



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
INGENIERO INDUSTRIAL

IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA PLM PARA  
AUTOMATIZAR EL PROCESO APQP  
(ADVANCED PRODUCT QUALITY PLANNING)

Autor: Francisco Javier Liñán Alfaro

Director: Gerardo Díaz Carrillo

Madrid

Septiembre 2016



## **AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESINAS O MEMORIAS DE BACHILLERATO**

### ***1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.***

El autor D. FRANCISCO JAVIER LIÑÁN ALFARO

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra:

IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA PLM PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO APQP (ADVANCED PRODUCT QUALITY PLANNING), que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

### ***2º. Objeto y fines de la cesión.***

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

### ***3º. Condiciones de la cesión y acceso***

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

### ***4º. Derechos del autor.***

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

### ***5º. Deberes del autor.***

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e

intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

**6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.**

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 15 de septiembre de 2016

**ACEPTA**



Fdo.: Francisco Javier Liñán Alfaro

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
**IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA PLM PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO  
APQP (ADVANCED PRODUCT QUALITY PLANNING)**

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el  
curso académico 2015/2016 es de mi autoría, original e inédito y  
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es  
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada  
de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Francisco Javier Liñán Alfaro

Fecha: 15/09/2016

Autorizada la entrega del proyecto

**EL DIRECTOR DEL PROYECTO**



Fdo.: Gerardo Díaz Carrillo

Fecha: 15/09/2016

Vº Bº del Coordinador de Proyectos

Fdo.: Jaime de Rábago Marín

Fecha: 15/09/2016





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
INGENIERO INDUSTRIAL

IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA PLM PARA  
AUTOMATIZAR EL PROCESO APQP  
(ADVANCED PRODUCT QUALITY  
PLANNING)

Autor: Francisco Javier Liñán Alfaro

Director: Gerardo Díaz Carrillo

Madrid

Septiembre 2016



## Resumen

El sector de la automoción engloba un mercado muy exigente, donde los clientes poseen expectativas de calidad muy altas y donde las empresas proveedoras de vehículos están sometidas a grandes presiones y regulaciones.

En los años ochenta, las empresas conocidas como “The Big Three”, Ford, Chrysler y General Motors (en aquel momento entre las tres se repartían la gran mayoría de la cuota del mercado de la automoción), unieron sus fuerzas en busca de un objetivo común, y nominaron a una comisión de expertos para hacer frente a la amenaza que suponía la creciente expansión de la industria automovilística japonesa. Además, estas tres empresas crearon el AIAG (‘Automotive Industry Action Group’), una asociación sin ánimo de lucro que se compone de un diverso grupo de profesionales y actores interesados de este sector, que incluye, por ejemplo, proveedores de todos los tamaños de piezas y material, fabricantes, proveedores de servicios, e incluso el mismo gobierno, además de las propias empresas automovilísticas. Esta asociación vela por la existencia de un trabajo colaborativo entre todos los miembros, buscando sinergias y apoyos mutuos para que todas las partes salgan beneficiadas. En el contexto actual, las empresas proveedoras del sector de la automoción deben cumplir con los estándares definidos por el AIAG con relación al APQP.

El APQP (‘Advanced Product Quality Planning’), es, como su propio nombre indica, una planificación avanzada de la calidad del producto. Se trata de un proceso que sigue una metodología totalmente estructurada, orientada hacia el cumplimiento de los requisitos del cliente sobre el producto final, involucrando para ello en el proceso a proveedores y al cliente final. La estructura del proceso se basa en cinco grandes etapas, que incluyen entradas y salidas en cada una de ellas. Las salidas se generan a partir de una combinación de las entradas, y en ocasiones directamente a partir de otras salidas. La clave reside en que se trata de un ciclo sin fin de mejora continua, donde se busca en todo momento mantener la calidad del producto fabricado por encima de unos mínimos, que corresponden siempre a los requisitos especificados por el cliente. Al ser un ciclo, las salidas de una etapa, son las entradas de la siguiente, y cuando se llega a la última etapa se vuelve a comenzar (de ahí el término de mejora continua). De esta manera, se consigue establecer un proceso estándar y reproducible, mediante el cual se asegura cierto rigor en

cuanto a la calidad del producto, que es aplicable a cualquier proceso de producción de cualquier producto (en este caso vehículos), donde lo único que cambia de uno a otro es la particularización de las entradas para cada caso en concreto, siendo los factores los mismos.

El APQP se basa en el ‘ciclo de Deming’, también conocido como ‘círculo PDCA’ (de sus siglas en inglés, ‘plan, do, check, act’). O lo que es lo mismo, “planear, hacer, verificar y actuar”. En el caso del APQP, este ciclo se divide en cinco etapas, ya que la fase de “do” se parte en dos. Las etapas son las siguientes:

- 1) Planificación y definición del programa: se produce la traducción de las necesidades y expectativas del cliente en especificaciones y objetivos de calidad del producto.
- 2) Diseño y Desarrollo del Producto: se produce una revisión crítica de los requisitos de diseño y de la información técnica del producto. Tiene lugar el desarrollo y verificación del diseño, evaluando los problemas potenciales de éste en relación a la posterior fabricación y su factibilidad.
- 3) Diseño y Desarrollo del Proceso: se asegura que el proceso será efectivo de cara a cumplir con las necesidades y expectativas del cliente.
- 4) Validación del Producto y del Proceso: el proceso de fabricación es validado mediante la evaluación de una tirada de producción piloto de prueba.
- 5) Retroalimentación, Evaluación y Acciones Correctivas: etapa final, en la cual se recoge todo lo analizado y aprendido en las etapas anteriores, y se hace uso de ese conocimiento adquirido para corregir las partes que han dado un resultado negativo y han hecho que el rendimiento del producto no sea el óptimo y el requerido, así como para añadir los detalles y partes que faltan para conseguir un mejor resultado final. Es la etapa más importante y en la que reside el sentido del APQP.

El problema es que la implementación y aplicación del APQP es una tarea ardua y muy complejo, que conlleva numerosos retos que deben ser superados y donde las herramientas tradicionales no sirven, ya que su uso para la gestión del APQP provocaría retrasos y bloqueos en el proceso de producción y en el suministro. Sin el uso de una herramienta tradicional que dé soporte al APQP, las empresas proveedoras son incapaces de hacer un buen seguimiento del proceso para así reutilizar y aprovechar datos del producto en el paso de un programa al siguiente. La consecuencia es que los beneficios del APQP se ven reducidos o incluso eliminados. Es en este contexto precisamente donde nace la aplicabilidad, utilidad y practicidad del sistema PLM.

PLM ('Product Lifecycle Management') es un enfoque estratégico de negocio para la gestión eficaz y el uso del capital intelectual corporativo (CIC). El CIC es la suma de todo el conocimiento que una organización acumula a lo largo de sus actividades para alcanzar sus objetivos. Esto incluye: la definición del producto, el historial del producto y la experiencia adquirida por la organización respecto al producto. el PLM es una solución informática a nivel empresarial que busca implementar una estrategia de gestión de toda la información que se genera a lo largo de la vida de un producto, también denominada CIC. No obstante, es importante destacar que, en esencia, PLM no es un sistema informático o una tecnología, sino más bien la estrategia que hay detrás, que se apoya en esa tecnología para poder ser aplicada.

De manera muy sintetizada, se puede decir que existen dos funciones que son implícitas al PLM:

- 1) Gestión eficaz del CIC: Garantizar la precisión, integridad y seguridad de toda la información.
- 2) Uso eficaz del CIC: Hacer que la información esté disponible de forma inmediata en el lugar y formato adecuados, para los usuarios adecuados (ya sean personas o programas), y para las tareas adecuadas.

Un sistema PLM se basa en un flujo de información global y común a todos los actores que intervienen en el proceso, de forma que todos puedan interactuar entre ellos en tiempo real y de manera segura y práctica. El pilar de la estructura que hace esto posible es una base de datos en la que cada persona que interviene en el desarrollo del producto puede volcar la información que considere que debe quedar registrada para que otros puedan hacer uso de ella. Esta idea es una de las bases de todo sistema PLM: la reutilización del conocimiento.

En esencia, lo que se está consiguiendo a través del uso de un sistema PLM es optimizar el proceso. Esta es la meta que se persigue en todo momento y el objetivo final que subyace en cada acción de PLM: que con menos esfuerzo y menos tiempo invertido se alcancen mejores resultados.

En este documento se ha estudiado la aplicabilidad y utilidad de emplear un sistema PLM para la gestión del proceso APQP. Estos son los beneficios principales que se han observado:

- Se proporciona un excelente cimiento para cualquier empresa automovilística a través de flujos de trabajo integrados, una base de datos común, accesible y de gran capacidad, la gestión eficaz de proyectos, la creación de informes y de la capacidad de integración con otras herramientas.

- Es una solución “todo en uno”, que sustituye la necesidad de la coexistencia de varias herramientas.
- Se llega a mejores tomas de decisión, al tener visibilidad de las tareas en proceso y de los ítems asociados, por ejemplo, el conocimiento de los múltiples proyectos donde es empleada una misma pieza.
- Se puede gestionar el desarrollo de productos complejos para vehículos y de todos los requisitos de documentación asociados a ellos.
- Reducir los costes de los cambios de diseño, gracias a detectar antes los cambios necesarios e implementarlos con un efecto más positivo y generando menos coste. También poder comunicar esos cambios a los distintos departamentos y equipos, mejorando así la calidad del producto y, consecuentemente, la satisfacción del cliente.
- Aumentar o posibilitar la reutilización del conocimiento a través del acceso rápido y sencillo a proyectos previos APQP.
- Se consigue la introducción de nuevos productos en el mercado en el tiempo programado y respetando el presupuesto disponible.

Por tanto, se puede concluir que una solución PLM que dé apoyo al proceso APQP y a todos sus requisitos, es una poderosa herramienta de negocio que conlleva numerosos e importantes beneficios, los cuales ya han sido probados en el sector de la automoción.

Sin embargo, se debe puntualizar que el PLM no debería de ser el fin en sí. El uso de un sistema PLM suele actuar de catalizador para un cambio en el negocio de manera conceptual y profunda. Para poder aprovechar todo el potencial del PLM y su máximo beneficio, deben revisarse todos los procesos y estructuras de la organización, y aplicar cambios que impulsen la tecnología PLM allí donde se necesiten. Esto hará que se optimicen a nivel global los procesos internos del negocio, así como la forma en la que las empresas automovilísticas se relacionan con sus socios, proveedores y clientes.

En el mundo actual y el sector de la automoción, donde el entorno empresarial es cada vez más global, exigente y hostil, la tecnología PLM es el vehículo necesario para crear y mantener un negocio innovador que pueda competir eficazmente en todos sus mercados.

## **Abstract**

The automotive industry involves a very demanding market, where the clients possess very high expectations regarding quality and where the supplying companies of vehicles are under big pressures and have to follow strict regulations.

During the 1980s, the companies known as “The Big Three”, Ford, Chrysler and General Motors (at that moment they shared between them most part of the automotive market share), joined their strengths in the search for a common target, and they nominated an expert committee to face the threat that the increasing expansion of the Japanese industry represented. Moreover, these three companies created the AIAG (‘Automotive Industry Action Group’), a nonprofit association made up of a diverse group of professionals and stakeholders of this sector, which includes, for example, suppliers of materials and parts of all sizes, manufacturers, service providers, and sometimes, even the government itself, as well as the automotive companies. This association supports the existence of a collaborative environment within all members, searching for synergies and mutual support so that every party can benefit from this alliance. In the actual context, the supplying companies of the automotive sector must comply with the standards defined by the AIAG with respect to APQP.

APQP is, as its name states for itself, a way of anticipating a plan for the product’s quality. It consists of a process which follows a highly structured methodology, focused on the compliance of the client’s requirements over the final product, involving the suppliers and the final client in this process. The structure of the process is based on five big phases, which include inputs and outputs in each one of them. The outputs are generated by a combination of the inputs, and occasionally directly from other outputs. The key resides on the fact that it is a never-ending cycle of continuous improvement, where the target is always to maintain the product’s quality over a certain minimum level, which always corresponds to the requirements specified by the client. As it is a cycle, the outputs of a phase are the inputs of the next one, and once you fulfill the last phase, you start over again from the beginning (that is why it is said to be a continuous improvement). This way, a standard and repeatable procedure is successfully established, through which a certain level of rigor is assured in terms of the product’s quality, which is applicable to any kind of production process of any kind of product (vehicles in this case), where the only thing that changes from one to another is the group of inputs for that case in particular (the factors remain constant).

