ORGANIZACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS
5311.99-4 SISTEMAS DE GESTIÓN

Mejora del desarrollo de productos desde una perspectiva de gestión del conocimiento. El caso de Navantia

Eva Martínez-Caro* Dra. Ingeniera por la Univ. Politécnica de Cartagena
Francisco Campuzano-Bolarín* Dr. Ingeniero por la Univ. Politécnica de Valencia
Juan Antonio Villaescusa-Chocano** Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial

* Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. Campus Muralla del Mar, s/n – 30201 Cartagena. Tfno: +34 968 325775. eva.martinez@upct.es

** Navantia. Dpto. de Ingeniería. Carretera de Algameca, s/n - 30205 Cartagena. Tfno: +34 968 327 500 . jvillaescusa@Navantia.es

Recibido: 17/12/2010 • Aceptado: 07/11/2011

Improving product development from a knowledge management based approach. The case of Navantia

ABSTRACT

• Introduction:
To achieve competitive advantage, a company must permanently innovate and change its products, process and management systems faster than competitors. In manufacturing companies, as new products become the focus in competition, the new product development (NPD) process become increasingly important to these businesses. NPD process can be improved by boosting product lifecycle knowledge management. In this paper, how to carry out this improvement is described through a case study of a naval shipbuilding firm, Navantia.
Methods:
In the detailed case study, the improvement needs are identified from a knowledge management based approach and the solutions developed are described. These solutions are provided by a Product Lifecycle Management (PLM) system by means of its tools and its integration with other management systems used in Navantia.
Results:
The integration of knowledge in the company has lead to access and sharing information time reduction; errors reduction; improvements in the communication among employees and with partners, customers and suppliers; and design time and product costs reduction.
Discussion:
This case provides several keys to a successful implementation of a PLM system, such as making a reasoned analysis of the needs of the company from a strategic knowledge management based approach, the gradual integration of existing tools with the system PLM and the involvement of different actors in the company, both at organizational and interorganizational level.
• Keywords: knowledge management, product lifecycle, new products development, naval shipbuilding.

RESUMEN

Introducción:
Una empresa debe innovar permanentemente y cambiar sus productos, procesos o sistemas de gestión más rápidamente que la competencia para alcanzar ventajas competitivas. En las empresas manufactureras, como la competencia se ha centrado en los nuevos productos, el proceso de desarrollo de nuevos productos está teniendo una creciente importancia. Este proceso se puede mejorar fomentando la gestión del conocimiento ligado al ciclo de vida del producto. En este trabajo se describe, mediante el estudio del caso de la empresa *Navantia*, cómo realizar esa mejora.

Método:
En el estudio detallado del caso, se identifican las necesidades de mejora de la empresa desde la perspectiva de gestión del conocimiento y se describen las soluciones desarrolladas. Estas soluciones las proporciona un sistema de Gestión del Ciclo de Vida del Producto (PLM), mediante las aplicaciones que éste incluye y la integración del mismo con otros sistemas de gestión de *Navantia*.

Resultados:
La integración del conocimiento de la empresa ha permitido reducir el tiempo de acceso y de distribución de la información, reducir errores, mejorar la comunicación entre empleados y con socios, clientes y proveedores, y reducir el tiempo de diseño y costes del producto.

Discusión:
Este caso proporciona diversas claves para el éxito de la implantación de un sistema PLM como son

la realización de un análisis razonado de las necesidades de la empresa desde un enfoque estratégico de gestión del conocimiento, la integración paulatina de las herramientas existentes con el sistema PLM y la implicación de los distintos agentes de la empresa, tanto a nivel organizativo como a nivel interorganizativo.

Palabras clave: gestión del conocimiento, ciclo de vida del producto, desarrollo de nuevos productos, construcción naval.

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la competencia que supone la globalización social, económica e industrial por los avances en las TICs, convierte a la innovación en una herramienta fundamental: permite, en un entorno dinámico, cambiar productos, procesos o sistemas más rápidamente que la competencia, logrando una situación ventajosa (Jiménez y Sanz, 2006). Como, además, las innovaciones son cada vez más complejas, caras e implican incertidumbres y riesgos (Kaminski et al., 2008), el éxito depende de la habilidad para aprender sobre las oportunidades del mercado y desarrollar el conocimiento necesario para abordarlas. Por eso, el conocimiento es no solo una importante fuente de innovación, sino el principal activo de las organizaciones (Numprasertchai e Igel, 2005).

La necesidad creciente de las empresas industriales de competir en calidad y plazos ha convertido el intercambio y transferencia del conocimiento asociado al proceso de desarrollo de productos en una función interna principal enfocada a la obtención de una ventaja competitiva (Davenport y Prusak, 1998; Gieskes y Langenberg, 2001). Para Carbonara y Scozzi (2006) el proceso de desarrollo de nuevos productos se puede mejorar identificando herramientas que ayuden a la creación e intercambio del conocimiento ligado al ciclo de vida del producto.

