

03-044

## COLLABORATIVE ENVIRONMENTS TO THE INNOVATION SUPPORTED BY SMART AGENT WITH SUSTAINABLE APPROACH

Morales García, Ana Isabel<sup>(1)</sup>; Lama Ruiz, Juan Ramón<sup>(1)</sup>; Aguayo González, Francisco<sup>(1)</sup>; Martín Gómez, Alejandro Manuel<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidad de Sevilla

Currently there is a new category of emerging tools known as CAI (Computer Assisted Innovation). CAI has been growing as a response to greater demands of reliability on the industry in innovative products, under the paradigm of Industry 4.0. Some ideas and initial concepts of CAI are based on the assistance to the product designer in the early stages of the product design and development process.

The aim of these tools is to help innovators, inventors, designers, process developers and managers in their creative performance, expecting changes in the paradigm through the use of this new category of software tools. Therefore, a collaborative environment for innovation supported by intelligent agents distributed with a sustainable approach has been developed, providing support in the early stages of product design and development through a new CAI tool. At the same time, a knowledge structure based on commonKADS has been developed, implementing it in five distributed intelligent agents to support the collaborative environment.

**Keywords:** *Smart agent; Industry 4.0; innovation; collaborative environment; cybernetization.*

## ENTORNOS COLABORATIVOS PARA LA INNOVACIÓN SOPORTADOS POR AGENTES INTELIGENTES CON ENFOQUE SOSTENIBLE

Existe una nueva categoría de herramientas emergentes conocidas como CAI (innovación asistida por ordenador). CAI ha ido creciendo como respuesta a las mayores demandas de fiabilidad de la industria en productos innovadores, bajo el paradigma de Industria 4.0. Algunas ideas y conceptos iniciales de CAI se basan en la asistencia al diseñador de productos en las etapas tempranas del proceso de diseño y desarrollo de productos.

El objetivo de estas herramientas es ayudar a los innovadores, inventores, diseñadores, desarrolladores de procesos y gerentes en su desempeño creativo, con la expectativa de cambios en los paradigmas a través del uso de esta nueva categoría de herramientas de software. Por ello, se ha elaborado un entorno colaborativo para la innovación soportado por agentes inteligentes distribuidos con enfoque sostenible, dando soporte en las etapas tempranas del diseño y desarrollo del producto a través de una nueva herramienta CAI. Al mismo tiempo se ha desarrollado una estructura de conocimiento basado en commonKADS implementándola en cinco agentes inteligentes distribuidos para dar soporte al entorno colaborativo.

**Palabras clave:** *Agente inteligente; Industria 4.0; innovación; entorno colaborativo; cibernización.*

Correspondencia: Ana Isabel Morales García (anabelmoralesgarcia@hotmail.com); Francisco Aguayo Gonzalez (faguayo@us.es); Juan Ramón Lama Ruiz (jrlamaruiz@gmail.com)



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

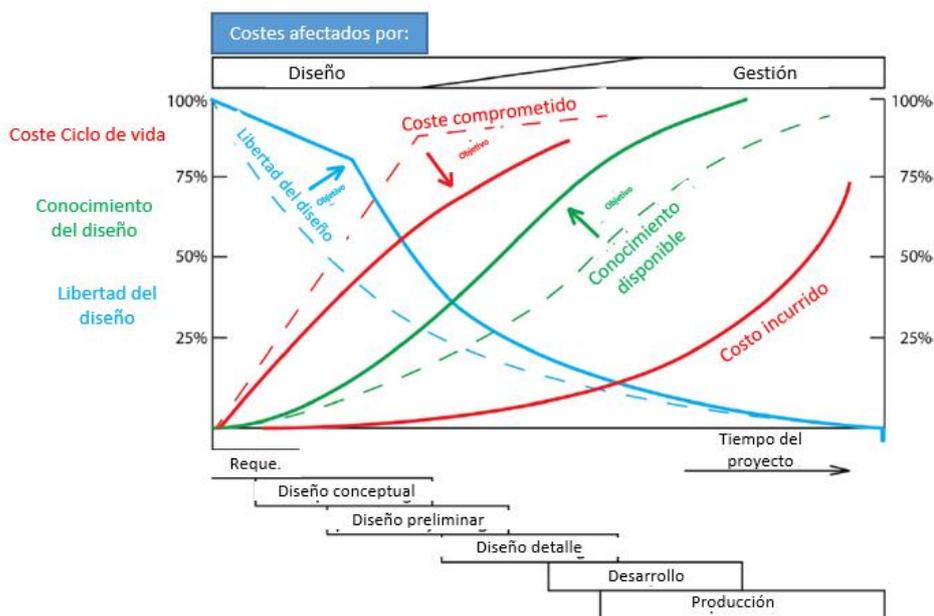
Uno de los objetivos de la inteligencia artificial se orienta al estudio de los procesos cognitivos, intentando obtener un desarrollo teórico sistematizado de las diversas actividades del intelecto que permita un conocimiento más profundo y preciso del mismo. Los investigadores en inteligencia artificial, a lo largo de estos años, han propuesto diversas herramientas y enfoques para intentar hacer a los ordenadores más inteligentes. Uno de estos enfoques consiste en determinar los procesos empleados por el ser humano para generar una conducta inteligente para posteriormente proceder a su implementación en un ordenador.

