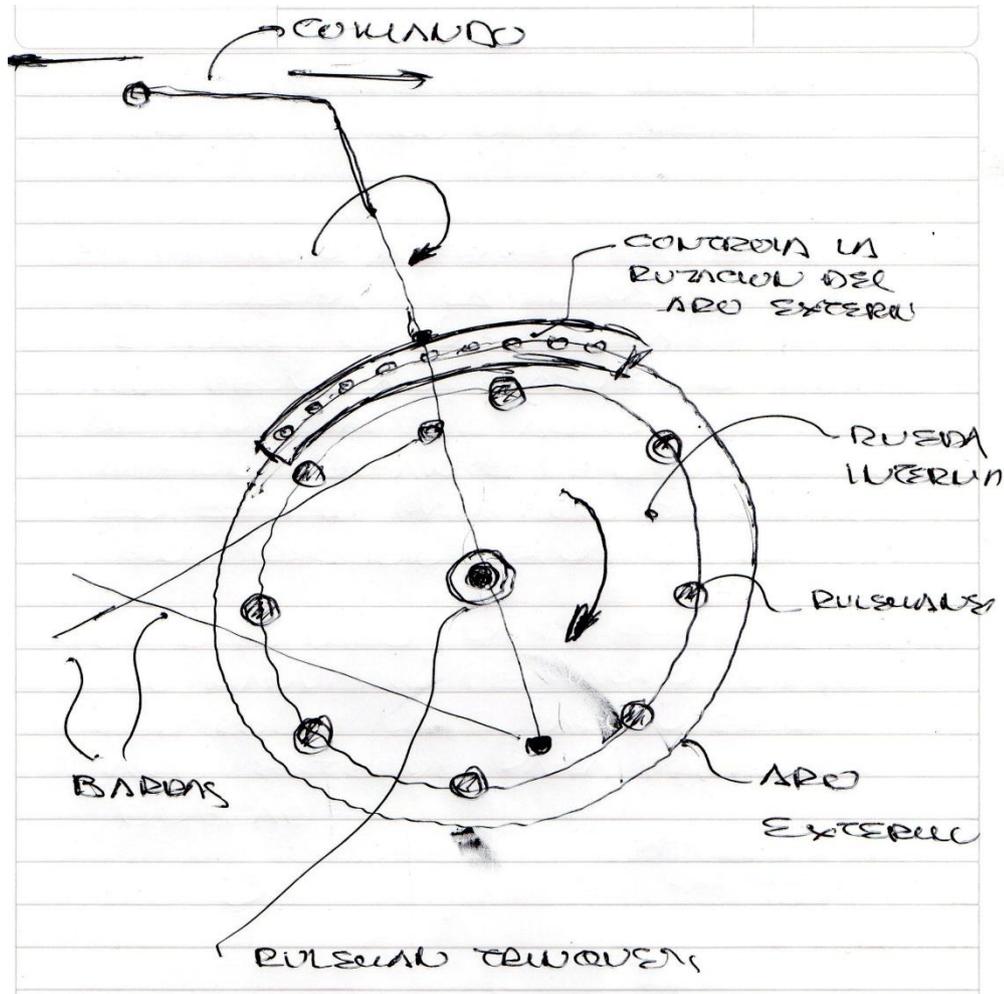


Figura 17. Gráfico dónde se muestra el canal externo deberá tener un canal en todo el perímetro para el almacenamiento de los rulemanes.

3. Conclusiones

Mediante la metodología TRIZ, se pudo llegar de modo estructurado y sistemático a proponer no una posibilidad de diseño, sino alcanzar un espacio de soluciones para proponer nuevos diseños. Todas estas posibilidades de nuevo diseño, no fueron halladas al azar. Quizás sin hacer uso de TRIZ se llega a algunas de las soluciones presentadas más rápidamente, pero, TRIZ nos ofrece con su base de datos, surgida del amplio conocimiento de muchos tecnólogos de diferentes épocas y lugares, una estructura que nos guía en el análisis del problema, su definición y posterior búsqueda ordenada de soluciones conceptuales, seguido de la aplicación, y luego finalizando en el paso ingenieril. Por eso, TRIZ no nos resuelve el problema dándonos una solución, sino que es el analista del problema guiado por TRIZ quién llega, no a la solución sino, al espacio de soluciones.

TRIZ permite, dependiendo también de la habilidad del analista, poder profundizar en el problema de modo sistemático. Así, podemos deslindarnos de la inercia psicológica, es decir de algún modo, de todo aquello que por culpa de la especialidad nos dificulta el intento de buscar soluciones distintas a nuestro campo de especialidad, experimentando pensamientos “osados”.

Agradecimientos

Al Director del Departamento de Ingeniería Mecánica de la UTN FRGP, Ingeniero Juan Fructuoso, por brindarnos la oportunidad de difundir la metodología TRIZ en sus cátedras.

Referencias

- [1] Tesoros – terminología del TRIZ y ARIZ (Autores: Tatiana Zagorodnova, Carlos Requena, Juan Carlos Nishiyama), Rusia. 2004. <http://www.altshuller.ru/thesaur/thesaur.asp>
- [2] Página de la Altshuller Foundation. <http://www.altshuller.ru/world/spa/news.asp>
- [3] TRIZICS, Teach yourself TRIZ, how to invent, innovate and solve “impossible” technical problems systematically. Gordon Cameron. Printed by Create Space 2010. ISBN: 1456319892.
- [4] TRIZ Journal. Trabajos varios sobre el tema. Dra. Ellen Domb. USA. 2003.
- [5] TRIZ Home Page in Japan. Dr. Toru Nakagawa. Universidad de Osaka. 2003.
- [6] Página del AMETRIZ (Asociación Mexicana de TRIZ). <http://www.ametriz.com/matriz/MATRIZ.php>
- [7] Página del AMETRIZ (Asociación Mexicana de TRIZ). <http://www.ametriz.com/index.php/principios-de-inventiva>

USIT-Biomimetismo. Una solución en la labranza agrícola.

Juan Carlos Nishiyama^a, Carlos Requena^a, Adrian Canzian*^a, Carlos A. Monti^a y Rodrigo Taboada^a

^a Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional General Pacheco. Ingeniería Mecánica. H Yrigoyen 288. Gral. Pacheco. Bs. As. Argentina.
amcanzian@gmail.com*

ABSTRACT

With the use of USIT and Biomimetics we have introduced a modification in the surface topography of a chisel. This modification allows a reduction of 4% in the energy applied.

Keywords: USIT, Biomimetics, chisel.

RESUMEN

Con el empleo de USIT y Biomimetismo se introduce una modificación en la topografía de la superficie de una púa. A partir de la modificación se logra un ahorro energético del orden del 4%.

Palabras Claves: USIT, Biomimetismo, púa.

1. Introducción

En el laboreo agrícola se consume aproximadamente el 50% de la energía en la interacción entre la herramienta y el suelo; por ello, se emplean herramientas de labranza vertical como por ejemplo los arados de cincel o púas, por otra parte, se reduce el impacto ambiental.

Se pueden definir los esfuerzos a los que está sujeto el suelo, respecto a la tensión, compresión y corte por cizalla. Normalmente los suelos fallan por esfuerzos de corte, debido a que en el límite de falla presenta una alta resistencia a la compresión y difícilmente pueden ser sometidos a esfuerzos de tensión.

Las propiedades del suelo a tener en cuenta son:

- Cohesión
- Adhesión
- Angulo de interfase suelo-suelo
- Angulo de interfase suelo-herramienta

Recordemos que la cohesión y la adhesión determinan la consistencia del suelo [1], es decir la respuesta del mismo ante una sollicitud externa, en función de su contenido de humedad. Así la resistencia al avance de una herramienta en un suelo seco se debe a la atracción molecular entre las partículas sólidas, de esta manera, si se ejerce una fuerza lo suficientemente grande sobre este suelo como para vencer dicha resistencia el suelo sufre la ruptura. En cambio, cuando aumenta el contenido de humedad, se reduce su atracción molecular y comienza a prevalecer la tensión superficial. Cuando el contenido de humedad alcanza cierto nivel el suelo adquiere plasticidad, es decir, que ofrece resistencia a la deformación sin producir su ruptura. Si el contenido de humedad aumenta, decrece su plasticidad y el suelo se puede deformar fácilmente.

La adhesión representa las fuerzas de atracción que se desarrollan entre el suelo y la herramienta y tiende a evitar el deslizamiento entre ellos. Esas fuerzas de atracción son generadas por la presencia del agua en el suelo. Con un valor alto de humedad, el agua produce una succión dentro de la estructura del suelo, que en forma similar atrae el interfaz, si hay poca humedad, la tensión superficial es la encargada de la atracción, pero, si el material tiene características súper-hidrofóbicas, no se desarrolla tensión superficial en la interfaz y el valor de la adhesión prácticamente es cero. Si aumentamos el valor de la humedad de un suelo seco el efecto de la tensión superficial también se incrementa, hasta alcanzar un máximo, este punto se denomina punto de atascamiento.

El ángulo de fricción interna determina la fricción interna del suelo, dicha interacción depende de las partículas que componen el suelo y de la compactación del mismo.

Por otra parte el ángulo de la interfase suelo-herramienta determina la fricción suelo-herramienta.

Existe, así, una relación directa entre la resistencia al deslizamiento de la herramienta y la humedad del suelo. Un suelo seco no tiene la humedad necesaria para desarrollar la adhesión y la resistencia al deslizamiento es fraccional, en los estados friables y plásticos la adhesión aumenta debido a la tensión superficial, mientras que un suelo con exceso de agua, la misma se comporta como lubricante, bajando

drásticamente la resistencia. En la figura 1 se pueden observar los límites de Atterberg para la consistencia en función del contenido de humedad del suelo.

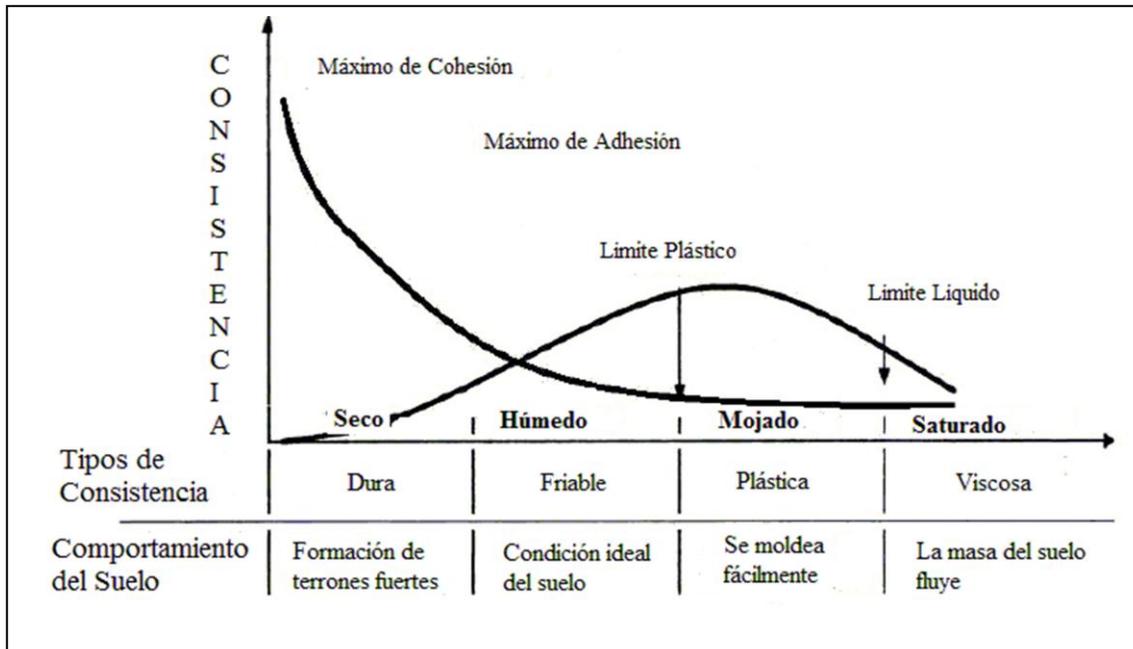


Fig. 1. Límites de Atterberg para la consistencia.

1.1 USIT

En USIT (Unified Structured Inventive Thinking) [2], primero se debe definir el problema. Dicho problema debe corresponder a un conjunto mínimo de objetos con sus atributos y su causa raíz (el árbol de la causa raíz plausible) y los efectos indeseados. En la figura 2 se muestra un diagrama de flujo del USIT, dónde se resalta las tres partes principales a saber: Definición del Problema, Análisis del Problema, Generación de Soluciones.

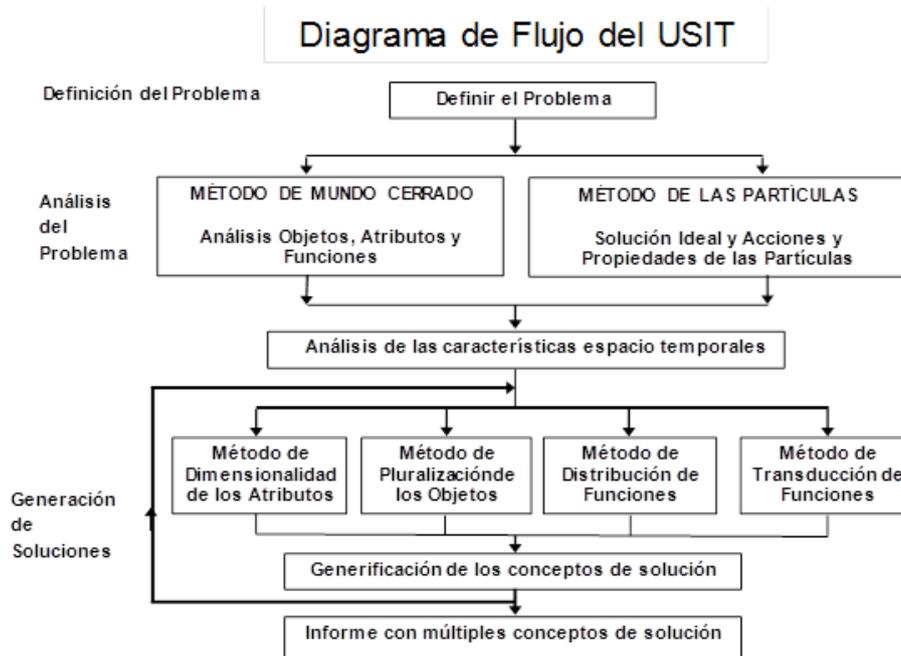


Fig. 2. Diagrama de flujo básico del USIT

1.2 Discriminaciones de causas, causas raíces y efectos

Según Ed Sickafus [3], creador del USIT, funciones, causas, causas raíces, efectos deseados y efectos indeseados son todos equivalentes, pero en el diagrama de las causas raíces creíbles trata solo con: los efectos indeseados. Ver la figura 3. Aquí, se muestra un caso hipotético genérico para tres objetos. Cuando, en una rama específica del diagrama, una causa raíz es alcanzada, la rama finaliza y el recuadro terminal, no tiene un efecto asociado. En cambio de esto, se tiene una lista de atributos (que no se muestra en esta figura).

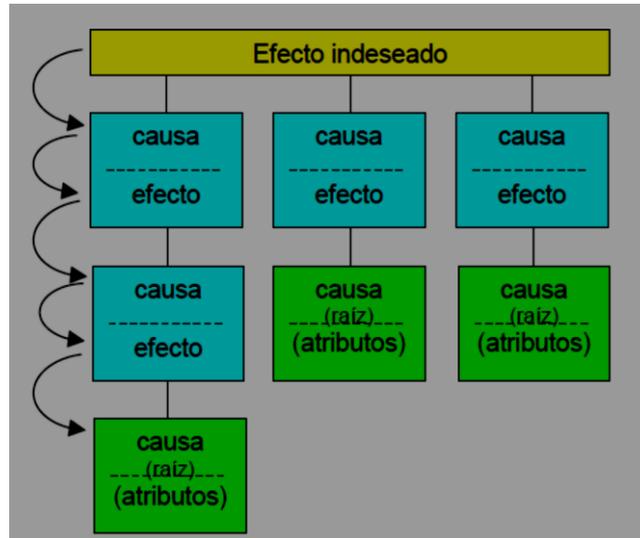


Fig. 3. Diagrama de las causas raíces creíbles para un caso hipotético genérico con tres objetos.

Un efecto indeseado es ubicado en el tope del diagrama de las causas raíces creíbles. En la próxima fila inferior, las causas de los efectos son listadas en recuadros separados. Cada una de estas causas, es luego tratada como un efecto para la próxima fila inferior de causas. Cada columna de recuadros termina en una causa raíz creíble. Sin embargo, aquí es donde se presenta la mayor dificultad, esto es, descubrir los términos de las columnas.

Es un proceso de dos pasos:

- El primer paso consiste en analizar cada efecto para las causas creíbles. Cuando ningún nuevo análisis de las causas de los efectos es evidente, cada causa en el nivel más bajo de cada rama del diagrama, es tomada para ser una causa raíz creíble.
- En el segundo paso, cada causa raíz creíble es luego analizada en términos de atributos causales.

Aquí es donde sobreviene la confusión con los términos mencionados arriba. Esta se establece como argumento para revisar varias definiciones importantes. Primeramente los efectos se presentan, como mencionamos, en dos formas, “efectos deseados” y “efectos indeseados”.

