

INTEGRACIÓN DE PRINCIPIOS INVENTIVOS DE TRIZ EN SISTEMAS DE DISEÑO CONCEPTUAL ASISTIDO POR ORDENADOR (CACD)

Mulet Escrig, E; Vidal Nadal, R

Área: Proyectos de Ingeniería

Dpto.: Tecnología

Universidad Jaume I de Castellón

Avda Sos Baynat s/n (12071) Castellón.

Tfn. : + 34 964728188

Fax: + 34 964728106

e-mail: emulet@tec.uji.es

RESUMEN

Este trabajo propone la integración de los principios inventivos de TRIZ como criterio de búsqueda de alternativas en sistemas CACD basados en razonamiento funcional con el fin de ampliar las posibilidades de explorar distintas soluciones y de estimular la creatividad del diseñador. La aproximación presentada permite explorar distintas alternativas mediante un proceso de síntesis orientado por los principios inventivos, implementado así parte de la filosofía de los sistemas de invención asistida por ordenador (CAI) en un esquema inicial divergente, para guiar al diseñador a la búsqueda de alternativas que acerquen a la innovación.

Palabras clave: principios inventivos, síntesis en diseño, diseño conceptual asistido por ordenador, razonamiento funcional,

ABSTRACT

The work presented proposes the integration of TRIZ inventive principles as criteria for searching design alternatives in functional reasoning CACD systems. This approach enhances the exploration of different kinds of solutions and stimulates designers' creativity by means of a synthesis process oriented by inventive principles, thus implementing aspects concerning CAI systems in an initial divergent scheme in order to guide the designer to search for more innovative alternatives.

Key Words: inventive principles, design synthesis, computer-aided conceptual design, functional reasoning

0 INTRODUCCIÓN

La síntesis de soluciones es una de las áreas cruciales de la ingeniería del diseño cuya investigación está alcanzando una gran relevancia en los últimos años, en parte gracias al aumento de las capacidades computacionales de los ordenadores.

Uno de los principales retos de los sistemas de diseño conceptual asistido por ordenador (Computer-Aided-Conceptual-Design, CACD) es cómo asistir al diseñador en la búsqueda de alternativas de diseño más creativas sin tener por ello que acarrear un elevado número de alternativas durante el proceso de síntesis, muchas de las cuales no son significativamente distintas entre ellas.

Una vía para reducir el número de alternativas es definir criterios que permitan la exploración en niveles más abstractos del proceso de diseño. Diversos autores trabajan en la utilización de criterios que guíen el proceso de síntesis en base a los términos de la teoría TRIZ, por ejemplo, explorar seleccionando sólo aquellas alternativas que estén próximas al resultado final ideal, o aquellas que se correspondan con las fases avanzadas de las leyes de evolución de la tecnología [1, 2]

El presente trabajo integra principios inventivos de TRIZ [3, 4] en un esquema de síntesis basado en razonamiento funcional, para que actúen como criterios de exploración de soluciones durante la síntesis.

En primer lugar se hace una breve descripción de los antecedentes en el campo de la síntesis funcional y seguidamente se presenta la aproximación propuesta. Por último se muestra un ejemplo de aplicación del planteamiento propuesto sobre un caso que se estudió experimentalmente para analizar el proceso de obtención de soluciones desempeñado por personas durante la fase conceptual [5].

1 ANTECEDENTES

Recientemente han aparecido muchas publicaciones sobre sistemas de síntesis desarrollados para asistir mediante el ordenador en la obtención de soluciones [6]. De forma general, el esquema de razonamiento de estos modelos, se basa en el mapeado entre el problema, representado por las funciones que se espera conseguir y las posibles soluciones que implementan dichas funciones. El marco de representación más habitual para implementar este mapeado es el marco FBS (Function-Behaviour-Structure) [7, 8], que se ha utilizado para representar el conocimiento necesario para aplicar procedimientos de búsqueda y exploración que permitan encontrar y combinar posibles soluciones de diseño para un problema representado por unas funciones requeridas. Function representa las funciones que el diseño desempeña; structure representa los elementos físicos de la solución y behaviour actúa como enlace entre F y S. En la síntesis de soluciones el behaviour se deriva a partir de una funcionalidad intencionada para, a partir del mismo, llegar a una solución.