APQP is based on the Deming cycle, also known as the PDCA circle (Plan, Do, Check, Act). In the case of APQP, this cycle is divided into five phases, since the second phase (“do”) is split into two. These are the APQP phases:

- 1) Program planning and definition: translation of the client’s expectations and needs into the product’s specifications and objectives.
- 2) Product design and development: there is a critical revision of the designing requirements and the technical information of the product. The design’s verification takes place, evaluating its potential issues towards the future manufacturing and its viability.
- 3) Process design and development: it is assured that the process will be effective regarding the compliance of the client’s needs.
- 4) Product and process validation: the manufacturing process is validated through the evaluation of a test production run.
- 5) Feedback, evaluation and corrective action: final phase in which everything that has been analyzed and learnt from the previous phases, and that acquired knowledge is used in order to correct the parts which have performed negatively and which have avoided the performance form being the optimal and expected, as well as to add the details which are missing, so as to achieve a better result. This is the most important phase and on which the purpose of APQP lies.

The problem is that APQP’s implementation and application are very arduous and complex tasks, which involves multiple challenges which must be overcome and where traditional tools are not enough, since their use for APQP would cause serious delays and even blockades in the production and supplying process. Without the use of a tool which supports APQP, the supplying companies are incapable of satisfactorily monitoring the process, in order to reuse the product’s information from one program to the next. The consequence is that the benefits of APQP are seriously reduced or even eliminated. It is in this context precisely in which the PLM system becomes applicable, practical and very useful.

PLM (‘Product Lifecycle Management’) is a strategic approach of the business for the effective management and use of the corporate intellectual capital (CIC). The CIC is the sum of all the knowledge that an organization accumulates throughout its activities in order to reach its targets. This includes: the product’s definition, the product’s history and best practices. PLM is a technological solution at a business level that tries to implement a management strategy for all the information which is generated throughout the whole product’s lifecycle, also called CIC. However, it is important to point out that, essentially, PLM is not a computing system or a technological tool, but the strategy which lies beyond, which finds in that technology the path in order to be applied.

In a very summarized way, it can be said that two main functions are implicit to PLM:

- 1) Effective management of CIC: guaranteeing the precision, integrity and safeness of all the information.
- 2) Effective use of CIC: making the information be readily available, at the right place and format, for the right users, and for the right tasks.

A PLM system is based on a global information flow, common to all actors who take part in the process, so that all of them can interact among themselves in real time and in a practical and safe manner. The structure's pillar which makes this possible is a data base into which each person who intervenes in the product's development can enter the information which they consider should be registered so that other can make use of it. This idea is one of the basis of every PLM system: the recycling of knowledge.

Essentially, what is being achieved through the use of a PLM system is the optimization the process. This is the goal that is pursued at all time and the final target which lies under every action of PLM: achieving better results with less effort and less time waste.

In this document, the applicability and usefulness of implementing a PLM system for the management of the APQP process have been studied. These are the main benefits which have been observed:

- An excellent basis is provided towards any automotive company throughout the use of integrated workflows, a common data base, accessible and of great capacity, the effective management of projects, reports creation and the capacity of integration with other tools.
- It is an "all in one" solution, which substitutes the need for the coexistence of several tools.
- There is better decision making, having better visibility of the tasks in process and the associated items, for instance, the knowledge of the multiple projects in which a same component is being used.
- It is possible to manage the development of complex products for vehicles and all of its associated documentation requirements.
- Minimizing the costs caused by changes in the design, by detecting earlier the necessary changes and implementing them with a more positive effect. Also being able to communicate those changes to the different departments and teams, improving thus the product's quality and, consequently, the client's satisfaction.
- Increasing or making it possible to reuse the knowledge through quick and simple access to previous APQP projects.
- The introduction of new products into the market respecting the planned schedule and the available budget.

Henceforth, it can be concluded that a PLM solution which supports the APQP process and all its requirements, is a powerful business tool which involves multiple and significant benefits, which have already been proved in the automotive industry.

However, it must be remarked that PLM should not be the end itself. The use of a PLM system usually acts as a catalyzer for a change in the business in a conceptual and transcendent way. To be able to make the best use of PLM's potential and its maximum benefit, all of the processes and the organization's structures must be revised, so that the necessary changes to boost PLM technology can be applied. This will optimize the internal business processes, as well as the way in which the automotive companies interact with their partners, their suppliers and their clients.

Nowadays, in the automotive industry, where the business environment is each time becoming more globalized, demanding and hostile, PLM technology is the necessary tool in order to create and maintain an innovative business which will be able to compete effectively in all its markets.

## **Objetivos**

En este documento se va a abordar el tema a tratar siguiendo los siguientes objetivos:

- 1) Estudiar las características de los sistemas PLM e identificar las necesidades del proceso APQP.
- 2) Analizar la utilidad de implantar un sistema PLM para gestionar un proceso APQP, concluyendo si es o no beneficioso.



## ÍNDICE

<b>Resumen.....</b>	<b>3</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>7</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>11</b>
<b>Capítulo 1. Tecnología PLM</b>	
<b>1.1. Introducción a PLM.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. Funciones de un Sistema PLM.....</b>	<b>22</b>
<b>1.3. Características de un Sistema PLM.....</b>	<b>27</b>
<b>1.4. Arquitectura de un Sistema PLM.....</b>	<b>36</b>
<b>1.5. Categorías de Sistemas PLM.....</b>	<b>48</b>
<b>1.6. Principales Sistemas PLM en el Mercado.....</b>	<b>52</b>
<b>1.7. Implantación de un Sistema PLM.....</b>	<b>59</b>
<b>1.8. Beneficios de Implantar un Sistema PLM.....</b>	<b>66</b>
<b>Capítulo 2. Proceso APQP</b>	
<b>2.1. Introducción a APQP.....</b>	<b>81</b>
<b>2.2. Etapa 1: Planificación y Definición del Programa.....</b>	<b>95</b>
<b>2.3. Etapa 2: Diseño y Desarrollo del Producto.....</b>	<b>101</b>
<b>2.4. Etapa 3: Diseño y Desarrollo del Proceso.....</b>	<b>106</b>
<b>2.5. Etapa 4: Validación del Producto y del Proceso.....</b>	<b>111</b>
<b>2.6. Etapa 5: Retroalimentación, Evaluación y Acción         Correctiva.....</b>	<b>115</b>

## **Capítulo 3. Análisis Teórico de la Solución para Gestionar el Proceso APQP bajo un Sistema PLM**

<b>3.1. Contexto Actual de las Empresas Proveedoras.....</b>	<b>119</b>
<b>3.2. ¿Por qué APQP?.....</b>	<b>125</b>
<b>3.3. PLM enfocado hacia APQP.....</b>	<b>128</b>
<b>3.4. Beneficios del Uso de PLM en la Gestión del APQP y Conclusiones finales.....</b>	<b>131</b>
<b>Bibliografía y Referencias.....</b>	<b>135</b>

# Capítulo 1. Tecnología PLM

## 1.1 Introducción a PLM

PLM es un enfoque estratégico de negocio para la gestión eficaz y el uso del capital intelectual corporativo. Ésta es una de las posibles definiciones de PLM, un término difícil de por sí de definir de manera simple y concisa. En la primera parte de este documento, se intentará explicar con claridad en qué consiste un sistema PLM, lo que lo constituye, qué se gestiona mediante su uso y los beneficios derivados de él.

Dada esta primera definición, el siguiente paso lógico sería, por tanto, definir lo que es el capital intelectual corporativo.

Capital intelectual corporativo es la suma de todo el conocimiento que una organización acumula a lo largo de sus actividades para alcanzar sus objetivos. A partir de este momento, en este documento se hará referencia a este término a través de sus siglas, CIC.

El CIC se puede descomponer en tres partes conceptualmente:

- 1) Definición del Producto: Toda la información sobre *qué* es el producto (o servicio), sus especificaciones, cómo está diseñado, fabricado, entregado y mantenido.
- 2) Historial del Producto: Cualquier acción tomada u objeto creado en el pasado que sea relevante para los objetivos del producto (seguimiento de una auditoría para cualquier tema legal, o un archivo relacionado con el pasado de producto).

- 3) Experiencia adquirida: Esto engloba todo el conocimiento que se ha ido ganando en el curso de la consecución de los objetivos de la organización.



Figura 1. Componentes del Conocimiento Intelectual Corporativo

Por otra parte, el CIC maneja dos tipos de datos:

- 1) Contenido: Definición del producto y toda información relacionada con ella.
- 2) Metadatos: Describen el contenido, por ejemplo, fechas de creación y modificación de archivos, autor, versión, estado, cómo se puede usar y por quién, etc.

Por tanto, se puede decir que el PLM es una solución informática a nivel empresarial que busca implementar una estrategia de gestión de toda la información que se genera a lo largo de la vida de un producto, también denominada CIC. No obstante, es importante destacar que, en esencia, PLM no es un sistema informático o una tecnología, sino más bien la estrategia que hay detrás, que se apoya en esa tecnología para poder ser aplicada.

De manera muy sintetizada, se puede decir que existen dos funciones que son implícitas al PLM:

- 1) Gestión eficaz del CIC: Garantizar la precisión, integridad y seguridad de toda la información.
- 2) Uso eficaz del CIC: Hacer que la información esté disponible de forma inmediata en el lugar y formato adecuados, para los usuarios adecuados (ya sean personas o programas), y para las tareas adecuadas.

Esta separación de funciones a nivel conceptual es importante al definir el alcance del PLM. Se debe tener claro que una cosa es la gestión de la información (cómo se organiza, estructura y almacena), y otra muy distinta el procesamiento de dicha información (qué se hace con ella).

Según sus siglas en inglés, PLM equivale a ‘Product Lifecycle Management’. Si se traduce esto al castellano, literalmente significa “la gestión del ciclo de vida de un producto”. Cuando se habla del ciclo de vida útil de un producto, se está haciendo referencia al periodo de tiempo en el que el producto puede ser utilizado de manera que se cumplen las prestaciones y especificaciones para las que fue creado. Por tanto, se puede decir que el objetivo de un sistema PLM es promover las condiciones propicias para que se pueda dar ese rendimiento óptimo del producto. Para que eso ocurra, la situación ideal es que ha de realizarse un seguimiento completo a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, desde el momento de su concepción como idea, hasta el momento en el que finaliza su uso. El sistema PLM es el ente que hace posible llevar a cabo ese seguimiento de forma continua e ininterrumpida. Para ello, el PLM debe estar presente en cada etapa intermedia del proceso de producción. De lo contrario la consecución del objetivo sería sólo parcial y el valor aportado se vería seriamente reducido.

De esta forma, el sistema PLM sirve como nexo y como vía de comunicación entre las distintas fases del proceso. La información, los resultados y los datos generados en cada etapa resultan en la mayoría de los casos muy útiles y a veces incluso son necesarios

de cara al resto de etapas, ya sean posteriores o anteriores. Si se consiguiera aprovechar esta sinergia entre distintos puntos y equipos, se podría alcanzar una situación idílica en la que la información que se necesita en cada punto de la producción se puede deducir a partir de la situación en el resto de puntos del proceso y de la experiencia adquirida a partir de proyectos anteriores, que se iría almacenando en el historial del sistema PLM. Esta situación se considera idílica ya que el resultado y el éxito del proceso solamente dependería del proceso en sí, sería una situación de retroalimentación en la que una organización sólo dependería de sí misma. Esto es, por supuesto, en relación al capital intelectual, al conocimiento, a los intangibles, puesto que a nivel físico y tangible siempre van a existir factores que estén fuera del control directo de la empresa, que influyan inevitablemente sobre el éxito del proceso (como pueden ser el precio de la materia prima, la disponibilidad de proveedores, procesos anteriores de fabricación, la situación del mercado y de la economía global en ese momento, o incluso en algunas ocasiones, el clima).