En este trabajo se describe, mediante el estudio detallado del caso de la empresa *Navantia*, cómo mejorar los procesos de desarrollo de productos de una empresa desde una perspectiva de gestión del conocimiento. Para ello, se identifican las necesidades de mejora que tiene la empresa en base al modelo de creación de conocimiento en las organizaciones de Nonaka y Takeuchi (1995) y se explican las soluciones desarrolladas para satisfacer esas necesidades utilizando un sistema de *Gestión del Ciclo de Vida del Producto* (PLM, *Product Lifecycle Management*).

2. PRESENTACIÓN DEL CASO

2.1. PERFIL CORPORATIVO

Navantia es una empresa de construcción naval pública española que realiza proyectos tanto militares como civiles. Se fundó en diciembre de 2000 a partir de la fusión de *Astilleros Españoles S.A.* (AESA) y *Empresa Nacional Bazán*. Es la segunda empresa de construcción naval más importante a nivel europeo, y la novena a nivel mundial. Sus instalaciones están divididas en cuatro sedes geográficas que cuentan con astilleros para nuevas construcciones, centros de reparación, fábricas de motores y sistemas, y oficinas centrales: Ferrol, Madrid, Cádiz y Cartagena. El presente estudio se centra en las actividades realizadas en el astillero de Cartagena. *Navantia* cuenta con más de 5.000 trabajadores, de los cuáles cerca de 800 pertenecen al astillero de Cartagena.

2.2. RETOS

El principal objetivo del modelo de gestión de *Navantia* es garantizar una posición altamente competitiva en el mercado internacional. *Navantia* lleva a cabo proyectos con un largo ciclo de vida y alta complejidad, tales como fragatas, portaviones o cazaminas. La complejidad de los proyectos es debida a que se requiere desarrollar productos tecnológicamente avanzados e innovadores, sin posibilidad de prototipo físico, integrar las tareas de una gran plantilla trabajando en diversos equipos geográficamente distribuidos, colaborar con socios, proveedores y clientes nacionales e internacionales, y cumplir con plazos estrechos. Como ejemplo de la complejidad de estos proyectos se puede considerar que el proyecto de un submarino incluye más de 20.000 equipos y componentes, 5.000 planos de construcción y más de 15.000 documentos de equipos. Esta complejidad hacía necesaria la automatización durante la fase diseño de tantas tareas como fuera posible.

Entre las tareas que solían requerir más tiempo en el departamento de Ingeniería destacaba la carga de la lista de materiales en el sistema ERP (*Enterprise Resource Planning, Planificación de los Recursos de la Empresa*) de *Navantia*. En el momento en el que se realiza dicha carga, el resto de la organización puede conocer los materiales necesarios para la fabricación. Por lo tanto, la carga de la lista de materiales desencadena una serie de procesos en el resto de departamentos. Sin embargo, el proceso presentaba dificultades porque la conexión entre las herramientas de diseño no era completa y se requerían ajustes manuales y revisiones adicionales para evitar errores. Además, el departamento de Ingeniería necesitaba un sistema que le permitiera gestionar los documentos, controlar los cambios en documentos y componentes, etc. Por tanto, se requería un sistema que cumpliera con dos objetivos principales: recuperación de la lista de materiales desde las herramientas de diseño y posterior carga en la herramienta ERP, y carga de todos los elementos y documentos en un sistema capaz de gestionar cambios y seguir la evolución del producto a lo largo de su ciclo de vida. Para hacer frente las dificultades descritas, *Navantia* decidió seguir una estrategia basada en la gestión del conocimiento que permitiera integrar y compartir el conocimiento de la empresa para mejorar el desarrollo del producto.

2.3. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES

Para definir la estrategia a seguir desde la perspectiva de la gestión del conocimiento, se procedió a la identificación

de las necesidades de *Navantia* tomando como base el modelo de creación de conocimiento en las organizaciones de Nonaka y Takeuchi (1995).

Según este modelo, el conocimiento de una empresa fluye e interacciona según dos dimensiones: la epistemológica y la ontológica. La dimensión epistemológica está representada por el conocimiento tácito y el explícito. El conocimiento explícito es formal y sistemático. Por ello se puede comunicar y compartir fácilmente. El conocimiento tácito es difícil de extractar y codificar, pues incluye la intuición y las perspectivas que resultan de la experiencia. Se pueden definir cuatro modos de conversión del conocimiento que tienen lugar cuando interaccionan el conocimiento tácito y el explícito: (1) *Socialización*, o conversión de tácito a tácito; (2) *Externalización*, o expresión del conocimiento tácito en forma de conceptos explícitos; (3) *Combinación*, que implica la combinación de conocimiento explícito en conjuntos más complejos de conocimiento explícito; (4) *Internalización*, o transformación del conocimiento explícito a conocimiento tácito a través del aprendizaje.

Por otra parte, la dimensión ontológica comienza con el conocimiento individual, y se mueve hacia niveles superiores: grupal, organizacional e inter-organizacional. Aunque este modelo describe una espiral de creación del conocimiento, la creación tiene lugar mediante la transferencia del conocimiento y, por tanto, puede ser aplicado igualmente a la transferencia del conocimiento (Dayasindhu, 2001).