La ingeniería basada en conocimiento (KBE) se soporta en inteligencia artificial y diseño asistido por ordenador para automatizar las tareas repetitivas del proceso de diseño y desarrollo de productos posibilitando así acortar los tiempos de diseño y permitiendo que el ingeniero tenga más tiempo para las tareas creativas en el proceso de diseño y desarrollo.

KBE representa una evolución de la ingeniería asistida por ordenador (CAE) y propone una fusión de la programación orientada a objetos (OOP), la inteligencia artificial (AI) y el diseño asistido por ordenador (CAD), aportando beneficios para la personalización de las distintas soluciones de diseño.

El objetivo principal de las herramientas KBE es reducir el tiempo y coste del proceso de desarrollo de productos basándose en la automatización de tareas repetitivas, no creativas y dando soporte al diseño multidisciplinario. Teniendo en cuenta que en las primeras fases del diseño son comprometidos entre el 60 y el 80% de los costes del producto y que en dichas fases el ingeniero pasa un 80% de su tiempo realizando tareas rutinarias, automatizando las dichas tareas se conseguiría aumentar el tiempo disponible para potenciar tareas creativas y la toma de decisiones.

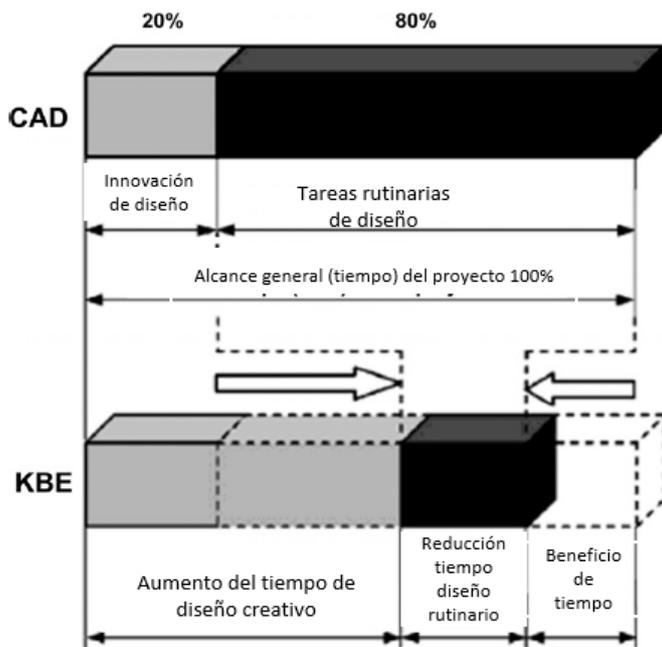
**Figura 1: Costes del ciclo de vida del producto, conocimiento del diseño y libertad del proceso de diseño, Bermell-García et-al. (2011).**



Otro beneficio de KBE consiste en su potencial para habilitar la reutilización del conocimiento. El ingeniero invierte entorno al 20% de su tiempo buscando y procesando

información. Por otro lado, es posible estimar que, en promedio, el 40% de la información sobre los requerimientos de diseño se encuentra en la información personal (no compartida) de cada ingeniero. Todo ello implica que la información y el conocimiento de diseño no se encuentren disponibles de forma completa para el conjunto de los responsables de los diferentes equipos de ingeniería. Es evidente que, en tales casos, la reutilización del conocimiento, soportado mediante la implementación de un marco de trabajo basado en KBE, podrá ahorrar tiempo y esfuerzos considerables.