Varias aproximaciones y aplicaciones informáticas implementan procedimientos basados en la representación FBS como el “Analogical Based Design”, ABD de Qian [9], que explora distintos espacios para encontrar diseños con analogías en la función y el comportamiento. Otros sistemas modelan una librería con funciones y estructuras e implementan procesos de razonamiento funcional que enlazan unas con otras, como, por ejemplo, las herramientas FuncSION [10, 11], Schemebuilder [12], el sistema DIICAD [13, 14] o el sistema A-Design [15].

Para mostrar la aplicación del planteamiento propuesto se ha escogido la representación de función y behavior de Deng y el marco que propone para la síntesis [16]. Dicha representación se basa en la distinción de dos categorías de funciones: funciones de propósito y funciones de acción. Una función de propósito es una descripción de la intención del diseñador o del propósito de un diseño y es muy abstracta. Además se expresa con un lenguaje orientado al ser humano. Una función de acción es una abstracción del behaviour esperado y útil que un artefacto exhibe, son menos abstractas y muchas de ellas no pueden representarse de forma independiente de la solución. Las funciones de acción suelen ser funciones acopladas y no siempre presentan una entrada y una salida independientes de la solución.

El proceso de síntesis de Deng parte de una función global o general y la descompone automáticamente en un conjunto de funciones de propósito independientes. El siguiente paso relaciona automáticamente estas funciones con las estructuras físicas que las implementan, bien directamente o bien a través de funciones de acción. En caso de funciones para las que no haya ninguna estructura física directamente relacionada, se generan automáticamente redes de subbehaviours que alcanzan dichas funciones. El usuario puede determinar el tipo de redes de subbehaviours que se generan utilizando otro nivel intermedio entre las funciones de acción y el behaviour que consiste en un conjunto de fenómenos físicos entre los que el usuario selecciona [16].

2 APROXIMACIÓN

En un esquema de síntesis, para una determinada función existe un conjunto de behaviours y sus estructuras asociadas que alcanzan dicha función. Aunque ello dependa del conocimiento finalmente modelado, se puede afirmar que, para una misma función, hay estructuras que son muy similares entre sí y otras que son bastante diferentes. Pero para llegar a un conjunto de alternativas diferenciadas es necesario explorar muchas por el camino (Fig. 1a).

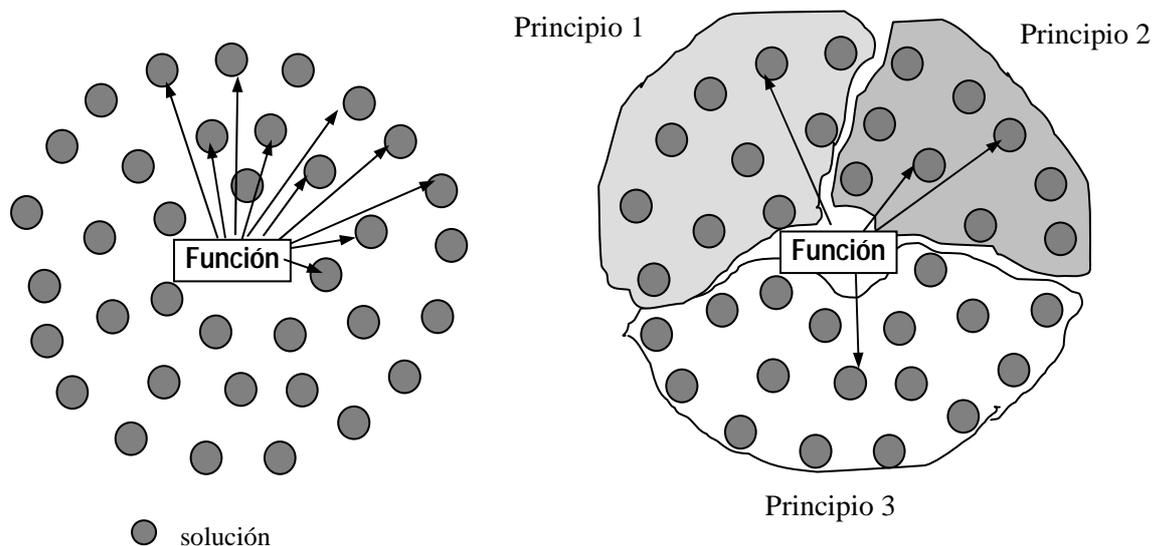


Fig. 1 -Efecto de los principios inventivos en la exploración de alternativas (a) sin principios; (b) con principios

Mediante la utilización de principios inventivos es posible controlar que las estructuras alcanzadas respondan a un determinado principio. Así se puede explorar un conjunto de

estructuras caracterizadas por distintos principios y, por tanto más variadas sin necesidad de explorar tantas (Fig. 1b).