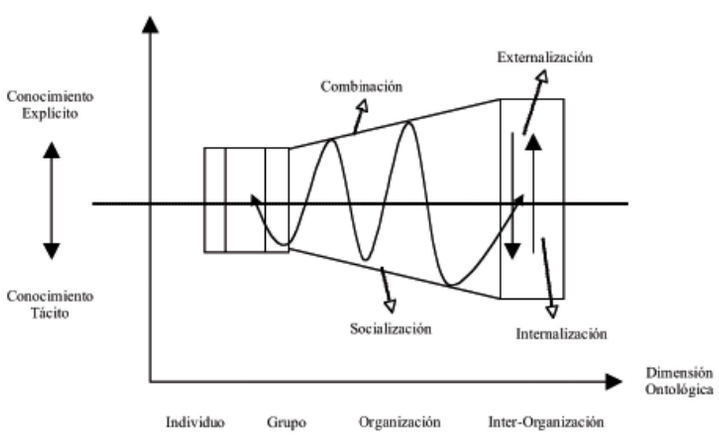

Figura 1: Espiral de Conocimiento de Nonaka y Takeuchi (1995)

Tras un análisis de la situación actual de *Navantia*, se definieron las siguientes líneas de acción:

- ***Desde la perspectiva epistemológica:***

1. *Fomentar la transmisión y captura de conocimiento tácito:* Eder (1989) sugiere que la mayoría del conocimiento en el desarrollo de nuevos productos, como el conocimiento sobre enfoques de diseño estratégico y el conocimiento sobre técnicas y métodos para el diseño, es principalmente tácito. Por tanto, es fundamental fomentar la transmisión y captura de conocimiento tácito. Éste es un aspecto que *Navantia* considera prioritario. Los trabajadores de *Navantia* son fuente de una gran cantidad de conocimiento tácito y es fundamental socializar y externalizar ese conocimiento, de manera que el conocimiento individual pase a estar disponible a nivel organizativo y evitar que dicho conocimiento se pierda si un trabajador deja la empresa o cambia de puesto dentro de la misma.

2. *Integración del conocimiento explícito:* Los resultados del desarrollo de nuevos productos dependen no sólo de la efectividad y la eficiencia de las actividades realizadas sino también del grado de integración entre ellas (Carbonara y Scozzi, 2006) y, por tanto, del conocimiento asociado a las mismas. *Navantia* trabaja con diferentes herramientas y aplicaciones que generan conocimiento explícito (herramientas CAD, sistemas ERP y CRM (Costumer Relationship Management, Gestión de la Relaciones con los Clientes), editores de documentos, etc.). El hecho de que dicho conocimiento no esté integrado puede llevar a la repetición de errores, la duplicación de trabajo o el uso de conocimiento obsoleto o incorrecto, lo que implica que el proceso de desarrollo de nuevos productos sea más lento y conlleve más trabajo. El objetivo de *Navantia* es gestionar conocimiento no redundante y consistente a lo largo de todo el ciclo de vida del producto.

El proceso de internalización se realiza en *Navantia* habitualmente mediante diversas actividades de formación que se llevan a cabo de manera sistemática y periódica, y, por tanto, se consideró que no era prioritario realizar mejoras en este punto.

- ***Desde la perspectiva ontológica:***

3. *Proporcionar un entorno para la colaboración en toda la empresa:* para Ramesh y Tiwana (1999) la estrecha colaboración entre los equipos de toda la organización es esencial para el éxito del producto. En *Navantia*, los proyectos se desarrollan en equipos formados habitualmente por miembros localizados no sólo en sus distintos departamentos y sedes, sino también por socios de distintos países. Si bien se emplean herramientas de comunicación rápidas y efectivas que permiten el trabajo colaborativo, como el correo electrónico, el principal problema es la dispersión de la información. Se trabaja con un gran número de documentos que no está centralizado. Ante esta situación, *Navantia* detecta la necesidad de una herramienta que le permita la comunicación y el intercambio de archivos, bases de datos, planos, etc., en definitiva, de conocimiento, que sea capaz de centralizar, almacenar y distribuir dicho conocimiento entre los miembros de la empresa de una manera eficaz y segura.