Un sistema PLM se basa en un *flujo de información* global y común a todos los actores que intervienen en el proceso, de forma que todos puedan interactuar entre ellos en tiempo real y de manera segura y práctica. El pilar de la estructura que hace esto posible es una base de datos en la que cada persona que interviene en el desarrollo del producto puede volcar la información que considere que debe quedar registrada para que otros puedan hacer uso de ella. Así, si por ejemplo se observa la fase del diseño, cada estructura que se modele y se diseñe en las fases iniciales del proceso, quedará grabada y al alcance de todos. De este modo, cualquiera que comience un nuevo proyecto y una nueva fase de diseño, se podrá apoyar en dichas estructuras que ya habrán quedado grabadas para cualquier acción futura. En este ejemplo, se ahorraría mucho tiempo de diseño reciclando el trabajo realizado anteriormente por otros, basándose en estructuras que de lo contrario habría que volver a realizar desde cero, con la inversión de tiempo y personal que ello supone.

Esta idea es una de las bases de todo sistema PLM: *la reutilización del conocimiento*. Sin este sistema, la experiencia vivida y ganada por un empleado o un equipo de personas sólo perdura en el caso de que haya un contacto directo con otros

trabajadores, trasladando así el conocimiento de forma individualizada y personalizada. Si no se diera esta transmisión directa e intencionada de información, dicha experiencia se perdería o se limitaría a las personas que inicialmente realizaron esa acción. Sin embargo, a través del PLM, esta pérdida de conocimiento nunca llega a ocurrir ya que esas experiencias siempre se graban en la base de datos, quedando de esta forma accesible para que cualquiera pueda hacer uso de ellas en cualquier momento de necesidad.

Muchos se refieren al sistema PLM como el ‘sucesor’ del sistema PDM. Lo primero que conviene aclarar es el concepto de PDM. Sus siglas, en inglés, equivalen a ‘Product Data Management’. En realidad, se puede entender el PDM como una versión reducida del PLM. Funciona bajo la misma idea de recopilar y compartir datos sobre el producto, pero mientras el PLM abarca todo el ciclo de vida, como ya se ha visto, el PDM se limita a la fase de diseño y a los datos técnicos del producto, que luego se emplearán en las fases de fabricación y desarrollo. Maneja datos como los generados por los programas CAD de diseño asistido por ordenador, información sobre piezas y modelos, y documentos relacionados. Esto permite a una empresa hacer un seguimiento y planificación de los costes de la creación y lanzamiento de un producto, estimando el coste futuro en el caso de que se esté planteando algún cambio en el diseño.

Hubo dos avances en tecnología y metodología realmente influyentes sobre el PDM y que en definitiva favorecieron a la aparición del PLM:

- 1) Internet y la tecnología web – posibilita a los usuarios acceder al sistema sin estar físicamente conectados.
- 2) Constatación de la posibilidad de la reutilización de la geometría (o estructura) y de otra información del producto aguas abajo, comenzando por el diseño y a lo largo del resto del proceso – se consigue la eliminación de las actividades que no aportan valor y de errores de traducción y transcripción, así como la habilitación del trabajo simultáneo (en la edición de documentos).

Todo esto hace que sea posible el salto dimensional y estructural de los sistemas PDM a los PLM, a través del flujo global de información compartida que se ha mencionado con anterioridad.

Un ejemplo en el que se puede observar y analizar de manera evidente la funcionalidad del flujo de información que se consigue con la implementación de un sistema PLM, es la fase de revisión de documentos. En este caso se ve como la necesidad de fluidez y agilidad en la comunicación no sólo se produce entre trabajadores de la misma empresa, sino también entre la empresa y el cliente. Con el uso de PLM la interacción entre ambas partes no sólo gana mucho en rapidez y practicidad, sino que además se evita que haya duplicidad de acciones y se consigue que no se sobrescriban cambios o comentarios que se estén realizando simultáneamente sobre el mismo documento o plano.

En esencia, lo que se está consiguiendo a través del uso de un sistema PLM es *optimizar el proceso*. Esta es la meta que se persigue en todo momento y el objetivo final que subyace en cada acción de PLM: que con menos esfuerzo y menos tiempo invertido se alcancen mejores resultados. Éstos son sólo dos ejemplos de los múltiples que existen que manifiestan el buen resultado y los beneficios obtenidos al contar con una comunicación entre las partes más fluida y activa, o, en resumen, más eficaz. De cualquier otra forma, en una estructura que no cuente con PLM, dicha comunicación, si es que llega a tener lugar, se da de una forma pesada y muy lenta, en ocasiones llegando incluso a obstaculizar el proceso en lugar de aportar o de cumplir su función. Esto sucede debido a la ausencia de compenetración y compatibilidad en las vías de comunicación y en los métodos empleados para compartir información. Lo que se desea conseguir con el uso de PLM y por tanto con la optimización del proceso, es en un sentido limpiarlo de todo aquello que sólo entorpece y que no aporta valor alguno al producto y su desarrollo, sino que lejos de ello provoca todo lo contrario. La consecuencia de dichos factores sobrantes en el proceso es sencillamente una importante pérdida de tiempo y dinero, además de un desaprovechamiento significativo del rendimiento de los trabajadores. Son por ello un

lastre que se debe suprimir y retirar del proceso de producción si se desea lograr que éste sea más eficaz y exitoso.

La alternativa a un sistema PLM es realizar la organización de documentos y el almacenamiento de resultados de forma manual y a través de herramientas y programas ofimáticos. La funcionalidad de dichos programas es limitada y hace que el seguimiento de las acciones tomadas sea mucho más complicado de llevar a cabo. Muchas veces no existe nexo entre los distintos programas que se emplean. Dichos programas utilizan datos o estructuras comunes, y en ocasiones incluso necesitan basarse en resultados obtenidos por otro programa para poder cumplir su propósito. Por lo tanto, si no existe un buen canal de comunicación y conexión entre ambos programas, la cadena de tareas se puede ver afectada y bloquearse debido a que no exista una fluidez en la transmisión de los datos. Esto es lo que sucede en la mayoría de estos casos. Las tareas se vuelven tediosas y muy pesadas, y lo que en realidad es una operación sencilla se transforma en un proceso absurdamente largo, que ralentiza el resto del ciclo de producción en el caso de que esa operación resulte imprescindible para que el resto de fases puedan iniciarse. Además, según el sector o la industria a la que pertenezca el producto, dicha dependencia en el orden de la secuencia puede llegar a ser algo común y propio del producto. Una posibilidad es que esta situación acabe desembocando en un cuello de botella en la producción, lo que originaría retrasos significativos y un descenso en la productividad. Se formaría entonces un efecto dominó, en el cual lo que empieza pareciendo un detalle sin importancia y un retraso pequeño en una etapa intermedia, se convierte al final del proceso en un tapón lo suficientemente grande como para paralizar la fabricación del producto y llegar incluso a causar verdaderos estragos en el negocio.

El PLM, por tanto, es una herramienta que ofrece la optimización del proceso para evitar que se produzcan cuellos de botella en tareas que son básicas y comunes en cualquier proceso de fabricación. Por ello, implementar un sistema PLM es una opción que en principio debería de resultar interesante y plausible, independientemente del producto que se esté tratando y del sector al que pertenezca.

## 1.2 Funciones de un Sistema PLM

A continuación, se detallan las principales funciones propias de un sistema PLM.

- **Almacenar, organizar y proteger datos**

Ésta es una de las funciones más básicas y esenciales de un sistema PLM. Todos los documentos pasan a formar parte de una única gran base de datos. Mientras que sin el PLM los documentos se guardan de forma caótica, aleatoria e inconexa, mediante su uso se impone una estructura organizada donde cada uno de los documentos que se generan se almacena siguiendo unos criterios lógicos y estandarizados, como pueden ser el proyecto al que pertenece, el producto o el cliente al que corresponde. De esta forma, cada persona sabe cómo y bajo qué categoría guardar el documento para que luego cualquier otro pueda acceder a él y lo encuentre sin problema.

Por otro lado, también se consigue que los datos queden protegidos y se blindan ante posibles pérdidas. Así que otro aspecto que se mejora es la seguridad de la información.

- **Gestionar los documentos y sus cambios**

Cada documento, o lo que es lo mismo cada objeto que haya sido creado por el usuario utilizando una aplicación asociada al sistema, se graba en la base de datos. A partir de ese momento, es posible realizar acciones sobre él, tales como modificaciones para crear una nueva versión, verificar y confirmar las revisiones, o simplemente acceder a él para visualizarlo o compartirlo. Algunos ejemplos de documentos son un texto de ofimática, un plano, el diseño de una placa o un modelo de alguna pieza creados por medio de algún programa CAD.

Sin embargo, lo más importante respecto a esta función es gestionar los cambios realizados sobre cada documento. Según se vayan creando versiones del mismo, se debe poder identificar claramente a qué etapa del ciclo de vida del documento pertenece dicha versión: borrador, revisado, aprobado u obsoleto. De esta manera cualquiera que analice la versión actual del documento sabrá en qué punto se encuentra y cuál es el paso que sigue. Así mismo, deben quedar registrados los detalles correspondientes a los cambios a los que ha sido sometido el documento, respondiendo a preguntas como quién los ha efectuado, por qué, cuándo y por supuesto, en qué han consistido exactamente. Este concepto corresponde a que exista una trazabilidad respecto a los documentos y su historia, o lo que es lo mismo, que se pueda trazar su recorrido y su evolución.

- **Buscar y recuperar la información**

Una de las funciones más determinantes y que hace que el alcance de un sistema PLM pueda llegar a ser tan amplio, es la potente capacidad de búsqueda que ofrece a los usuarios. Aunque se trate de una base de datos con un volumen muy grande, cualquier documento debe poder encontrarse instantáneamente. Además, se puede recorrer de forma sencilla el resto de la estructura documental relacionada, de manera que si se trata de un plano se podría saber a qué pieza corresponde y de la misma forma a qué conjunto pertenece dicha pieza.

- **Compartir datos con otros usuarios de forma controlada**

Una función muy útil con la que cuenta el sistema PLM es la capacidad que tienen dos o más usuarios de estar modificando un documento simultáneamente sin existir peligro alguno de que se sobrescriba alguna acción. De esta forma queda asegurado que todos los cambios quedarán registrados; aunque los estén efectuando a la vez dos usuarios distintos ninguno se perderá.

- **Ejecutar procesos y flujos de trabajo**

Un sistema PLM ayuda a definir y coordinar los procesos a realizar y las acciones en las que se descomponen cada uno de ellos. Establece las tareas en las que consisten los procesos, los actores responsables de llevarlas a cabo, y la normativa que se ha de seguir en cada momento. O, dicho de otra forma, plasma los flujos de trabajo que se respetarán en el proceso de fabricación y producción, incluyendo todos los detalles relevantes y necesarios. Gracias al sistema PLM, el flujo de trabajo queda definido de forma gráfica de manera sencilla. Un proceso que puede servir como ejemplo y que es bastante común es el cambio de diseño de una pieza.

- **Visualizar datos y documentos**

Aunque se dé el caso de que el usuario no cuente con la aplicación que se utilizó para generar un documento, siempre será capaz de visualizarlo. Además de esto, si bien la opción de manipular el documento no está disponible, sí lo está la de añadir comentarios informando u opinando sobre su contenido.

- **Crear, clasificar y gestionar artículos**

Esta función es la que realmente aporta la esencia y cuerpo a un sistema PLM y la que lo diferencia de los sistemas que se limitan a la gestión documental. No es suficiente que el sistema gestione documentos, sino que esos documentos deben estar directamente vinculados con los productos físicos a los que hacen referencia. En un sistema PLM, los productos físicos o artículos reciben el nombre de ítems. De esta forma, cada vez que un ítem sufra una modificación, también lo hará el documento a través del vínculo existente entre ellos. Por tanto, la estructura

representada en los documentos reflejará exactamente aquella que posea el producto real. Este vínculo se conservará, aunque los ítems se utilicen en nuevos proyectos o en nuevos conjuntos. Esto es lo que hace que esta función sea tan significativa y tenga tanta importancia y utilidad.

- **Crear estructuras y listas de materiales**

Una vez creados y definidos los ítems, se crean las relaciones entre ellos para así conformar la estructura de los productos. Dependiendo del departamento que lo vaya a poner en uso y del enfoque que se le quiera dar al producto, se crearan distintas vistas donde se pueda ver la estructura desde distintas perspectivas, centrándose en la parte relevante para ese caso concreto. Si el producto es aplicable dentro de diferentes circunstancias y disciplinas, constará de diversos ítems de distinta índole, como ítems mecánicos, eléctricos, electrónicos o relacionados con software.