Los “efectos deseados” reciben el nombre especial de “funciones”. Una función al igual que un efecto, modifica o mantiene un atributo. Por eso, ambas palabras, función y efecto, llevan la connotación de una acción para modificar o para mantener.

El rol del atributo causal (de la causa raíz), se hace evidente al examinar la definición gráfica del contacto objeto-objeto, que se muestra en la figura 4

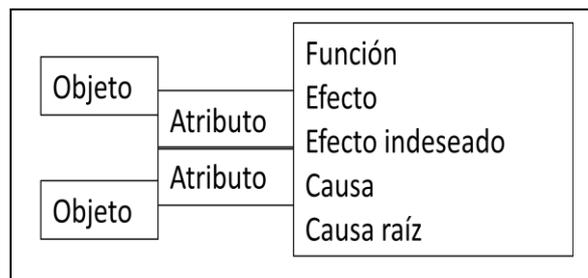


Fig. 4. Representación esquemática del contacto objeto-objeto vía un atributo de cada uno de ellos, los cuales interactúan para soportar una función, que modifica o mantiene un tercer atributo en uno de los objetos en contacto o un en un tercer objeto.

La palabra causa es usada en el análisis de un efecto indeseado. Esto se refiere a la descomposición en otros efectos subyacentes que lo llamaremos “causas”. La preocupación inicial es determinar si el efecto indeseado es un efecto indeseado único- un tema de discusión principal en la definición del problema para la aplicación del USIT. Por lo tanto, con analizar un efecto indeseado particular en términos de sus causas, otros efectos enmarañados pueden hacerse aparentes.

Si el efecto indeseado inicial es un efecto singular, el primer nivel de causas en el diagrama de causas raíces creíbles, debe hacerse una lista de atributos, véase la figura 5. [4-6]

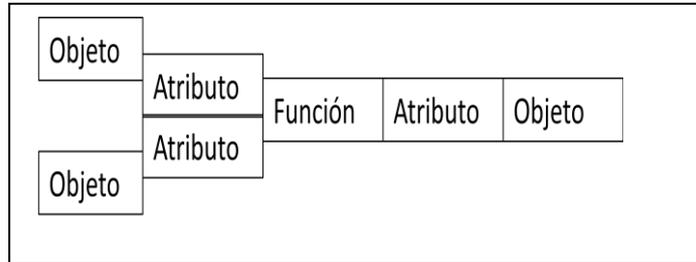


Fig.5. Modelo OAF (Objeto, atributo, función)

1.3 Definición del problema

Efecto Indeseado: pérdida de energía (50%) debido a la adherencia del suelo en la superficie del cincel. La figura 6 representa el diagrama causa raíz plausible.

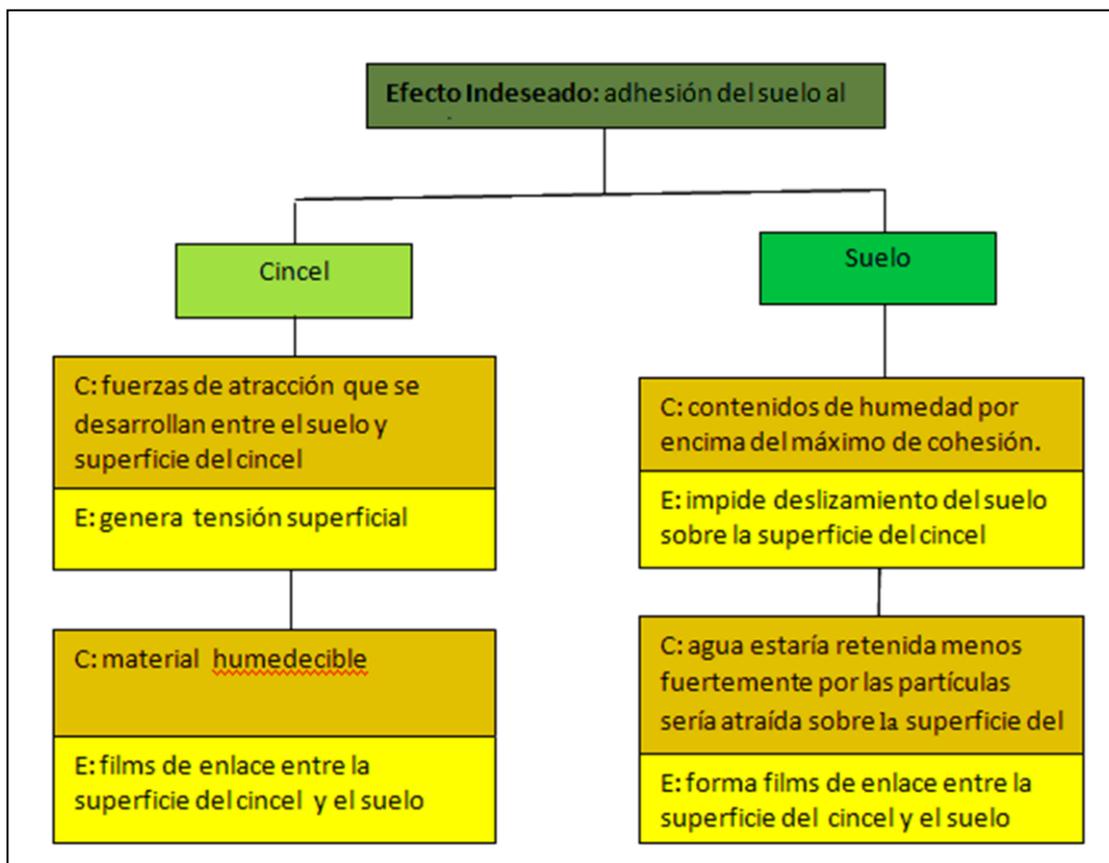


Fig. 6. Árbol causa raíz plausible - Suelo no desliza por la superficie del cincel

1.3.1 Análisis del problema

El siguiente diagrama OAF (figura 7) muestra el efecto indeseado.

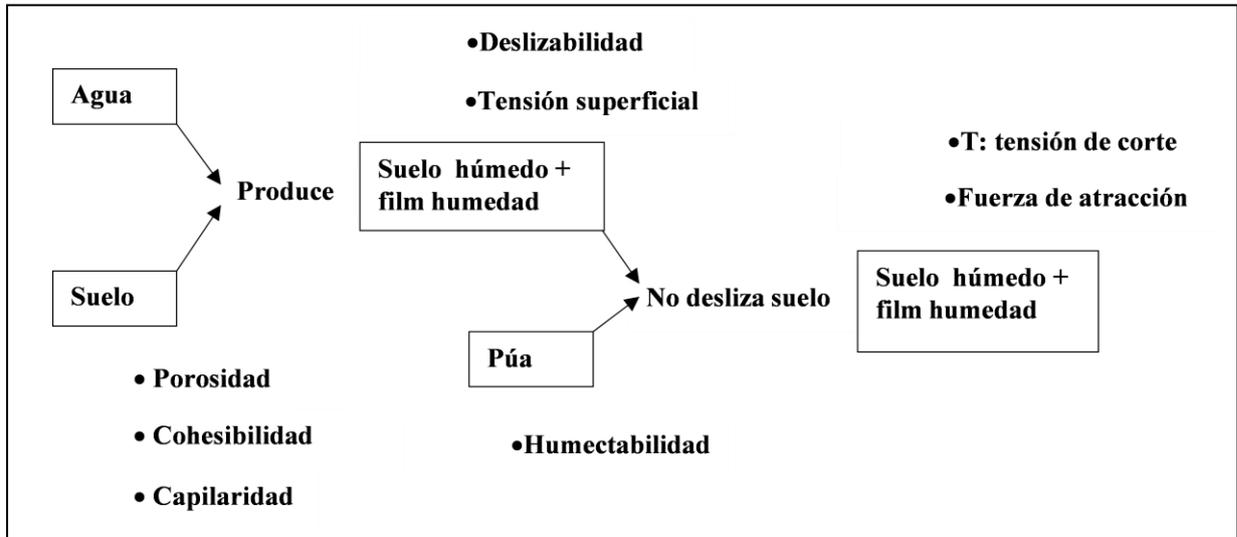
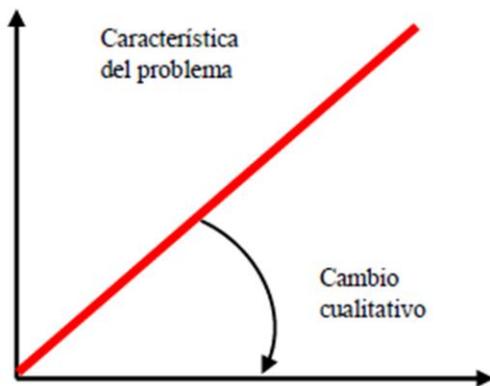


Fig. 7. Diagrama OAF efecto indeseado – Suelo no desliza por la superficie del cincel

1.3.2 Análisis Cambios Cualitativo QC

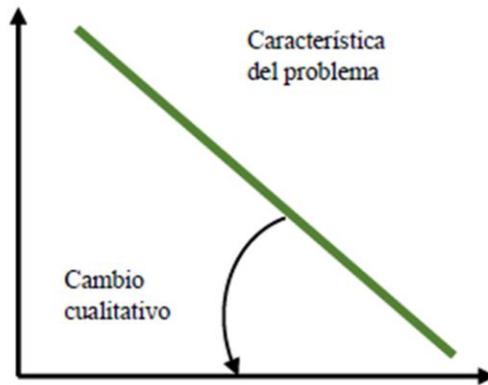
La figura 8 muestra diagramas de cambios cualitativos (QC)

Efecto indeseado: Indeslizabilidad del suelo en la superficie del cincel



Objeto. Suelo
<ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Porosidad • Capilaridad • Tensión superficial • Porcentaje de arcilla • Tensión de corte • Interfaz o film

Efecto indeseado: Indeslizabilidad del suelo en la superficie del cincel



Objeto. Suelo
<ul style="list-style-type: none"> • Friabilidad • Cohesividad • Dureza

Fig. 8. Diagrama QC (cambio cualitativo)

2. Resolución de problema

Analizando los insectos que habitan en el suelo de nuestra región se observa que el bicho toro (*Diloboderus abderus*) hembra (figura 9a), luego de cavar bajo el suelo, emerge a la superficie sin suelo adherido a su cutícula. Esta es una funcionalidad biomimética. La observación de la cutícula, mediante microscopía electrónica (figura 9b), permitió establecer dos escalas de rugosidades, lo cual establece un orden jerárquico. Estructura jerárquica aparece, de manera similar, en la hoja de loto, demostrando que esa es una de las vías para reducir la adherencia. En ambos casos se puede identificar una macro y una microrugosidad [7]

2.1 Utilizando las herramientas de solución USIT

- Dimensionalidad de los atributos – Se han estudiado en este caso las cavidades en cuanto al diámetro, profundidades, radios de empalmes y la conicidad.
- Pluralización de los objetos
- Distribución de las funciones o sea las cantidades de concavidades en el espacio y en el tiempo.

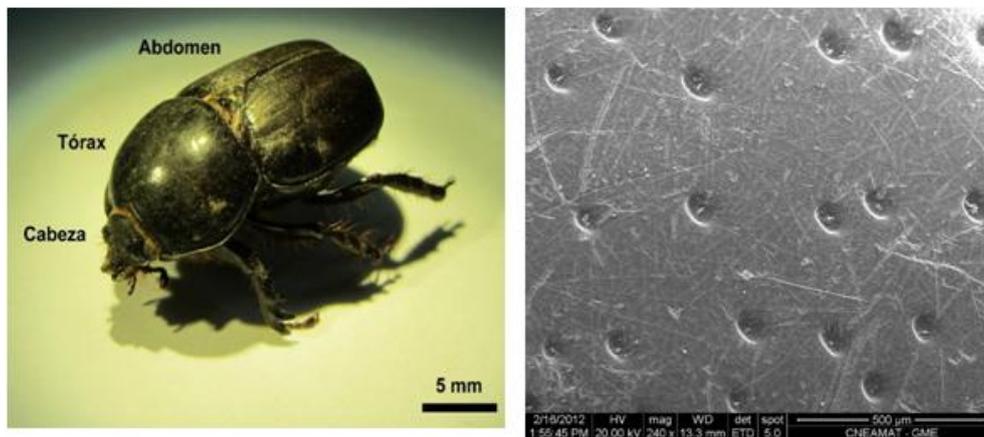


Fig. 9. (a) ejemplar de bicho toro hembra. (b) Distribución de cavidades en la cabeza.

Si la superficie del cincel es perfectamente lisa, se facilita la formación del film o interface entre suelo-herramienta:

- Utilizar materiales antiadherentes.
- Utilizar materiales hidrofóbicos.

En el caso del bicho toro, tiene su superficie características antiadherentes. Las cavidades tienen la finalidad de romper el film, dado que, en ellas se llenan de suelo de modo tal que disminuye la fuerza de atracción y al tener una caparazón flexible la tierra acumulada en las cavidades se desprendan (autolimpiante).

2.3 USIT-Biomimetismo

La cutícula del Bicho toro está compuesta de cavidades. Dichas cavidades obran de manera tal que se elimina la causa raíz, es decir, la formación de la interfase o film entre la cutícula y el suelo. Si la humedad es alta por encima de la cohesión se produce un film o una interfaz de humedad entre el suelo y la superficie de la púa que evita el deslizamiento del suelo en el cincel, pero si la concavidad se llena de tierra, entonces, en esa área no se produce la interfaz, o bien se puede romper fácilmente al disminuir la tensión de corte.

2.4 Dimensionalidad y distribución de las cavidades en la patente (figura 10):

En el diseño biomimético de la púa, se supone que las cavidades son círculos del mismo diámetro ($2r$) y profundidad (h); las distancias entre cavidades es la misma (d) y las cavidades se distribuyen de acuerdo a los vértices de un triángulo equilátero. La figura 10 resume las condiciones anteriores.

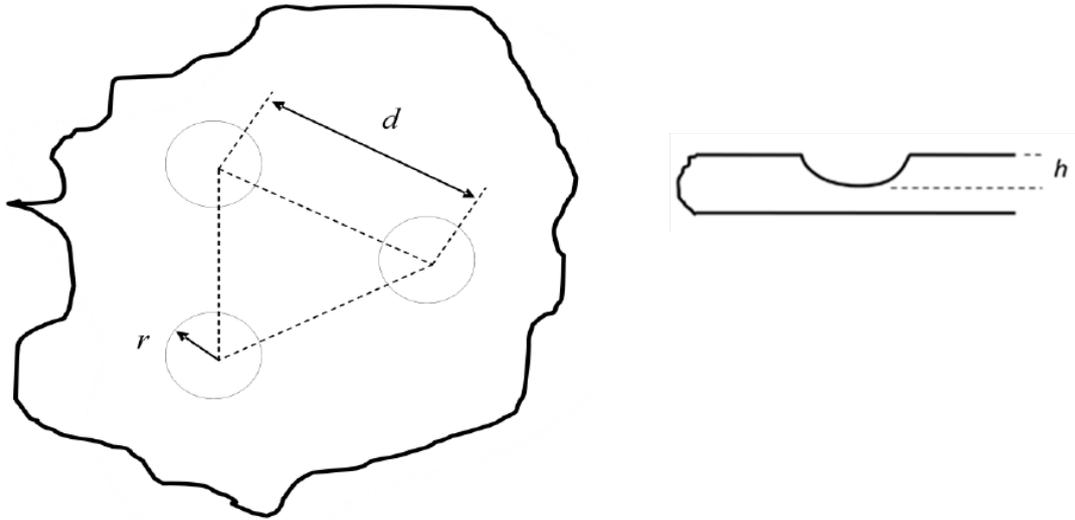


Fig. 10. Relaciones de las cavidades de la púa

Para diseñar la púa, se definió un factor de escala (Fe) que relaciona una dimensión característica del bicho toro (diámetro de la cavidad del tórax, 70,76 μm) y el diámetro de la cavidad en la púa (2 mm). A partir de dicho factor de escala se generaron las dimensiones de la púa (en mm) (figura 11).

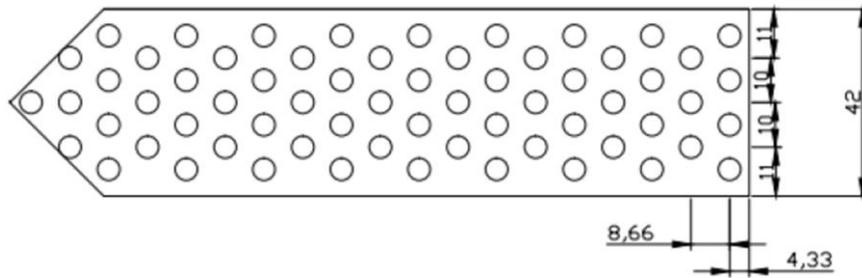


Fig. 11. Esquema de la púa biomimética

Se definió una densidad planar de unidad morfológica (PD) como el cociente entre la suma de todas las áreas parciales de la cavidad dentro del triángulo (A_C) y el área total del triángulo (A_T)

$$A_T = d^2 \cdot (3)^{1/2} / 4$$

$$A_C = 3 \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot r^2$$

$$A_C = \pi \cdot r^2 / 2$$

$$PD = A_C / A_T$$

Un factor de corrección (CF) tiene que ser aplicado a la densidad planar a fin de tener en cuenta las cavidades incompletas o parciales ubicadas en los bordes de la herramienta. Dicho CF se obtiene de la siguiente ecuación.