Se propone integrar los principios inventivos en un sistema de síntesis basado en razonamiento funcional, utilizando el marco de representación FBS. Para ello se parte del esquema de razonamiento funcional de Deng, modificando y ampliando el concepto del nivel de fenómenos físicos, utilizándolo después de las funciones de propósito y ampliando su contenido, de forma que se utilicen los principios inventivos de TRIZ. El concepto de principios inventivos puede ser implementado en un esquema basado en el razonamiento funcional, como un criterio de exploración al que se accede una vez definidas las funciones de propósito.

Los principios inventivos actúan como un criterio para encauzar o dirigir la búsqueda de soluciones que respondan a dichos principios, dando lugar a una mayor diversidad de alternativas sin que se incremente la cantidad de alternativas muy similares entre sí. Además, el esquema del proceso de síntesis puede ser flexible, de modo que, si al diseñador no le interesa, pueda “saltarse” los principios inventivos e implementar el proceso de síntesis sin utilizarlos.

Una vez extraídas las alternativas que responden a los principios inventivos elegidos para cada función, se implementarían los procesos de combinación y modificación de las alternativas extraídas de las distintas funciones para resolver el problema, del mismo modo que si no se utilizara el criterio de búsqueda dado por el principio inventivo.

Para integrar los principios inventivos en el proceso de síntesis se ha utilizado como base el esquema del proceso de síntesis de Deng [16], incorporando principios inventivos del TRIZ. La Fig. 2 representa dicho esquema.

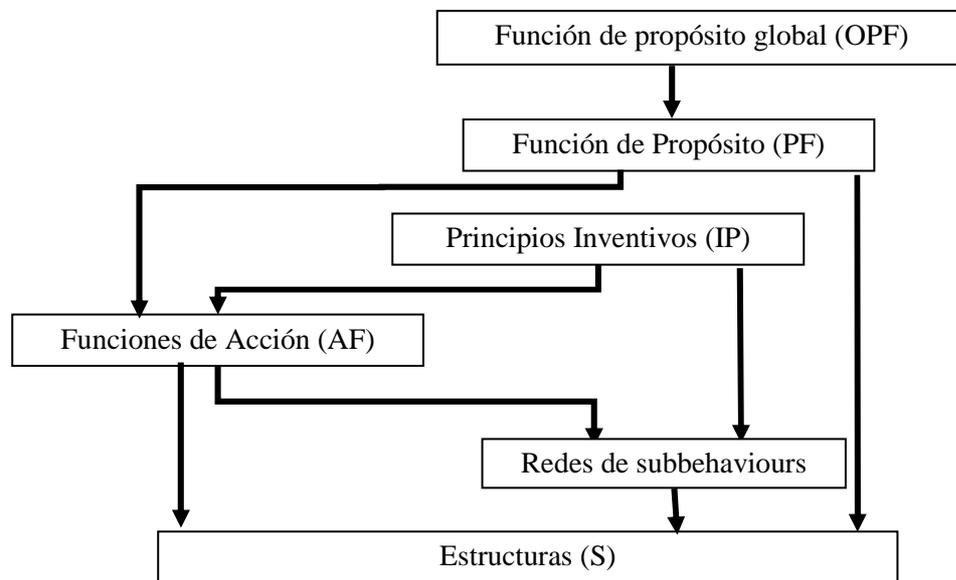


Fig. 2 -Proceso de síntesis con principios inventivos

3 CASO DE ESTUDIO

Como caso de estudio se ha escogido el del diseño de una mesa de dibujo que ocupe el menor espacio posible cuando no se utilice. El diseñador indica la función de propósito global “soportar un plano mientras una persona dibuja” y ésta se descompone en un conjunto de funciones de propósito:

- Soportar un plano y la acción de dibujar
- Soportar un plano a una altura
- Cambiar el ángulo de inclinación para dibujar
- Cambiar la altura
- Disminuir el volumen ocupado

A partir de las funciones de propósito, se identifican principios inventivos, para seleccionar aquellos que interesan y a partir de ellos explorar alternativas de diseño. Por ejemplo, la Fig. 3 muestra algunos principios asociados a la función “disminuir el volumen ocupado”

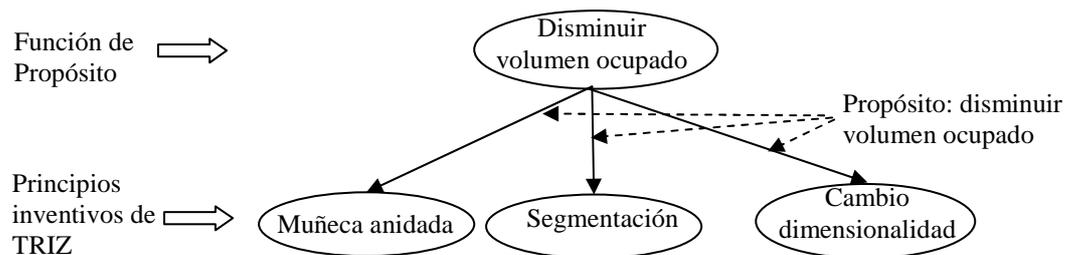


Fig. 3 -Principios inventivos para una función de propósito

Los principios inventivos que se indican para la función “disminuir el volumen ocupado” son:

- Muñeca anidada: colocar un objeto dentro de otro.
- Segmentación: fragmentación, dividir un objeto en partes independientes.
- Cambio de dimensionalidad: mover un objeto en el espacio dimensional.

Con una función de propósito, se podrá enlazar con los principios inventivos cuyo propósito coincida con aquella. Cada uno de estos principios conlleva una salida funcional, que coincidirá con la de algunos behaviours y estructuras y que por tanto estarán relacionados directamente con estos principios. La Tabla 1 muestra el nombre, propósito y salida funcional de los principios inventivos representados en la Fig. 3.

La Fig. 4 esquematiza las relaciones para el proceso de síntesis orientado por principios inventivos y muestra que es posible enlazar los principios inventivos en el proceso de síntesis de Deng utilizando el mismo lenguaje de representación.

Principios Inventivos de TRIZ	Propósito	Salida (output) funcional
Muñeca anidada	Disminuir el volumen ocupado	Elemento colocado dentro de otro
Segmentación	Disminuir el volumen ocupado	Elementos divididos u objeto desensamblado
Cambio en la dimensionalidad	Disminuir el volumen ocupado	Elemento desplazado a un plano distinto