Normalmente, existirán herramientas para poder comparar dos estructuras entre sí, o también para averiguar donde más se utiliza un ítem específico. Esto conlleva la posibilidad de analizar y valorar el impacto que supondría un cambio de ingeniería, cosa que es tremendamente útil a la hora de tomar una decisión de ese calibre. De lo contrario, se habría de optar a ciegas por tomar un camino de acción, con la gran pérdida que puede suponer a la postre un cambio en la ingeniería que resulte en fracaso.

Además de esto, un sistema PLM permite generar una gran variedad de tipos de informe, entre los que se encuentran las listas de materiales, que servirán como punto de referencia a lo largo del resto del proceso y del ciclo de vida del producto en su totalidad.

- **Integrar la información de la ingeniería con otros sistemas y procesos informáticos empresariales**

Esta es otra de las funciones que suponen un punto clave para el éxito de un sistema PLM. Esta función permite que la información que ha sido generada a partir de la fase de ingeniería, se pueda exportar a otros sistemas informáticos de la empresa. De esta forma se consigue que los ítems, estructuras y listas de materiales creados, se compartan automáticamente con los departamentos de compras y producción. Así, por ejemplo, se produce una exportación de esta información al programa ERP ('Enterprise Resource Planning'), programa que se encarga de tareas relacionadas con estos dos departamentos, y a su vez se está produciendo una importación de información que proviene del ERP y se transfiere al PLM.

Sin esta capacidad, dicha transferencia de información entre sistemas informáticos dentro de la misma empresa y muchas veces entre distintos departamentos, se tendría que realizar de forma manual. Esto provoca graves pérdidas de tiempo y dinero, y además da lugar a errores que pueden resultar aún más graves aguas abajo en el proceso de producción.

- **Gestionar proyectos de diseño y desarrollo de productos**

Los sistemas PLM ofrecen funciones específicas, en la forma de programas o aplicaciones, para gestionar proyectos o grupos de ellos, mediante el manejo y el control sobre los recursos, las tareas, los costes, los tiempos y los entregables.

## 1.3 Características de un Sistema PLM

Los sistemas PLM más habituales están implementados en industrias manufactureras de productos que siguen un proceso discreto de fabricación, como pueden ser automóviles, aviones, maquinaria u ordenadores. Lo contrario a un proceso discreto es uno continuo, donde el flujo es ininterrumpido y no se puede parar fácilmente sin perder productividad. En un proceso discreto se puede frenar o acelerar la producción según la demanda.

- **Estructura de un sistema PLM**

Cuando se habla de la estructura del sistema PLM, se hace referencia a cómo funciona a nivel interno y primario.

Lo más común es que tengan una estructura informática tipo cliente-servidor, aunque cada vez con más frecuencia se dan los casos en los que la estructura es de tipo puramente web.

### EL SERVIDOR

El servidor se apoya en una base de datos relacional (en la que las variables y sus valores se relacionan de forma bidireccional) para almacenar toda la información que es generada y para su posterior uso cuando sea necesario. El volcado de la información por regla general se irá ejecutando automáticamente por el sistema a través de sus herramientas y aplicaciones.

### LOS CLIENTES

Los clientes, en este caso percibidos como usuarios, se conectan al servidor a través de aplicaciones propias del sistema que han sido instaladas en sus ordenadores personales. Estas aplicaciones (como CAD u ofimática) están integradas desde el inicio

con el PLM y son las que generan toda la información que luego se quiere gestionar a través del sistema. De esta forma los usuarios pueden acceder al sistema desde cualquier punto y en cualquier momento, sin necesidad de tener que tomar ninguna medida añadida a si no hubiera PLM. El acceso puede darse tanto mediante red local como de forma remota vía web. Así, el guardado automático de la información proveniente de las aplicaciones sustituye a su única alternativa: que los documentos se vayan guardando en las carpetas y discos duros de los ordenadores y servidores de forma totalmente disgregada, desorganizada y también desprotegida. Exactamente de la misma forma que el volcado de información, funcionan la consulta, visualización o recuperación de cualquier archivo en el sistema PLM: cualquier usuario puede realizar dichas acciones.

### EL HARDWARE

A nivel de servidor, sus características dependen directamente del volumen de datos y documentos que se pretenda gestionar, y del número de usuarios que tengan acceso a él. A nivel de PCs cliente y como ya se ha mencionado, no se necesita ningún otro ordenador diferente al que ya posean los clientes con anterioridad a la implantación del sistema PLM.

- **Información gestionada por un sistema PLM**

Una característica muy positiva de los sistemas PLM es su flexibilidad. En su base de datos, también llamada caja fuerte o ‘vault’, se puede almacenar objetos y archivos de todo tipo, sin ninguna limitación salvo la de la capacidad, aunque eso no suele ser un problema ya que nunca se llega a ocupar al estar sobredimensionada. Por este motivo un sistema PLM se puede adaptar perfectamente a las necesidades variables de empresas en circunstancias muy distintas de negocio.

Otra característica esencial de estos sistemas es el hecho de que cada objeto se guarda una sola vez. Así, cuando se crea una nueva estructura que contiene ese objeto, se genera un vínculo entre la ubicación actual y la original, de manera que no se produce ninguna duplicación. Este fenómeno recibe el nombre de “dato único” y permite que la

capacidad de la base de datos crezca exponencialmente frente a si no se produjera. Se produce pues una optimización del espacio y la memoria.

Dependiendo del departamento o de la fase de la producción en la que se centre la atención, el sistema PLM gestiona distinto tipo de información.

DISEÑO: Información creada para la definición del producto, valiéndose de herramientas de CAD. Se trata de modelos 3D, planos 2D, diseños de placas, circuitos electrónicos, programas de automatismos, informes de ofimática, estructura del producto y listas de materiales iniciales, y catálogos de componentes de proveedores.

INGENIERÍA: Durante esta fase del proceso, se gestiona la información relacionada con los ítems (productos físicos), ya se trate de los materiales, de los productos en sí o de referencias asociadas a ellos. Con un sistema PLM, lo que ocurre es que los ingenieros crean la estructura del producto y los ítems que lo componen directamente dentro del propio sistema. De esta forma queda definida la estructura de cara a los siguientes pasos, cuando tengan que intervenir los departamentos de compras y de planificación de la producción. También se gestionan las variantes y distintas opciones de configuración de la estructura del producto, así como todos los resultados obtenidos durante cada una de las acciones de esta fase, como análisis, simulaciones y validaciones. Como se puede observar, durante la fase de ingeniería la estructura del producto es más compleja que durante la fase de diseño. Además, esta fase es una de las claves para un óptimo funcionamiento del sistema PLM, puesto que es el momento cuando se conecta con los sistemas ERP y se transfiere la estructura de producto de un sistema a otro. De esta forma se consigue sincronizar ambos sistemas para que pueda llegar a alcanzarse la sinergia y el equilibrio entre ellos, que es uno de los principales objetivos en todo proyecto gestionado mediante PLM: la coexistencia de los sistemas informáticos que entre todos gestionan la producción global del producto. Sólo si esta coexistencia se produce de manera beneficiosa para cada uno de los sistemas, el resultado final para el producto también se convertirá en un beneficio. Uno de los resultados que se consiguen posteriormente en el proceso a raíz de esto, es una aceleración en el lanzamiento a producción. Por ello, este proceso

de conexión y sincronización entre los sistemas PLM y ERP, y por tanto la fase de ingeniería en sí, poseen una especial relevancia en el proceso global de producción.

MARKETING Y VENTAS: Carteras de productos, solicitudes de nuevos diseños, estudios, especificaciones, requisitos, normativas, planificación de proyectos y presupuestos. Todos factores englobados dentro de la configuración del producto orientada a la venta.

PRODUCCIÓN: Programas de control numérico, instrucciones de montaje y verificación, máquinas y medios de producción.

OTROS SERVICIOS: Manuales de uso y de mantenimiento de los productos.

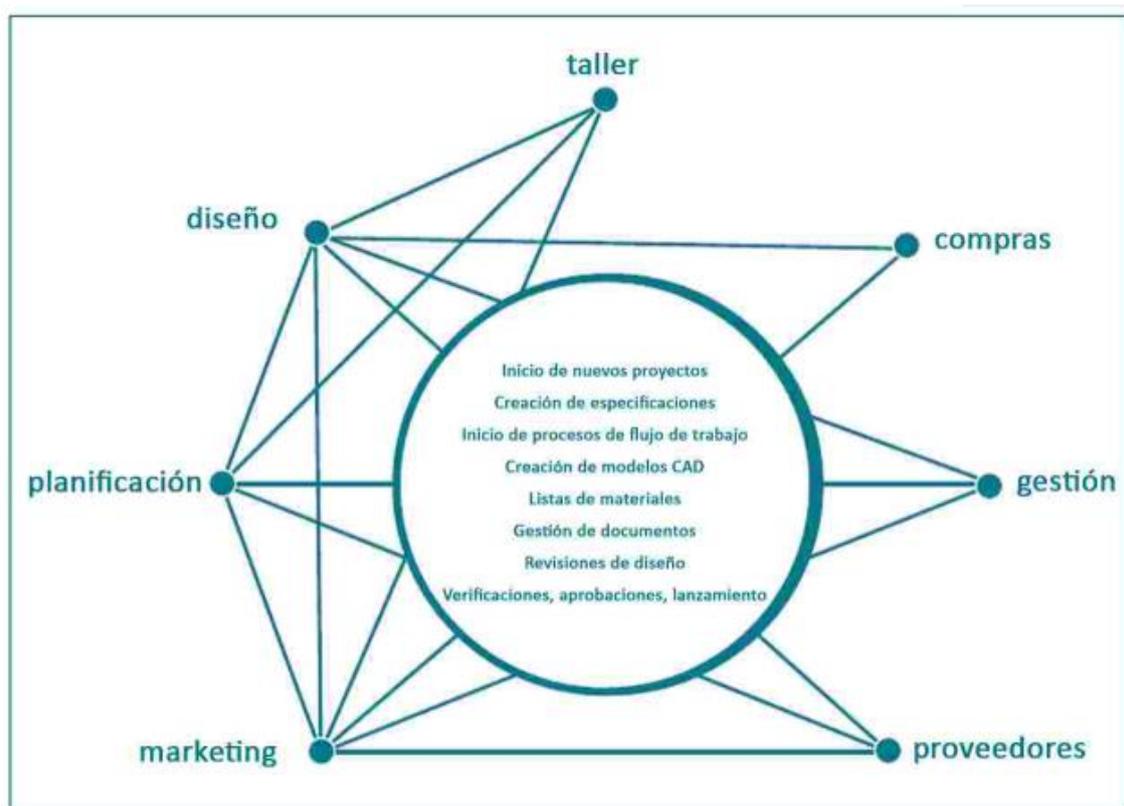


Figura 2. Relación entre distintos departamentos conseguida a través de PLM

En este diagrama queda reflejado de forma esquemática cómo el PLM coordina los distintos departamentos que participan en la definición del producto.

- **Ventajas y puntos a tener en cuenta en un sistema PLM**

El PLM afecta a todos los aspectos de una organización o negocio. Antes las soluciones (por ejemplo, a nivel de PDM) eran puntuales y focalizadas. Ahora, con el PLM, el alcance es mucho más amplio y el objetivo es abarcarlo todo. Esto conlleva la necesidad de un esfuerzo e inversión iniciales grandes para ser capaz de aprovechar después toda la funcionalidad del sistema, y conseguir que esa funcionalidad se vea finalmente reflejada en el impacto en el cliente, que es el verdadero objetivo detrás de todo, el cual nunca debe perderse de vista.