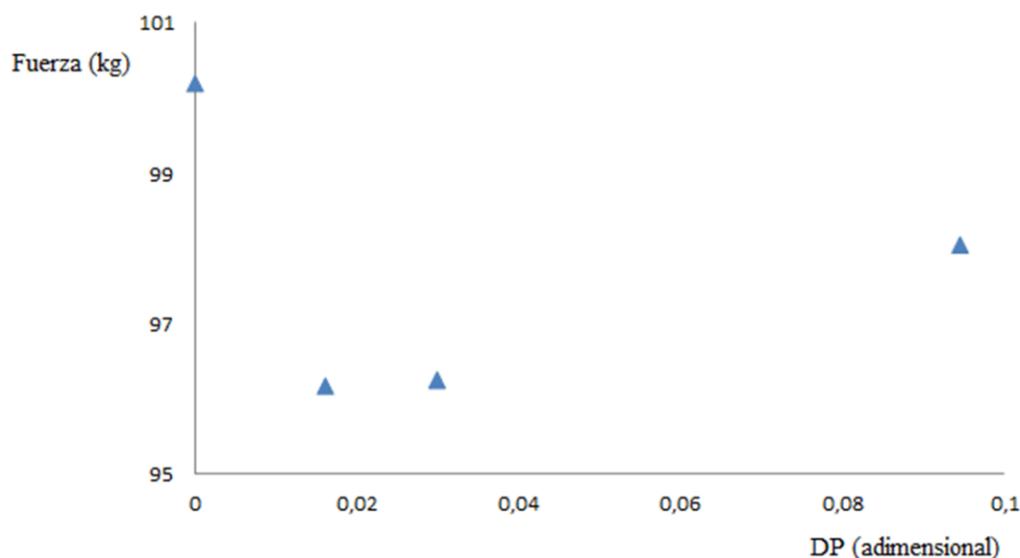
$$CF = (N + \sum n_i) / N$$

En donde N es el número de cavidades reales y n_i es la fracción de cavidad en el borde de la herramienta.

Por lo tanto, la densidad planar corregida (PD_c) es:

$$PD_c = A_C / (A_T \cdot (CF)^2) \quad [1]$$

En las pruebas de campo se ensayaron distintas púas, se varió la densidad y distribución de las cavidades. Todas ellas fueron contrastadas con una púa lisa. La figura 12 muestra los resultados obtenidos. Se observa un rango de valores de DP mediante el cual la fuerza de tracción del tractor se reduce aproximadamente un 4 % respecto de la púa lisa.



3. Conclusiones

A partir de un análisis USIT se pudo determinar el efecto indeseado para la interacción suelo-herramienta agrícola. Una solución Bioinspirada determinó que una dada distribución de cavidades sobre la púa permita reducir la fuerza de tracción del tractor en el orden del 4%. Lo anterior resulta en una disminución y por lo tanto en un ahorro de energía en el consumo de combustible.

Referencias

- [1] Soil Taxonomy.1975. Agriculture Handbook N° 436. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture.
- [2] Ed Sickafus: "Unified Structured Inventive Thinking -- An Overview", eBook, URL: <http://www.u-sit.net/>, (2003) (E). Traducido al idioma español por J. C. Nishiyama y C. Requena: http://www.u-sit.net/Apr2013_Sp/Textbooks/eBk1Sp.pdf
- [3] Ed Sickafus "Causes = Effects?" Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA (734) 676-3594 Ntelleck@u-sit.net, www.u-sit.net y Triz journal.
- [4] Ed. Sickafus: —Unified Structured Inventive Thinking – How to Invent, Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA, ISBN 0-965-94350-X. (www.u-sit.net), bajo el título de Pensamiento Inventivo Unificado Estructurado, como Inventar. Traducido al Español por J. C. Nishiyama, T. Zagorodnova y C. Requena. Dirección Nacional de Derechos de Autor, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos Expte. 5023607.
- [5] Revisión e-book —Heuristic for Solving Technical Problems – Theory, Derivation, Application. Dr. Ed Sickafus – Ntelleck – USA. Reconocimiento a: Juan Carlos Nishiyama y Carlos Eduardo Requena. <http://www.u-sit.net/Publications.htm>, <http://www.triz-journal.com/archives/2005/01/04.pdf> y http://en.wikipedia.org/wiki/USIT-Unified_Structured_Inventive_Thinking
- [6] Ed. Sickafus: "Heuristic Innovation", Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA, ISBN 0-965-9435-2-6 (www.u-sit.net). Bajo el título de Innovación Heurística. Traducido al Español por J. C. Nishiyama, T. Zagorodnova y C. Requena. Dirección Nacional de Derechos de Autor, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos Expte. 5023607.
- [7] Surface topography of agricultural machinery tools that interact with the soil and agricultural tool with modified surface topography. Canzian et al. U.S. Patent. US2014/0102738 A1.

Biomimética-PET-USIT

Juan C. Nishiyama^a, Juan Fructuoso^b, Carlos E. Requena^c

^{a,b,c} UTN, FRGP Av. Hipólito Yrigoyen 288, 1617 Grl. Pacheco, Buenos Aires, Argentina

^a jcnishiyama@yahoo.com.ar

^b juanfructuoso@hotmail.com

^c carloseduardorequena@yahoo.com.ar

ABSTRACT

Biomimetics is a rapidly growing discipline in engineering and design. Solutions achieved through strategies that emulate mechanisms and principles as those used by nature to solve their own problems. Because of its interdisciplinary approach, users find difficulty in selecting strategies in the search for information. PET (Thinking Equivalent Transformational) is a methodology about creativity and innovation and seeks to overcome the weakness of analogical thinking establishing a point of view of the problem to be solved by determining the objective and together function with the essential conditions that make their realization make up their essence. The idea is complete making a new conceptual model. Unified Structured Inventive Thinking (USIT) is a thinking tool developed and tested industrially. It is based on a small set of unified components called objects, attributes and functions (OAF model), which logically concatenated, are used from the problem definition, the subsequent analysis of the problem and the subsequent application of solution techniques. Moving towards a stripped metric analysis, addressed to the principles of the physical, chemical, biological and mathematical sciences, reaching conceptual solutions in resolving unwanted at its most basic phenomenological level effects. Subsequently, the engineering involved with the required specifications.

integration of structured and sequential of these tools, which allows, once applied the PET and located functions, treat these as unwanted effects, refine taxonomically as verbs to define the function more accurately avoiding misinterpretations strategic procedure is presented using minimum standardized vocabulary, and then using the model of USIT OAF rebuild the attributes that sustain and search data through the base of the Biomimetics.

Keywords: PET, TRIZ, Biomimetics, USIT, OAF, Taxonomy standard function.

RESUMEN

La Biomimética es una disciplina en rápido crecimiento en la ingeniería y el diseño. Alcanza soluciones mediante estrategias que emulan mecanismos y principios como los que utiliza la naturaleza para resolver sus propios problemas. Debido a su interdisciplinariedad, los usuarios encuentran dificultades para la selección de estrategias en la búsqueda de información. El PET (Pensamiento Equivalente Transformacional) es una metodología acerca de la creatividad y la innovación y trata de superar la debilidad del pensamiento analógico estableciendo un punto de vista del problema a resolver, determinando la función objetiva y junto con las condiciones esenciales que hacen a su realización conforman su esencia. Se completa la idea realizando un nuevo modelo conceptual. El Pensamiento Inventivo Unificado Estructurado (USIT), es una herramienta de pensamiento desarrollada y probada industrialmente. Se basa en un pequeño conjunto de componentes unificados denominados objetos, atributos y funciones (modelo OAF), que, lógicamente concatenados, se emplean desde la definición del problema, el subsiguiente análisis del problema y la posterior aplicación de las técnicas de solución. Orienta hacia un análisis despojado de métricas, direccionado hacia los principios de las ciencias físicas, químicas, biológicas y matemáticas, alcanzando soluciones conceptuales en la resolución de efectos indeseados a su nivel fenomenológico más elemental. Posteriormente, interviene la Ingeniería con las especificaciones requeridas.

Se presenta una integración de procedimiento estratégico estructurado y secuencial de estas herramientas, que permite, una vez aplicado el PET y ubicada las funciones, tratar a estas como efectos indeseados, refinarlos taxonómicamente como verbos para definir la función con mayor precisión evitando errores de interpretación al usar vocabulario mínimo estandarizado, y luego mediante el modelo OAF del USIT reconstruir los atributos que la sostienen y realizar la búsqueda de datos a través de la base de la Biomimética.

Palabras clave: PET, TRIZ, Biomimetismo, USIT, OAF, Taxonomía de función estándar.

1. Introducción

Biomimética, un nombre acuñado por Otto Schmitt en la década de 1950 para la transferencia de ideas y analogías de

la biología a la tecnología, ha producido algunos dispositivos y conceptos importantes y exitosos de los últimos 50 años, pero sigue siendo empírica. Se demuestra que TRIZ, el sistema ruso de resolución de problemas creado por el Ingeniero Ruso Genrich Altshuller, puede ser adaptado para iluminar y manipular este proceso de transferencia. El análisis usando TRIZ muestra que sólo hay un 12% de similitud entre la biología y la tecnología en los principios que ilustran soluciones a los problemas, y mientras que la tecnología resuelve problemas en gran parte mediante la manipulación de uso de la energía, la biología utiliza la información y la estructura, dos factores en gran parte ignorados por la tecnología. [1]

Al parecer, la mayoría de las tendencias en los dominios de la tecnología y la biología tienen diferentes significados y desarrollos. La ingeniería es más antigua que la raza humana, porque muchos animales hacen herramientas y cambian su entorno ambiental para sus necesidades y requerimientos. El conflicto de estrategias entre tecnología y biología puede causar serios problemas. Hay un reto para la síntesis dialéctica de estos dos opuestos. En la práctica esto significa que la tecnología debe abordar sus raíces y ver cómo las funciones biológicas se llevan a cabo. Esto nos puede enseñar mucho, porque las soluciones biológicas son frecuentemente más confiables, eficientes y limpias que la tecnología convencional de energía.

Aquí entra en juego el tema que proponemos, que es el del Pensamiento Inventivo Unificado Estructurado, conocido por su sigla en inglés como USIT, y que más adelante se hará una descripción del mismo.

También se incorporará en este trabajo una metodología llamada Pensamiento Equivalente Transformacional (PET), la cual, los autores del presente trabajo, debido a que no es una metodología que funciona al azar como el Brainstorming, Prueba y Error, y muchas otras, pero tampoco funciona como metodología estructurada al estilo TRIZ, USIT, etc., la clasificamos como una metodología semi-estructurada. En la Fig. 1 se muestra un diagrama del plan general.

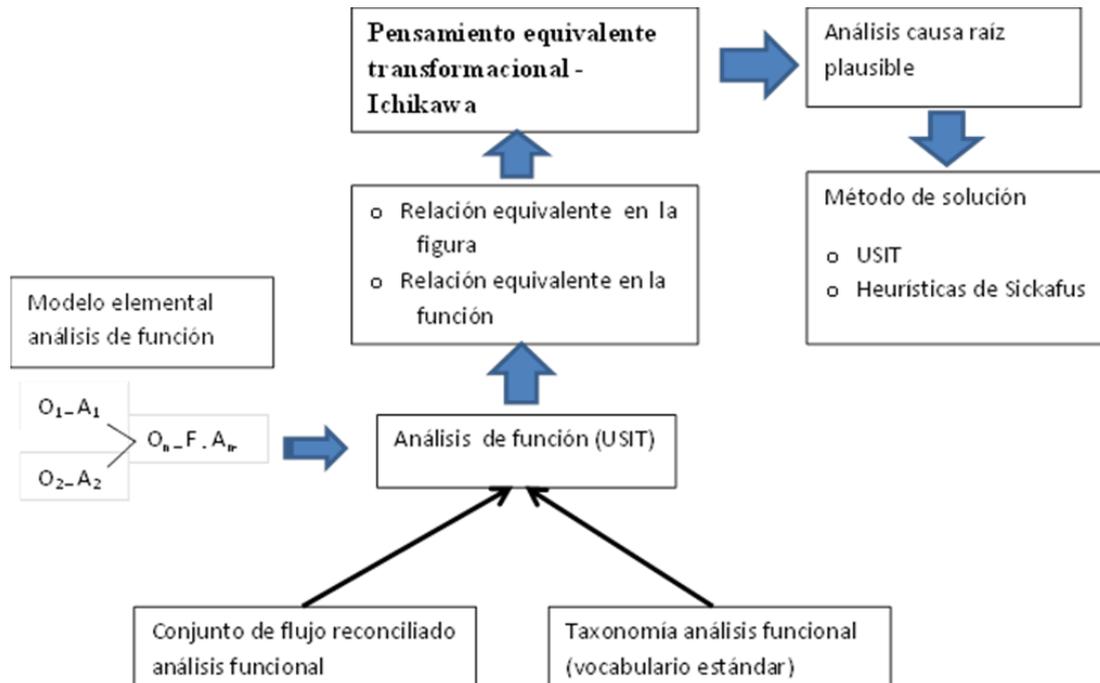


Figura 1- Resumen gráfico del proceso general del trabajo.

2. Biomimetismo

La biomimética como sinónimo de 'biomimesis', 'biomimética', 'biónica', 'biognosis', 'diseño inspirado en la biología' y palabras y frases similares implican la copia o la adaptación o derivación de la biología. Es una fusión relativamente reciente del uso práctico de mecanismos y funciones de la ciencia biológica en ingeniería, diseño, química, electrónica, etc. Desde la antigüedad, el hombre, ya se inspiraba en la naturaleza para sus diseños. En la actualidad no hay un enfoque general que haya sido desarrollado para la biomimética, para la búsqueda de analogías funcionales en la literatura biológica para poner en práctica. Transferir un concepto mecanismo desde la vida para un sistema no viviente no es trivial, rara vez resulta exitosa, incluso con la tecnología actual. [2]

Se requiere de una forma un procedimiento de interpretación o traducción de la biología hacia la tecnología.

3. PET (Pensamiento Equivalente Transformacional)

El Pensamiento Transformacional Equivalente es una teoría acerca de la creatividad y la innovación creada en 1955 por el Dr. Kikuya Ichikawa (Kyoto University, que luego se trasladó a Doshisya University). Es utilizada por la Escuela de Ichikawa, por ingenieros profesionales de los sectores de I + D y de producción del sector de manufactura. El Dr. Ichikawa dirigió la escuela desde los 60 a los 80.

Es estudiado de forma continua en las reuniones académicas formada por estudiantes de las escuelas Ichikawas.

Kikuya Ichikawa (1915-2000, Japón) trató de superar la debilidad del pensamiento analógico y establecer un nuevo esquema para la solución creativa de problemas. Nombró a su esquema como “Pensamiento Transformacional Equivalente (PET)”. [3]

Se representó a su aplicación en forma de ecuación matemática (ecuación ET), como se muestra en la Fig. 2:

$$A_0 \xrightarrow[\substack{V_i \rightarrow \\ \Sigma S_{cb} - i}]{\substack{\Sigma S_{ca} - i \\ C \ \epsilon}} B_T$$

Figura 2- Pensamiento Transformacional Equivalente desarrollado por Kikuya Ichikawa.

Dónde:

A₀ Fenómeno subjetivo

B_T Fenómeno objetivo

ε dimensión equivalente

C Condición restringida

ΣSca – i condición específica del sujeto

ΣScb – i condición específica del objetivo

V_i Punto de vista

El Dr. Toru Nakagawa [4], representó la ecuación del PET en un diagrama más comprensivo, ver la Fig. 3. Este diagrama del PET describe principalmente la información que se utilizará; por lo que es una especie de "diagrama de flujo de datos" (en lugar de un diagrama de flujo, o un "diagrama de proceso de flujo"). El método de procesamiento se muestra con flechas y numeraciones, en referencia con el diagrama de flujo PET de Ichikawa.

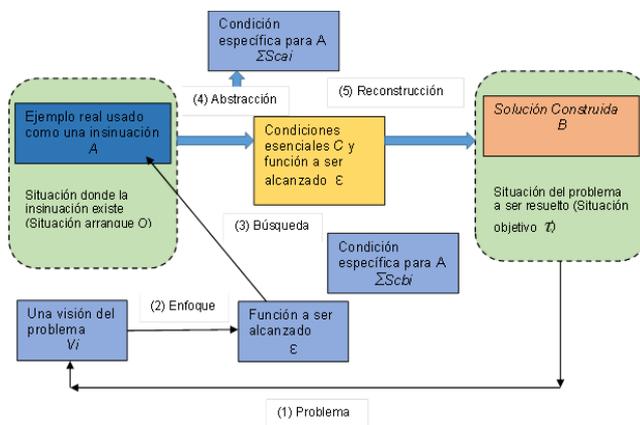


Figura 3- Estructura general de pensamiento transformacional equivalente de Ichikawa. (Dibujado por Nakagawa)

De acuerdo con el pensamiento PET, primero establecer una vista (Vi) del problema a resolver, determinar la función objetivo (ε), y luego seguir adelante en la búsqueda (en diferentes campos) para un caso concreto que tenga la función. El caso concreto A ahora se utiliza como una pista. Los detalles específicos del caso A están colocados a un lado, mientras que las condiciones esenciales (c) (es decir, los medios principales para la realización de la función) y se extrae

la función objetivo (ϵ). La esencia 'ce' se debe expresar en forma verbal de "Acción - Objeto – Medios" y puede ser considerada como (la parte central de) la solución generalizada en el Sistema de las Cuatro Cajas, ver la Fig. 4. Usando esto como el núcleo de la solución, se introduce un mayor conocimiento técnico con el fin de construir una solución B específica aplicable a nuestro problema específico. [5]

4. TRIZ

TRIZ es un método sistemático para incrementar la creatividad tecnológica, basada en el estudio de los modelos de evolución de patentes y en otros tipos de soluciones a problemas. Las personas que resuelven problemas de forma intuitiva, encontrarán que el método TRIZ les proporcionará ideas adicionales. Las personas que resuelven problemas de forma estructurada encontrarán que el método TRIZ les proporcionará estructuras adicionales.