**Figura 2: Asignación de tiempo de diseño alcanzable mediante la adopción de KBE, Bermell-García et-al. (2011).**



En la figura 0.2 se muestra el proceso de diseño y desarrollo del producto en el que, aplicando solo herramientas CAD, el 20% del tiempo se emplea en tareas creativas, mientras el otro 80%, es dedicado a tareas rutinarias. Con la implementación de herramientas KBE, aumenta el tiempo para la dedicación a tareas creativas, y además, se minimiza el tiempo dedicado a las tareas rutinarias, resultando en una disminución del tiempo total del proceso de diseño y desarrollo del producto.

Un desafío clave para la implementación de marcos de trabajo KBE aplicados a proyectos de diseño y desarrollo de productos consiste en la necesidad de dar soporte e integrar las metodologías y herramientas de diseño. Para lograr este reto, la primera cuestión es cerrar la "brecha tecnológica" existente, es decir, solventar la falta de herramientas y tecnologías para dar soporte al desarrollo de KBE bajo criterios económicos. Con este objetivo, en el presente trabajo se propone la investigación y desarrollo de una nueva herramienta para dar soporte a la ingeniería basada en conocimiento. Así mismo, otro reto importante consiste en lograr la adquisición, transmisión, difusión y reutilización de conocimientos en los sistemas KBE. Para lograrlo, se propone el desarrollo de un estándar, basado en la metodología de conocimiento CommonKADS, enriqueciendo la semántica del modelo de conocimiento y garantizando la trazabilidad de las soluciones KBE implementadas. Finalmente, sería necesario obtener métricas del éxito de la implementación de KBE y proporcionar un modelo de evaluación de KBE, Bermell-García et-al. (2011), pero dicho modelo ha quedado fuera del alcance del trabajo.

## 2. Objetivos

El objetivo principal del trabajo realizado consiste en la automatización de las tareas de diseño de plataforma de producto modular basado en agentes inteligentes, como caso concreto de aplicación.

De forma más general el objetivo será la automatización de tareas repetitivas del proceso de diseño y desarrollo de productos a través de inteligencia artificial.

Para lo que se necesitará la creación de un sistema de agentes inteligentes distribuidos adaptable y escalable, que ofrezca soporte a lo largo de todo el proceso de diseño y desarrollo de productos. Por último, será necesaria la auto-adaptación al medio del sistema multi-agente y a los distintos proyectos que pudieran ejecutarse.

## 3. Metodología

### 3.1 Agentes Inteligentes Distribuidos

Un agente inteligente distribuido (AID) es una entidad software con una arquitectura robusta y adaptable que puede funcionar en distintos entornos y plataformas, siendo capaz de realizar de forma inteligente y autónoma distintos objetivos intercambiando información con su entorno o con otros agentes humanos, Aguayo, et-al (2007).

Las principales características de los agentes inteligentes distribuidos son:

- Los AID poseen un funcionamiento continuo y autónomo los cuales le permiten realizar las tareas por su propia cuenta.
- Son capaces de comunicarse con el entorno y con otros agentes de forma que puede intercambiar distintos mensajes y pedir a otros agentes que realicen ciertas tareas.
- Crean un sistema robusto.
- Adaptable como capacidad de realizar objetivos y tareas en distintos dominios de forma incremental y flexible
- Capacidad de razonamiento y aprendizaje
- Los agentes móviles son capaces de desplazarse entre los nodos de una red y ejecutarse en distintas plataformas.

En los agentes autónomos se distinguen una serie de niveles de estudio, Mas (2004):

- Teoría de agentes, trata de dar respuesta a que es un agente, estableciendo formalismos lógicos y matemáticos para representar y razonar sobre las propiedades de estos

Arquitectura de agentes, deben describir los diferentes módulos que forman parte de un agente y cómo estos se interconectan para que el agente pueda mostrar una determinada conducta. Un agente puede contar con los siguientes módulos Antonio, Imbert (2005):

- Módulos de interacción: permiten la comunicación y cooperación entre el agente y su entorno
- Base de conocimiento donde el agente mantiene una representación interna de su entorno
- Módulo de integración de información: integra la información que reciben de los módulos de interacción en la base de conocimiento del agente.
- Módulo de interpretación de la información: interpreta la nueva información que exista en la base de conocimiento para que

- después el módulo de planificación determine las acciones a realizar.
  - Módulo de planificación cuya función es construir un plan
  - Módulo de acción Ejecuta y monitoriza las acciones contenidas en los planes generados
  - Módulo de cooperación que se encarga de la comunicación y cooperación con otros agentes.
- Lenguaje del agente: se ocupa del diseño del lenguaje y ontologías de comunicación
  - Metodología de diseño y desarrollo de aplicaciones basadas en agentes y sistemas multiagente.