Antes de llegar la tecnología PLM, todo pertenecía al mismo paquete. Ahora en cambio, se tiende a buscar sistemas modulares compuestos por partes independientes estancas entre sí, cuyo funcionamiento no dependa de las demás. De esta forma, no se debe modificar el sistema entero cada vez cada vez que haya necesidad de actualizar una de sus partes, sino simplemente sustituir la parte en cuestión. La parte que necesita más frecuentemente ser actualizada suele ser aquella que corresponde al ajuste personalizado al cliente, aquella que es particular de cada cliente y sus necesidades, la que seguro cambia de un sistema a otro cuyos productos varían (ya que habrá otras partes que serán comunes a varios tipos de sistema, debido a características que compartan entre ellos). La estrategia que se está siguiendo cada vez más por los fabricantes de PLM y la tendencia que ha aparecido con el tiempo, es la de intentar hacer que el sistema dependa cada vez en menor medida de esa parte personalizada, que vaya perdiendo peso. Una forma de conseguir esto es estructurar una parte del sistema para que sea variable y configurable. Así, en vez de ser una parte fija y haya que cambiar ese bloque necesariamente si se cambia de cliente, de producto, o simplemente de estrategia, se crea un código abierto y que permita cierta modificación por parte del usuario, siempre de forma limitada (lo que variará serán las limitaciones y el margen de maniobra del usuario). De esta forma, existen sistemas que ofrecen la configuración de toda la instalación, de departamentos concretos, o incluso únicamente de usuarios y equipos particulares. Aun así, siempre va a existir una parte del sistema que no se pueda implementar más que de forma personalizada. En numerosas ocasiones esta parte constituye la parte más costosa, aunque sea la que menos volumen represente dentro de la estructura global.

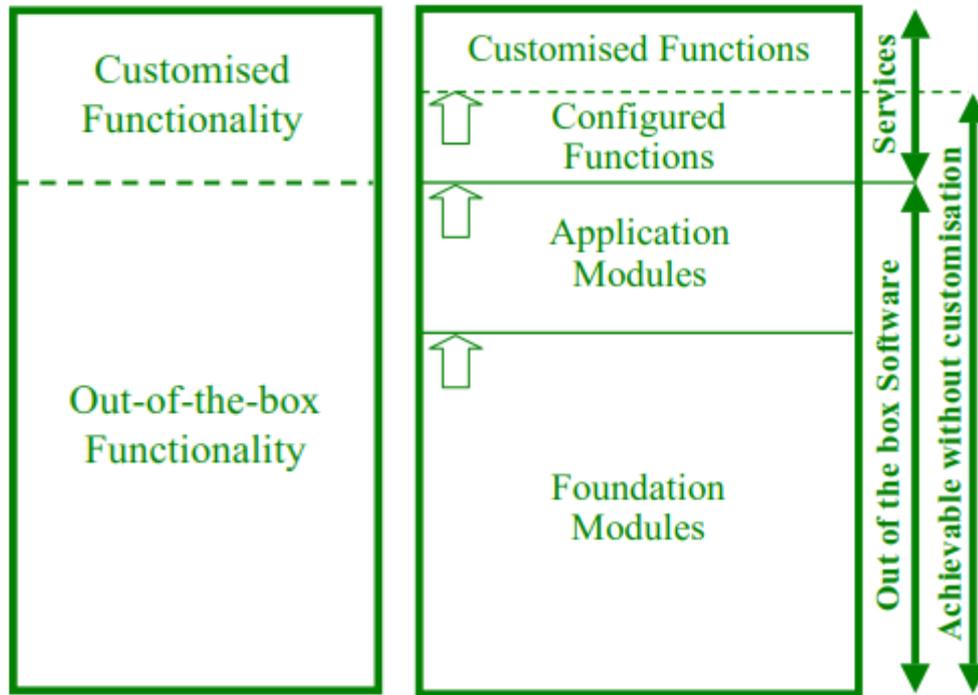


Figura 3. Comparación entre estructura tradicional y nueva estructura de sistemas PLM

En estas imágenes, aparece la forma tradicional de distribuir los componentes de un sistema (a la izquierda), frente a la nueva estructura modular (a la derecha) cuya tendencia predomina actualmente. En ambas estructuras aparece la parte común entre distintos tipos de sistema, para la que no hay necesidad de modificar nada, representada aquí como ‘Out of the box’, haciendo referencia a que está lista para su uso sin tener que realizar ningún cambio añadido (se puede empezar a usar “según sale de la caja”). La parte representada como ‘Customised Functionality’ se corresponde con el ajuste personalizado dentro de un sistema en función de cada cliente. Sin embargo, la diferencia esencial entre ambas estructuras reside en que en la versión moderna aparece una nueva porción que en la tradicional no existe. Dentro de la sección que no es común a todos los sistemas, la nueva estructura se descompone en dos apartados, donde junto a la inevitable parte personalizada para cada cliente, aparece un nuevo apartado que corresponde a la parte configurable del sistema. Es esta parte la que luego supondrá tanta ventaja y

reducción de costes al poder reutilizarse en lugar de tener que sustituirla cada vez que haya que realizar algún cambio importante.

Del total de la inversión del cliente al implementar un sistema PLM, el 40% representa el software y el 60% restante se corresponde con el ajuste personalizado y los servicios de implementación, esto es, sin incluir los gastos derivados de la migración de datos provenientes de otros sistemas que no están integrados desde el inicio en el sistema que se va a inyectar con PLM. Por lo tanto, es primordial por parte del fabricante poder garantizar la calidad y disponibilidad de estos servicios. Existen distintos tipos de servicios a tener en cuenta:

- Servicios de Implementación: Aquellos que se emplean durante la instalación y la configuración. Suelen estar ofrecidos por el proveedor del sistema.
- Servicios Personalizados: Tienen diferentes alcances y también varían en complejidad. Si el servicio tiene importancia dentro del sistema, se requiere dominar el campo de actividad y también un ‘feedback’ por parte del cliente para tener un control adecuado. Este tipo de servicio es el más importante, puesto que sin él la experiencia del cliente no será de calidad y no la considerará beneficiosa.
- Servicios de Apoyo: Necesarios en las operaciones diarias del sistema. Deberían de poder ser aplicados por el propio cliente con el tiempo.
- Servicios de Formación: Necesarios para los administradores del sistema, personal de apoyo y usuarios. Al igual que con los servicios de apoyo, idealmente deberían de realizarse por la empresa cliente en el menor tiempo posible.

Existen características que hacen que un sistema PLM gané en calidad y en prestaciones, y aportan un mejor rendimiento. A continuación, se listan algunas de estas características:

1) Adaptabilidad: Es la capacidad que tiene un sistema para extender su funcionalidad más allá de su alcance inicial para dar servicio a más usuarios o procesos. Un punto clave para que esto sea posible es que dentro del código y de la capacidad del sistema, no haya restricciones o limitaciones en el número de usuarios, sitios, almacenaje y otros recursos. También es importante garantizar que se mantiene el rendimiento del sistema al agrandar el alcance, ya que no serviría de mucho poder extender el sistema si éste funciona peor al hacerlo. Esta capacidad suele estar relacionada con una buena arquitectura de base (que el sistema esté bien diseñado). Si el aspecto de adaptabilidad no se ha tenido en cuenta desde el principio al diseñarlo, luego es complicado añadirlo. Una buena arquitectura supone que el fabricante ha realizado una buena inversión al crear el sistema, y esto es una buena señal de que planea ofrecer apoyo al cliente durante un periodo significativo de tiempo.

Recibe el nombre de adaptabilidad ya que, si un sistema es capaz de reaccionar de manera satisfactoria ante los cambios, se puede afirmar que el sistema es adaptable. También se habla de un sistema escalable, puesto que se considera que al adaptarse se está escalando a un nuevo nivel.

2) Extensibilidad: Saber que existe la posibilidad de ampliar el sistema supone reducir el riesgo por dos razones. Por un lado, la inversión inicial es menor ya que más adelante se podrá invertir de nuevo y ampliar la parte que haga falta. Por otro lado, las inversiones posteriores se hacen basándose en una experiencia, cosa que siempre supone un menor riesgo que hacerlo “a ciegas”.

Hay señales que apuntan a si un sistema es extensible:

- Que dé soporte a una gran variedad de aplicaciones, tanto propias como externas. También denota que el fabricante tiene un buen conocimiento de las aplicaciones y eso proporciona calidad al apoyo ofrecido durante el servicio.
- Que haya una buena adaptación personalizada hacia el cliente, con integración y adecuadas herramientas de desarrollo de aplicaciones.

Que el sistema sea modular es tremendamente positivo. Estas cualidades ofrecen una alternativa para añadir funcionalidades al sistema sobre las iniciales que ofrecía el fabricante.

- Que las herramientas de configuración sean fáciles de usar conlleva que se ha invertido esfuerzo en crear un diseño fácil y cómodo para el usuario.
- 3) Robustez: Es la capacidad de reaccionar ante errores y sucesos inesperados (cambios imprevistos) de tal forma que el sistema mantenga inalterada su funcionalidad.
- 4) Transparencia: Es un factor positivo a tener en cuenta. Los siguientes aspectos se ofrecen en algunos sistemas y son buenos indicadores de transparencia:
- Eficacia en la interoperabilidad y herramientas de intercambio de datos entre sistemas.
  - APIs publicados ('Application Programming Interface'), que son el grupo de definiciones de rutina, protocolos y herramientas que se emplean para crear software y aplicaciones.
  - Socios que se dediquen al desarrollo de software libre (software aplicable para cualquier tipo de plataforma, sin exclusividad con ninguna).

## 1.4 Arquitectura de un Sistema PLM

Cuando se habla de arquitectura, se está haciendo referencia a la estructura interna de un sistema PLM, a los componentes que lo forman a nivel de software y código, visto desde una perspectiva de jerarquías o niveles. No hay que olvidar que, aunque estemos tratando en todo momento al PLM como una estrategia y un método para gestionar la información, en realidad todo está basado en herramientas informáticas que hacen posible su funcionalidad.

Así mismo, a nivel de arquitectura, todo sistema PLM se divide en tres componentes claros:

- 1) Infraestructura
- 2) Entorno de integración y de desarrollo de aplicaciones
- 3) Aplicaciones empresariales

### 1) Infraestructura

Es el cimiento sobre el que se crean todas las aplicaciones empresariales. Se puede decir que es el corazón del sistema PLM. Proporciona el *almacenaje* y la *gestión eficaz del CIC*. Aporta funciones genéricas y de núcleo. Incluye:

- Caja para almacenar el CIC: La base de datos debería ser capaz de almacenar todo tipo de datos que sean necesarios para la definición del producto (también la experiencia adquirida y el historial del producto). Debe dar soporte a un modelo de datos flexible y ampliable que cubra definiciones de producto y de procesos y pueda evolucionar según las necesidades de la organización o empresa.

- Herramientas y servicios genéricos: Funcionalidad de propósito general que da apoyo a distintos usuarios y aplicaciones. Éstas, a su vez, incluyen:
  - Acceso a recursos de sistema, como la impresión.
  - Servicios de notificaciones.
  - Herramientas de visualización, como ver o marcar un documento.
  - Herramientas de colaboración, como portales web, herramientas de conferencia o habilitación de funciones web.
- Herramientas de administración y configuración: Incluyen herramientas de propósito general que habilitan al administrador del sistema para realizar tareas como la asignación o modificación de recursos a los usuarios o a las aplicaciones. Normalmente, estas tareas se ejecutan con la ayuda de menús, pantallas y ‘wizards’ (interfaz donde el usuario es guiado a través de unos pasos mediante cuadros de diálogo).
- Funciones primarias de gestión de datos: Este componente es clave. Se tratan de funciones que proporcionan una funcionalidad básica a las aplicaciones empresariales encargadas de dar apoyo a la toma de decisiones. Incluyen:
  - Funciones de gestión de la estructura de producto y de su configuración.
  - Funciones de clasificación y recuperación.
  - Funciones de flujos de trabajo.
  - Funciones de gestión de proyectos y programas.