4. *Fomentar las relaciones inter-organizacionales:* la comunicación con clientes y proveedores puede ser una fuente valiosa de conocimiento (Chen, 2005) y la clave para mejoras drásticas en tiempo y calidad. Para la comunicación con proveedores *Navantia* emplea un ERP de desarrollo *in-house* que se ha ido adaptando a las necesidades de la empresa durante los últimos 30 años. Su uso principal es la gestión de los materiales cuya necesidad surge de los planos que se producen en el departamento de ingeniería mediante herramientas de diseño CAD 2D y 3D. El problema al que se enfrentan es que no hay una conexión directa entre la información que contienen los planos (materiales que se necesitan) y la información del ERP (proveedores de materiales y gestión de pedidos). Esto hace que el proceso sea más lento y que se puedan producir errores en la transmisión de información de un sistema (planos) a otro (ERP). Por otra parte, *Navantia* utiliza un CRM para la gestión de requisitos del cliente en el pre-contrato y en el post-contrato. La validación de un buque se realiza a través de la demostración del cumplimiento de los requisitos de las Especificaciones de Contrato. Los documentos justificativos que establecen cómo se satisfarán cada uno de los requisitos se envían al cliente para su revisión y éste a su vez envía sus correcciones. Este proceso se repite hasta que ambas partes están de acuerdo. Al igual que en el caso anterior, la falta de conexión directa entre los planos y el CRM ralentiza el proceso y lo hace más vulnerable a errores. Además, se da la circunstancia de que la información suministrada al cliente está restringida por motivos de seguridad y se necesitaría un sistema que garantizara el acceso a dicha información sólo a las personas autorizadas. Por otra parte, *Navantia* desearía que todo el intercambio de información con el cliente quedara registrado y los documentos quedaran archivados en un sistema que permitiera el seguimiento de dicho intercambio y la recuperación de la información en cualquier momento y lugar, y por cualquier persona autorizada.

2.4. DESARROLLO DE SOLUCIONES

Para dar respuesta a las necesidades detectadas, *Navantia* optó por la implantación de un sistema PLM. Este sistema se centra en la gestión del conocimiento, permitiendo la captura, organización y reutilización del conocimiento a lo largo de todas las fases del ciclo de vida del producto por parte de cualquier persona de la organización así como de proveedores y clientes (Sudarsan et al., 2005). Normalmente, PLM se emplea para trabajar con archivos digitales y bases de datos. Éstos pueden incluir configuraciones del producto, definiciones de las partes y datos de diseño, especificaciones, dibujos CAD, modelos de análisis de ingeniería, y planos de procesos de fabricación. Un objetivo de los sistemas PLM es integrar aplicaciones a lo largo del ciclo de vida del producto y gestionar el conocimiento no redundante y consistente. Para ello ofrece interfaces para herramientas de diseño así como para soluciones empresariales como ERP, CRM o SCR.

A la hora de implantar el sistema PLM, *Navantia* se planteó que se debía recopilar todo el conocimiento de la organización integrando las antiguas soluciones tecnológicas que habían funcionado con éxito con nuevos desarrollos tecnológicos en un único sistema que pudiera gestionar todo el conocimiento con independencia de su formato original. Con este enfoque evolutivo basado en la explotación de la tecnología y la innovación, así como en la búsqueda o adaptación de soluciones comerciales estándar, se minimizan los altos niveles de coste y riesgo asociados (McAdam et al., 2008). Por ello, en *Navantia* las tecnologías PLM se implantaron progresivamente en tres fases, aumentando su complejidad y alcance en cada nuevo proyecto acometido. La primera fase de la implantación del PLM se desarrolló exclusivamente en el Departamento de Ingeniería y en ella, el sistema PLM se utilizó principalmente como un gestor documental. En la segunda fase la implantación del sistema PLM se siguió centrando en el departamento de ingeniería y se comenzó a trabajar en la integración del PLM con otras soluciones tecnológicas que ya estaban funcionando en *Navantia*. El objetivo de la tercera fase fue extender el uso del sistema PLM en todos los ámbitos de ingeniería, llegando a otros departamentos, y obtener el mayor número de conexiones con las herramientas de diseño y de gestión. Con esta planificación en tres fases, el cambio organizativo que implica la implantación de tecnologías PLM fue aceptado más fácilmente por parte de los trabajadores, y los costes y riesgos se minimizaron.

A continuación se describe cómo el sistema PLM ha dado solución a las distintas líneas de acción planteadas:

1. Fomentar la transmisión y captura de conocimiento tácito:

El sistema PLM ha facilitado el proceso de externalización del conocimiento convirtiendo el conocimiento tácito en conocimiento explícito a través de un gestor documental. Este gestor permite la creación de documentos siguiendo unos modelos predefinidos: documentos generales (cartas, notas, faxes, etc.), documentos oficiales del proyecto (por ejemplo, documento a enviar al cliente requiriendo autorizaciones), planos de construcción o esquemas funcionales (planos que describen los elementos funcionales de cada uno de los sistemas y subsistemas que se pueden encontrar en un buque). Los documentos generales y oficiales son generados automáticamente a partir de una serie de campos que el usuario debe completar. Por ejemplo, *Navantia* tiene predefinidos 160 documentos, que van desde un simple fax a documentos más específicos como "fichero de cálculo de estructuras", "documento logístico y de mantenimiento de un material", o "análisis de averías y exigencias funcionales para el mantenimiento". Estos documentos predefinidos facilitan la captura del conocimiento tácito. Una vez que el conocimiento es explícito, puede ser libremente distribuido a través del sistema PLM por toda la organización. Para la

creación de esquemas funcionales y planos de construcción se realizó una integración con herramientas CAD 2D y 3D, tal y como se explica en el siguiente apartado. Estas herramientas se usan no sólo para codificar las especificaciones de diseño permitiendo así la retención, recuperación y transferencia de información técnica, sino que también enriquecen el contenido del conocimiento transferido, reduciendo de esta manera el riesgo de interpretaciones erróneas (Carbonara y Scozzi, 2006).

