

Reducción de Costes con la Implementación de la Gestión del Ciclo de Vida en un Fabricante de Aerogeneradores

Félix Calvo Narváez

UPM University, Madrid, Spain, felix.calvo@upm.es

Carlos Rodríguez Monroy

UPM University, Madrid, Spain, crmonroy@etsii.upm.es

ABSTRACT

The purpose of this paper is to further develop a generic PLM (Product Lifecycle Management) application. The PLM solution helps the providers of aeronautical engineering services and manufacturing, including renewable energies, to meet new challenges. In those sectors the top level manufacturers are increasingly outsourcing the development and manufacturing of components to its suppliers through work packages, as wind-turbines case. The management of work packages from providers can be optimized by implementing a PLM solution. This tool is essential to ensure accomplishment of the top level manufacture requirements, and to develop the work packages or projects in time, cost and scope. One of the main functions to be covered by the chosen PLM will be the control and visibility of information with respect to Programs and Projects Management. It is also imperative that the solution provides a Document Management to centralize all documents which include the deliverables to the customer, the ones for internal use,... To meet quality requirements and industry standards, the implementation must have a Configuration Management to ensure the validity of a product produced during any stage of their life cycle through strict control of changes and the constant availability of the latest version of each item.

Keywords: Product Lifecycle Management, Aeronautical Engineering, Manufacturing, Cost Reduction, Configuration Management

RESUMEN

El propósito de este artículo es desarrollar sobre una aplicación genérica PLM (Product Lifecycle Management), una solución que ayudará a las empresas proveedoras de servicios de ingeniería y fabricación del sector aeronáutico y renovables, a superar nuevos retos. En estos sectores los fabricantes de primer nivel (OEM's) tienden a subcontratar el desarrollo y la fabricación de componentes a proveedores mediante paquetes de trabajo, como en el caso de los aerogeneradores. La gestión de dichos paquetes por los proveedores puede optimizarse mediante la implantación de una solución PLM. Esta herramienta es clave para garantizar el cumplimiento de los requerimientos del fabricante, y que el desarrollo de los paquetes se realizan en tiempo, coste y alcance. Una función a cubrir por la solución desarrollada sobre el PLM seleccionado será la Gestión de Programas y Proyectos. Es imprescindible que la solución aporte una Gestión de la Documentación que centralice todos los documentos, incluyendo entregables al cliente, de uso interno,... Para cumplir con las exigencias de calidad y normas de la industria, la aplicación contará con Gestión de la Configuración que asegure la validez de un producto obtenido durante cualquiera de las etapas del ciclo de vida, mediante control de cambios y última versión.

Palabras claves: Gestión del Ciclo de Vida de un Producto, Ingeniería Aeronáutica, Fabricación, Reducción de Costes, Gestión de la Configuración

1. INTRODUCTION

La gestión del ciclo de vida de un producto, conocido como PLM (Product Lifecycle Management) se define como un enfoque del negocio orientado a controlar un producto desde su fase conceptual, su diseño, su fabricación y posteriormente su soporte al cliente, su mantenimiento y finalmente su retirada del servicio. El PLM integra tanto a las personas, datos, procesos y sistemas de negocio y se encarga de proveer la información del producto a las diferentes funciones de la empresa, a sus empresas colaboradoras, a sus proveedores, clientes, etc. EL PLM se sustenta en tres conceptos fundamentales:

- Una gestión de acceso y utilización segura y universal a la información de de definición del producto.
- Una integridad persistente de la definición del producto y toda su información relacionada a lo largo del ciclo de vida del producto.
- La gestión y mantenimiento de los procesos del negocio que crean, gestionan, distribuyen, comparten y utilizan la información del producto.

Los principales beneficios del PLM son:

- Ayuda a entregar productos y servicios innovadores en un tiempo más corto.
- Es capaz de reducir el tiempo de la llegada del producto al mercado.
- Establece una relación más amplia y colaborativa con los clientes, suministradores y empresas asociadas.
- Mejora la comunicación entre los diferentes departamentos implicados en la elaboración del producto.
- Reduce costes al aprovecharse de la eficacia que proviene de la colaboración en el negocio.
- Facilitar el cumplimiento de estándares y normativas.
- Mejorar la calidad del producto.