Esta técnica de resolución de problemas de modo creativo llamada "Método TRIZ", es única en su concepción ya que surge de un enfoque diferente, que consiste en utilizar, en algún modo, el máximo de conocimientos disponibles sobre un problema concreto y llegar a su solución por la adecuación de soluciones aplicadas previamente a problemas similares. TRIZ es la primer técnica que se ha definido como "basada en el conocimiento", pero no la única, ya que a partir de ella se han construido otras. Respecto a esto, una de la que desarrollaremos en este trabajo es el USIT.[6]



Figura 4- Estrategia básica de TRIZ

4.1. Breve historia de cómo se creó TRIZ

Altshuller "tamizó" 1.500.000 patentes, quedándose con 200.000 de ellas tratando de buscar sólo los problemas inventivos y la forma en que fueron resueltos. De éstas sólo 40.000 patentes fueron consideradas como inventivas. El resto, son sólo mejoras rutinarias. Además él definió un problema inventivo como uno en que la solución causa otros problemas, es decir que cuando algún parámetro de ingeniería se mejora, otros empeoran. Posteriormente llamó a esto contradicción técnica. A modo de ejemplo, si deseamos reducir el costo de una pieza metálica estampada, lo mejoramos reduciendo el espesor de la chapa, pero como resultado se resiente su resistencia mecánica. Para alcanzar una solución ideal se deben eliminar las soluciones por compromiso o trade off, es decir eliminar totalmente las causas.

La aplicación de TRIZ a los sistemas biológicos está en su infancia y así que, en cuestión con la inversa, reportamos de un concepto casi fetal [7].

4.1 TRIZ como un Puente entre la naturaleza y la tecnología

TRIZ, comenzó a ser desarrollado hace poco más de 50 años en la ex URSS. El nombre de este particular sistema de resolución de problemas es el acrónimo de Teorija Reshenija Izobretatel'skih Zadach (traducido libremente como 'Teoría de Resolución de Problemas Inventivos'). TRIZ es conocido por su exitosa transferencia de varios inventos y soluciones en todos los campos de la ingeniería. El objetivo principal de la biomimética es también para transferir funciones, mecanismos y principios de un campo a otro de la ingeniería. TRIZ parece ser el punto de partida ideal para esto [1]. TRIZ es una colección de herramientas y técnicas, desarrollada por Genrich Altshuller y Rafik Shapiro [8], asegura la definición exacta de un problema a nivel funcional y luego proporciona fuertes indicadores hacia el éxito y, a menudo, soluciones altamente innovadoras. En la fase de definición, una serie de técnicas se utilizan para garantizar que el problema es colocado correctamente dentro de su contexto (el simple cambio del contexto puede resolver el problema.) y la disposición de recursos enumerados.

Con el fin de estandarizar el proceso, cada una de las características en conflicto tiene que ser asignada a un término contenido en una lista definitiva de 39 características de contradicción. Los problemas resueltos cuyos pares en conflicto más se acerquen a las del problema objeto de examen se emplean como análogos de la solución que se está buscando, y proporciona así la síntesis para completar la dialéctica de la tesis-antítesis. Con el fin de hacer que este proceso de comparación más fácil, los principios de invención derivados de las patentes existentes se introducen en una matriz con las características antitéticas a lo largo de la parte superior, y las características deseadas dispuestas a lo largo del eje

vertical. Esta matriz de contradicción sirve entonces como una tabla de búsqueda. Por lo tanto, el problema se resuelve. Fundamentalmente, este método permite al problema, y a su análogo(s) derivado(s), ser separados de su contexto inmediato, por lo que las soluciones a cualquier problema pueden extraerse a partir de una gama muy amplia de la ciencia y la tecnología. Por lo tanto, TRIZ se convierte en un vehículo adecuado para la identificación de funciones y transferirlos desde la naturaleza hacia la ingeniería. Esto deriva en lo que se conoce como BioTRIZ, que veremos en el siguiente punto.

La naturaleza y la organización de la biología y la ingeniería son muy diferentes: los organismos se desarrollan a través de un proceso de evolución y selección natural; la biología es en gran parte descriptiva y crea clasificaciones, mientras que la ingeniería es el resultado de la toma de decisiones; es preceptiva y genera reglas y regularidades. Los tipos de clasificación pueden ser jerárquicas (por ejemplo filogenética), paramétricas (por ejemplo cladístico, o como la Tabla Periódica) o combinatoria. Sin embargo, el motor de cambio en la biología y la ingeniería puede ser el mismo: la resolución de conflictos técnicos.

5. BioTRIZ

La práctica de utilizar organismos y sistemas biológicos para inspirar el diseño de sistemas de ingeniería, tradicionalmente se ha llevado a cabo sin el uso de herramientas o métodos sistemáticos para ayudar al diseñador. En los últimos años, sin embargo, se han desarrollado varias herramientas para ayudar a los diseñadores a utilizar con eficacia la bio-inspiración para el diseño de ingeniería. Estos métodos incluyen BioTRIZ, Modelado Funcional, búsquedas de palabras clave biológicas, y bases de datos en línea, tales como Asknature.org. [9]

Estos autores opinan que se debería combinar las características más avanzadas de los principios biológicos y la vasta experiencia de ingeniería. BioTRIZ fue desarrollado para iniciar este proceso. Para ellos, el desafío es tomar en cuenta las leyes del desarrollo (¡no solamente evolución en un sentido biológico!) de sistemas artificiales de vida y sin vida dentro de un dominio ingenieril y que, modificar TRIZ a su versión BioTRIZ hará de uso una tecnología más ecológicamente sensata y amigable al medioambiente y de este modo sustentable.

6. USIT

6.1. Breve descripción

El USIT (sigla en inglés de Pensamiento Inventivo Estructurado Unificado) es una metodología estructurada de resolución de problemas. Ha sido desarrollado y probado en las industrias para asistir al analista en la definición, posterior análisis de problemas, conducentes a la aplicación de técnicas específicas de soluciones y ampliando con detenimiento la búsqueda de soluciones conceptuales, basadas en un pequeño conjunto de componentes unificados (objetos, atributos y funciones), lógicamente concatenados.

Los “efectos deseados” reciben el nombre especial de “funciones”. Por eso, ambas palabras, función y efecto, llevan la connotación de una acción para modificar o para mantener.[10]

La palabra causa es usada en el análisis de un efecto indeseado. Esto se refieren a la descomposición en otros efectos subyacentes que lo llamaremos “Causas”. La preocupación inicial es determinar si el efecto indeseado es un efecto indeseado único- un tema de discusión principal en la definición del problema para la aplicación del USIT. Por lo tanto, con analizar un efecto indeseado particular en términos de sus causas, otros efectos enmarañados pueden hacerse aparentes. Ver la Fig. 6.

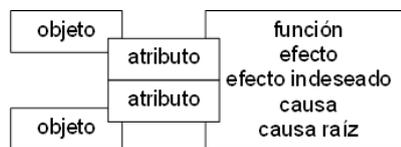


Figura 6 - Esquema de la interacción objeto-objeto, en donde se ilustra la equivalencia de función, efecto, efecto indeseado, causa y causa raíz.

El propósito de esta figura es para enfatizar que la Función, Efecto, Efecto Indeseado, Causa y Causa Raíz, son términos que tienen relaciones equivalentes, al menos en USIT, y que todos ellos tienen atributos asociados [11]. Estos son referidos como atributos causales cuando se aluden a causas de los efectos indeseados y como atributos soportes cuando se refieren a funciones. Listando los atributos causales para ser asociados con cada una de las causas raíces, se

completa un diagrama de las causas raíces creíbles.

En resumen, discriminar las palabras causa, causa raíz y efecto, es como sigue: un efecto mantiene o modifica un atributo. El modelo OAF (Objeto Atributo Función) del USIT consiste de un par de atributos interactuantes, uno de cada uno desde dos objetos en contacto. Por eso la causa de un efecto puede ser descrita en tres modos diferentes: en término de otro efecto (o función), en término de dos atributos interactuantes, o en término de dos objetos en contacto.

Este modelo ayuda al analista a enfocar en el punto de contacto entre dos objetos y a identificar los atributos activos de dicho contacto.

6.2. Flujograma del USIT

Problema bien definido

Las convoluciones de varios efectos mal definidos simbolizan el planteo del problema inicial. Si esta complicación no se identifica y se busca resolver rápidamente el problema, el analista puede languidecer en un estado de incertidumbre incapaz de encontrar una posición establecida en la situación del problema. La sección del problema bien definido contiene los pasos diseñados para permitir una rápida definición del problema con un enfoque eficaz. [12]

Diagrama del mundo cerrado

Una vez que el problema ha sido definido, el analista tiene a su disposición dos métodos de análisis. Uno de ellos es el método del mundo cerrado, que se ejecuta con un conjunto fijo de objetos, es decir, dentro de un mundo cerrado.

Método de las partículas

Este es el segundo método. Tiene la particularidad de aproximar el trabajo desde una solución ideal imaginada hacia la situación inicial del problema. Pueden ser posibles múltiples configuraciones de partículas en el estado final, pero solo se selecciona una para el análisis.

Técnicas de solución

Son seis técnicas y se las aplica en la última fase del proceso de resolución del problema. A veces, no es necesario agotar el uso de todas las técnicas, pues las soluciones pueden aparecer mucho antes, en cualquier punto a lo largo del proceso del USIT. Las técnicas de solución entran en juego como esfuerzos convenidos para ejercitar las herramientas específicas y encontrar aún más soluciones conceptuales no halladas anteriormente. Sus nombres son: unicidad, dimensionalidad, pluralización, distribución, transducción y generificación. Ver Fig. 7.

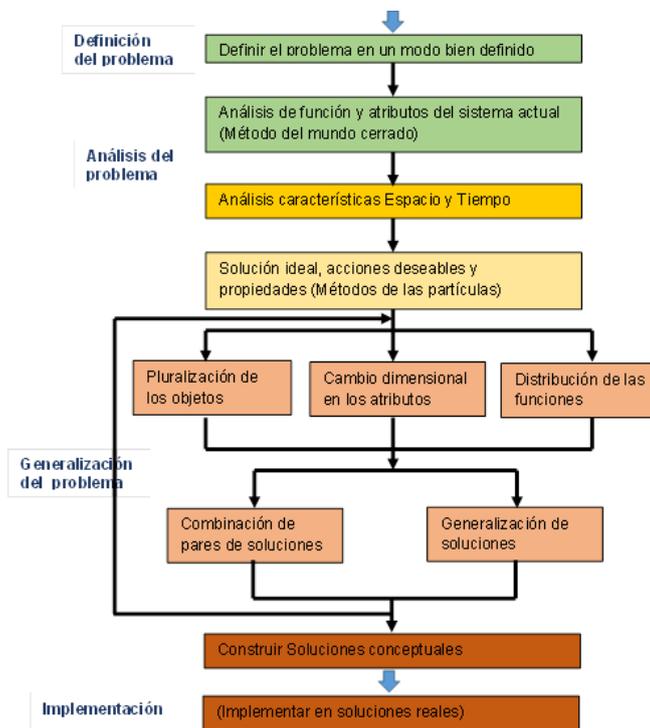


Figura 7- Flujograma del USIT

6.3. Operando con USIT

Una vez que el problema ha sido definido, primera de las tres etapas principales USIT, el analista tiene a su disposición dos métodos de análisis. Uno de ellos es el Método del Mundo Cerrado, el otro el Método de las Partículas (una adaptación al USIT de Smart Little People de TRIZ). Por razones de espacio, solo nos referiremos al primer método que trabaja con un conjunto fijo de objetos seleccionados cuidadosamente. Luego se prosigue con el planteo O-A-F (Objeto-Atributo-Función). El modelo O-A-F es una herramienta gráfico-conceptual que se fabrica teniendo en cuenta las interacciones entre los objetos que componen un sistema físico. En un punto de contacto, esos objetos están presentes al igual que las funciones que los relacionan. Necesitamos identificar los pares de atributos activos, uno por cada objeto que soporta una función. En la Fig. 7, se aprecia que dos objetos (O_1 y O_2) interactúan por medio de sus atributos activos (A_1 y A_2) soportando una función (F) deseable o indeseable, la cual modifica o evita la modificación del atributo (A_3) de un tercer objeto (O_3), que puede ser igual o diferente a uno o los dos objetos antes referidos.

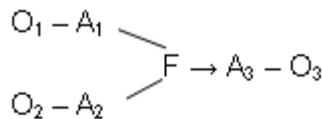


Figura 7. Modelo OAF, dónde

6.4. Relación entre TRIZ y USIT

Una de las claves del presente trabajo reside en que USIT deriva de forma directa de TRIZ y de forma indirecta a través del SIT (sigla en inglés cuyo correspondiente en castellano es Pensamiento Inventivo Estructurado). [13]

TRIZ trabaja sustentándose en una gran base de datos, el SIT, en cambio, es como una especie de TRIZ muy simplificado obteniéndose una excelente herramienta “de bolsillo” para solucionar problemas, pero no tan poderosa. USIT, en opinión de los autores de este trabajo, toma lo mejor de cada una de estas metodologías. Esto es, el poder de TRIZ y la simplicidad de SIT. Es una herramienta puramente de pensamiento que prescinde de la monumental base de datos de TRIZ. Gran parte de eso se debe a su modelo OAF. Cabe agregar que, mientras TRIZ es una excelente herramienta de creatividad e innovación, USIT lo es en cuanto a la solución de problemas, lo cual no implica que ambas metodologías puedan intercambiarse entre los campos antes mencionados. En 2012 se presenta una herramienta que, casi es una mezcla entre TRIZ y USIT, la misma fue creada por Cameron Gordon y se llama TRIZICS [14], y esta al igual que USIT tiene muy bien limitado y señalado el tema de la Causa Raíz del Problema. Esta última situación existe en TRIZ pero en forma más bien implícita.

De aquí que “saltamos” desde TRIZ, pasando por BioTRIZ y por el mismo TRIZICS, cayendo en USIT, no con el motivo de errado de querer superarlas, sino con la ambición de mostrar otro ángulo en el tema. Todas estas herramientas tienen sus virtudes y defectos. Se intenta tomar lo mejor de cada una.

7. Base funcional para el diseño

7.1. Breve descripción

Los Modelos Funcionales representan una forma de proyecto independiente de un producto [15]. Al igual que con cualquier modelo o esquema, es un lenguaje consistente o sistema de codificación que se requiere para asegurar que otros puedan leerlo. La función del producto se caracteriza en un formato de verbo-objeto (de flujo de la función).

El conjunto de funciones y flujos describe exhaustivamente el espacio de diseño mecánico, definiendo claramente cada una. La base funcional se compara con las representaciones funcionales anteriores y se muestra subsumir estos intentos, así como ofrecer un esquema de clasificación más consistente [16].

Además, el modelado funcional es un paso clave en el proceso de diseño del producto, ya sean originales o rediseñados. Ofrece un enfoque inductivo para crear un lenguaje de diseño común para ser usado con modelos funcionales, centrándose principalmente en los dominios mecánicos y electromecánicos. El lenguaje de diseño común se denomina base funcional. Se permite a los diseñadores describir una función general de los productos como un conjunto de simples sub-funciones y al mismo tiempo muestra su conectividad, logrando así comunicar la función del producto en un lenguaje universal.

Hay varios factores que motivan la creación de una base funcional para el diseño mecánico [17]. En particular, el uso de la base funcional descrito en este artículo contribuye de manera significativa a las siguientes seis áreas de diseño de productos:

- a) Desarrollo de la arquitectura del producto.

- b) Generación sistemática de estructura de función.
- c) Registro y transmisión de la información de diseño.
- d) Comparación de la funcionalidad del producto.
- e) Creatividad en la generación de conceptos.
- f) Métricas de productos, robustez, y benchmarking.

La base funcional se puede utilizar en muchas metodologías. El resultado final es siempre un modelo funcional de un producto expresado en un lenguaje de diseño común.

8. Propuesta de Trabajo

Ante un problema, se recomienda utilizar los verbos conciliados [18]. Ejemplo: se necesita transportar líquido. En Biomimetismo, bien podría utilizarse raíces capilares (base de datos), ¿cómo hacer si existen muchos ejemplos en una base de datos biomiméticos? Se debería utilizar un lenguaje conciliado que permita interactuar rápidamente con la base de datos biomiméticos. Esta base de datos debería tener las funciones con vocabulario conciliado [19].

Ejemplo de función USIT utilizando vocabulario reconciliado.

- 1) Flujo (material, energía, señal) del vocabulario reconciliado es equivalente al Objeto del USIT.
- 2) El análisis de función al modo USIT, usando el modelo O-A-F.

Lo haremos para un caso de calentamiento de agua mediante una celda captadora de energía solar. Ver Fig. 8.