Plataforma, herramientas, lenguajes, normas y metodologías: las cuales son herramientas que permiten la implementación de los modelos de agentes de sistemas multiagentes en aplicaciones concretas.

### 3.2 Modelado del conocimiento

CommonKADS es una metodología para la construcción de sistemas basados en conocimiento. Contiene el conocimiento y el razonamiento de un dominio específico con el objetivo de dar solución a problemas de la misma forma que lo podría hacer un experto humano, Aguayo, et-al (2007).

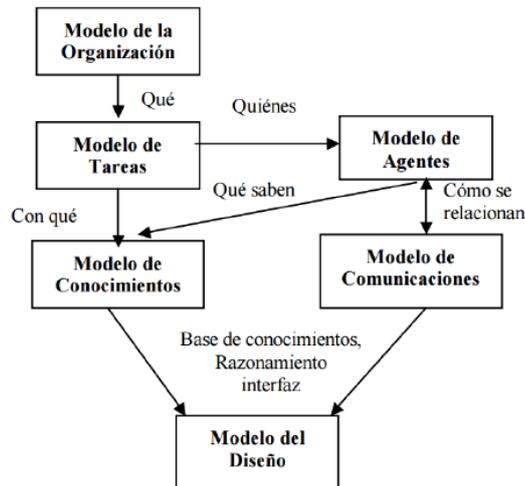
Esta metodología está orientada hacia la realización de tres actividades fundamentales Botti, Henao (2001):

- Actividades de modelación: desarrolla un conjunto de modelos que permiten expresar diferentes perspectivas de la situación que se está analizando.
- Actividades de administración del proyecto: consiste en identificar objetivos del sistema, hacer el estudio de riesgos y amenazas, definir las actividades que se requieren hacer para lograr dichos objetivos...
- Actividades de reutilización de modelos y del código creado para una solución específica.

Dentro de las actividades modelado podemos encontrar los siguientes modelos los cuales responden a las preguntas de que como y porque:

- Modelo de la Organización: ayuda a realizar el análisis de las características principales de la organización.
- Modelo de tareas: facilita el análisis de cada una de las actividades y también la forma en que se relacionan
- Modelo de agentes: describe las características de los agentes sus habilidades su forma de actuar y restricciones
- Modelo de conocimiento: explica en detalle los tipos y estructuras del conocimiento usado en la ejecución de una tarea
- Modelo de comunicación: modela las transacciones de comunicación entre los agentes implicados en la realización de la tarea.
- Modelo de diseño: da la especificación técnica del sistema

Figura 3: Modelos de CommonKADS, Aguayo, et-al (2007).

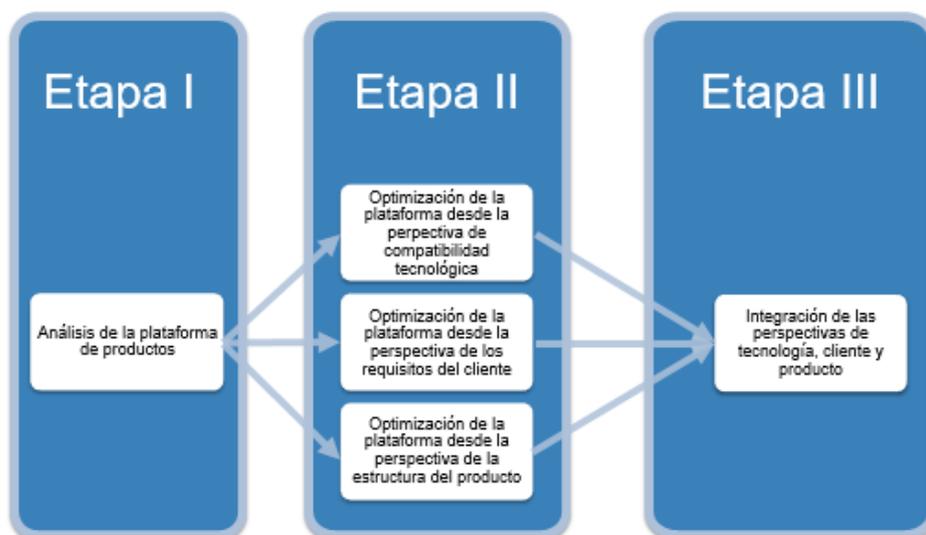


### 3.3 Caso de aplicación – Metodología de modularización multicriterio

La metodología implementada a través de AID es una metodología de modularización multicriterio la cual se divide en tres etapas