## 2) Entorno de integración y desarrollo de aplicaciones

Una vez definida la base, que es la infraestructura y las funciones primarias de gestión de datos, lo que posibilita que se construya y se cree la funcionalidad del sistema sobre esa base es el entorno de integración y desarrollo de aplicaciones. Proporciona los medios necesarios para construir las aplicaciones empresariales, que a su vez son las que proporcionan la funcionalidad inicial y mejoran y extienden las prestaciones de la solución PLM. Dentro de este entorno, se cuenta con los siguientes tipos de herramientas:

- Herramientas de desarrollo de aplicaciones: Son herramientas que posibilitan la adición de nuevas funcionalidades o la modificación de las existentes. Esto se efectúa por herramientas de programación (desde lenguajes de programación de alto nivel hasta lenguajes estándar como Java o C++). Normalmente los de alto nivel se usan al aplicar el ajuste personal al cliente, y los lenguajes estándar se emplean por desarrolladores de tecnología PLM y terceros autores, de cara a trabajos de desarrollo de aplicaciones.
- Herramientas de interoperabilidad e integración: También conocidas como EAI ('Enterprise Application Integration'). La interoperabilidad se define como la habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar esa información intercambiada. Su función es muy importante: habilitar la integración de aplicaciones externas en el sistema PLM. Sin este paso, la funcionalidad del sistema se hallaría muy incompleta ya que, como se ha comentado con anterioridad, el PLM debe estar presente durante todo el proceso de manera íntegra si se quiere aprovechar todo su potencial. La comunicación se da a distintos niveles; pueden ser aplicaciones con un gran acoplamiento entre ellas y uso totalmente compartido del mismo almacén de datos, o pueden ser dos aplicaciones empresariales independientes donde se transfieren datos a través de archivos que se intercambian. Este segundo tipo de comunicación, el intercambio de datos, es apropiado cuando la importación y exportación de datos es a gran escala.

### 3) Aplicaciones empresariales

Lo primero que conviene definir es el concepto de aplicación. Una aplicación es un programa informático que asiste o automatiza procesos específicos. Normalmente, cada aplicación acumula la experiencia adquirida en el pasado por los usuarios que hayan ido haciendo uso de ella, para así ofrecer guía y asistencia a usuarios futuros. En ocasiones, una misma aplicación cuenta con distintas versiones según el mercado en el que se esté operando. Por ejemplo, dentro de la aplicación CAD (‘Computer Aided Design’), que se emplea para el diseño, existe su versión ECAD para la industria electrónica y la versión MCAD para la industria mecánica.

Los procesos a los que asisten las aplicaciones son transitorios. Sacan el mayor provecho de las tecnologías existentes para conseguir los objetivos del producto que estén tratando en ese momento. Para ello se apoyan en el conocimiento adquirido y acumulado en el CIC (experiencia e historial del producto). Por tanto, un proceso va cambiando a medida que las tecnologías y los conceptos subyacentes evolucionan. Esto conlleva que la aplicación que hay detrás del proceso, la que realiza su seguimiento, también varía y evoluciona con el tiempo. Por lo que se puede decir que las aplicaciones son entes cambiantes.

Lo mismo ocurre con las *aplicaciones empresariales*. Éstas son las que incluyen cualquier software, herramienta o solución que se emplee para gestionar y procesar el CIC. Son las encargadas de proporcionar la funcionalidad como tal del sistema PLM y de *procesar* el CIC (distinto a gestionar, de lo que se encarga la infraestructura). Se puede decir que aportan la parte “visible” de un sistema. Pueden agruparse en cuatro grupos o categorías:

- Herramientas y componentes: Software básico diseñado para realizar funciones específicas y que es proporcionado como parte de un paquete de software mayor. Por ejemplo: herramientas de visualización, de conferencias o de modelado de sólidos. Se pueden usar como medio para crear funcionalidad de más alto nivel.

- Módulos de aplicaciones: Paquetes autosuficientes e independientes de software empleados para automatizar procesos específicos. Por ejemplo: el paquete CAx (que engloba todas las aplicaciones asistidas por ordenador como CAD, CAM, CAE...), o el ‘Word Processing’.
- Conjuntos de aplicaciones: Sets de módulos complementarios de aplicaciones estrechamente acoplados entre sí. Por ejemplo: Office, MCAD, o sistemas ERP. Se encargan de procesos relacionados entre sí.
- Soluciones a nivel industria: Paquetes de módulos y conjuntos de aplicaciones diseñados para un sector industrial concreto. Por ejemplo: solución de diseño aeroespacial, automotriz, o naval. Engloba la experiencia adquirida que esté asociada a ese sector.

También se pueden agrupar las aplicaciones empresariales según la parte del CIC que se procese:

- Aplicaciones de autor: Las que crean, editan, o suprimen contenido del CIC. Por ejemplo: Word, CAx, o ERP.
- Aplicaciones de apoyo a decisiones: Las que controlan quién tiene acceso a los datos y los contenidos de los archivos, a qué están autorizados, con qué propósito y en qué punto del proceso. En la mayoría de casos, estas aplicaciones procesan los metadatos y dejan el contenido intacto.

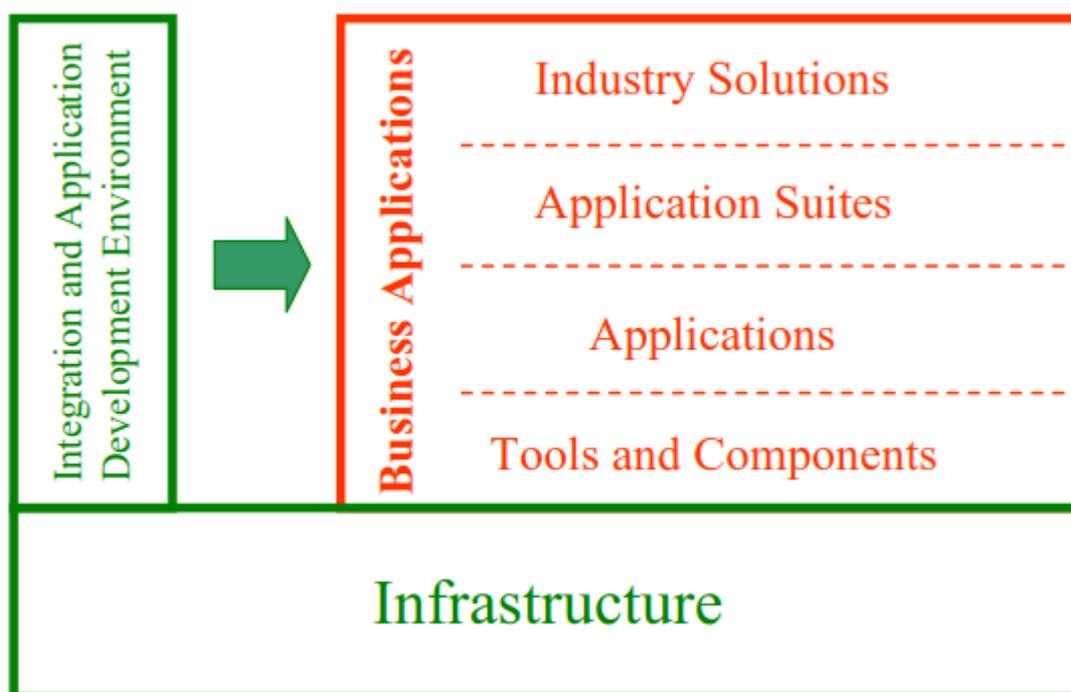


Figura 4. Esquema por bloques de la arquitectura de un sistema PLM

En la figura 4, se puede ver el esquema de bloques de la estructura interna de un sistema que se ha comentado hasta ahora. Se puede observar cómo efectivamente la infraestructura es el cimiento del sistema y sirve como base para todo lo demás. Es interesante y, por otra parte, lógico, el orden de los bloques de aplicaciones empresariales, empezando por las más básicas y de menor nivel, las herramientas y componentes, y subiendo en complejidad y altura, módulos, conjuntos, y por último soluciones a nivel de industria. Si se asocian estos niveles al tipo de aplicaciones según la manipulación del CIC, según se va aumentando de nivel, el solapamiento de tipos es mayor. Dentro de las herramientas y componentes, las aplicaciones sólo pueden ser de un tipo; en los dos niveles intermedios (módulos y conjuntos) se da el solapamiento de tipos; y dentro de las soluciones a nivel industria, tanto las aplicaciones de autor como las de apoyo a decisiones están presentes, fusionándose y convirtiéndose en un solo tipo.

Gran parte de la confusión sobre qué constituye exactamente la funcionalidad de PLM (y anteriormente PDM), viene dada a raíz de no distinguir entre la función del *procesamiento* y la función de la *gestión*. Puede surgir la duda, por ejemplo, de si las aplicaciones CAD o CAM son parte del PLM. Y de ser así, ¿por qué no, entonces, incluir también el ERP, SPM (‘Supplier Component Management’) y CRM (‘Customer Relation Management’)? La razón por la cual no se debe considerar esto así es que de incluir esos conceptos como parte del PLM, el alcance de éste sería tan grande y abarcaría tanto, que perdería su sentido. Por ello, se debe hacer una clara distinción entre los tipos y los niveles dentro de las aplicaciones, asignando la función de la gestión a las aplicaciones de núcleo y la función de procesamiento a las aplicaciones empresariales. En realidad, y en un sentido puro a nivel de definición, no se debería de considerar como parte del PLM a ninguna aplicación empresarial, sino como programas con los que interactúa y con los que se complementa el PLM.

En la siguiente figura (figura 5), queda muy bien representada esta distribución y la relación organizacional que existe entre las distintas partes de un sistema PLM, mediante un esquema de anillos.

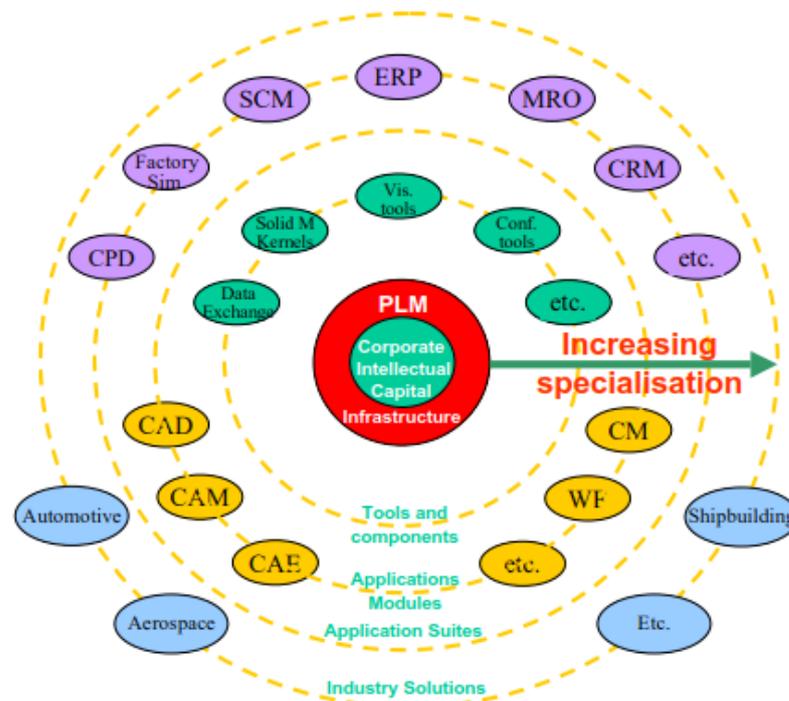


Figura 5. Arquitectura de un sistema PLM y distribución relacional de sus componentes

## **GESTIÓN DE LA BASE DE DATOS**

La gestión de lavase de datos es crucial porque determina la forma en la que interactúa la infraestructura con las aplicaciones empresariales a las que da soporte. Existen dos métodos y estructuras posibles:

- 1) Mediante interfaz
- 2) Mediante plataforma de integración

### **1) Interfaz**

Cabe recordar que una interfaz es la conexión funcional, física o lógica, que se da entre dos sistemas o dispositivos de cualquier tipo dando una comunicación entre distintos niveles.

Mediante este método, existe una aplicación de gestión del interfaz, que controla la comunicación entre todos los sistemas pertenecientes a lo que se podría llamar la comunidad de sistemas. Dentro de esta comunidad, cualquier sistema se puede usar con otro usando el interfaz y a través de la aplicación central gestora, que se podría asemejar a una figura de moderador dentro de una conversación. De esta forma, cualquier usuario de un sistema puede acceder a la base de datos de otro sistema dentro del interfaz, como si se trataran de datos de su propio sistema.

En este sentido, internet ha supuesto un gran avance, ya que, desde su aparición, no se necesita que los sistemas estén conectados físicamente, sino que la conexión se produce de forma virtual. Además, al usuario le basta con servirse de un simple buscador web para poder acceder a la base de datos del interfaz, incluso en el caso de un teléfono móvil.

Por tanto, este método es ideal si se busca una rápida visibilidad e implementación. Así mismo, se consigue que la perturbación a procesos ya existentes sea mínima.