Para controlar el gran volumen de información generada por las herramientas CAD/CAM/CAE surgieron las herramientas PDM encargadas de facilitar el seguro y rápido acceso a la información y del manejo de las distintas versiones y evoluciones de los datos. La primera generación de estas herramientas, fue efectiva en el dominio de la ingeniería pero fracasaron en las otras actividades de la empresa tales como las ventas, marketing, la gestión de la cadena de suministro así como la distribución de la información a las entidades fuera de la empresa. El PLM aparece en los 90 con el objetivo de ir más allá del mero aspecto de la ingeniería de la empresa y busca gestionar toda la información a través de todos los estados del ciclo de vida del producto desde el diseño, fabricación, marketing, ventas, servicio al cliente, por lo tanto el ERP, MRP, SCM y CRM que se encargan de la gestión de las listas de materiales y de rutas, de la planificación de necesidades para realizar los pedidos a los proveedores , la gestión logística y de almacenes, el cálculo de costes, etc. son partes del PLM. Actualmente las principales industrias que adoptan el PLM son las de la aeronáutica y la automoción, debido al hecho que sus productos son muy complejos, con miles de componentes de muchos proveedores y tienen ciclos de vida muy largos (Figura 1).



Figura 1: Ejemplo de ciclo de vida de un avión

Durante la prolongada vida de un aerogenerador, como ocurre con un avión, es inevitable que los requerimientos del cliente evolucionen, y como consecuencia surge la necesidad de ofrecer variantes del producto, que se conocen como “familia del producto”. Para el diseño de dichas variantes, así como evaluar los costes y el impacto de las modificaciones requeridas por el cliente es primordial el uso de PLM.

Dos ejemplos del beneficio que ha reportado el uso de PLM en la industria aeronáutica son: La solución PLM de IBM Dassault permitió a Dassault Aviación y a sus 27 empresas colaboradoras en América y Europa diseñar el Jet de negocios “Falcon 7X”, y sólo 7 meses bastaron para montar este avión, frente a los 16 meses habituales para los de su categoría. También la solución PLM UGS fue implantada en el desarrollo del “F35 Joint Strike

Fighter (JSF)” y Lockheed Martin informó de un 35 % de reducción en el ciclo de diseño y una reducción del 66% en el tiempo de fabricación.

2. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO PLM

El propósito de este artículo es desarrollar sobre una aplicación PLM genérica, una solución que ayudará a las empresas fabricantes de aerogeneradores, al igual que lo han hecho con las empresas proveedoras de servicios de ingeniería y fabricación del sector aeroespacial, a superar nuevos retos. En estos sectores, las empresas fabricantes de primer nivel (OEM's) tienden, cada vez más, a subcontratar el desarrollo y la fabricación de componentes a sus proveedores mediante paquetes de trabajo. La herramienta PLM es clave para garantizar el cumplimiento de los requerimientos del fabricante de primer nivel, y que el desarrollo de los paquetes de trabajo o proyectos se realizan en tiempo, coste y alcance. Las principales funcionalidades que debe proveer la solución basada en PLM para una empresa fabricante de aerogeneradores, dedicados a la producción de energía eléctrica, son:

- Gestión de proyectos de diseño y fabricación de aerogeneradores.
- Gestión de la documentación asociada a los aerogeneradores.
- Integración con los sistemas CAD, y con herramientas que generan o gestionan información (SolidWorks, MS Office, etc.).
- Gestión de la estructura y configuración del producto.
- Integración con el sistema ERP.
- Gestión de cambios y modificaciones.
- Gestión y automatización de procesos y/o procedimientos operativos.
- Gestión del histórico de datos de los proyectos de diseño y construcción de aerogeneradores.
- Gestión de la colaboración (External Enterprise).
- Entorno de seguridad.
- Gestión y control de la calidad.

Una empresa fabricante de aerogeneradores, aviones, o automóviles trabaja sin una demanda explícita, y el volumen de producción se determina por estimación. A nivel conceptual se emplea una estrategia “push”, en la que el cliente se amolda al producto. Esta manera de trabajar se suele dar en productos cuyo almacenaje es muy caro, como es el caso de los aerogeneradores, que hoy día tienen un gran tamaño acorde con las potencias de sus turbinas, que suelen estar por encima de 1 MW. En nuestro producto, el software PLM hará especial hincapié en las relaciones con los proveedores.

Una de las funciones principales a cubrir por la solución desarrollada sobre la PLM seleccionada será la gestión de programas y proyectos, la cual consiste en el control y visibilidad de la información relativa a programas y proyectos para favorecer la colaboración con proveedores y clientes, integrando en un punto común todos los datos esenciales de forma coherente. Otra funcionalidad que debe tener la aplicación es la gestión de la madurez que permita organizar la documentación y los productos por fases e hitos del ciclo de vida del proyecto, asegurando que éstos no se modificarán una vez estén concluidas dichas fases o se haya alcanzado un hito determinado. También se hace imprescindible que la solución aporte una gestión de la documentación que centralice todos los documentos donde se incluyan los que se deben entregar al cliente, los de uso interno y documentos CAD. Esta información debe poder visualizarse de forma estructurada para poder tener una visión global de los elementos involucrados en los programas, fases o hitos. En particular, para la documentación CAD esta herramienta debe ser capaz de interactuar con aplicaciones de diseño asistido por ordenador, integrándola de tal forma que todas las necesidades de gestión de usuario CAD están incluidas en la interfaz de la aplicación.