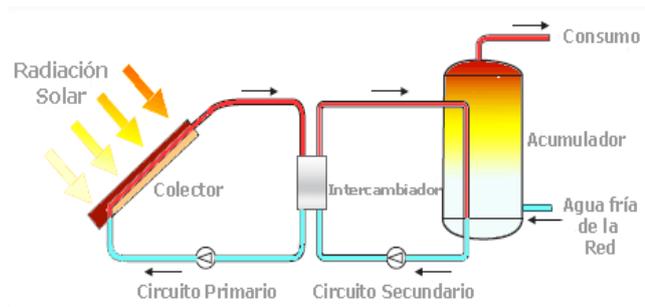


Figura 8- Calentamiento de agua mediante celda captadora de energía solar.

En la Fig. 9, se muestra un encadenamiento de OAF. Sobre y debajo de las cajas de los objetos están los atributos de esos objetos. Tales atributos son algunos activos al proceso de absorción y transferencia de calor.

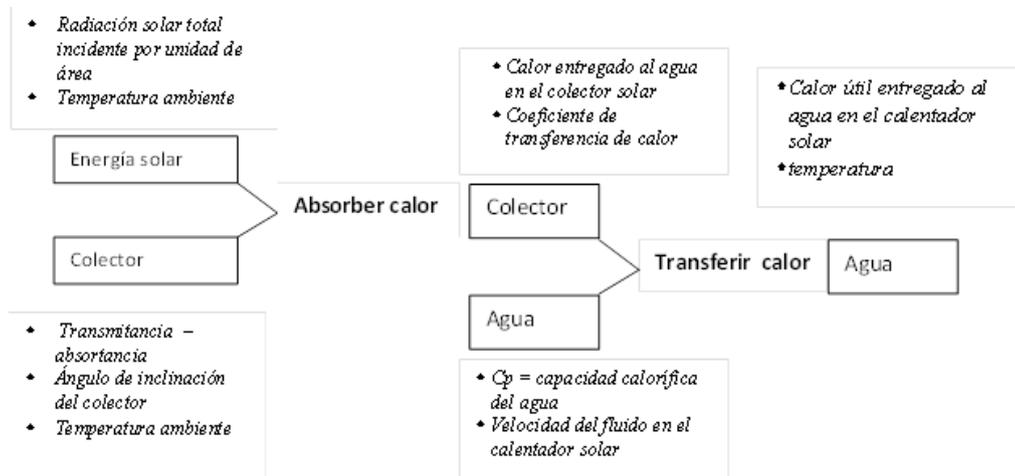


Figura 9- Encadenamiento OAF para el caso del calentamiento de agua mediante celda captadora de energía solar.

La función del colector es la de absorber calor de la energía solar y transferir ese calor al agua. Los verbos utilizados

corresponden a la taxonomías de la función (ver Tabla 1):

Tabla 1- Verbos de acuerdo a la taxonomía. Ver anexo 1

Abastecer	Almacenar		Acumular	
		Contener	<i>Capturar, encerrar</i>	
		Recoger	Absorber , consumir, rellenar, reservar	
	Proveer		Proporcionar, rellenar, restaurar	
Canalizar	Importar		Formar acceso, permitir, entrar, capturar	
	Exportar		Disponer, expulsar, emitir, vaciar, remover, destruir, eliminar	
	Transferir			Transportar, entregar
		Transportar		Avanzar, ascender, mover
		Transmitir		Conducir, transportar
	Guiar			Dirigir, cambiar, conducir, enderezar, interrumpir
		Trasladar		Mover, trasladar
		Rotar		Girar, voltear
		permitir DOF		<i>Limitar, desatar, desbloquear</i>

Propiedades – ATRIBUTOS USIT de un calefactor de agua. Ver Tabla 2.

Tabla 2- Atributos de un calefactor de agua.

A_{cs}	Área del colector	q_{cal}	Calor entregado al agua en el colector solar
A_{cx}	Área externa de las conexiones	q_{cs}	Calor disipado al ambiente por el colector
A_e	Área efectiva del colector	q_{cx}	Calor disipado al ambiente por las conexiones
c^2	Constante para determinar el factor de eficiencia geométrico	q_{da}	Calor disipado al ambiente por el depósito de almacenamiento
C_p	Capacidad calorífica del agua	q_{perd}	Pérdidas de calor en el colector
D_i	Diámetro interior de los tubos de la rejilla colectora	q_{util}	Calor útil entregado al agua en el calentador solar
D_h	Diámetro hidráulico de los tubos de la rejilla colectora	R_1	Resistencia a la radiación solar incidente sobre la placa de absorción
dU/dt	Incremento de energía interna	R_2	Resistencia a la radiación solar incidente sobre la placa de absorción
F	Eficiencia geométrica	Re	Temperatura ambiente
h	Altura del colector	T_a	Temperatura de la placa en la vecindad del tubo exterior
$h1$	Distancia vertical de la base del colector a la entrada de agua caliente del depósito	T_b	Temperatura de la cubierta exterior
$h2$	Distancia vertical de la base del colector a la salida de agua caliente del depósito de almacenamiento	T_{C1}	Temperatura de la cubierta interior
$h3$	Distancia vertical de la salida de agua fría del depósito a la entrada de agua caliente del depósito de almacenamiento	T_{C2}	Temperatura de fluido en cualquier posición
$h4$	Distancia vertical de la salida de agua caliente del colector a la salida de agua fría del depósito de almacenamiento	T_f	Temperatura promedio del agua dentro de las conexiones
$hc\infty$	Coefficiente de transferencia de calor por convección entre la cubierta y el aire ambiente	T_{fcx}	Temperatura del fluido a la entrada del colector
$hc1$	Coefficiente de transferencia de calor entre las 2 cubiertas	T_{fp}	Temperatura a la salida del colector
hf	Coefficiente de transferencia de calor por convección en la cubierta	U_{cp}	Temperatura promedio de la placa de absorción
h_{fr}	Coefficiente de transferencia por radiación entre la primera y la segunda cubierta	U_{da}	Coefficiente global de pérdidas de calor en las conexiones
hfo	Coefficiente de transferencia de calor por convección entre el fondo del colector y el ambiente	U_{fp}	Coefficiente global de pérdidas de calor en el depósito de almacenamiento
$hR1$	Coefficiente de transferencia por radiación entre la cubierta superior y la cubierta interior	U_L	Coefficiente de pérdidas de calor en el depósito de almacenamiento
$hR2$	Coefficiente de transferencia por radiación entre la placa de absorción y la cubierta interior	U_i	Coefficiente global de pérdidas de calor en el depósito de almacenamiento
h_v	Coefficiente de transferencia de calor por convección entre aire y placa	U_j	Coefficiente global de pérdidas de calor en el depósito de almacenamiento
$hc2$	Coefficiente de transferencia de calor entre la placa y la segunda cubierta	U_{sup}	Coefficiente de pérdidas de calor en el depósito de almacenamiento
H_T	Radiación solar total incidente por unidad de área	v_f	Coefficiente de pérdidas de calor en el depósito de almacenamiento
k	Conductividad de los tubos	v_v	Coefficiente de pérdidas de calor en el depósito de almacenamiento
k_a	Conductividad térmica del aislante	$\alpha 1$	Ángulo de elevación relativa del depósito de almacenamiento, respecto de la salida de agua caliente del colector y la entrada de agua caliente del depósito
l	Espesor del aislante en el fondo	$\alpha 2$	Ángulo de elevación relativa del depósito de almacenamiento, respecto de la entrada de agua fría del colector y la entrada de agua caliente del depósito
l'	Espesor del aislante por los lados	β	Ángulo de inclinación del colector
L_r	Longitud de los tubos del calentador solar	δ	Espesor de la placa de absorción
\dot{m}	Flujo de masa de agua en el colector	ΔP	Diferencia de presión por termosifón
m_t	Flujo de masa por cada tubo	ΔP_{CV}	Diferencia de presión de circulación natural
M	Distancia horizontal entre la salida de agua fría del depósito de almacenamiento y la salida de agua caliente del colector	ϵ_1	Emitancia de la cubierta exterior en el infrarrojo
n	Número de tubos de la placa de absorción	$\epsilon C2$	Emitancia de la cubierta interior en el infrarrojo
N	Número de cubiertas	ϵ_P	Emitancia de la cubierta interior en el infrarrojo
		γ_f	Peso específico del fluido
		η_c	Eficiencia del calentador solar
		σ	Constante de Boltzman
		ρ	Promedio de densidades del fluido
		ρ_e	Densidad del fluido a la entrada del colector
		ρ_s	Densidad del fluido a la salida del colector
		$\tau\alpha$	Producto transmitancia – absortancia

Un diagrama general de la propuesta de trabajo es (ver Figura 10)

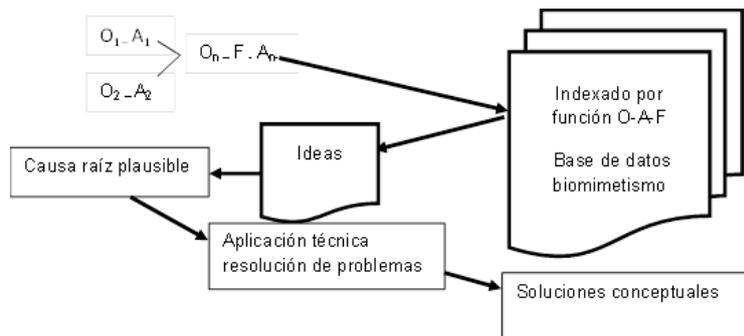


Figura 10- Diagrama general de la propuesta de trabajo.

9. Conclusiones

De la gran base de datos del Biomimetismo se extrae como la naturaleza resuelve sus problemas y lo aplica a los problemas diarios. Este es un gran problema a superar, la barrera entre el Lenguaje Biomimético y el Lenguaje Tecnológico. Traspasar esa barrera no ha resultado fácil. Por eso en este trabajo se propuso utilizar el PET, el cual, gracias al uso de la analogía, nos permite que, cuando el hombre crea una cosa nueva o concepto o traspasa algunas cosas comunes en una cosa diferente busca y toma una relación equivalente, estas son: la relación equivalente en la figura y la relación equivalente en la función. Pero, no todo es sencillo dado que existe una gran incertidumbre y confusión a la hora de elegir funciones, ya que estas pueden no estar muy claras al momento de ser elegidas o tomadas debido a la falta de un lenguaje estándar. En ayuda a este problema se propone utilizar un vocabulario estándar de la Taxonomía de Análisis de la Función para definir la función con mayor precisión y evitar equívocos y posteriormente con el Conjunto Estándar de Flujo Reconciliado pasar a la siguiente etapa para lograr una mejor precisión con el OAF. Con este, podemos analizar esas funciones de una manera inequívocamente estructurada. Todo el proceso queda así listo para la siguiente etapa, la del Análisis de la Causa Raíz Plausible. Con esto podemos hacer la equivalencia entre Función que es, en el método USIT, equivalente o igual al Efecto Indeseado. A partir de aquí, todo el conjunto queda ordenado para aplicar USIT con su Definición del Problema, su posterior Análisis y aplicación de sus Técnicas de Solución, y finalmente, hallar el tan perseguido espacio de Soluciones Conceptuales.

Referencias

- [1] Julian F. V. Vincent, Olga A. Bogatyreva, Nikolaj R. Bogatyrev, Adrian Bowyer y Anja-Karina Pahl. “Biomimética: su práctica y su teoría”. Departamento de Ingeniería Mecánica, Centro para Biomimética y Tecnologías Naturales, Universidad de Bath, Bath BA2 7AY, UK (Traducción del original inglés para uso particular)
- [2] N. Bogatyrev, O. Bogatyreva. “Tendencias de la Evolución TRIZ en Biología y Tecnología: Dos Opuestos”. Department of Mechanical Engineering, The University of Bath, UK ensnb@bath.ac.uk, ensob@bath.ac.uk (Traducción del original inglés para uso particular)
- [3] Satoru Ikehara, Masato Tokuhisa, Jin’ichi Murakami. “Analogical Mapping Method and Semantic Categorization of Japanese Compound and Complex Sentence Patterns”. Tottori University. Japan
- [4] Toru Nakagawa (Osaka Gakuin University, Japan). A New Paradigm for Creative Problem Solving: Six-Box Scheme in USIT without Depending on Analogical Thinking. English Translation by Toru Nakagawa, Apr. 23, 2006
- [5] Toru Nakagawa. Creative Problem-Solving Methodologies TRIZ/USIT: Overview of My 14 Years in Research, Education, and Promotion. Faculty of Informatics, Osaka Gakuin University. January 6, 2012.
- [6] Savransky, Semyon D. Engineering of Creativity (Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving) © 2000 by CRC Press LLC.M.
- [7] Michael W. Glier, Joanna Tsenn, Daniel A. McAdams, and Julie S. Linsey. Evaluating Methods for Bioinspired Concept Generation. Texas A&M University, USA
- [8] Isak Bukhman. “TRIZ Technology for Innovation”. ISBN 978-986-85635-2-0. 2012

- [9] Olga Bogatyreva, Anja-Karina Pahl and Julian Vincent. Enriching TRIZ with Biology the Biological Effects database and implications for Teleology and Epistemology. The Department of Mechanical Engineering, The University of Bath BA2 7AY, UK.
- [10] Ed. Sickafus, “Unified Structured Inventive Thinking – How to Invent”, Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA, ISBN 0-965-94350-X. (www.u-sit.net). (1995)
- [11] Ed Sickafus “Causes = Effects?” Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA (734) 676-3594 Ntelleck@u-sit.net, www.u-sit.net y Triz journal
- [12] Ed Sickafus, Innovación Heurística. Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA, ISBN 0-965-9435-2-6. Traducido al idioma español por J. C. Nishiyama, T. Zagorodnova y C. Requena. Dirección Nacional de Derechos de Autor, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos Expte. 5023607. Junio 2012
- [13] J. C. Nishiyama, T. Zagorodnova, C. E. Requena. Comparación del Manejo de las Contradicciones Físicas en TRIZ con Respecto al USIT. 10^o Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Monterrey, 15 al 18 de noviembre de 2015
- [14] Gordon Cameron - TRIZICS: Teach yourself TRIZ, how to invent, innovate and solve "impossible" technical problems systematically. www.trizics.com. 2010
- [15] Modelo del Proceso de Diseño Conceptual: Integración de las Metodologías QFD, Análisis Funcional y TRIZ. Tesis, Presentada como requisito parcial para obtener el grado de: Maestro en Ciencias Especialidad en Sistemas de Manufactura. Humberto Aguayo Téllez. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Monterrey División de Ingeniería y Arquitectura Programa de Graduados en Ingeniería. Diciembre de 1997
- [16] Pahl, G., Beitz, W., Engineering Design: A Sistematic Approach, Springer Verlag, 1996.
- [17] Development of a functional basis for design Robert B. Stone Kristin L. Wood.
- [18] A Functional Basis for Engineering Design: Reconciling and Evolving Previous Efforts Julie Hirtz, Robert B. Stone, Daniel A. McAdams, Simon Szykman, and Kristin L. Wood- NIST Technical Note 1447
- [19] Irem Y. Tumer, Robert B. Stone, David G. Bell. Requirements for Failure Mode Taxonomy for Use in Conceptual Design. International Conference on Engineering Design Iced 03 Stockholm, August 19-21, 2003

Anexo1 Tabla Base funcional de conjunto de flujo reconciliado

Base funcional de conjunto de flujo reconciliado				
Clases (Primario)	Secundario	Terciario	Correspondientes	
Material	Humano		Mano, pie, cabeza	
	Gas		Homogéneos	
	Líquido		Incompresible, compresible, homogéneos,	
	Sólido	Objeto		Cuerpo rígido , cuerpo elástico, flash
		Partícula		
		Compuesto		
	Plasma			
	Mezcla	Gas-gas		
		Líquido-líquido		
		Sólido-sólido		Agregado
		Sólido-Líquido		
		Líquido-Gas		
		Sólido-Gas		
		Sólido-Líquido-Gas		
Coloidal		Aerosol		
Señal	Estado	Auditivo	tono, palabra	
		Olfativo		
		Táctil	Temperatura, presión, rugosidad	
		Gusto		
		Visual	Posición, desplazamiento	
	Control	Análogo	Oscilatorio	
		Discreto	Binario	
Energía	Humana			
	Acústica			
	Biológica			
	Química			
	Eléctrica			
	Electromagnético	Óptica		
		Solar		
	Hidráulico			
	Magnético			
	Mecánico	Rotacional		
		Translacional		
	Neumático			
	Radioactivo/Nuclear			
Térmica				

Anexo 2- Tabla Base Funcional Reconciliada de Conjunto de Funciones

Base Funcional reconciliada conjunto de funciones.			
Clases (Primario)	Secundario	Terciario	Correspondientes
Ramificar	Separar		Aislar, separar, disgregar
		Dividir	Separar, aislar, liberar, clasificar, dividir, desconectar, sustraer
		Extraer	Refinar, filtrar, purificar, colar, tamizar,
		Remover	Cortar, taladrar, torneear, pulir, arenar
	Distribuir		Difundir, desvanecer, dispersar, disipar, diverger, esparcir
Canalizar	Importar		Formar acceso, permitir, entrada, capturar
	Exportar		Disponer, expulsar, emitir, vaciar, eliminar, destruir, eliminar
	Transferir		Transportar, entregar
		Transportar	Avanzar, ascender, mover
		Transmitir	Conducir, transmitir
	Guiar		Dirigir, cambiar, conducir, enderezar, interrumpir
		Trasladar	Mover, trasladar
		Rotar	Girar, voltear
permitir DOF		<i>Limitar, desatar, desbloquear</i>	
Conectar	Acoplar		Asociar, conectar
		juntar	Montar, sujetar
		enlazar	Adherir
	Mezclar		Añadir, mezclar, unir, combinar, empacar
Control Magnitud	Actuar		Habilitar, iniciar, comenzar, encender
	Regular		Control, equalizar, limitar, mantener
		Incrementar	<i>Permitir, abrir</i>
		Decrecer	Cerrar, retrasar, interrumpir
	Cambiar		Ajustar, modular, aclarar, desmodular, Invertir, Normalizar, rectificar
			reiniciar, escalar, variar, modificar
		Incrementar	Amplificar, mejorar, ampliar, multiplicar
		Decrementar	Atenuar, amortiguar, reducir
		Formar	Compactar, comprimir, aplastar, perforar, deformar, configurar
	Parar	Condicionar	Preparar, adaptar, tratar
		Finalizar, detener, hacer una pausa, interrumpir, impedir	
Prevenir		Deshabilitar, apagar	
Convertir	Convertir	Inhibir	Escudar, aislar, proteger, resistir
			Condensar, crear, decodificar, diferenciar, digitalizar, codificar, evaporar, generar, integrar, licuar, procesar, solidificar transformar
Abastecer	Almacenar		Acumular
			Contener
			Recoger
	Proveer		Absorber, consumir, rellenar, reservar
Señalar	Sentir		Percibir, determinar
		Detectar	Discernir, percibir, reconocer
		Medir	Identificar, <i>localizar</i>
	Indicar		Anunciar, mostrar, denotar, fichar registrar
		Rastrear	Marcar, temporizar
	Procesar	Exhibir	<i>Emitir, exponer, seleccionar</i>
Soportar	Estabilizar		Reforzar
	Asegurar		<i>Limitar, mantener, ubicar, fijar</i>
	Posicionar		Alinear, localizar, orientar

Aplicación de la metodología TRIZ a un problema real

Iglesias Tomás, Lauría Kevin, Castro Pablo

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Delta, San Martín 1171, 2804 Campana, Buenos Aires

^b Dirección de correo electrónico: *iglesias.t94@gmail.com*

RESUMEN

En la actualidad, la generación de energía de manera limpia y ecológica es de los temas más importantes a tratar a nivel mundial, ya sea a grande o pequeña escala.