- Primera etapa: Análisis de la plataforma de productos.
- Segunda Etapa: Optimización de la plataforma a través de tres perspectivas diferentes
  - Por compatibilidad tecnológica la cual se basa en el estudio de las patentes y mapa autoorganizado de Kohonen.
  - Por requisitos del cliente basándose en la metodología Kano, QFD y mapa autoorganizado de Kohonen.
  - Por estructura del producto la cual se basa en la metodología DSM.
- Tercera etapa: Integración de las distintas perspectivas

Figura 4: Etapas metodología modular multicriterio



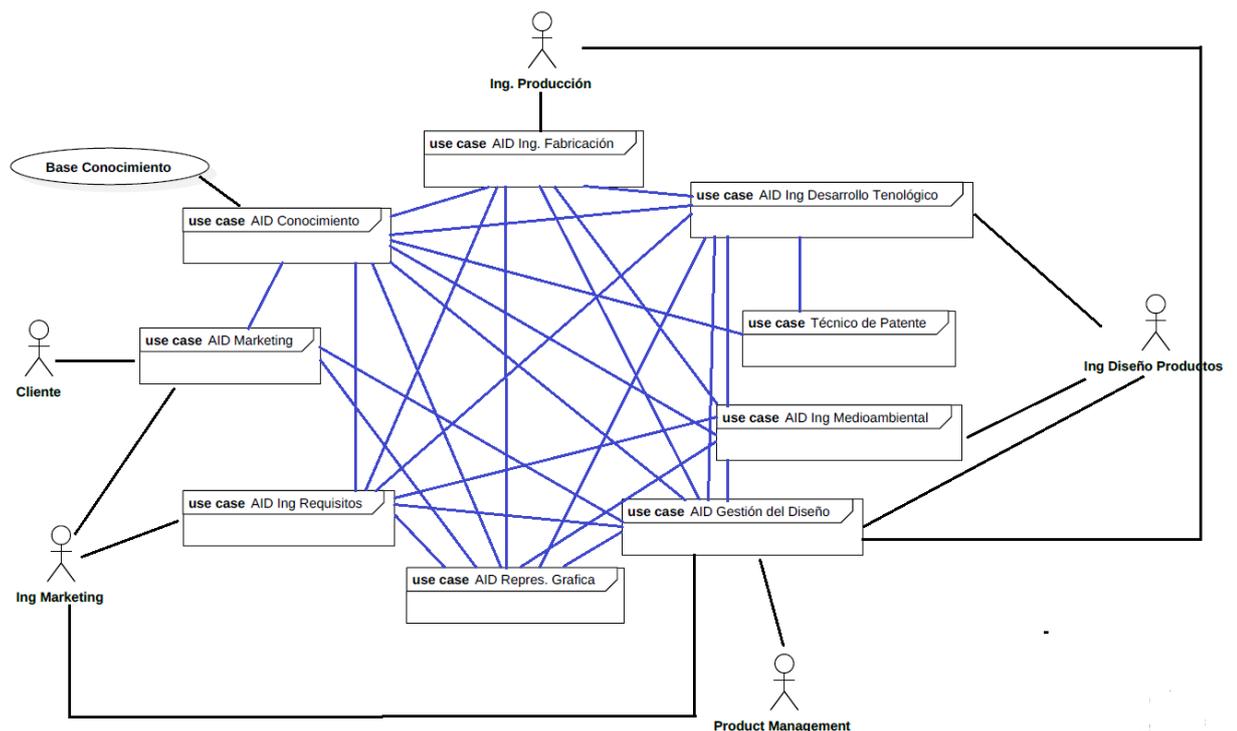
## 4. Resultados

### 4.1 Diseño sistema de agentes inteligentes distribuidos para la modularización múlticriterio

Para la creación del sistema de AID (agente inteligente distribuido) se establecerán a continuación los distintos agentes desarrollados bajo la filosofía de ingeniería concurrente junto a sus relaciones con el resto de la red de agentes. En el prototipo desarrollado, se tienen un conjunto de interfaces, que posibilitan los procesos desarrollados por ingeniería concurrente de tercer nivel, entre los diferentes individuos, ya sean Agentes Inteligentes Distribuidos o los humanos que intervienen en el proceso, Dorri et-al. (2018). Estas interfaces garantizan:

- Flexibilidad en la configuración.
  - Entre Agentes Inteligentes.
  - Entre Agentes y humanos.
- Cooperación y negociación entre individuos. Mediante el establecimiento de los roles y los objetivos globales de cada agente que serán determinados por el agente de Gestión del Diseño

Figura 5: Casos de usos



### 4.2 Modelo de gestión del conocimiento aplicado al sistema

Los agentes son independientes de esta forma necesitan un conocimiento específico elaborado para poder interactuar. Por ello, se desarrolla una infra-estructura de conocimiento de forma que se le incorpore a cada uno de ellos las habilidades a aplicar posteriormente.

La estructura a desarrollar se basa en el modelo de estructura de conocimiento llamado ComoKads, en el cual el conocimiento se estructura en cuatro niveles:

- Conocimiento estratégico: es el nivel más alto donde se implementa la estrategia que seguirá el agente para conseguir los distintos objetivos.
- Resolución de problemas: dicho nivel es de tipo operativo y trata de dar solvencia a la capa de conocimiento estratégico.

Dentro de cada capa de conocimiento tendremos una estructura a seguir para implementar dicho conocimiento las cuales detallaremos a continuación.

- Conocimiento capa Estratégica: En la capa estratégica se almacena los elementos que representan a las tareas generales, denominadas “solvable”, que el agente es capaz de resolver, las cuales representan las competencias del agente. Para que el agente pueda resolver la tarea asignada debe de seguir una estrategia resolutoria, es decir, una serie de pasos. Para ello se diseñan una serie de “soluciones” las cuales contienen “actividades”, que a su vez contienen “subactividades”.
- Conocimiento Capa Problemas: En la capa Problemas se almacenarán los métodos para la resolución de cada problema especificado en la capa estratégica, los cuales hay que resolver para la consecución de una determinada tarea que el agente es capaz de desarrollar. La estructura del documento XML que representa el nivel de problemas está compuesto por los distintos problemas a resolver por el agente. Según sea el tipo de problemas su estructura variará sustancialmente.

## 5. Conclusiones

En el trabajo presentado se ha desarrollado una nueva herramienta de innovación asistida por ordenador, para dar soporte al proceso de diseño y desarrollo de productos. Para ello, se ha desarrollado una estructura de conocimiento basado en commonKADS implementándola en cinco agentes inteligentes distribuidos para dar soporte al entorno colaborativo, Hidalgo (1996).

- Agente inteligente distribuido de marketing
- Agente inteligente distribuido de gestión del diseño
- Agente inteligente distribuido ingeniero de desarrollo tecnológico
- Agente inteligente distribuido técnico de patentes
- Agente inteligente distribuido ingeniero de requisitos
- Agente inteligente distribuido ingeniero de fabricación

A través de la estructura de conocimiento basado en CommonKADS implementada se ha podido crear una base de conocimiento para los distintos agentes de una manera estructurada y fácilmente extensible.