Un aerogenerador, en menor cuantía que un avión, es un producto complejo. Su desarrollo, fabricación y soporte, implica a empresas colaboradoras y proveedores generalmente en varios países, en este entorno se hace necesario un proceso eficiente para controlar y hacer el seguimiento del producto y sus datos asociados a lo largo de todo el ciclo de vida, que es lo que se conoce por gestión de la configuración (Configuration Management, CM). CM es una parte del PLM que va a proveer una visión clara del estado de la configuración asociada al producto y sus evoluciones para garantizar la total trazabilidad. Las herramientas de CM integrarán funciones que van a permitir

auditar y controlar todas las acciones llevadas a cabo en la configuración del producto. CM permite asegurar la validez del producto obtenido durante cualquiera de las etapas de su ciclo de vida, mediante el estricto control de los cambios realizados sobre los mismos y la disponibilidad constante de la última versión de cada elemento. El control de cambios y el control de versiones de todos los elementos que conforman un producto facilitan también el mantenimiento al ofrecer una imagen detallada de cada etapa del desarrollo. Ésto es posible mediante la inclusión de procesos de validación y cambio de Ingeniería.

Otro de los factores claves en el ciclo de vida del producto es la maqueta digital (Digital Mock-Up, DMU), que es la representación digital del producto y los medios utilizados en su producción, ésta va a evolucionar con el ciclo de vida y va a permitir el uso de lo que se conoce como Ingeniería Concurrente.

El proyecto de implantación de la solución PLM contemplará las siguientes tareas:

- Análisis de especificaciones, requerimientos e identificación de necesidades del cliente.
- Desarrollo y parametrización de la solución PLM en función de las especificaciones, requerimientos y necesidades analizadas.
- Instalación y configuración de la solución PLM.
- Documentación de la solución PLM.
- Importación del histórico útil de datos del cliente en la solución PLM.
- Formación a los distintos niveles de usuario en la solución PLM: usuarios que crean y modifican información bajo SolidWorks, o MS Office, o Delmia Process Engineer, usuarios que consultan información, y en la administración del sistema.
- Mantenimiento y soporte de la solución PLM, una vez puesta en producción.

3. NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS A CUBRIR CON EL PROYECTO PLM

La empresa fabricante de aerogeneradores lleva más de veinticinco años desarrollando su actividad, que va desde el diseño y la fabricación, a la operación y el mantenimiento de estos equipos y sus instalaciones, en España y en otros diez países. Se encarga de mantener más de 1.600 aerogeneradores repartidos en 74 parques eólicos. Su plantilla está compuesta por unas 800 personas, incluido el servicio técnico. Las previsiones de venta para 2013 se estiman en 245 millones de euros, y las inversiones de más de 17 millones de euros. Dispone de seis tipos de aerogeneradores, según su diámetro de palas y potencia nominal, lo que permite una elección óptima para cada emplazamiento en función de las características orográficas y las condiciones de viento. En los aparatos de mayor potencia se ha innovado, incorporando modelos de velocidad variable y con cambio de paso.

De la situación actual de la empresa de aerogeneradores se deducen las siguientes necesidades de mejora, mediante la implantación de una solución PLM:

- Se desea reducir el ciclo de vida del proyecto. Se han de producir nuevos productos en un tiempo menor.
- Se desea reaccionar rápidamente y con intensidad a la presión del mercado (competencia, plazos, normativas, etc.).
- Se necesita aumentar la personalización del producto a las necesidades específicas del cliente, incrementándose frente a la fabricación de productos estándar.
- Se desea encontrar lo necesario para desarrollar un nuevo producto con los mismos recursos en menos tiempo.
- Se necesita aumentar la complejidad del producto, debiéndose ofrecer mejores productos, de mayor calidad y manteniendo los costes bajo control.
- Se necesita controlar la demanda de la documentación técnica adicional como manuales de uso, normativas, especificaciones, etc., que exigen un mayor número de documentos a realizar y a tener bajo control.
- Se desea facilitar el desarrollo colaborador en los proyectos, permitiendo la colaboración entre equipos de trabajo con independencia de su ubicación.
- Se desea romper las barreras entre los distintos departamentos de la empresa, y entre la empresa y su cadena de valor (clientes, proveedores, etc.).