En la energía basada en la quema de combustibles fósiles, tenemos la capacidad de utilizar ésta energía cuando la necesitemos.

El inconveniente principal aparece con el hecho de que las plantas de energía eléctrica no almacenan lo producido, sino que deben ser capaces de suplir la demanda en todo momento del día, utilizando sólo producción instantánea. Almacenar energía eléctrica no es buena idea. Por esto, se busca transformarla en otros tipos de energía, como puede ser la calórica, logrando un mayor aprovechamiento de la misma.

Hoy en día, incluso en nuestro país, institutos como el INTI, se encargan diariamente de desarrollar productos que satisfagan estas necesidades.

Uno de sus proyectos, intenta brindar a la comunidad una solución energética y ambiental con el aprovechamiento de recursos naturales. El producto sobre el que versa el proyecto es un "calefón solar" o equipo solar de bajo costo, el cual permite el calentamiento de agua para uso sanitario, brindando a las familias una importante reducción del consumo energético diario.

Sin embargo, por el funcionamiento que se describe con detalles en el resto del trabajo, estos calefones sufren problemas de adaptabilidad en climas fríos, produciéndose en ellos un tipo de roturas en sus cañerías de vidrio ocasionadas por el aumento de volumen que experimenta el agua al congelarse en horarios nocturnos.

El problema entonces se resume en:

"Desarrollar un sistema que no requiera vaciar el calefón para evitar roturas por la mayor presión generada por las bajas temperaturas nocturnas. El reemplazo de los caños utilizados por el sistema Heat Pipes permitiría conservar el calefón intacto ante grandes diferencias térmicas. Sin embargo, éstos son importados y su coste resulta elevado para los productores locales. "

Mediante la aplicación del procedimiento que propone el método TRIZ se logra encontrar una "familia de soluciones" que permiten resolver este problema.

Palabras Clave: Triz – calefones solares – problema real – búsqueda de soluciones – intercambiadores de calor.

1. Introducción

1.1 Termotanques solares – Características Técnicas.

Los termotanques solares, son sistema térmico que utiliza la energía solar para el calentamiento de agua. Está compuesto por dos elementos principales, el colector solar que es el componente encargado de transmitir la energía de sol al agua para su posterior calentamiento, y el termotanque solar, recipiente en el cual se almacena la misma.

Colectores solares: son dispositivos que están diseñados para recoger la energía que se genera con el sol y convertirla en energía térmica. Si bien existen varios tipos de colectores solares, los equipos con *tubos de vidrio al vacío* son los más comunes. Este vacío evita que el calor que ha ingresado al tubo interno vuelva escapar al exterior, permitiéndole a este sistema elevar el agua a temperaturas que pueden llegar a alcanzar los cien grados centígrados. Absorben no solo los rayos solares directos, sino que también la radiación solar difusa permitiendo calentar el agua aún en días nublados.

Los tubos convencionales funcionan de la siguiente manera:

El agua llena primero los tubos interiores de los colectores de vidrio y luego el tanque en sí.

En la pared interior del tubo de vidrio (Borosilicato 3.3) se sitúa una capa de color oscuro de material absorbente (Nitrato de Aluminio). Cuando la radiación solar incide sobre la capa de material absorbente se transforma en calor y eleva la temperatura del agua que está en contacto con él.

Se realiza una transferencia de calor en etapas:

- 1 – Transferencia de calor del ambiente al primer tubo de vidrio al vacío.
- 2 – Transferencia de calor del primer tubo hacia el segundo tubo tratado con material absorbente.
- 3 – Transferencia de calor del tubo tratado hacia el agua.

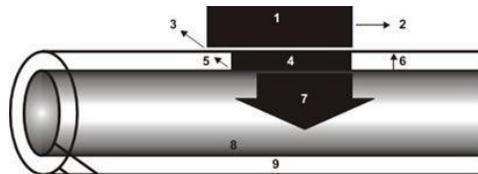


Figura 1 – Transferencia de calor en los tubos al vacío.

Termotanque almacenador: es compartimento en el cual se aloja el agua calentada por el colector solar. Este recipiente está térmicamente aislado, evitando que el agua contenida en su interior pierda temperatura por la noche. Está construido principalmente en acero inoxidable, revestido por espuma de poliuretano y el cuerpo exterior puede ser de plástico o acero inoxidable, materiales inmunes a la corrosión. Además, estos equipos cuentan con una resistencia eléctrica acompañada de un termostato, asegurando que en días nublados o muy fríos el agua alojada en su interior alcance niveles óptimos para su utilización.

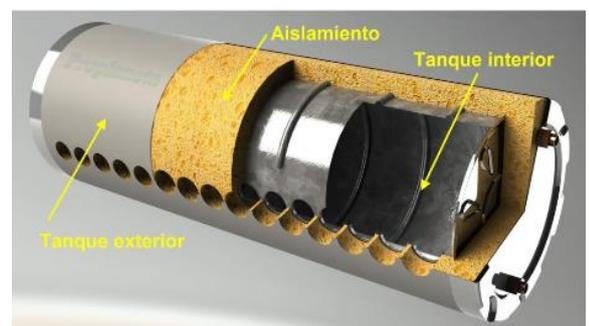


Figura 2 – Corte del termotanque almacenador.

El principio de funcionamiento de los calefones solares está basado en el movimiento del agua entre el colector y el termotanque solar. El agua absorbe el calor del sol dentro del colector y luego se almacena en el termotanque solar.

Este ciclo se repite hasta que la temperatura del agua alcanza el nivel deseado. La circulación del agua entre estos dos componentes, colector y termotanque solar, puede suceder de dos maneras:

Por *Circulación Forzada* o conocido como *Calefón Solar Presurizado*. Este tipo de instalación, la circulación del agua entre los colectores y el termotanque solar, se produce con el uso de una bomba. Estos modelos utilizan la tecnología de transmisión de temperatura a través de Heat Pipes. La transmisión de calor desde el Heat Pipe hacia el agua de consumo es indirecto, de tal forma que no existe contacto entre el bulbo del tubo Heat Pipe con el agua de consumo. Es ideal para zonas con bajas temperaturas: como no hay agua en el tubo de vacío, no hay riesgo de congelamiento y es adecuada para el uso en áreas muy frías. Ante una rotura de un tubo sigue en funcionamiento sin pérdidas de agua. Muy alta transferencia y mínimas fugas de calor. Casas con más de 2 baños. Ideal para instalaciones Presurizadas.

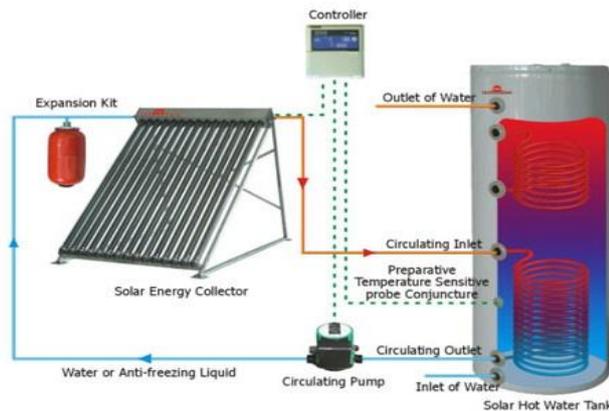


Figura 3 – Principio de funcionamiento de calefón de circulación forzada.

Por *circulación natural* o *Calefón Solar Atmosférico*: La circulación en este tipo de instalación se debe a la diferencia de densidad entre el agua caliente y fría (el agua caliente es más ligero que el agua fría). Se produce una recirculación natural entre el colector y termotanque solar, aumentando la temperatura de éste último hasta alcanzar los valores deseados en un breve período de tiempo. Para un correcto funcionamiento del termosifón, el depósito debe estar siempre instalado sobre el colector solar.

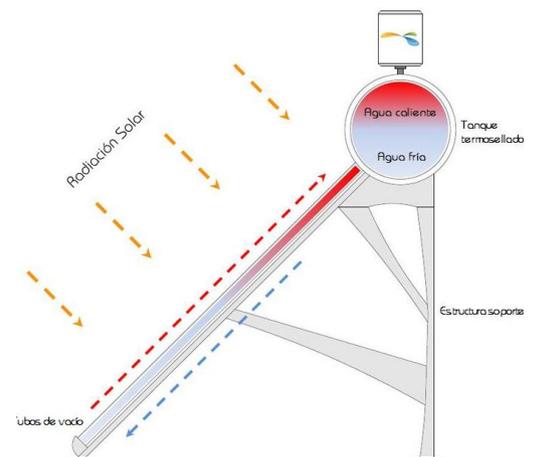


Figura 4 – Principio de funcionamiento de calefón atmosférico.

1.2 Definición del problema

Estos calefones solares funcionan correctamente, reduciendo los costos de la energía necesaria para calefaccionar el agua de un hogar hasta en un 50% en períodos de verano. Sin embargo, existen inconvenientes a resolver, como el caso del funcionamiento de estos calefones en zonas de heladas y bajas temperaturas.

Las grandes diferencias térmicas de la región de la Puna constituyen un peligro para los calefones solares con diseño básico. Es común la rotura de sus caños si no fueron vaciados por la noche, al ser sometidos a la mayor presión que ejerce el agua congelada en sus tubos. Asimismo, la utilización de anticongelantes, implica un gasto periódico, al requerir su recambio.

Los sistemas que utilizan Heat Pipes, pueden tener la capacidad de soportar los cambios de temperatura, ya que el agua no se encuentra en contacto directo con el tubo al vacío.

Sin embargo, el costo de estos tubos es algo a considerar, ya que haría poco accesible la compra de estos calefones a ciertos sectores de la población. Por esto, se busca solucionar el problema que tienen los calefones atmosféricos convencionales.

El problema se basa, entonces, en desarrollar un sistema que no requiera vaciar el calefón para evitar roturas por la mayor presión generada por las bajas temperaturas nocturnas. El reemplazo de los caños utilizados por el sistema Heat Pipes permitiría conservar el calefón intacto ante grandes diferencias térmicas. Sin embargo, éstos son importados y su coste resulta elevado para los productores locales.

2 Herramientas de TRIZ

2.1 *Análisis de Funciones*

- Identificación de componentes:

SISTEMA TÉCNICO	SÚPERSISTEMA
Tubo de vidrio de vacío	Atmósfera circundante
Tubo de vidrio tratado	Tanque calefón acumulador
Agua circulante	Cañerías de agua externas
	Tanque de almacenamiento

También se definen:

3 **Función principal del calefón solar:** Transferencia de energía del ambiente al agua para aumentar su temperatura.

4 **Target:** Agua

2.2 Análisis de interacción

Se busca detectar la interacción física entre componentes del sistema y el súper sistema.

	Tubo al vacío	Tubo tratado.	Agua	Tanque calefón	Atmósfera	Cañerías Externas
Tubo al vacío.	0	-	-	+	+	-
Tubo tratado.	-	0	+	+	-	-
Agua	-	+	0	+	-	+
Tanque calefón	+	+	+	0	+	+
Atmosfera	+	-	-	+	0	+
Cañerías externas.	-	-	+	+	+	0

Tabla 1 – Interacción entre componentes.

Esto, nos sirve para optimizar la definición de las funciones auxiliares y adicionales que aparecen por su relación.

2.3.1 Modelación de Funciones

Componente	Función	Categoría	Importancia Relativa	Calidad de Performance
Tubos tratados	Transferencia del calor al agua.	Útil	Auxiliar	Buena
	Contener el agua.	Útil	Básica	Insuficiente
	Mantener el calor una vez adquirido	Útil	Básica	Insuficiente
Agua	Almacenamiento del Calor	Útil	Básica	Insuficiente
Atmosfera	Enfría el agua	Nociva	Básica	
	Calienta el agua	Útil	Básica	Suficiente
Tanque calefón.	Almacenamiento del agua caliente	Útil	Adicional	Buena
Cañerías externas.	Transporte del agua hacia afuera del sistema	Útil	Auxiliar	Normal
Cañerías vacío	Transferencia del calor al tubo tratado.	Útil	Básica	Normal
	Evitar la salida del calor.	Útil	Básica	Normal

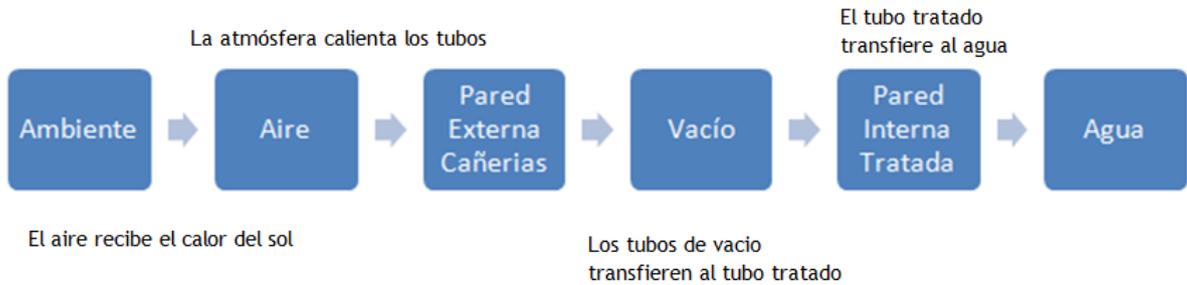
Tabla 2 – Modelación de funciones.

El análisis se realiza teniendo en cuenta los conceptos de:

Ranking de Funciones:

- 5 **Útiles:** Las funciones más cercanas al Target son más significantes y por lo tanto se puntúan más alto que las más alejadas.
- 6 **Funciones Básicas:** Dirigidas al target y tienen el mayor puntaje (se las representa con la B). Puede haber más de una.
- 7 **Funciones Adicionales:** Dirigidas a un componente del Súper Sistema
- 8 **Funciones Auxiliares:** Dirigidas a un componente de un Sistema Técnico. La más cercana a la función Básica es de rango 1, la siguiente n+1

2.3.2 Análisis de interacción del calor



3 Enfoques de solución

Una vez aplicada la primera serie de herramientas de TRIZ, se nos presentan distintas alternativas a seguir en el camino de la búsqueda de soluciones

3.1 Problema de la interacción del ambiente con los tubos de vacío: Debemos encontrar una forma de evitar que la temperatura del agua lograda durante el día se pierda en el ambiente a bajas temperaturas.

3.2 Raíz de problema en el reventamiento de tubos, por diseño o falta de resistencia del vidrio.

De esta forma, habiendo definido 2 alternativas, procedemos en el siguiente apartado, a utilizar TRIZ para hallar soluciones finales.

4 Aplicación de herramientas de TRIZ para la búsqueda de soluciones.

Matriz de contradicciones de Altshuller

La matriz de contradicciones de Altshuller *es una de las herramientas del TRIZ clásico que nos permite usar los principios de inventiva cuando identificamos una Contradicción Técnica en nuestro problema.*

Altshuller genero la hipótesis de que existen principios universales de invención, que pueden servir de base para las innovaciones creativas y los avances tecnológicos.

En primer lugar, establecemos las contradicciones que identificamos en cada enforque en particular.