2. Integración del conocimiento explícito:

En el caso de *Navantia*, la información sobre el producto reside en los sistemas CAD. Por ello, se realizó la conexión con una herramienta CAD 2D que permite la creación de esquemas funcionales inteligentes. Con la integración se consiguió gestionar el proceso de elaboración y aprobación de los planos, las versiones de los mismos, y a su vez alimentar automáticamente la estructura de producto una vez que los planos se dan por terminados. Asimismo se integró el sistema PLM con una herramienta 3D utilizada por la empresa para la modelización de la estructura de acero del buque y la posterior obtención de planos de construcción a partir de esos modelos. De esta manera se consiguió centralizar todos los documentos generados con la herramienta 3D, protegerlos adecuadamente de forma que solo las personas con permisos adecuados pudieran trabajar con ellos, y registrar todos los cambios que hayan podido sufrir poder volver a una situación anterior de los mismos en cualquier momento. *Navantia* también integró en el sistema PLM sus sistemas ERP y CRM, tal y como se detalla posteriormente. Esta integración permite, por ejemplo, la gestión de materiales con el sistema ERP a partir los planos creados con las herramientas CAD y de las necesidades del cliente gestionadas con el CRM. Otras aplicaciones que facilitan este proceso de conversión del conocimiento son el sistema de gestión documental que permite la generación automática de informes a partir de la base de conocimiento de *Navantia*, y el servidor de correo que proporciona un servicio de notificación a los usuarios mediante el correo electrónico, incluyendo información sobre el proceso y enlaces a la información solicitada. Finalmente, el sistema PLM cuenta con la aplicación Maqueta virtual de un proyecto. Esta aplicación permite disponer de toda la información del producto en un único soporte, organizada según la estructura del mismo, con la capacidad de navegar por todos los componentes, consultar sus propiedades y los documentos asociados con independencia del formato origen, y visualizar en 3D la geometría de cada componente, es decir, disponer de un producto virtual completo que permita alcanzar importantes reducciones en coste y tiempo invertido durante la fabricación del producto físico.

Como consecuencia de la integración de aplicaciones a lo largo del ciclo de vida del producto a través del sistema PLM se obtiene conocimiento no redundante y consistente, tal y como desea *Navantia*, a lo largo de todo el ciclo de vida del producto y no sólo en las etapas de diseño y producción, como es habitual. Por ejemplo, cuando se somete a un submarino a una revisión, se desmonta completamente. En esta situación es vital tener disponible conocimiento consistente y transparente para montar nuevamente el submarino de forma correcta.

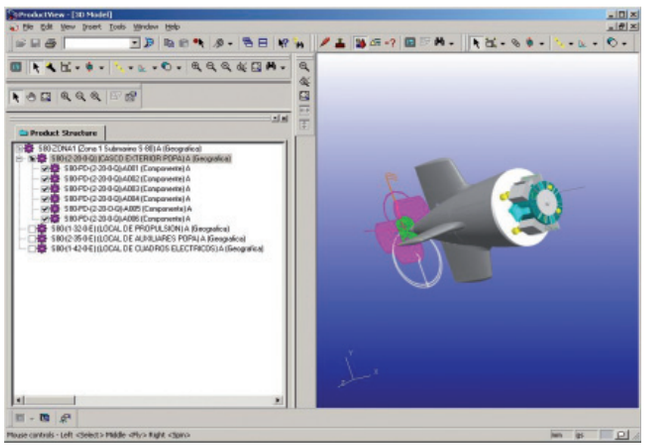

Figura 2: Maqueta digital de un proyecto

3. Proporcionar un entorno para la colaboración en toda la empresa:

El sistema PLM se utilizó para permitir que equipos localizados en distintos países pudieran trabajar juntos en tiempo real. La colaboración implicó el uso de mensajería instantánea entre miembros de proyectos temporales y empleados, así como audio y video conferencias. El sistema PLM posibilitó también la creación de foros de discusión asociados a temas específicos del proyecto que se estaba desarrollando. Además al integrar el correo electrónico de los usuarios en el sistema PLM, permitió la distribución automática de documentos entre los distintos miembros de un equipo. El sistema PLM también cuenta con un g*estor de workflow o flujo de trabajo* que facilita asimismo el trabajo cooperativo al informar sobre las tareas pendientes de realizar o avisar mediante correo electrónico a los usuarios encargados de realizarlas, entre otras funciones.

Por otra parte, se desarrollaron aplicaciones en el sistema PLM que permitieron la conexión entre distintos departamentos. Por ejemplo, se implantó un *Gestor de No Conformidades*, es decir, de defectos detectado en documentos, procesos o en el producto por el departamento de Calidad. El sistema PLM documenta el ciclo de vida de una *no conformidad* mediante un *workflow* que informa en cualquier momento sobre la situación de la no conformidad y además define la participación de los distintos departamentos de la empresa en la resolución de la misma. Esta aplicación fue especialmente relevante porque fue la incursión más completa del sistema PLM en un departamento distinto al de Ingeniería, origen de la implantación del sistema PLM.