Sin embargo, también existen *desventajas* o limitaciones a este método:

- Debe existir un mapeo (objeto-relacional) directo para la información compartida en cada sistema. Un mapeo objeto-relacional (el nombre viene de la palabra inglesa “mapping”) es una técnica de programación para convertir datos basada en el lenguaje de programación orientado a objetos. Lo que esto quiere decir, de forma simplificada, es que ambos sistemas comunicantes deben tener una plantilla común para poder darse esa traducción de datos entre sí. Es como si cada sistema hablara un lenguaje distinto, y si no cuentan con el mismo traductor, no se pueden comunicar. En ocasiones, cuando las estructuras de datos y las interrelaciones entre ellos son demasiado complejas, no es posible este tipo de comunicación. Por esta razón, sólo parte de los datos queda visible en cada sistema.
- Como todos los usuarios tienen acceso, se debe determinar quién “posee” cada dato. Para ello es necesario establecer cierta regulación y este proceso de escritura puede ser difícil de manejar.

En conclusión, este método es útil para clientes de la información debido a que es rápido y fácil de implementar. Sin embargo, es menos efectivo para creadores de información (como el caso de las aplicaciones de creación).

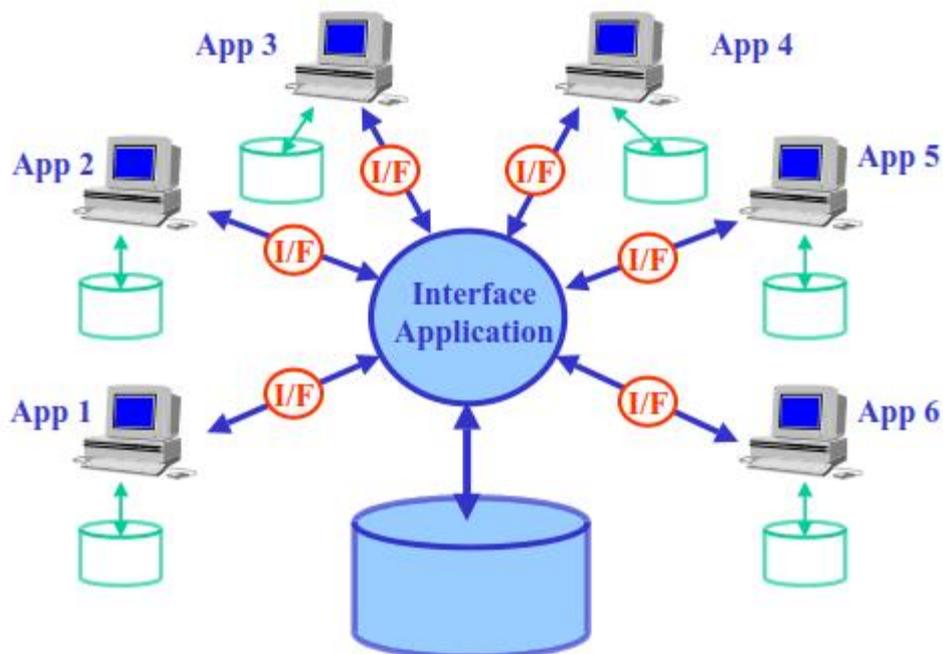


Figura 6. Estructura por interfaz

## 2) Plataforma de integración

Este método es muy distinto al anterior. También es distinto al PDM tradicional, donde los datos se tratan como documentos o archivos. En este caso, todas las aplicaciones empresariales comparten una base de datos común, gestionada por una plataforma de integración. No hay necesidad de interfaces y no existen problemas de traducción de la información, ni de escritura, ya que todo está bajo el control de un único sistema. Las aplicaciones pueden comunicarse sin limitaciones y también compartir datos de referencia a un nivel primario.

Entre sus *ventajas*, destacan:

- Mayor flexibilidad al establecer asociaciones. Esto lo hace más apropiado para sistemas más complejos. Así que en realidad lo hace más apropiado para PLM en sí.

- Puede gestionar, diseñar y hacer un mantenimiento de datos del producto, definición de procesos y metadatos, todo en la misma base de datos.
- Ofrece una sólida trazabilidad del historial de complejas audiciones, de manera organizada y fácil de gestionar.

Por otro lado, también conlleva ciertas *desventajas*:

- Es necesaria la migración de cada aplicación empresarial, con todos sus datos, a la nueva base de datos común. Aunque esta acción sólo se deba llevar a cabo una vez, implica la reestructuración de muchos o de casi todos los procesos.
- La tecnología debe dar soporte a un amplio portfolio de aplicaciones y datos, todos pertenecientes a la plataforma de integración.

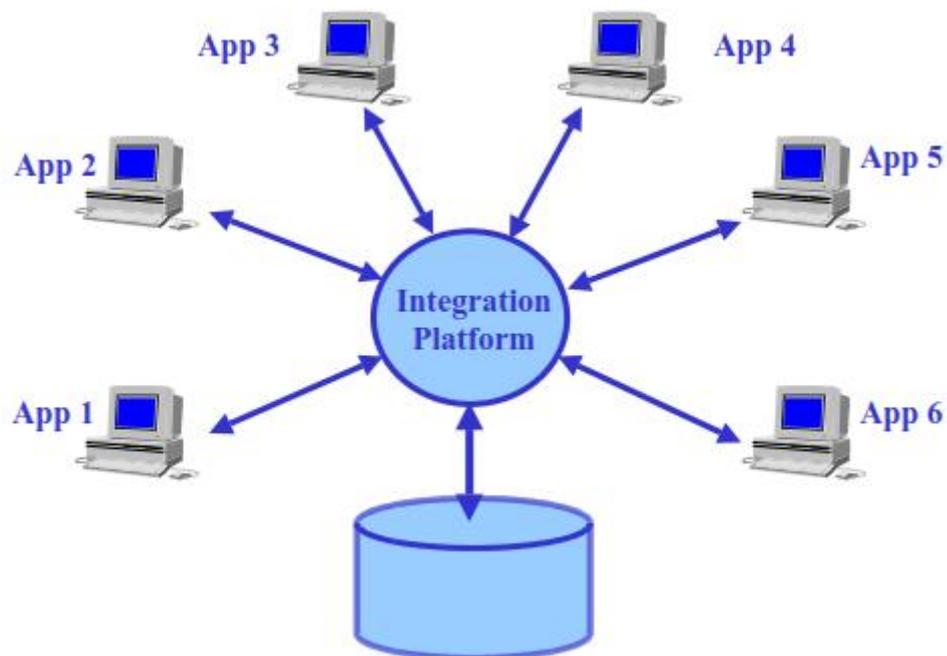


Figura 7. Estructura por plataforma de integración

### **3) Método híbrido**

A medida que la tecnología PLM madura y se va asentando su presencia en el mercado, cada vez existen más aplicaciones incluidas en la plataforma de integración, si es ése el método elegido para estructurar el sistema. Debido al aumento continuo en el número de aplicaciones integradas, la migración de todas ellas a la base de datos común se dilata más en el tiempo consecuentemente. La solución para poder tener en funcionamiento el sistema PLM de forma continua y sin interrupciones derivadas del largo proceso de migración, es implementar el método por interfaz de manera temporal, hasta que finalice dicho proceso.

Por lo tanto, hasta que llegue ese momento de maduración en el que se ha completado la migración de todas las aplicaciones empresariales a la base de datos común, la solución más apropiada y acertada es la de un modelo híbrido, donde subsistan ambas estructuras, para que de manera no simultánea siempre esté una de ellas en funcionamiento.

De todos modos, dado el creciente ritmo de aceptación e instauración de los sistemas PLM en el mercado, es de esperar que, en un periodo de tiempo relativamente corto, la tecnología haya evolucionado lo suficiente como para poder implementar únicamente el método por plataforma de integración y que sea suficiente por sí mismo, sin depender de hacer uso de un modelo híbrido.

## 1.5 Categorías de Sistemas PLM

Existen distintos criterios por los cuales se pueden categorizar y agrupar los sistemas PLM presentes en el mercado actualmente:

- 1) Sector de actividad de la empresa
- 2) Tamaño de la empresa
- 3) Foco en la fase de ingeniería
- 4) Entorno de origen

### 1) Sector de actividad de la empresa

#### 1.1) Productos discretos e industriales

- **Bienes duraderos:** Maquinaria y bienes de equipo, productos industriales, bienes de consumo, electromecánica.
- **Electrónica:** Alta tecnología y semiconductores, telecomunicaciones, equipos para medicina.
- **Automoción y transporte, aeronáutica y defensa.**
- **Energía, petroquímica, gas y agua.**
- **Construcción naval.**
- **Infraestructuras e ingeniería civil.**

#### 1.2) Consumo y proceso: Farmacia y química fina, bienes empaquetados, alimentación y bebidas.

1.3) Moda y vestir, calzado y distribución

**2) Tamaño de la empresa**

2.1) Pequeña y mediana empresa. Divisiones y departamentos dentro de una gran empresa

2.2) Grandes empresas y corporaciones

**3) Foco en la fase de ingeniería**

3.1) Foco en los procesos de diseño

El sistema PLM sirve de gran apoyo a las necesidades de los ingenieros y se centra en las fases de definición del producto previos al lanzamiento a producción. Poseen muy buena integración con las herramientas de CAD. También tienen un soporte adecuado para los procesos posteriores, pero secundario.

3.2) Foco en los procesos posteriores al lanzamiento a producción

La etapa que más atención recibe y más peso tiene es la de logística y cadena de suministro. Los procesos de ingeniería y de creación de la información reciben menor soporte.

#### **4) Entorno de origen**

Según este criterio quedan muy marcadas las funcionalidades y el modo de aplicación del sistema PLM.

##### **4.1) Sistemas derivados del PDM ('Product Data Management')**

Éstos son los sistemas más tradicionales y los que tienen más antigüedad, ya que nacen como programas destinados a la gestión de datos únicamente generados durante la fase de diseño. Sin embargo, a lo largo del tiempo han ido evolucionando y ganando prestaciones hasta llegar a convertirse en sistemas más complejos, con mayor potencia y funcionalidad a la hora de resolver problemas, llegando a un punto en el que se les puede pasar a considerar sistemas PLM.

Como característica principal y ventaja tienen que, dado su pasado y su evolución, su funcionalidad es modular y por tanto cuentan con una gran capacidad para crecer y adaptarse a nuevas necesidades de la empresa. Casi todos los sistemas PLM de este tipo son aplicables tanto en pymes como en grandes empresas. Son aconsejables sobre todo para productos discretos y dan un buen soporte y se ajustan bien a los procesos de ingeniería. También cuentan con funciones para la integración con otros sistemas y además poseen módulos independientes y específicos para los sectores de consumo, moda, vestido y calzado.

##### **4.2) Sistemas desarrollados por fabricantes de software de gestión ERP**

Estos sistemas son más recientes y habitualmente se ofrecen como parte de un sistema de gestión empresarial integrado. Dada su naturaleza, su gran ventaja es la capacidad de integración natural con los sistemas ERP y los logísticos. Por otra parte, su desventaja recae en su rigidez y escaso soporte en el área de ingeniería. Lo normal es que tengan más presencia entre grandes empresas o corporaciones. Es importante destacar que requieren un gran esfuerzo en el momento de su implantación. Estos

sistemas tienen más éxito en los sectores de consumo, farmacia, alimentación, moda, vestido y calzado.

Existen casos en los que la empresa necesita unas funcionalidades especializadas en ingeniería, pero de forma simultánea también requiere dar soporte a grandes procesos transversales. Esto sucede normalmente si la empresa es grande. En tal caso, lo habitual y más práctico es combinar dos sistemas PLM que sean complementarios entre sí, para que queden cubiertas de forma íntegra las necesidades de la empresa.

#### 4.3) Sistemas ofrecidos por fabricantes de software de diseño CAD 3D

Debido a que su capacidad de gestión de ítems, estructuras, listas de materiales y flujos de trabajo, y su capacidad de integración con otros sistemas son casi nulas, no se pueden siquiera considerar aplicaciones PLM. En algunas ocasiones, incluso vienen incluidos en el propio software de CAD como parte del pack básico, sin coste adicional. Pueden ser útiles para organizaciones muy pequeñas y cuyos procesos de producción son muy básicos y sencillos. También pueden llegar a ser una opción válida para el comienzo de la gestión de datos técnicos, sin embargo, enseguida alcanzan su límite y posteriormente aparecen problemas con la migración de datos a los verdaderos sistemas PLM, ya que no están adaptados para esta conexión.