Luego, analizamos los principios de inventiva recomendados por la matriz para aplicar como solución del problema.

4.1 Análisis del enfoque 3.1

Parámetro a mejorar	Parámetro que se deteriora
31 - Efectos secundarios dañinos	36 - Complejidad de mecanismo 2 – Peso de un objeto sin movimiento 11 – Tension, Presión

Los principios recomendados son:

- **Anidación:** Objeto pasa por la cavidad de otro objeto.
- **Dinamicidad:**
- Ajuste automático del ambiente externo.
- Objetos movibles que cambien de posición relativa.
- **Campo electromagnético para la interacción con el objeto.**
- **Convertir algo malo en un beneficio.**

4.2 Análisis del enfoque 3.2

Planteo como contradicción física

Para que los tubos no se revienten tienen que permitir que el agua vaya a algún lado cuando se expande.

Entonces se presenta la contradicción física:

Los tubos tienen que contener agua
Pero
Tienen que evacuar el agua cuando está congelada

Tratándolo como un problema de separación en el tiempo, los principios propuestos son:

- Acción previa.
- Dinamicidad.
- Acción contraria previa.
- Amortiguamiento anticipado.
- Restauración y regeneración de partes.

5 Estudio de familia de soluciones propuestas por el método

Como resultado de aplicar los métodos mencionados en la búsqueda de soluciones, se obtuvieron distintos principios de inventiva que nos permiten pensar en una familia de soluciones.



A partir de esta familia de soluciones, podemos profundizar aquellos conceptos que creemos solucionan de manera mas elegante el problema en cuestión.

6 Conceptos de solución

6.1 Tubos de policarbonato

El primer concepto obtenido fue el del reemplazo de los tubos de vidrio por tubos de policarbonato transparente, teniendo las mismas características que el vidrio en cuestiones de transparencia y absorción de energía, y siendo mucho más resistente y flexible que el mismo. El policarbonato resultante de la reacción entre derivados del ácido carbónico y el bisfenol A es un termoplástico de ingeniería que se ha tornado muy conocido por ser transparente como el vidrio y resistente como el acero. De esta manera el agua puede congelarse dentro de él y no causar roturas o fallas.

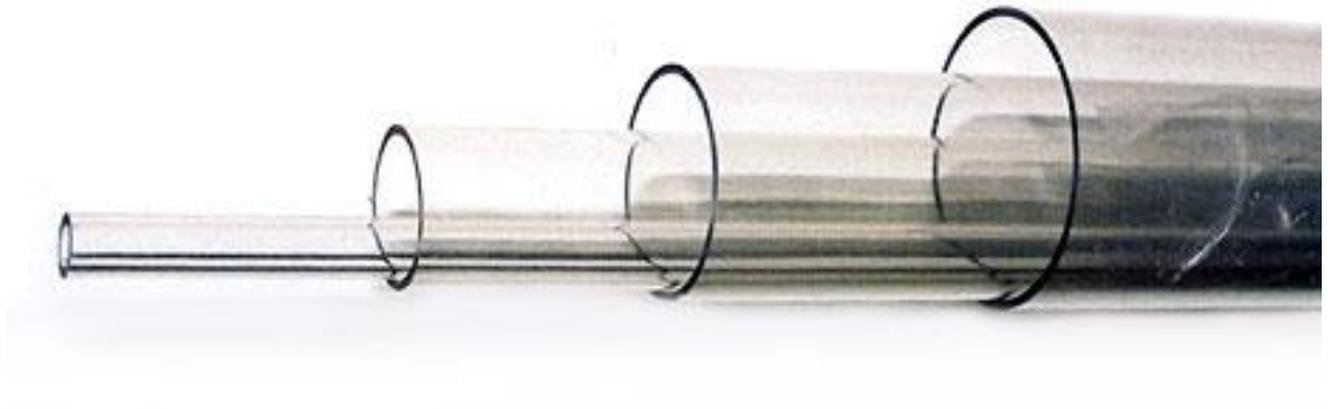


Figura 5 – Tubos de policarbonato.

Ventajas

- 7 Su resistencia al impacto es exageradamente elevada.
- 8 Gran transparencia.
- 9 Resistencia y rigidez elevadas.
- 10 Elevada resistencia a la deformación térmica.
- 11 Elevada estabilidad dimensional, esto es, elevada resistencia a la fluencia.
- 12 Buenas propiedades de aislamiento eléctrico.
- 13 Elevada resistencia a la intemperie, con protección contra rayos ultravioleta.

6.2 Fuelle de material aislante autoextraíble (combina materiales compuesto, ajuste automático, dinamicidad y anidación)

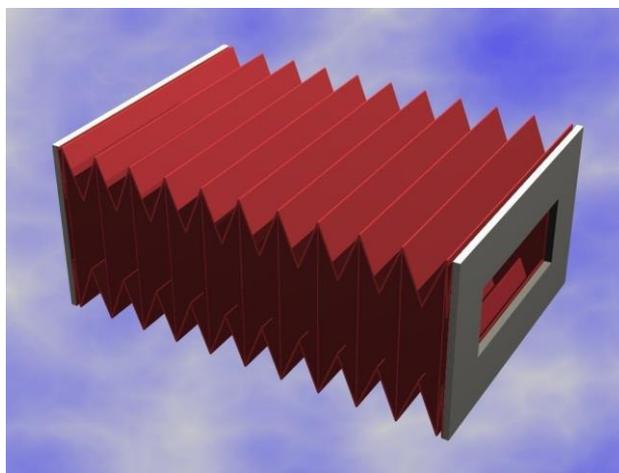


Figura 6 – Representación gráfica de un fuelle.

El concepto se basa en un fuelle de tela aislante que envuelva totalmente los tubos en horarios nocturnos y logre una difusión mucho más lenta del calor al ambiente.

El fuelle debe ser de un material aislante lo suficientemente flexible para poder ser retraible durante el día.

Este se retrae automáticamente a un horario del día programado, avanzando con ayuda de un motor eléctrico y respectivas guías y cubriendo de forma total a los tubos del calefón, con un material aislante.

Este material como interfaz entre los tubos y el ambiente es capaz de evitar el congelamiento del agua, y así, su expansión no controlada para evitar la rotura de los tubos en horarios nocturnos.

De los materiales posibles, nos encontramos con telas formadas con fibras de vidrio o fibras cerámicas, disponibles en el mercado.

Mediante un sistema de timer electrónico, se programa la hora del día deseada para que el sistema le dé la orden al fuelle de desplegarse.

El fuelle comienza a desplegarse encerrando los tubos en su camino y trabándose en la parte superior.

De esta manera, “envuelve” a los tubos hasta el horario programado de luz solar, donde se repliega y los deja al descubierto para que la luz solar incida directamente sobre ellos.

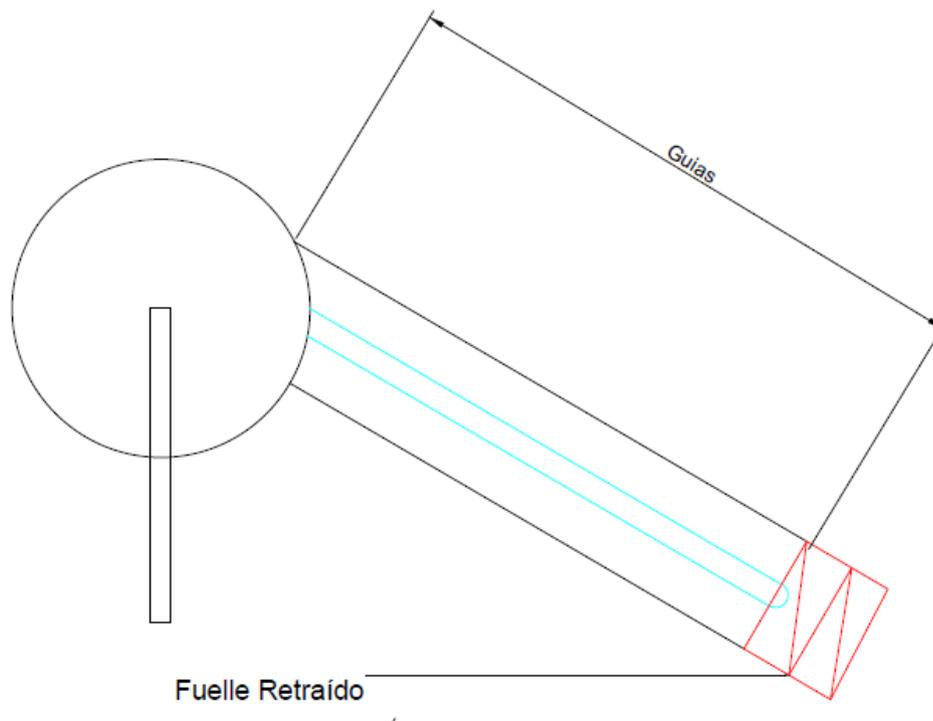


Figura 7 – Funcionamiento del sistema de fuelle.

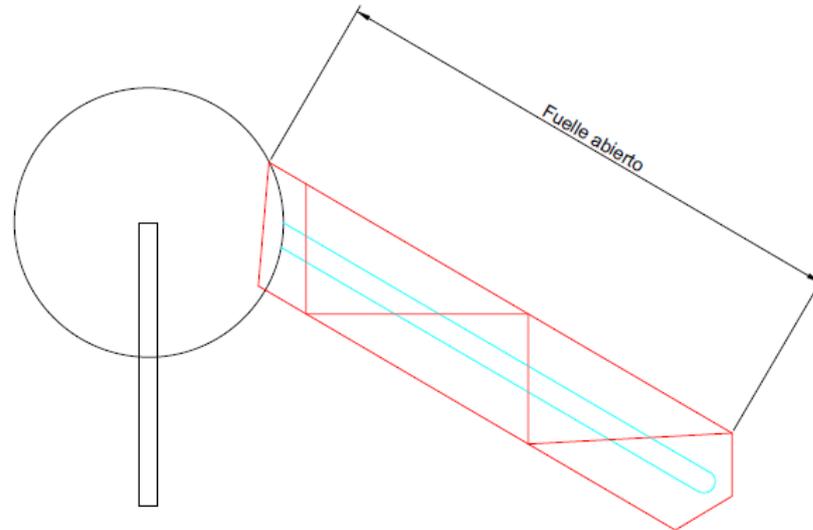


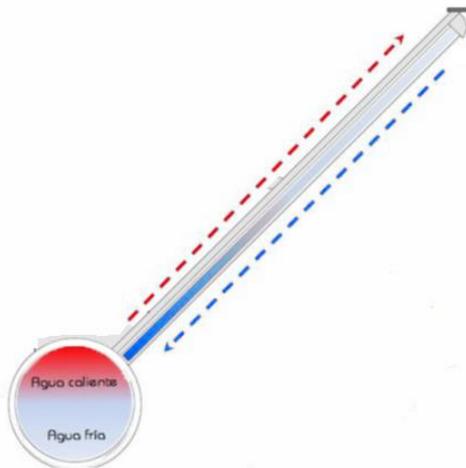
Figura 8 – Funcionamiento del sistema de fuelle.

1.3.3 Balance dinámico de congelamiento de agua

Esta solución se propone utilizando los siguientes principios:

- Convertir algo malo en un beneficio: Utilice factores dañinos de un ambiente para obtener efectos positivos.
- Dinamicidad:
 - Ajuste automático del ambiente externo.
 - Objetos movibles que cambien de posición relativa.
- Acción previa: Ordene los objetos de tal manera que puedan entrar en acción sin pérdidas de tiempo y de la posición más conveniente.

Utilizando el mismo principio de funcionamiento, proponemos inclinar el calefón solar en horarios nocturnos para lograr la circulación inversa del agua y así mantenerla líquida por más tiempo, combinándola continuamente con el agua caliente almacenada en el calefón.



Haciendo que el dispositivo pivotee en su centro geométrico, lograríamos el propósito de inclinarlo hacia el lado del calefón automáticamente, solo por su peso propio.

Luego, utilizando un sistema mecánico que dependa del aumento de volumen del agua al congelarse, desplazarlo a la posición de uso natural cuando las temperaturas aumenten y que el ciclo se repita automáticamente, dependiendo pura y exclusivamente del agua y la temperatura

Figura 9 – Equipo invertido.

7 Conclusion

Como se titula este trabajo, “Primera aplicación del método TRIZ para la resolución de un problema real”, realizamos nuestro primer contacto con esta metodología, eligiendo de una base de datos, un problema sin resolver.

Una vez obtenido el problema, nos avocamos a la lectura de bibliografía e información de distintas fuentes reconocidas acerca de la metodología de TRIZ y lo que ésta propone.

De esta manera, descubrimos que la metodología consiste en una serie de herramientas a aplicar de manera ordenada. De esta forma, guía a la persona que la aplica, a una posible solución para el problema que se le presenta.

Al ser este nuestro primer acercamiento a TRIZ, seleccionamos algunas de las herramientas para resolver nuestro problema. Si bien los resultados obtenidos fueron los buscados, somos conscientes de que, en problemas más complejos, es necesaria la aplicación de un mayor número de herramientas y conceptos. Es por esto, que la primera conclusión extraída es la de continuar con la profundización del conocimiento de la metodología aun habiendo finalizado el congreso.

La segunda conclusión a la que arribamos al finalizar este trabajo tiene que ver con las soluciones obtenidas. El método no nos guió a una única solución, sino que presenta una serie de propuestas que forman una familia de soluciones. De esta manera, le permiten a la persona estudiarlas una por una, para detectar beneficios y falencias y seleccionar la más adecuada para el problema en cuestión.

Finalmente, destacamos la tercera conclusión, referida a los prejuicios que existen a la hora de aplicar éste y otros métodos de resolución de problemas de inventiva. Es común generarse a uno mismo un escepticismo, incredulidad o falta de confianza en la verdad o eficacia de estos métodos, pensando que no son una solución mágica. Sin embargo, nos propusimos probarlo con nuestras manos y sacar conclusiones una vez finalizado el trabajo. Claramente, podemos destacar que el método requiere de una base teórica para ser aplicado correctamente, pero una vez sorteada esta barrera, la efectividad queda fuera de discusión. Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que se puede obtener una familia de soluciones a un problema real mediante la aplicación de la metodología TRIZ,

Agradecimientos

A partir de esta mención se agradece a la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Pacheco por la invitación a participar del 1^{er} Congreso Argentino de TRIZ, a la Facultad Regional Delta por el apoyo en la participación, al Ingeniero Juan Pablo Roma por la dirección y la guía en el proyecto.

Referencias

- [1] The Innovation Algorithm: TRIZ - Genrich Altshuller -Lev Shulyak
- [2] And Suddenly the Inventor Appeared: Triz, the Theory of Inventive Problem Solving – G. Altshuller - H. Altov - Lev Shulyak
- [3] Proyecto Innovación Argentina, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación

Walking device for dystonic patient

Juan Pablo Roma

Castilla 413, Campana (2804), Argentina

ing.jproma@gmail.com

ABSTRACT

Dystonia is a movement disorder that affects several hundred thousand adults and children in USA alone according to the Dystonia Medical Research Institute. In Argentina 40.000 cases have been detected during year 2008. Although there are different degrees of dystonia, generalized dystonia refers to the one that may affect the limbs, trunk, and other major body areas simultaneously. This work aims to the improvement and adaptation of traditional walkers to dystonic patient's specific needs. TRIZ tools are applied to formulate the problem and propose alternative solutions.

Keywords: Walker, dystonia, wheelchair

RESUMEN

Distonía es un desorden de los movimientos corporales que afecta cientos de miles de niños y adultos en Estados Unidos según el Dystonia Medical Research Institute. En Argentina 40.000 casos fueron registrados durante el año 2008. Aunque existen distintos grados de distonías, la distonía generalizada se refiere a la que afecta las extremidades, el tronco y otras grandes áreas del cuerpo simultáneamente. Este trabajo apunta a la mejora y adaptación de los andadores tradicionales para las necesidades específicas de pacientes con distonía. Las herramientas de TRIZ son aplicadas para formular los problemas y proponer soluciones alternativas.

Palabras Clave: Andador, distonia, silla de ruedas

1. Introduction

Dystonia is a disorder characterized by involuntary muscle contractions that cause slow repetitive movements or abnormal postures. Early symptoms may include a foot cramp or a tendency for one foot to turn or drag or a worsening in handwriting after writing several lines. In other instances, the neck may turn or pull involuntarily, especially when the person is tired or under stress.¹ Walkers are the most commonly used device for dystonic patients to develop Daily Life Activities (DLA) depending on the degree and type of the affection. This work is oriented to adapt the existent walkers for patients with possibilities to exercise and improve walking. First we are going to build the Innovation Situation Questionnaire for an exhaustive description of the problem. Afterwards a set of different TRIZ tools are going to be deployed to find specific solutions.

2. Innovation Situation Questionnaire ²

ISQ provides the much needed structure for gathering information necessary to reformulate the problem and then break it down into smaller problems.

2.1. Information about the system

System Name: Walking device (walker)

System's Primary Useful Function: "The device **holds** the body in **walking position**"

2.2. Current or desired system structure

In general, current walkers in the market contain a frame, wheels, harness, legs support/guide and hand holders. The walker's structure includes the harness which is connected to the frame. Frame contains wheels and legs support as well as hands holders. Figure 1 shows two existent walkers in the market today.