- Se desea facilitar la búsqueda inmediata de los datos necesarios y el acceso a la información por parte de cualquier usuario (interno o externo) de acuerdo a los criterios establecidos.
- Se desea centralizar, homogeneizar y racionalizar toda la información relacionada con el desarrollo de los proyectos.
- Se desea centralizar, gestionar y reutilizar la información, la experiencia y el conocimiento.
- Se desea facilitar y garantizar el dato único, incidiendo en la reducción de los costes operacionales y en la reducción de los costes de no-calidad.
- Se desea eliminar las tareas administrativas que no aportan ningún valor añadido.
- Se desea garantizar el control y la gestión de los cambios y asegurar la trazabilidad.
- Se desea planificar el desarrollo de proyectos, y gestionar los recursos comunes para proyectos múltiples.
- Se desea garantizar los procesos y/o procedimientos impuestos por los diferentes sectores, así como sus normativas correspondientes.
- Se desea automatizar y controlar los procesos y/o procedimientos asociados al desarrollo de los proyectos, y a la gestión de la documentación.

Del análisis realizado en la empresa se concluye la siguiente relación de requerimientos que debe contemplar la implantación de la solución PLM:

- Gestión de los proyectos de diseño y fabricación en todas sus fases y de su información asociada.
- Repositorio de la totalidad de la información asociada al desarrollo de los proyectos.
- Gestión de la documentación del proyecto, tanto de diseño, como de fabricación, o de soporte, y de ámbito general.
- Visualización, anotación y manipulación visual de la documentación contenida y gestionada por el sistema.
- Gestión y automatización de los procesos y/o procedimientos asociados: al desarrollo de los proyectos, a la gestión de la documentación (aprobación de documentación, distribución de la misma, etc.), y a los cambios de Ingeniería (propuesta de cambio, orden de cambio, etc.).
- Integración con las aplicaciones ofimáticas que generan información (MS Office).
- Integración con las herramientas CAD que generan información (SolidWorks).
- Integración con las herramientas de simulación (Delmia Process Engineer).
- Gestión de la estructura y configuración del producto.
- Control de acceso a la solución en función de diferentes criterios.
- Control de cambios, gestión de las revisiones, y control de la trazabilidad.
- Generación automática de listas de elementos y generación de informes.
- Procedimientos que agilicen la reutilización de información existente.

Tras un estudio de alternativas, se implanta la solución SmarTeam, que es una aplicación PLM desarrollada por la empresa Dassault Systemes.

4. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PLM PARA LA EMPRESA DE AEROGENERADORES

4.1 GESTIÓN DE PROYECTOS Y PRODUCTOS

El modelo de datos de la empresa, en su departamento de Ingeniería, contiene productos y proyectos. Los productos son los aerogeneradores, y el usuario que cree el elemento deberá rellenar las características del mismo que incluirá en el proyecto. Cada elemento se guarda con un identificador único, y así luego podrá ser localizado mediante búsquedas por atributos conocidos. En cuanto a los proyectos, los que realiza la empresa de forma íntegra son parques eólicos. Al igual que los productos, el usuario determina una serie de atributos que identifican al parque eólico, tales como número de aerogeneradores, potencia instalada, etc.

4.2 GESTIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN

Se gestiona la siguiente documentación:

- Documentación gráfica: se refiere a planos y piezas de SolidWorks, planos de CAD, planos de CAD eléctricos y planos de CAD electrónicos.
- Conocimiento: se refiere a normas, manuales, formatos, plan de seguridad, plan de emergencia, plan de riesgos, diagramas de flujos, catálogos y certificados.
- Partida: documentación de la planificación del proyecto, especificaciones de diseño, ofertas, contratos, memorias y presupuestos.
- Proceso de diseño: documentación con cálculos técnicos e informes.
- Producción: incluye especificaciones técnicas, de suministro, instrucciones de ensamblaje, instrucciones de instalación, instrucciones de mantenimiento, utillajes y lista de materiales (BOM). Los entregables del proceso serán la lista de materiales de fabricación, que será la base para la planificación de los pedidos requeridos para el lanzamiento de órdenes de compra y cálculos MRP, y las rutas que incluirán todos los datos técnicos que permitirán a los operarios realizar el trabajo, que contendrán también los requerimientos sobre los recursos necesarios. La lista de materiales (ver ejemplo en Figura 2), las rutas y las instrucciones de trabajo serán la base para el lanzamiento de las órdenes de trabajo a fábrica.