Tabla 1. Representación de Principios del TRIZ indicando su salida funcional

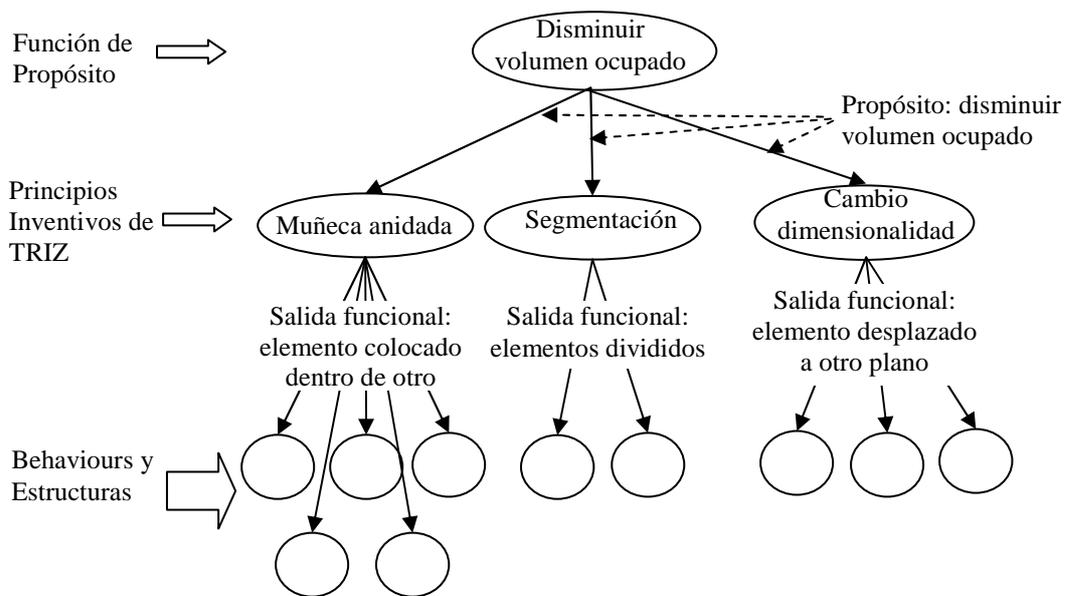


Fig. 4 - Ejemplo de relaciones para la síntesis mediante por principios inventivos

La Fig. 5 muestra los pasos del proceso de síntesis para el ejemplo utilizado.