Figure 1 - (a) Rifton Pacer ®; (b) NF Walker ®; (c) Kid Walk ®

2.3. Functioning of the system

The user is placed into the frame through the harness. By pushing with their feet on the ground it generates a reaction force that moves the frame which makes the wheels rotate and translation of the frame.

2.3.1. System Environment

The walker interacts with the user, ground, air, car trunks, objects in the house and the school, bathroom, bedroom. A walker represents a subsystem of a super system that is orthopedic devices.

2.3.2. Available Resources

- a. **Substance resources:** Metal, plastic, neoprene, nylon, rubber
- b. **Field resources:** Free energy from oscillations in the ground. When moving one leg it can make to move the other leg. Friction on wheels. Springs compression and tension.
- c. **Space resources:** Free space in the frame, inside the tubes, free space between legs, under wheels
- d. **Information resources:** Change in sound during movement, change in displacement resistance. Vibration or acceleration represent changes in equilibrium or stability.
- e. **Functional resources:** adapting harness to different positions. Disassembling for transportation.

2.4. Information about the problem situation

a. Desired Improvements to the system or a drawback you would like to eliminate

Getting into contact with the surroundings is difficult because of the interferences it causes. Stability exercised by users is so basic since they are always supported by four wheels. Generally, they are heavy to provide more stability.

The walker is as complex as unaesthetic for users that it impacts on integration and socialization, even worst when they are kids.

b. Mechanism which causes the drawback to occur, if it is clear

Increasing safety and stability with common materials involves a big and heavy frame with at least four wheels. Giving priority to stability decreases aesthetics and maneuverability.

c. History of the development of the problem

Walkers and wheelchairs have been always a metallic structure with 4 wheels, in most of cases equipped with a device to push it b hand. Since the most commercially convenient version is like that does not mean that this is the most appropriate for all cases. Sometimes users may need less assistance form the device, eve it could be worst for the user.

There are many things that could be done yet to improve integration and integration with surroundings at affordable prices.

d. Other problems to be solved

Common systems for legs orientation or positioning is complicated and uncomfortable for the user. To assist smoothly the movements of the user or to allow them the possibility to change the effort level required to move the device, the system could be electronically controlled. It requires batteries and more weight.

Not using wheels at all could be possible if an orthosis would assure stability to the user. A system to avoid losing control, avoid strong falls or unbalances that could hurt the user, should be considered.

2.5. Changing the system

a. Allowable changes to the system

Only small changes are possible; options are restricted by the necessity to retain customer's requirements.

Major changes to ordinary walkers would require a deep knowledge on specific disability and the time and costs of tests to approve a very different design would be unaffordable for the project team.

b. Limitations to changing the system

Creating a device completely adaptable to any kind of ground and to so many different situations without losing stability and would be too complex. Wheels are the most common, cheap, and safe component to achieve reasonable mobility.

2.6. Criteria for selecting solution concepts

Design criteria will include:

- Improvement in integration and interaction with surroundings, that means the walker must be reduced to the size of the user's body.
- Probability of increasing walking capabilities, exercising and stimulating the user progressively.
- Differentiation from the appearance with common walker designs.
- Adaptability to a wide range of patient's needs due to the different severity of the disease
- Low manufacturing price. It requires the product can be produced massively and at the same time adaptable to very specific patient's needs.
- Easy to operate and setting up (excessive regulations make devices too complicated).
- Easy to transport (by car, etc). It means it must be light enough and folded.

2.7. History of attempted solutions to the problem

a. Previous attempts to solve the problem

The last technological developments in orthopedics have been oriented to exoskeletons which are external articulate structures that fixed to the body (limbs generally) try to assist human movements. Self-controlled (electro mechanics) exoskeletons are still under development because of the difficulties to replicate walking dynamics in a reliable way. Although there have been relevant advancements, the device is to complicate yet and impractical. Passive exoskeletons would not be recommended for patients that cannot stand by themselves.

b. Other systems in which a similar problem exists

When teaching kids to ride a bike, two little lateral wheels are placed. At the time the kid improves its equilibrium, parents start rising gradually these wheels.

3. Problem Formulation Process ³

In the past section it was identified relevant information to solve the primary problem. The next step in problem formulation involves translating the problem into more precise phrases that describes the interaction between useful and harmful functions. In the next section useful function are in parenthesis and harmful functions, underlined between brackets.

3.1. Walker problem

Patients can walk because their complete weight is supported by the walker. This weight is transferred through the wheels to the ground. Walkers are stable and safe because they are heavy and robust. Generally, two pairs of wheels distributed in an extensive frame, are placed to provide stability but occupying a considerable area. More wheels are added increases the restrictions to move inside a house. Big, significant and uncomfortable structures also increase patient stigmatization. According to Problem Formulation Process the useful and harmful function are related as following:

- (Moving walker) is required for (patient to “walk”)
- (Multiple Wheels) are required for (Moving walker)
- (Multiple Wheels) are required for (Stability)
- (Stability) cause [wide frame]
- [Wide frame] cause [Difficulty to perform AVD]
- [Wide frame] cause [Difficulty to handle]
- [Wide frame] cause [Heavy frame]
- [Difficulty to perform AVD] cause [patient isolation]

Figure 2 represents the flow chart for this problem.

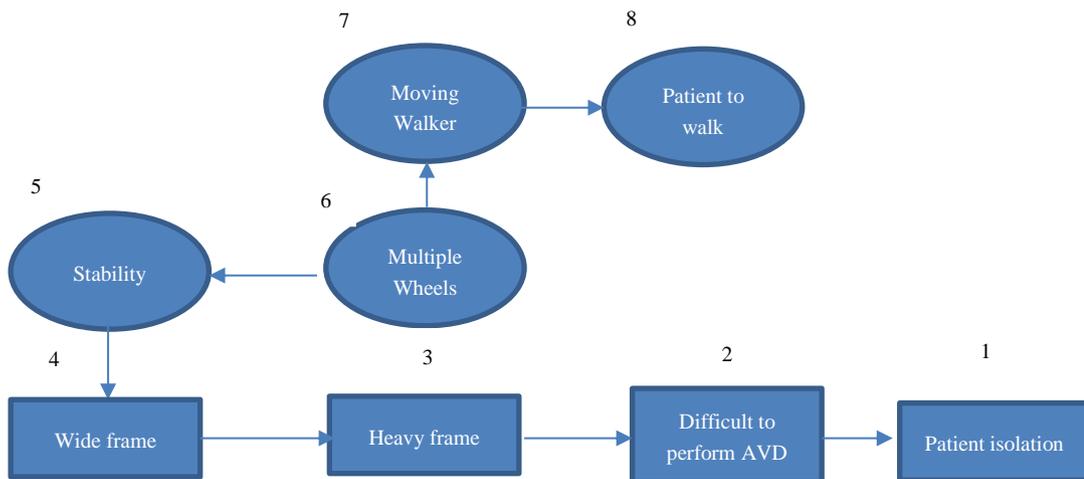


Figure 2 – Problem flow chart

3.2. Problem Statements

- 1a. Find a way to eliminate, reduce or prevent [patient isolation]
- 1b. Find a way to benefit from [patient isolation]

- 2a. Find a way to eliminate, reduce or prevent [Difficult to perform AVD]
- 2b. Find a way to benefit from [Difficult to perform AVD]
- 3a. Find a way to eliminate, reduce or prevent [heavy frame]
- 3b. Find a way to benefit from [heavy frame]
- 4a. Find a way to eliminate, reduce or prevent [wide frame]
- 4b. Find a way to benefit from [wide frame]
- 5a. Find an alternative way of (stability) that does not cause [wide frame]
- 5b. Find a way to enhance (stability)
- 5c. Find a way to solve the contradiction being (stable) and does not require [wide frame]
- 6a. Find an alternative way of (multiple wheels) that provides (moving walker) and (stability)
- 6b. Find a way to enhance (multiple wheels)
- 7a. Find an alternative way of (moving walker) that provides (patient to move) and does not requires (wheels)
- 7b. Find a way to enhance (moving walker)
- 8a. Find an alternative way of (patient to walk) that does not require (moving walker)
- 8b. Find a way to enhance (patient to walk)

3.3. Levels of Problem Definition

Table 1 summarizes found levels of problem definition.

Table 1 – Problem Statement Analysis.

Problem Statement	Action	Justification
1 and 2	Are related to changes at subsystem level (the “user” and the interaction with the environment)	Common life activities (AVD) may not be modified easily as well as the environment.
3 to 6	Involve changes of less radical nature to the system level. These problems are going to be addressed along this work.	Incremental modifications to the walker design. Changes are reasonable to be carried out.
7 and 8	Require major changes to the system. Solutions on this direction could be oriented following Patterns of Evolution.	It would involve replacing wheels for new unknown components in the field of orthopedics. Or replacing the walker concept as it is known nowadays.

4. Solutions to more representative problem statements

According to the conclusions of table 1, some problem statements will be addressed through the most adequate TRIZ tools.

4.1. Problem statement 5

5c. Find a way to solve the contradiction: being (stable) and does not require [wide frame]

Statement 5c can typically be modeled as a Technical Contradiction. Asking the question “What is the goal of the system <<walker>>?”, the next answers can be found:

- a. Sustaining the user
- b. Providing stability to the user
- c. Carrying the user
- d. Allowing the user to perform any Daily Life Activities (DLA).

Table 2 represents a list of parameters from the Altshuller Matrix that enters into conflict when trying to improve the parameter “Stability of Object”

Table 2 – Technical Contradictions

Improving Parameter: Stability of object (13)		
Degraded parameter	Parameter number	Principles used
Wight of moving object	1	21, 35, 2, 39
Energy spent by moving object	19	13, 19
Convenience of use	33	32, 35, 30
Harmful side effects	31	35, 40, 27, 39
Adaptability	35	35,30, 34, 2

4.1.1. Suggested Principles Ranking and Solutions

1. #35: Transformation of physical and chemical states of an object

Normally, walker wheels are fixed to the structure. Applying #35, the structure supporting wheels is retractile assisted by springs. In this way, the walker can be lighter since every unbalance due to the lack of stability, in any direction (both sides, forwards and backwards) will be compensated with the elastic forces that tend to position the walker to the right position. According to 2.3.2.c, internal side of tubes will be used to place the elastic elements.

2. #30: Flexible film or thin membranes

Traditional springs will be replaced by a combination of rubber elastic bands for wheel's suspension to soften the walk due to ground irregularities while thin fiber glass plates will be used to compensate the biomechanics of walking (from left to right and up and down) as it is shown in figure 3. Using these materials reduce the weight and also the noise that traditional steel springs would produce.

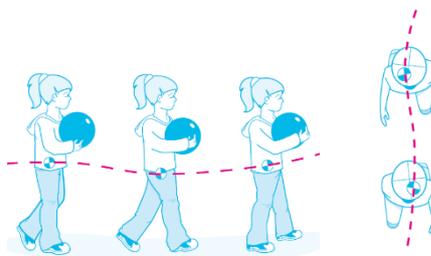


Figure 3 – Dynamics of walking ⁴

4.2. Problem Statement 7

7a. Find an alternative way of (moving walker) that provides (patient to move) and does not requires (multiple wheels)

From the perspective of Ideal Final Result a walker would be out of wheels and structure. Eliminating multiple wheels in this case may be understood as reducing four wheels to two in a trend to IFR. Going through Trimming⁵ it is possible to explore for solutions in this case.

Function Model for a walker with traditional four wheels is shown in table 3. Questions to Trimming Problems are described in the last column.

Component (Function Carrier)	Function	Trimming Rule	New Function Carrier	Trimming Problems
Wheels	Support Walker	B	Walker	How to make the Walker to Support the walker without wheels (frontal)?
Walker	Holds Patient	B	Patient	How to make the Patient hold itself?

4.2.1. How to make the Walker to Support the walker without frontal wheels?

Since one of the most critical dysfunctions of patients dealing with dystonia is that they cannot coordinate body movements voluntary, providing an external guidance to legs is an important factor to ensure external assistance for forced coordination. A proper exoskeleton specially adapted to the legs with limited articulations in hip and knee may replace the pair of frontal wheels. Exoskeleton is fixed to the walker in the patient's hip. Following **Trimming Rule B**,

the exoskeleton is considered part of the walker, so the walker is able to sustain itself.

It could be dangerous for patients to get rid of frontal wheels or another supporting point. This could be modeled as a **Physical Contradiction**⁶ as following:

Frontal wheels should not be present to reduce interaction with surroundings

BUT

Frontal wheels should be present to provide stability

Separation in Time can be applied because the demand “should be present to provide stability” is required just at the right moment when the body is being inclined forwards (backwards unbalance is not considered possible). Inventive Principles for Separation in Time⁷:

1. #15 - Dynamicity
2. #34 - Discarding and Recovering
3. #10 - Preliminary Action
4. #9 - Preliminary Counteraction
5. #11 - Prior Compensation

As it has been proposed in solving Problem Statement 5, through Dynamicity, frontal wheels will be retractile by a spring force that in normal situations keeps frontal and back wheels closer. The spring is stretched when the walker tends to rollover, reestablishing equilibrium increasing the distance between both pairs of wheels. Of course it is applicable for a given range of rolling over conditions.

As an additional feature, following the same logic described in 2.7.b, frontal wheel can be risen while the weight of the patient rests on a passive exoskeleton



Figure 4 – (a) Schematic wheels and spring (b) Added passive exoskeleton

4.2.2. *How to make the Patient hold itself?*

Applying Trimming Rule B, the patient could hold himself. This affirmation can be considered an IFR because of the pathology we are addressing does not allow patient to walk autonomously. The problem can be modeled again as a Physical Contradiction:

The walker must restrict the patient movements to keep him safe

BUT

The walker must leave the patient to walk with total freedom to develop, exercise and maximize his capabilities

Maximizing patient’s capabilities implies taking risks. Since the Physical Contradiction cannot be solved using Separation principles (in Space, Time or Relation), it is possible **Satisfying Contradictory Demands**.⁸ Recommended Inventive Principles are:

1. #36 - Phase Transition
2. #37 - Thermal Expansion
3. #28 – Replacement of a Mechanical System
4. #35 - Parameter Change
5. #38 - Strong Oxidation
6. #39 - Inert Atmosphere

Through “Replacement of Mechanical System”, traditional wheels are assisted by a servo with associated

electronics and sensors (gyroscope) which can control walker's stability with only two wheels. The control system for the walker can be set up for different patient, situations and therapeutic objectives. In general terms the inclination control keeps the walker between +5 and -5 degrees with respect to a vertical.

Using **Function Oriented Search (FOS)** it is possible to find "segways" (figure 5) in Toys Industry which use Inverted Pendulum models to control the stability of the device.

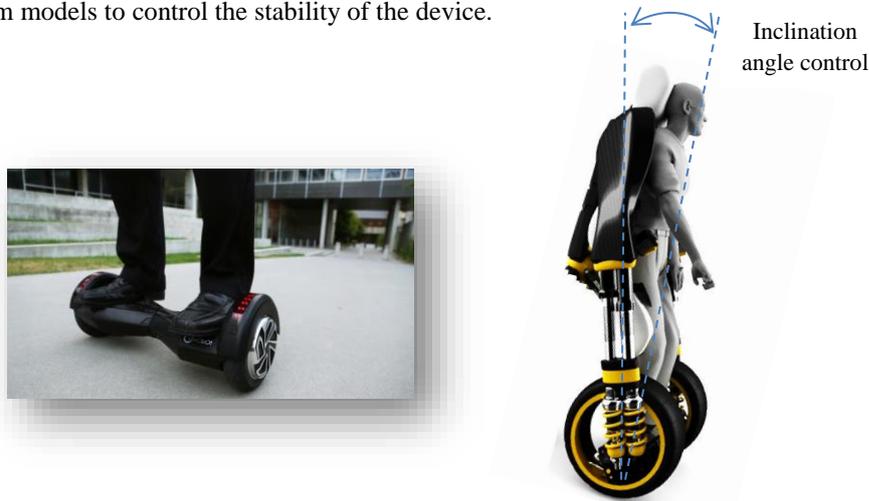


Figure 5 – (a) Typical Segway in the market (b) Inverted Pendulum in a walker

Interpreting **Patterns of Evolution** of Orthopedics Industry (wheelchairs, etc) shows that it is in an **Evolution Towards Increased Dynamism and Controllability**. From the traditional wheelchair, adjustable by hand with mechanical brake to motorized, electronically adjustable, electronic brake can be found several designs with different range of automatization and control. In the last years some new features like stairway climbing system, car boarding system, etc. have been added (figure 6). That confirms this technology is mature enough and so this path could be the right way for possible solutions.



Figure 6 – (a) Typical Segway in the market (b) Inverted Pendulum in a walker

Dedication

To my family and Isa who has been teaching us a lot about the disease and the needs for dystonic patients.

References

- [1] National Institute of Neurological Disorders and Strokes "Dystonias Fact Sheets"
<http://www.ninds.nih.gov/disorders/dystonias/detail_dystonias.htm>
- [2] Innovation Situation Questionnaire (ISQ) "Systematic Innovation"
John Terninko, Alla Zusman, Boris Zlotin
- [3] Problem Formulation "Systematic Innovation"
John Terninko, Alla Zusman, Boris Zlotin
- [4] Leckey "Kid Walk" brochure
<http://www.leckey.com/pdfs/_Walking_2012_2_2.pdf>
- [5] Trimming "Basic GEN3 Innovation Discipline"
- [6] to [8] Physical Contradictions "Basic GEN3 Innovation Discipline"