Hoja de ruta específica Visualizar: Resumen componentes de material

Material: AES518042107000 [GG51] RIVETING LWVR BKIN LH
 Cantidad: 5015762 Selecciona 0 MCH-RIVETING LWVR BKIN LH
 Lista mat: 01351297_ABLMat 1

C. No.	Cant.	Ind.	Componente	Cantidad	Concepto s.	U.	T.	IT	Oper.	Dec.	Status	C	Texto breve de material
0	0	0213	EN611575-10	2		EA	L						BULON
0	0	0214	EN611575-11	11		EA	L						BULON
0	0	0215	EN611575-12	4		EA	L						BULON
0	0	0216	EN611575-13	4		EA	L						BULON
0	0	0220	EN611576-7	1		EA	L						BULON
0	0	0221	EN611576-8	4		EA	L						BULON
0	0	0222	EN611576-9	4		EA	L						BULON
0	0	0223	EN611576-10	5		EA	L						BULON
0	0	0224	EN611576-11	11		EA	L						BULON
0	0	0225	EN611576-12	6		EA	L						BULON
0	0	0226	EN611576-13	5		EA	L						BULON
0	0	0227	EN611576-14	2		EA	L						BULON
0	0	0228	EN611576-16	4		EA	L						BULON
0	0	0230	EN611576-17	4		EA	L						BULON
0	0	0235	EN611577-13	2		EA	L						BOLT
0	0	0237	EN611577-15	4		EA	L						BOLT PRTD
0	0	0238	EN611577-16	2		EA	L						BULON
0	0	0239	EN611577-17	2		EA	L						BOLT
0	0	0256	ASNA2538P4	127		EA	L						TUERCA
0	0	0251	ASNA2538P5	32		EA	L						TUERCA
0	0	0252	ASNA2538P6	46		EA	L						TUERCA
0	0	0253	ASNA2538P7	10		EA	L						TUERCA
0	0	0258	AN6114503716R	1		EA	L						ARRIBOLA
0	0	0650	AES518042165000	1		EA	L						RIVETING LWVR BKIN LH
0	0	0851	AEPAN_MM_2011	7.953		EA	L						MATERIAL-MM

Figura 2: Ejemplo de lista de materiales de fabricación

4.3 GESTIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CONFIGURACIÓN DEL PRODUCTO

En la empresa dividen el aerogenerador en las siguientes partes: góndola, torre, palas, control, infraestructura eléctrica, cimentación y telecomunicaciones. Cada uno de estos subproductos se divide en artículos, así como el resto de los componentes.

4.4 GESTIÓN DE RELACIONES

Toda la información de cada usuario queda registrada en la base de datos. Así, quedarán registradas sus operaciones de consulta, editado, creaciones, modificaciones, etc. Esto permitirá a la empresa tener un control de los responsables de las acciones y ayudará a la identificación de los mismos para resolver cualquier duda.

Los productos y los proyectos se relacionarán con la documentación, con la estructura del producto y con los procesos. La estructura del producto se relacionará con la documentación y con los procesos. Y la documentación se relacionará con los procesos.

Ésto quiere decir que cada uno de los términos indicados (productos, proyectos, documentación y estructura) tendría una serie de procesos asociados que deben ser cumplidos. Por ejemplo, la generación de un proyecto de parque eólico tendrá un proceso de generación de documentos, una estructura de productos por “capas de información” con la que trabaja cada organización y “vistas” por usuarios o dominios de varias funciones que utilizan la información de las capas, también tendrá unos encargados de realizar determinadas tareas, con unos procesos de revisión y aprobación, etc.

4.5 GESTIÓN DE PROCESOS

La gestión de los procesos se da sobre todos aquellos procesos que hayan sido identificados por el equipo de trabajo y que por su repetitividad e importancia deban ser definidos detalladamente y automatizados con la aplicación. Los principales procesos que existen en la empresa analizada son la creación de un nuevo producto, la baja de un producto obsoleto, la modificación de un artículo y el cumplimiento de la normativa en vigor de cualquier artículo. Cada uno de estos procesos debe estar detallado con sus fases y subfases, así como sus responsables, lo que nos hace recordar la gestión por procesos de la normativa UNE-EN 9001. Cada fase tendrá además especificados sus tiempos y las salidas, tales como documentos o conformidades.

4.6 INTEGRACIÓN CON LAS APLICACIONES CAD, OFIMÁTICAS Y DE SIMULACIÓN

El departamento de Ingeniería de la empresa integrará la herramienta SmarTeam con sus aplicaciones CAD, nombradas en el apartado de gestión de la documentación. Así mismo, estará integrada toda la documentación generada con su software de ofimática, así como la documentación generada durante las simulaciones de los elementos y del producto. Conviene recordar aquí que la totalidad del aerogenerador debe tener un buen comportamiento aeroelástico, y que por ello los ensayos dinámicos con elementos individuales no son suficientes. En este estudio se prescinde inicialmente de la compra de software para simulación del comportamiento dinámico, ya que esta tarea se ha subcontratado en el pasado.