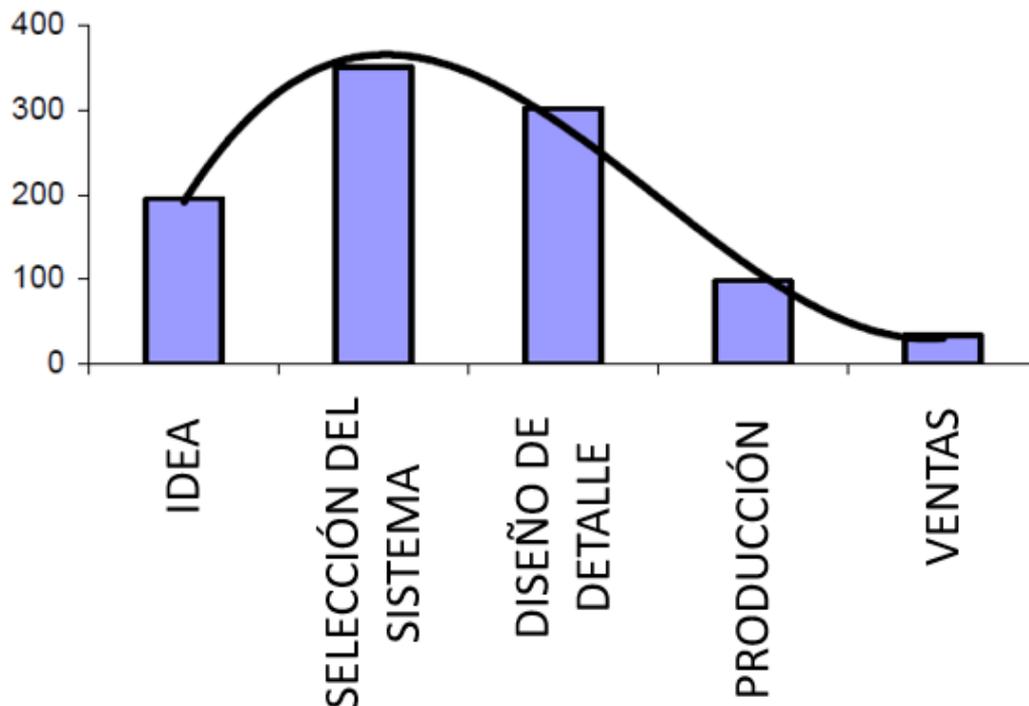
Además, en este trabajo se ha implementado el sistema para la automatización de las metodologías de diseño de plataforma modular de productos. De igual manera, dicho sistema podrá ser extrapolado a los distintos procesos y metodologías del proceso de diseño y desarrollo de productos (ver figura 0.1) a lo largo de todas las fases (ver figura 0.2). De esta forma, utilizando los patrones de los agentes ya implementados se podrán crear nuevos agentes que den soporte a las nuevas funciones que se requieran, Biasci et-al. (2006).

**Figura 6: Metodologías utilizadas en cada fase del proceso de diseño y desarrollo de productos, Biasci et-al. (2006).**

O : weak link	X : strong link	MA	QFD	CBM	BM	SVOT	TRIZ	FFT	TOC	FCA	FAST	7T	AD	RRM	VE	CPM	PM	YM	VA	LCA	LCC	CAI	RDA	RP	DR	DSS	SED	RD	FMEA	VR	FTA	DF	DOE	Score	Rank		
Needs analysis		X																																29	19		
Product requirements definition		X	X	X	X																														47	11	
Functions analysis																																			61	5	
Design definition																																			58	6	
Design activities planning							X																												67	3	
Interface identification and control							X																												68	2	
Pre-Design								X																											78	1	
Feasibility analysis																																			40	15	
Choice of the solution					X														X	X								X	O	O					51	9	
Design parameters optimization																												X	X						47	11	
Identification of requirements for realisation																																			54	7	
Development of preliminary design schemes																																			45	13	
Elimination problem causes in production							O	X																											63	4	
Elimination problem causes in commercialization							O	X																											48	10	
System design																																			39	16	
Components design																																			53	8	
Engineering																																			39	16	
Preproduction																																			30	18	
Design valuation and verifying																																				15	20
Design qualification																																				14	22
Production and use																																				15	20
Modifies dues to production and market					X		X																												43	14	
<b>Total Score</b>		18	24	39	28	38	75	24	15	63	29	29	40	20	29	29	33	34	34	35	30	33	44	20	42	19	44	44	20	30	15	27	14				
<b>Ranking</b>		29	23	8	21	9	1	23	30	2	17	17	7	25	17	17	13	11	11	10	15	13	3	25	6	28	3	3	25	15	30	22	32				
<b>Average</b>		9,0	6,0	5,6	7,0	6,3	6,8	6,0	5,0	5,7	5,8	5,8	5,0	5,0	5,8	5,8	6,6	5,7	5,7	5,0	5,0	6,6	5,5	5,0	7,0	6,3	5,5	5,5	5,0	5,0	5,0	9,0	7,0				
<b>Ranking Average</b>		1	11	20	3	9	6	11	24	17	13	24	24	13	13	7	18	18	24	24	7	21	24	3	9	21	21	24	24	24	1	3					