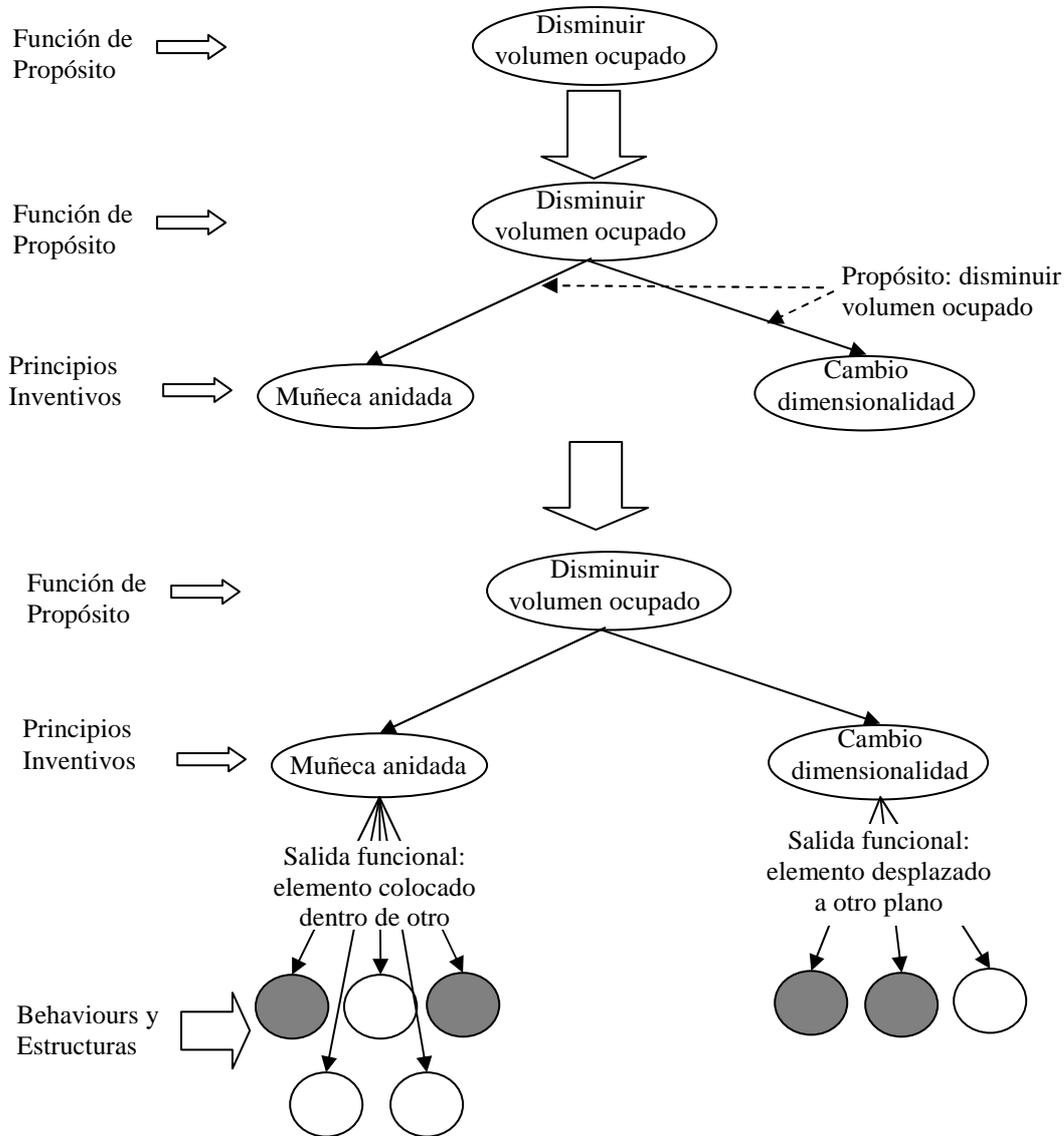


Fig. 5 - Ejemplo de proceso de síntesis utilizando principios inventivos

La Fig. 6 muestra un ejemplo con un esquema de razonamiento para la síntesis en el que no se utilizaran los principios como criterio de selección de estructuras. En este caso, para la función "disminuir volumen ocupado" se alcanzarían aleatoriamente todos los subbehaviours y estructuras cuyo propósito fuera el de disminuir el volumen ocupado, sin ningún criterio adicional de distinción entre ellos. Comparando los resultados se observa que no sería posible garantizar la misma variedad de alternativas sin incrementar el número de las mismas.

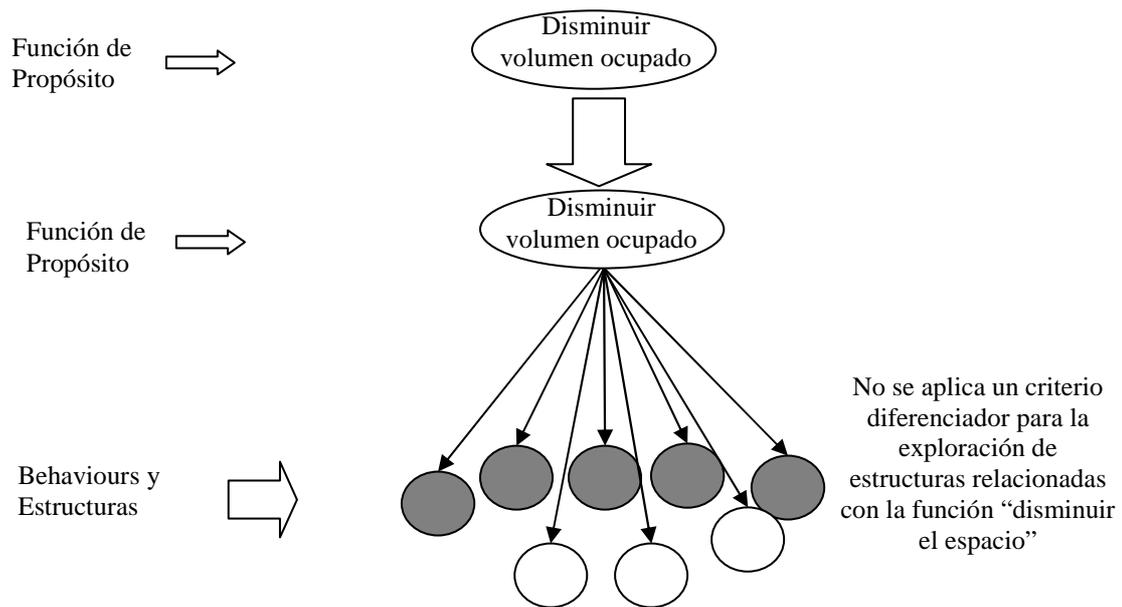


Fig. 6 - Ejemplo de proceso de síntesis sin utilizar principios inventivos

La ampliación de criterios de descomposición en niveles superiores del proceso de síntesis permite seleccionar distintos principios inventivos para asegurar que las alternativas generadas correspondan a distintos principios. De este modo, para un mismo número de alternativas hay una mayor diversidad entre sí, ofreciendo de forma eficiente un espectro variado de soluciones.

4 DISCUSIÓN

El trabajo presentado pone de manifiesto que es posible integrar principios del TRIZ en modelos de síntesis basados en razonamiento funcional utilizando la misma representación. Esta integración aporta ventajas y nuevas posibilidades para el desarrollo de sistemas CACD:

- Amplía las posibilidades de exploración en la síntesis, guiando directamente el proceso de exploración desde niveles más abstractos hacia alternativas más diferenciadas.
- Posibilita la estimulación de la creatividad del diseñador, presentándole un abanico de principios inventivos antes de que la herramienta alcance soluciones concretas.