5. CONFIGURACIÓN DE LA SOLUCIÓN PLM

Una vez que se tiene claro y definido cuáles son los problemas a los que se debe dar solución, y se tienen definidas las necesidades a cubrir, los consultores dedicados a la implantación determinan qué productos de SmarTeam convienen para proporcionar la funcionalidad necesaria.

En este punto es necesario hacer una estimación de las licencias necesarias para su adquisición por el fabricante. Los usuarios que crean y editan información, que son 42 personas (Director Técnico, directores de proyectos, ingenieros de diseño, ingenieros de análisis, técnicos de diseño gráfico y Administración) necesitarán 20 licencias de SmarTeam Editor. Suponiendo que sólo 28 personas van a crear o modificar planos, con concurrencias del 50% de los ingenieros de diseño y del 75% de los técnicos de diseño gráfico, hacen falta 19 licencias de CAD Integration. Si las personas que generan listas de material son las mismas 28 del caso anterior, y suponiendo una concurrencia del 50% para los ingenieros de diseño, y del 30% para los técnicos de diseño gráfico, el número de licencias de BOM necesarias es 8.

Existen otros usuarios que simplemente consultarán información, y que emplearán SmarTeam Navigator. En este caso específico, el número de trabajadores será de 70, con una concurrencia media estimada del 20%, por lo que se necesitan 14 licencias. Hay que añadir los paquetes SmarTeam Workflow, sabiendo que cada licencia de SmarTeam Workflow da servicio a tres licencias de SmarTeam Editor. Con las necesidades definidas, se calcula el coste total de las licencias, que según la Tabla 1, resulta ser de 114.800 €.

Tabla 1: Coste total de las licencias

	Número de licencias	€/licencia	Total [€]
SmarTeam Editor	20	3.000	60.000
SmarTeam CAD Integration	19	1.200	22.800
SmarTeam BOM	8	1.200	9.600
SmarTeam Workflow	7	1.200	8.400
SmarTeam Navigator	14	1.000	14.000
Coste total de las licencias SmarTeam			114.800

Los servicios para la implantación de la solución PLM conviene que sean realizados por una empresa consultora externa, ya que esto elimina suspicacias dentro de la propia empresa. Los consultores involucrados en un proyecto de esta dimensión son: el Director del proyecto, que es el encargado de seguir el proyecto, del cumplimiento de sus hitos y de controlar que se cumple con los requisitos del fabricante de aerogeneradores, así como poner la solución en marcha y validarla con el fabricante. Además, el Consultor senior, que se encarga de plasmar los requerimientos del cliente en la solución, y de dar forma a la solución adaptándola al fabricante. El Consultor junior se encarga de dar apoyo al Consultor senior. Por último, el Técnico de sistemas, que proporciona el soporte informático necesario para cubrir el proyecto, y se encargará de la instalación del programa y de compatibilizar el programa con el sistema informático del fabricante. El tiempo necesario para la implantación se estima en 10 días. El importe total correspondiente debido a estos servicios se estima en 25.000 €.

6. AHORROS Y COSTES IMPLICADOS EN LA SOLUCIÓN PLM

Los beneficios de la solución PLM se reflejan en el negocio, en la organización, en el usuario, en el producto y servicio y en el proceso. Entre ellos está la reducción del tiempo de salida al mercado del producto, mejora de la innovación, mejora del tiempo de respuesta al cliente, mejora de la comunicación interna y externa, reducción del uso de papel, reducción del tiempo para buscar información, eliminación de tareas administrativas, reducción del número de errores y del número de cambios, mejora la disponibilidad y el control sobre los datos.

Los costes de una solución PLM son debidos a la implantación de una nueva tecnología en la empresa fabricante. Los cálculos del ROI se centran generalmente en mejoras básicas del proceso. Para ver los beneficios que proporciona la solución PLM, en cuanto a la reducción de costes, el análisis se centra básicamente en dos áreas: ingeniería y producción.

Los ahorros en costes de ingeniería es la justificación más común para una solución PLM. Crear una base de datos para la gestión de documentos, diseños, modelos CAD, etc., y gestionar los procesos de cambios de ingeniería suelen ser las primeras áreas a cubrir con la implantación de la solución PLM. Esta solución automatiza las actividades típicas que permiten tener un histórico del producto. Con esta automatización de procesos se reduce el tiempo que el personal de desarrollo invierte en realizar estas tareas, y por tanto genera un ahorro considerable.