4. Fomentar las relaciones inter-organizacionales:

Las tecnologías PLM integran e intercambian el conocimiento con los principales proveedores y socios.

Retos	Soluciones
Fomentar la transmisión y captura de conocimiento tácito	- Creación y gestión de documentos predefinidos con gestor documental - Creación de esquemas funcionales y planos de construcción con herramientas CAD integradas en el sistema PLM
Integración del conocimiento explícito	- Integración de herramientas CAD 2D y 3D, y sistemas ERP Y CRM en sistema PLM - Generación automática de informes con el gestor documental - Generación de maqueta virtual de un proyecto con visualización 3D - Conocimiento no redundante y consistente gracias al gestor documental o al gestor de revisiones y de versiones
Proporcionar un entorno para la colaboración en toda la empresa	- Comunicación de equipos de trabajo mediante mensajería instantánea, audio/video conferencias, foros asociados a temas específicos - Distribución automática de documentos mediante integración del correo electrónico corporativo en el sistema PLM. - Gestión de tareas colaborativas mediante gestor de workflow. - Conexión entre departamentos (gestor de no conformidades para la conexión con Departamento de Calidad; integración con sistema ERP para conexión con Departamento de Aprovisionamiento).
Fomentar las relaciones inter-organizacionales	- Integración sistema PLM con ERP para relaciones con proveedores y socios. - Integración sistema PLM con CRM para relación con clientes.

Tabla 1: Retos de Navantia desde la perspectiva de gestión del conocimiento y soluciones mediante el sistema PLM

Además, el soporte del sistema PLM para la transferencia del conocimiento con los clientes ayuda a identificar sus necesidades desde los diseños iniciales hasta el producto final. Ambas relaciones inter-organizacionales optimizan y enriquecen el proceso de desarrollo del producto.

Navantia utiliza un ERP cuyo uso principal es la gestión de los materiales cuya necesidad surge de los planos que se producen en el departamento de Ingeniería. Con objeto de que otros departamentos de *Navantia*, principalmente el de Aprovisionamientos, puedan gestionar los materiales requeridos en la construcción de un buque, se introducen estos materiales en el ERP mediante procesos de carga masiva a partir de la información de las herramientas CAD. Por ello, se hizo necesario desarrollar una interfaz entre el ERP y el sistema PLM, que permitiera a ambos sistemas interactuar. De esta manera se automatiza la generación de informes actualizados con los materiales de un plano de construcción en el ERP desde el PLM. Además, se permite el acceso desde el PLM a los materiales asociados a determinados proveedores y que se están gestionando en el ERP.

Por otra parte, con el objetivo de mejorar la gestión de requisitos del cliente en el pre-contrato y en el post-contrato se integró el CRM con el sistema PLM. De esta manera se eliminó la necesidad de importar los documentos justificativos al CRM. Ahora son creados, almacenados y modificados directamente desde el PLM. El cliente puede consultar la información del PLM sobre un proyecto en concreto y hacerle partícipe

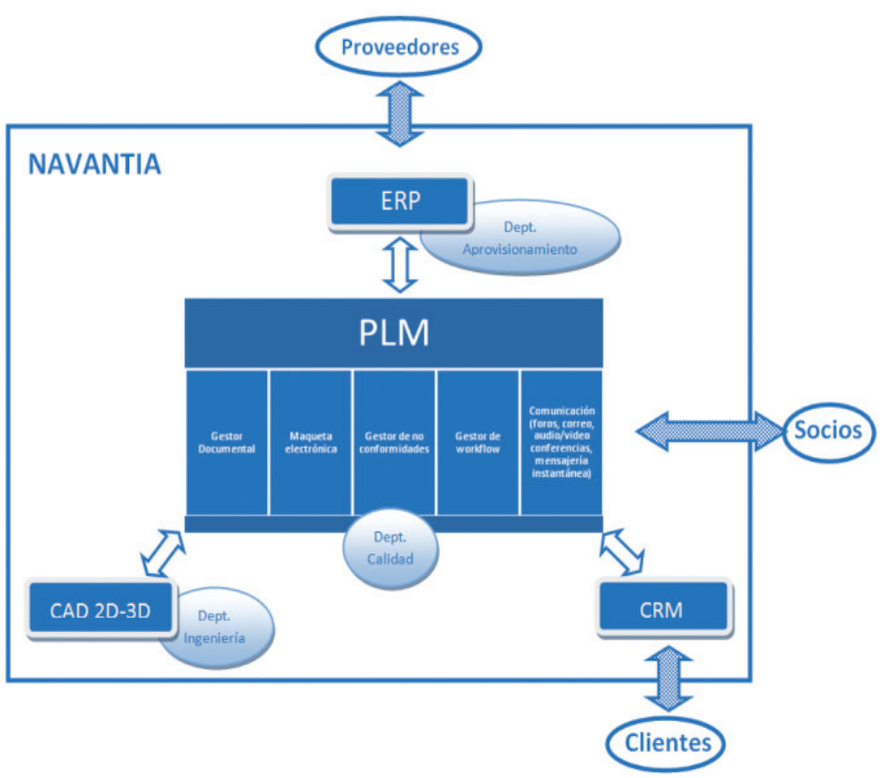

Figura 3: Implantación del sistema PLM en Navantia: herramientas y áreas implicadas

del proceso de revisión de la documentación, con lo que se consigue eliminar los costes de los procesos de intercambio y reducir los tiempos de envío y recepción. Además, se realizó una personalización de PLM de modo que los usuarios clientes tienen acceso sólo a la información necesaria o autorizada.