- AD: Axiomatic Design
- BM: Benchmarking
- CAI: Computer Aided for
- CGM: Creative Group Methods
- CPM: Critical Path Method
- DF: Design For
- DR: Design Review
- DSS: Decision Support System
- FAST: Functional Analysis and System Technique
- FCA: Functional Cost Analysis
- FFT: Function Family Tree
- FMEA: Failure Mode and Effect Ana
- FTA: Failure Tree Analysis
- LCA: Life Cycle Analysis
- LCC: Life Cycling Cost
- MA: Market Analysis
- PM: Project Management
- 7T: Ishikawa 7 Tools
- QFD: Quality Function Deployment
- RD: Robust Design
- RDA: Reliability Data Analysis
- RP: Rapid Prototyping
- RRM: Risk Reduction Methods
- SED: Statistical Experimental Design
- SVOT: Analysis of Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
- TOC: Theory of Constraints
- TRIZ: Theory of Inventive Problem Solving
- VA: Value Analysis
- VE: Value Engineering
- VM: Value Maps
- VR: Variety Reduction

**Figura 7: Impacto de las metodologías de diseño en las distintas fases, Biasci et-al. (2006).**



En el caso de ejemplo concreto desarrollado en el presente trabajo, se ha ilustrado esta herramienta a través de una aplicación en el sector del transporte, aunque de igual forma puede ser aplicada directamente en cualquier otro tipo de producto. Por otro lado, como

futura mejora, se propone además de la ampliación de la plataforma, la creación de una interface más amigable para el usuario que aumente la usabilidad del sistema.

Como se ha mencionado en apartados anteriores, la implementación de herramientas KBE suponen un potencial de mejora para el proceso de diseño y desarrollo de productos, capaces de disminuir el tiempo de dicho proceso, disminuir los costes de los proyectos, aumentando la calidad de estos. Este trabajo ha supuesto un desafío para tratar de disminuir la "brecha tecnológica" existente en la falta de herramientas y tecnologías para apoyar el desarrollo de KBE, aportando una nueva herramienta para dar soporte a la ingeniería basada en conocimiento e implementada en un entorno colaborativo para la innovación, soportado por agentes inteligentes distribuidos con enfoque sostenible, dando soporte en las etapas tempranas del diseño y desarrollo del producto, Jayakiran et-al. (2015).

## 6. Referencias

- Bermell-García, P., Curran, R., Van Dijk, R.E.C., & Verhagen, W.J.C (2011). A critical review of knowledge-based engineering: An identification of research challenges. *Elsevier*, 26, 5-15.
- Aguayo, F., Lama, J.R., Marcos, M., Sánchez, M. (2007). *Sistemas avanzados de fabricación distribuida*. Sevilla: Ra-Ma.
- Mas, A. (2004). *Agentes software y sistemas multiagentes*. España: Prentice Hall.
- Antonio, A., Imbert, R. (2005). *Una arquitectura cognitiva multinivel para agentes con comportamiento influido por características individuales y emociones, propias y de otros agentes*. (Tesis, Universidad Politécnica de Madrid, 2004). Obtenido de [http://oa.upm.es/477/1/Ricardo\\_Imbert.pdf](http://oa.upm.es/477/1/Ricardo_Imbert.pdf)
- Botti, V., Henao, M. (2001). *Commokads R.T. una metodología para el desarrollo de sistemas basados en el conocimiento de tiempo real*. (Tesis, Universidad Politécnica de Valencia, 2001). Obtenido de <http://users.dsic.upv.es/grupos/ia/sma/thesis/pdf/TesisMonicaH.pdf>
- Dorri, A., Kanshere, S.S., Jurdak, R. (2018, Abril 27). Multi-agent system: A survey. *School of Computer science and Engineering*, 22.
- Hidalgo, L.A. (1996). *Inteligencia artificial y sistemas expertos*. Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Biasci, F., Bifulco, A., Fantoni, G. Santoro, R. (2006). Collaborative problem solving in design methods: Foundation elements for an integrated approach. En *IEEE (E.d.) Technology Management Conference (26-28)*. Milan: ICE. DOI: 10.1109.
- Jayakiran, E., Sridhar, C.N.V., Pandu, V. (2015). Knowledge based engineering: Notion, approaches and future trends. *American Journal of Intelligent System*, 17.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido apoyado Universidad de Sevilla, más concretamente por la Escuela Politécnica Superior, habilitándonos sus instalaciones e infraestructuras además de permitiéndonos el acceso a su conocimiento.