Existen ahorros de tiempo debidos tanto a la automatización como a la integración entre sistemas de creación de documentos, así como reducción del tiempo empleado en la búsqueda de documentación y en tareas de impresión. Se reducen costes de personal al reducir los tiempos en discusiones sobre cambios de ingeniería, y en la creación de las órdenes de cambio. Se crea automáticamente la lista inicial de materiales desde datos de diseño CAD, y se transfiere electrónicamente del departamento de ingeniería al de producción, con la consecuente reducción de errores. El proveedor puede tener la información directamente desde la solución PLM, lo que facilita una comunicación más eficiente, Ingeniería reutiliza piezas de proyectos anteriores. Se integra al servicio post-venta en la solución, por lo que se actualiza la información de reparaciones. La planificación de proyectos puede ser actualizada automáticamente. La solución también permite centralizar el esfuerzo de ingeniería en los productos con mayor rentabilidad y probabilidad de éxito en el mercado.

El tipo de información que aparece en los informes financieros de la empresa, como el coste medio de ingeniería, las ventas de producto o el coste medio de lanzamiento de un nuevo producto al mercado, se ven afectados por la implantación de la solución PLM.

Entre las métricas más frecuentes a considerar en los costes de ingeniería están: el número de cambios de ingeniería, el tiempo requerido para su creación y aprobación, el tiempo necesario para encontrar un proyecto similar en el histórico, los costes de impresión, el envío de documentación, etc. Los costes de ingeniería que se reducen con la implantación de la solución PLM aparecen en gestión de la documentación, en la gestión de procesos de cambios de ingeniería, en el diseño colaborativo del producto, en la gestión de listados de materiales (BOM), en la integración con la cadena de proveedores, en la gestión de la clasificación de piezas, en la gestión del servicio/soporte del producto, en la gestión de proyectos, y en la gestión y análisis del porfolio de producto.

Las soluciones PLM suelen implantarse considerando inicialmente los requerimientos en ingeniería de diseño y desarrollo del producto. No obstante, su evolución es constante, añadiendo nuevas funcionalidades, y actualmente

se obtienen beneficios por su incidencia en los costes de producción y, principalmente, por la gestión de diferentes aspectos en la interacción con los proveedores. Los ahorros en costes de producción se dan, sobre todo, en determinados procesos de la empresa. A diferencia de los beneficios obtenidos en costes de desarrollo, que suelen darse en cualquier empresa, los beneficios que se ven a continuación dependen del modelo de negocio de la empresa. Y, aunque algunos de estos beneficios sólo apliquen para costes de producción, el valor de estos ahorros suele ser mayor que los conseguidos en ingeniería. Los ahorros en costes de producción tienen su origen en la gestión de documentación, en la gestión de procesos de cambios de ingeniería, en el diseño colaborativo, en la gestión de listados de materiales, en la integración con la cadena de proveedores, en la gestión de la clasificación de piezas y en la gestión de proyectos.

7. CONCLUSIONES

Mediante la implantación de la solución PLM se alcanzan objetivos fundamentales, como integrar la información, regulando el acceso y la reutilización de los datos. También se integran los procesos y los recursos de la empresa automatizando y gestionando los procesos de negocio, incluyendo cambios de Ingeniería, aprobación de documentación, etc. Además se integra el negocio, creando sinergias mediante la colaboración y estandarización de los métodos de trabajo entre departamentos, oficinas, proveedores y clientes, y mediante la integración de aplicaciones de empresa y de tecnologías.

La estrategia del proyecto PLM incluye un plan de implantación, una metodología de implantación gradual, el establecimiento de métricas representativas para valorar y justificar la inversión, así como una visión del negocio y otra tecnológica, que sean capaces de diseñar la solución óptima.

El tiempo que emplea un ingeniero en la búsqueda y recuperación de datos con este sistema es el empleado en acceder a la aplicación, frente a un tiempo habitual que le ocupa entre un 15% y un 40% de su jornada, y además teniendo la certeza de que la versión encontrada es la correcta. Un ahorro fundamental está en el tiempo y el coste de la impresión en papel o transmisión de documentos por fax, correo interno, etc. Las discusiones sobre los cambios de ingeniería se procesan instantáneamente y pueden ser aprobados en minutos, y el ciclo del cambio pasa de semanas a días. La reutilización de piezas existentes, en lugar de diseñarlas nuevas desde el principio, permite un ahorro significativo en el departamento de Ingeniería. Generalmente, el 80% del trabajo realizado en un departamento de Ingeniería es idéntico o similar a alguno de los proyectos realizados con anterioridad. La empresa ahorra en costes financieros, ya que los empleados ahorran tiempo en realizar determinadas tareas, y estos ahorros reducen el tiempo time-to-market.