Finalmente, hay que tener en cuenta que las relaciones inter-organizacionales deben estar presentes a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, no sólo en las fases de diseño y producción. Por ejemplo, en *Navantia* el conocimiento sobre instrucciones de mantenimiento y consejos para resolver problemas frecuentes se comparte ahora con los clientes a través del PLM.

La Tabla 1 resume todas las soluciones descritas.

La Fig. 3 sintetiza las herramientas y áreas implicadas en la implantación del sistema PLM en *Navantia*.

3. RESULTADOS

Con las soluciones desarrolladas se consiguió integrar en el sistema PLM, por ejemplo, los siguientes elementos:

- Planos de fabricación: 2178
- Planos funcionales: 441
- Materiales/componentes: 262.409
- Materiales en 3D: 139.830

Además se ejecutaron los siguientes elementos:

- Lista de materiales: 51.423
- Comprobación de errores en listas de materiales: 54.023
- Actualizaciones de la estructura del producto: 6.894

Esto llevó a, entre otros, los siguientes logros:

(1) Reducción del tiempo de acceso a la información generada en fases anteriores del desarrollo del producto y por otros departamentos de la empresa. Por ejemplo, el tiempo para obtener un plano se reduce a 5 minutos en lugar de 2-3 días que se podía emplear en ello.

(2) Reducción del tiempo en distribución de la documentación: anteriormente era necesario distribuir y almacenar cinco copias físicas, mientras que ahora hay una disponibilidad inmediata de la documentación en un archivo electrónico central que permite la impresión a demanda.

(3) Reducción del número de cambios y revisiones, a la vez que se tiene la seguridad de que se trabaja con la última revisión de la documentación. En consecuencia, la empresa consiguió una reducción de tiempo y errores.

(4) Gran mejora de la comunicación entre empleados así como con socios.

(5) Fomento y facilitación del intercambio de información entre departamentos.

(6) Mejora en la gestión de los procedimientos de la organización, la gestión de los requisitos con el cliente y la gestión con los suministradores.

(7) Reducción del tiempo de diseño y costes del producto gracias a la maqueta electrónica.

Actualmente el sistema PLM es una herramienta consolidada en el astillero de Cartagena, e integrada en el trabajo cotidiano de los diferentes departamentos, proveedores, socios y clientes. Una vez conocidas las soluciones a los problemas encontrados y los logros obtenidos, *Navantia* está trabajando para aplicar el sistema a nivel corporativo en todos los astilleros del grupo, teniendo en cuenta las particularidades de cada uno de los astilleros.

4. DISCUSIÓN

Desde un punto de vista industrial, no hay duda acerca de la importancia de la gestión del conocimiento (Siemieniuch y Sinclair, 2004). En consecuencia, el desarrollo de sistemas que faciliten la gestión del conocimiento ha sido un tema de interés considerable (Nonaka y Konno, 1998). En este trabajo, se ha analizado mediante el caso de estudio de la empresa *Navantia* el modo en el que se puede fomentar la gestión del conocimiento del ciclo de vida de un producto.

Navantia optó por la implantación de un sistema PLM porque es mucho más que una solución tecnológica. PLM es una estrategia empresarial que se basa en la gestión y el uso del conocimiento corporativo de manera efectiva, con el objetivo de mejorar el desarrollo del producto en términos de coste y calidad, y reducir el tiempo de mercado para mejorar la competitividad.

Durante la implantación del sistema tuvieron que hacer frente a diversos problemas inherentes al cambio, tanto desde el punto de vista tecnológico como con respecto a los recursos humanos. Desde el punto de vista tecnológico, había que considerar que implantar un PLM implicaba la conexión con otras herramientas vitales para la empresa. Dicha conexión no era posible hacerla de manera directa en todos los casos, por lo que fue necesario realizar ajustes y diseñar interfaces que permitieran dicha conexión. Además, el PLM no cubría la totalidad de actividades que se requerían para optimizar el proceso de diseño y fabricación del producto, por lo que hubo que desarrollar algunas aplicaciones propias. Obviamente, la implantación de un sistema cómo éste obligaba a cambiar el modo de trabajar de los empleados. Para evitar reticencias al cambio y facilitar la transición del sistema de trabajo anterior al sistema PLM, se actuó en dos ejes: (1) implantación

paulatina del sistema, en diferentes fases según la adaptación del personal; (2) formación del personal y apoyo técnico para hacer frente a dudas o cualquier problema durante la adaptación.