La utilización de principios inventivos orienta la exploración de alternativas, encauzando la búsqueda hacia soluciones que responden a los principios inventivos y facilitando así la obtención de un conjunto de alternativas más reducido y de mayor grado de diversidad, optimizando el proceso de síntesis mediante la utilización de métodos para la innovación.

Este trabajo forma parte del modelo de síntesis que está desarrollando el grupo de investigación GID de la Universitat Jaume I de Castellón.

5 REFERENCIAS

- [1] D. Cavallucci and N. Leon, Towards "Inventiveness-Oriented" Cai Tools, in: R. Jacquart, ed., Building the Information Society, (Kluwer Academic Publishers, Toulouse, 2004) 441-452.
- [2] D. Cavallucci, P. Lutz and D. Kucharavy, Converging in Problem Formulation: A Different Path in Design, in: Proc. Design Engineering Technical Conferences and Computer and Information in Engineering Conference, (ASME, Montreal, Canada, 2002)
- [3] G. Altshuller and L. Shulyak, 40 Principles: Triz Keys to Technical Innovation, (Technical Innovation Ctr, Worcester, 1997).
- [4] G. Altshuller, Introducción a La Innovación Sistemática: Triz, (Internet Global S.L., 1997).
- [5] E. Mulet, (Phd) Análisis Experimental Y Modelización Descriptiva Del Proceso De Diseño, Departamento de Proyectos, Politechnical of Valencia, Valencia, 2003.
- [6] A. Chakrabarti, Engineering Design Synthesis. Understanding, Approaches and Tools, (Springer-Verlag, London, 2002).
- [7] J. Gero, Design Prototypes: A Knowledge Representation Schema for Design, AI magazine 11 (4) (1990) 26 - 36
- [8] Y. Umeda, H. Takeda, T. Tomiyama and H. Yoshikawa, Function, Behaviour, and Structure, in: J. Gero, ed., Applications of Artificial Intelligence in Engineering V, 1 (Springer, Berlin, 1990) 177-194.
- [9] L. Qian, Creative Design by Analogy, in: A. Chakrabarti, ed., Engineering Design Synthesis. Understanding, Approaches and Tools, (Springer-Verlag, London, 2002) 245 - 269.
- [10] L. Ying-Chieh, A. Chakrabarti and T. Bligh, A Computational Framework for Concept Generation and Exploration in Mechanical Design, in: Proc. Artificial Intelligence in Design'00, 2000)
- [11] A. Chakrabarti, P. Langdon, Y. Liu and T. Bligh, An Approach to Compositional Synthesis of Mechanical Design Concepts Using Computers, in: A. Chakrabarti, ed., Engineering Design Synthesis. Understanding, Approaches and Tools, (Springer-Verlag, London, 2002) 179 - 194.
- [12] R. Bracewell and J. Sharpe, Functional Descriptions Used in Computer Support for Qualitative Scheme Generation-"Schemebuilder", AIEDAM 10 (4) (1996) 333-346

[13] R. S. Lossack, Y. Umeda and T. Tomiyama, Requirement, Function and Physical Principle Modelling as the Basis for a Model of Synthesis, in: Proc. Computer Aided Conceptual Design'98, 1998)

[14] R. Lossack, Design Process and Context for the Support of Design Synthesis, in: A. Chakrabarti, ed., Engineering Design Synthesis. Understanding, Approaches and Tools, (Springer-Verlag, London, 2002) 213 - 227.

[15] M. Campbell, J. Cagan and K. Kotovsky, The a-Design Approach to Managing Automated Design Synthesis, Research in Engineering Design 14 (2003) 12 - 24

[16] Y. Deng, Function and Behavior Representation in Conceptual Mechanical Design, Artificial intelligence for engineering design, analysis and manufacturing(AIEDAM) 16 (2002) 343-362

AGRADECIMIENTOS:

La investigación forma parte del proyecto DPI2002-04357-C03-01 del Ministerio de Ciencia y Tecnología con la co-financiación de fondos FEDER y del proyecto E-2004-22 financiado por Bancaza y la Universitat Jaume I.