La mayoría de las empresas que han implantado una solución PLM han calculado los ahorros en mano de obra y éstos se han convertido en su principal justificación de ROI. Con la implantación de un sistema PLM se reduce el número de empleados en ingeniería en relación al número de productos que fabrican.

Durante la implantación de esta solución PLM en una gran empresa fabricante de aerogeneradores, ya consolidada en el mercado, se ha podido constatar de forma inmediata y fehaciente los beneficios que reportan tal solución, sin poder cuantificar aún la reducción de costes que traerá consigo, que se presupone será muy importante. Los costes de las licencias, junto a la contratación del consultor externo no llega a los 140.000 € en un solo año, que resulta muy exiguo, sobre todo al compararlo con la gran inversión anual realizada por la empresa. Falta cuantificar estos beneficios a largo plazo.

El tamaño de la empresa no parece ser un factor relevante a la hora de emplear esta solución, al menos para los fabricantes de aerogeneradores. Lo que determina sus ventajas tiene que ver con la complejidad del producto, y la integración de las organizaciones involucradas en el desarrollo y fabricación del mismo, tanto departamentos de la empresa como proveedores y clientes.

REFERENCIAS

Ameri, F., Dutta, D. (2004). "Product Lifecycle Management Needs, Concepts and Components". Ann Arbor, University of Michigan. MI, USA.

- Appleton, B., Sayco, M. (2003). "SCM Branching Strategies". IEEE Computer Society. Los Alamitos, CA, USA.
- Berczuk, S.P., Appleton, B., and Brown, K. (2003). "Software Configuration Management Patterns". Addison-Wesley Professional, Pearson Education. NJ, USA.
- Blanchard, B.S. (2008). "System Engineering Management", Fourth Edition. Wiley Series in Systems Engineering and Management. John Wiley & Sons, Inc. NJ, USA.
- Calvo, F., and Rodríguez, C. (2009). "How can we improve Aircraft Industry using Configuration Management?", *Proceedings of Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, Editors: LACCEI Annual Conference Proceedings. San Cristóbal, Venezuela.
- Calvo, F., and Rodríguez, C. (2009). "How is Configuration Management in Aircraft Industry implemented?", *Proceedings of Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, Editors: LACCEI Annual Conference Proceedings. San Cristóbal, Venezuela.
- Calvo, F., and Rodríguez, C. (2009). "What kind of tools are needed for Configuration Management in Aircraft Industry?", *Proceedings of Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, Editors: LACCEI Annual Conference Proceedings. San Cristóbal, Venezuela.
- Collins-Sussman, B., Fitzpatrick, B.W., and Pilato, C.M. (2002). "Version Control with Subversion: For Subversion 1.6", svn-book.pdf.
- Dam, S.H. (2007). "DoD Architecture Framework: A Guide to Applying System Engineering to Develop Integrated, Executable Architectures". SPEC Training. Virginia, USA.
- Dutta, D., Wolowicz, J.P. (2005). "An Introduction to Product Lifecycle Management (PLM)". ISPE.
- Duvall, P., Matyas, S., and Glover, A. (2007). "Continuous Integration: Improving Software Quality and Reducing Risk". Addison-Wesley Signature Series, Pearson Education. NJ, USA.
- Forsberg, K., Mooz, H., and Cotterman, H. (2005). "Visualizing Project Management", Third Edition. John Wiley & Sons, Inc. NJ, USA.
- Hass, A.M.J. (2003). "Configuration Management. Principles and Practice". Cockburn-Highsmith Series Editors. Pearson Education. NJ, USA.
- IBM. Product Lifecycle Management. <http://www-01.ibm.com/software/applications/plm/>
- ISO 10007. Quality Management Systems: Guidelines for Configuration Management.
- Leon, A. (2004). "Software CM Handbook", 2nd edition. Artech House, Inc. Norwood, MA, USA.
- MIL-HDBK-61A (SE) Military Handbook. Configuration Management Guidance.
- McGraw, G., Chess, B. (2008). "A Software Security Framework: Working Towards a Realistic Maturity Model". Inform IT Network. Pearson Education, Informit. Indiana, USA.
- St. Charles, D. P. (1990). "Simultaneous Engineering. Integrating Manufacturing and Design", 1st edition, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Michigan, USA, pp.160-164.
- Stoll, H. W. (1990). "Simultaneous Engineering. Integrating Manufacturing and Design", 1st edition, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Michigan, USA, pp.165-171.
- SWEBOK. (2001). "Guide to the Software Engineering Body of Knowledge", trial version, IEEE Computer Society. Los Alamitos, CA, USA.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.