Aunque los sistemas PLM están considerados como la clave para la trasformación digital de los procesos de ingeniería, muchas grandes compañías han fracasado a la hora de explotar todo su potencial organizativo y sus beneficios tecnológicos (Abramovici y Sieg, 2002). En este aspecto el caso de *Navantia* constituye un ejemplo de implantación exitosa, siendo las claves de éste éxito la siguientes: (1) la realización de un análisis razonado de las necesidades de la empresa desde un enfoque estratégico de gestión del conocimiento, (2) la implantación de un sistema PLM que se centra en gestionar el conocimiento de todo el ciclo de vida del producto, (3) la integración de las herramientas existentes en *Navantia* con el sistema PLM además de la explotación de las aplicaciones que el sistema PLM posee, y (4) el haber implicado a los distintos agentes de la empresa, tanto a nivel organizativo como a nivel interorganizativo. Por tanto, el caso de *Navantia* puede ser de interés a directivos a la hora de mejorar el proceso de desarrollo de nuevos productos, y como consecuencia, mejorar los resultados de la organización al ofrecer un producto de alta calidad, a un precio agresivo y reduciendo el ciclo de desarrollo del producto, lo que, en definitiva, se traducirá en alcanzar y mantener una alta posición competitiva en el mercado internacional.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Abramovici M, Sieg OC. "Status and development trends of product lifecycle management systems". En Proceeding of International Conference on Integrated Product and Process Development. Wroclaw, Poland, 2002, p. 2122.
2. Carbonara N; Scozzi B. "Cognitive maps to analyze new product development processes: A case study". *Technovation*. 2006, Vol. 26, p. 1233-1243.
3. Chen S. "Task partitioning in new product development teams: A knowledge and learning perspective". *Journal of Engineering and Technology Management*. 2005 ,Vol. 22, p. 291–314.
4. Colombo G; Pugliese D. "The role of knowledge management in product lifecycle", en Brissaud, D.; Tichkiewitch, S.; Zwolinski, P. (eds.), *Innovation in Life Cycle Engineering and Sustainable Development,* Springer, Netherlands, 2006, p. 397-406.
5. Davenport T; Prusak L. *Working knowledge: How organizations manage what they know.* Boston, MA.: Harvard Business School Press, 1998.
6. Dayasindhu N. "Embeddedness, knowledge transfer, industry clusters and global competitiveness: a case study of the Indian software industry". *Technovation*, 2001, Vol. 22, p. 551-560.
7. Eder WE. "Information systems for designers", en Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, International Conference on Engineering Design, ICED89, Harrogate, London, 1989, p. 1307–1319.
8. Gieskes JFB; Langenberg I. "Learning and improvement in product innovation processes: enabling behaviours". *Systems Engineering*, 2001, Vol. 4, p. 134-144.
9. Jiménez D; Sanz R. "Innovación, aprendizaje organizativo y resultados empresariales: Un estudio empírico". *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 2006, Vol. 29, p. 31-55.
10. Kaminski PC.; Oliveira, A.C.; Marques Lopes, T. "Knowledge transfer in product development processes: A case study in small and medium enterprises (SMEs) of metal-mechanic sector from São Paulo, Brazil". *Technovation*. 2008, Vol. 28, p. 29-36.
11. Maylor H. "Assessing the relationship between practice changes and process improvement in new product development". *Omega*, 2001, Vol. 29, p. 85-96.
12. Mcadam R; O'hara T; Moffett S. "Collaborative knowledge sharing in Composite New Product Development: An aerospace study". *Technovation*, 2008, Vol. 28, No. 5, p. 245-256.
13. Nonaka I; Konno N. "The concept of 'Ba': building a foundation for knowledge creation". *California Management Review*, 1998 Vol. 40, No. 3, p. 40-54.
14. Nonaka I; Takeuchi H. *The Knowledge-Creating Company*. Oxford University Press, 1995.
15. Numprasertchai S; Igel B. "Managing knowledge through collaboration: multiple case studies of managing research in university laboratories in Thailand". *Technovation*, 2005, Vol. 25, p. 1173-1182.
16. Ramesh B, Tiwana A. "Supporting collaborative process knowledge management in new product development teams". *Decision Support Systems*, 1999, Vol. 27, p. 213-235.
17. Siemieniuch CE; Sinclair MA. "CLEVER: a process framework for knowledge lifecycle management". *International Journal of Operations & Production Management*, 2004, Vol. 24, No. 11, p. 1104-1125.
18. Sudarsan R, Fenves SJ, Sriram RD, Wang F. "A product information modelling framework for product lifecycle management". *Computer-Aided Design*, 2005, Vol. 37, p. 1399-1411.
19. Young RIM, Gunendran AG, Cutting-Decelle AF, Gruninger M. "Manufacturing knowledge sharing in PLM: A progression towards the use of heavy weight ontologies". *International Journal of Production Research,* 2007, Vol. 45, No. 7, p. 1505-1519.