## **1.6 Principales Sistemas PLM en el Mercado**

Siguiendo las categorías analizadas en el apartado anterior, y centrándose en el criterio del origen de donde provienen los sistemas PLM, existen algunos proveedores que poseen programas conocidos y que tienen aceptación entre los usuarios. El programa adecuado o ideal va variando según las circunstancias y los requisitos de cada caso y de cada entorno. Esto provoca que exista en el mercado una variedad de sistemas, con características distintas entre sí, que conviven y ofrecen distintas opciones a las empresas que buscan los servicios de un sistema PLM. Los que se citan a continuación son los más conocidos y los más empleados actualmente.

En cuanto a los sistemas que son una derivación o una evolución de anteriores sistemas PDM, cabe destacar tres fabricantes con sus respectivos productos: Dassault Systèmes, con sus sistemas ‘Enovia Smarteam’ y ‘Enovia V6’, Siemens PLM con ‘Teamcenter’, y PTC con ‘Windchill’. Dassault Systèmes es una multinacional europea que se centra en el diseño 3D, teniendo también una parte de su negocio dedicada a la tecnología PLM. Su programa ‘Enovia Smarteam’ está orientado a las pymes o a un departamento concreto y es especialmente apropiado para las fases de ingeniería y diseño y para productos discretos e industriales. Por otro lado, ‘Enovia V6’ es un programa dirigido a una gran empresa y no sólo tiene funcionalidad en los productos discretos e industriales, sino también en bienes de consumo y en productos de moda, vestimenta y distribución. En cuanto a Siemens, se trata de una importante multinacional, la mayor empresa europea de ingeniería, que está presente en sectores como la generación de potencia, automatización industrial y de infraestructuras, tecnología de la salud, transporte ferroviario, y que también cuenta con una división llamada Siemens PLM dedicada a esta tecnología. Por último, PTC es una empresa americana desarrolladora de software especializada en las áreas de diseño 2D y 3D, tecnología PLM, y soluciones de gestión de servicios. Los programas ofrecidos por estas dos últimas empresas, ‘Teamcenter’ y ‘Windchill’ respectivamente, son programas muy completos y ambos cuentan con prestaciones parecidas a groso modo, ya que son aplicables tanto para pymes como para grandes empresas, y también tienen un buen rendimiento en productos

discretos, de consumo, vestimenta y distribución. Se podría decir que el alcance de cualquiera de estos dos últimos programas es el alcance de los dos programas ‘Enovia’ sumados entre sí.

Así mismo, si se analizan los sistemas PLM en el mercado que son ofrecidos por fabricantes de software de gestión ERP, destacan ‘SAP PLM’, ‘Infor PLM’ y ‘Oracle Agile PLM’. Los fabricantes quedan claros porque se encuentran en el nombre de los propios programas, y sus prestaciones y alcances son similares en los tres casos: son más apropiados para una gran empresa, y aunque tienen limitaciones al implementarse en las fases de ingeniería y diseño, son programas que tienen un buen rendimiento en productos discretos e industriales, en bienes de consumo, vestimenta y de distribución.

Por su lado, entre los sistemas PLM ofrecidos por fabricantes de software dedicado al diseño CAD 3D, se encuentran ‘Vault’ y ‘ProductStream’, de Autodesk, ‘Insight’, de Siemens PLM, y ‘PDM Works’ y ‘PDM Works Enterprise’, de Dassault Systèmes. Sin embargo, las prestaciones de este tipo de sistemas, como se ha visto en el apartado anterior a éste, son muy limitadas y prácticamente no se consideran productos bajo la categoría de PLM. Además, queda patente que únicamente se pueden implementar en organizaciones muy pequeñas y que poseen un proceso de producción muy básico.

En la siguiente tabla (siguiente cara), se resumen los programas y sistemas PLM ofrecidos a día de hoy en el mercado, los recogidos en las dos primeras categorías anteriormente comentadas, así como sus características y prestaciones.

Producto	Fabricante	Tamaño de empresa		Sector de actividad			
		PYME y departamentos de gran empresa	Gran empresa	Ingeniería y Diseño	Productos discretos e industriales	Bienes de consumo y proceso	Moda, vestir, calzado, distribución
Enovia Smarteam	Dassault Systèmes	sí		sí	sí		
Enovia V6	Dassault Systèmes		sí	sí	sí	sí	sí
Teamcenter	Siemens PLM	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Windchill	PTC	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Infor PLM	Infor		sí	limitado	sí	sí	sí
SAP PLM	SAP		sí	limitado	sí	sí	sí
Oracle-Agile	Oracle		sí	limitado	sí	sí	sí

Figura 8. Tabla comparativa de Sistemas PLM en el mercado actual

## **FUTURO DEL PLM**

El futuro de los sistemas PLM se puede analizar desde distintos puntos de vista.

### **1) Perspectiva del usuario**

La información pasa a ser un todo coherente y visible en lugar de partes disgregadas en sistemas incompatibles. Por tanto, esto conlleva un potencial grande para reducir costes y mejorar productividad e innovación a través de la toma de decisiones más fundamentadas. Por otro lado, también existen más riesgos, ya que las decisiones afectan a más personas y procesos que antes.

Así mismo, para sacar el mayor beneficio a la tecnología PLM, es necesario realizar un cambio fundamental en el núcleo de un negocio y en su forma de aplicar su actividad, y esto conlleva una importante e inevitable inversión. Aun así, la tecnología PLM permite realizar ese cambio para que la gestión del CIC quede centralizada y la

estrategia definida a nivel corporativo, a la par que se gana flexibilidad a través de las aplicaciones empresariales a nivel de usuario.

## **2) Consolidación del mercado**

Al evolucionar el PDM de ser una solución a nivel de departamento (sobre todo de diseño), a ser una solución a nivel general y empresarial, los objetos PDM fueron aumentando en tamaño. Este proceso dio lugar a la adquisición de empresas por otras más grandes, más asentadas en el mercado y con capacidad para gestionar proyectos mayores y más complejos.

Con la aparición del PLM, este proceso se ha acelerado, tanto en el tamaño de los proyectos, como en el número de fusiones y adquisiciones entre empresas.

De las decenas de fabricantes de PDM que quedan en el mercado, se espera que solamente tres o cuatro se transformen en proveedores de tecnología primaria de PLM. Los restantes pasarían a ser proveedores de aplicaciones empresariales, en el caso de no pasar a pertenecer a otra empresa. Esos tres o cuatro fabricantes probablemente serán los que además de PDM, ofrezcan conjuntos de aplicaciones CAx (CAD, CAM, etc).

## **3) Mayor variedad de opciones donde elegir**

Al existir diferencias fundamentales entre el desarrollo de software de infraestructura (donde se requieren conocimientos de desarrollo de sistemas) y el desarrollo de aplicaciones empresariales (para el que son necesarios conocimientos en el ámbito de las aplicaciones), se espera que los proveedores de tecnología PLM se especialicen en uno u otro tipo, a la larga. Además, esta especialización dará lugar a una mayor oferta y variedad de aplicaciones, ya que los desarrolladores de aplicaciones empresariales se podrán apoyar en la tecnología primaria de otros proveedores para desarrollar la suya propia y alcanzar así un punto de especialización que de otra forma no habrían alcanzado.

Un posible futuro escenario se basaría en una estructura escalonada en la que cada escalón de fabricantes se apoyaría en la tecnología del escalón anterior. En el escalón base se encontrarían los OEM ('Original Equipment Manufacturer'), los fabricantes de la

infraestructura y el entorno de integración y desarrollo de aplicaciones; en el siguiente escalón, los ‘1st Tier’ (del inglés, de primer nivel – son aquellos fabricantes que vienen después de los OEM en la cadena de suministro), fabricantes de las soluciones a nivel industria; en el tercer escalón, los ‘2nd and 3rd Tier’, fabricantes de módulos y conjuntos de aplicaciones; y por último, vendrían las funciones específicas y personalizadas al cliente (esto es, las pocas funciones que queden por cubrir después de todos los escalones anteriores).

En la siguiente figura, se refleja todo este posible escenario. El sentido de la flecha representa el orden creciente de escalones.

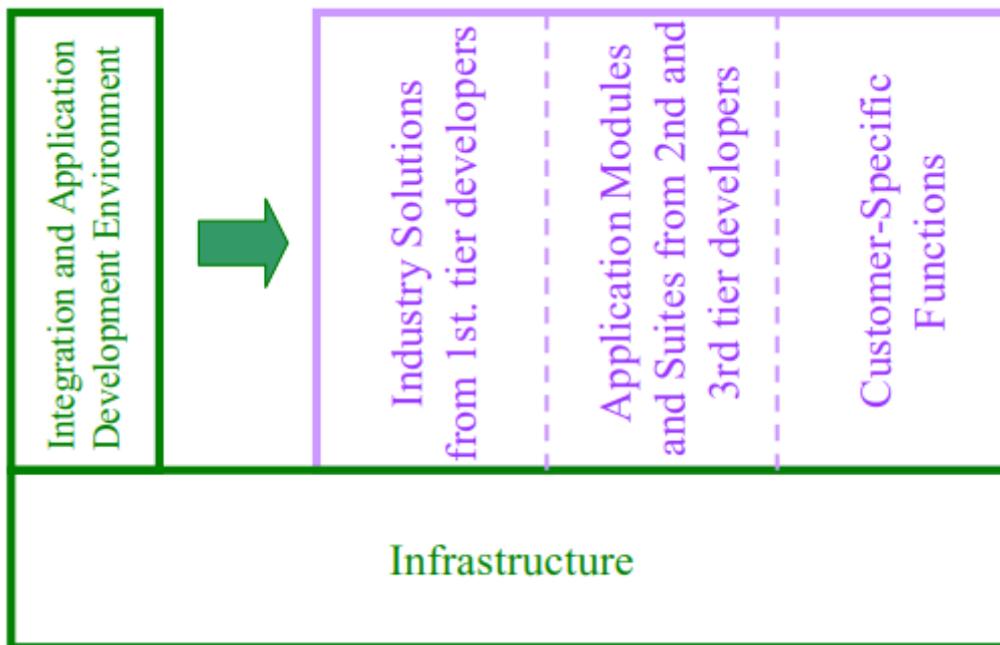


Figura 9. Posible futura estructura del PLM basada en niveles o escalones

#### 4) Mayor alcance del PLM

El PLM ha dado servicio sobre todo al sector de ingeniería. Sin embargo, está comenzando a expandirse a sectores como las telecomunicaciones, el sector de servicios, o el farmacéutico.

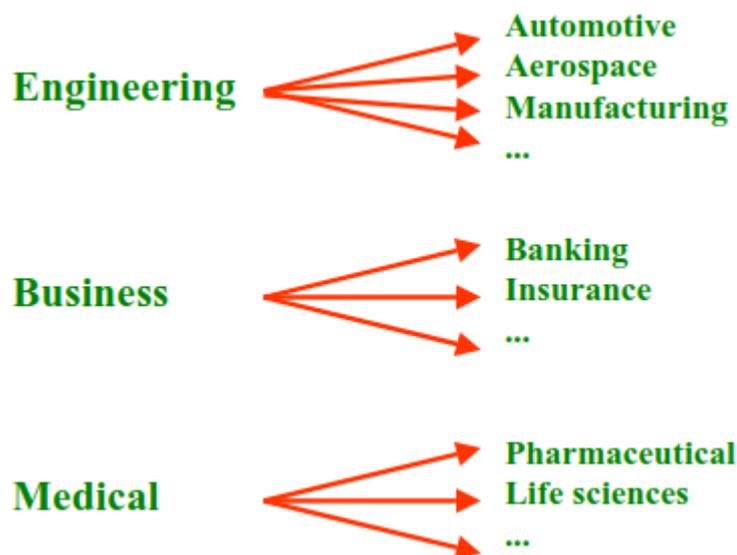


Figura 10. Especialización de los sistemas PLM y expansión desde el sector de ingeniería a otros

#### 5) Mayor innovación

Además del salto en tecnología que se ha producido desde PDM a PLM, el mundo PLM aporta una nueva dimensión y posibilidad para la innovación. Por primera vez, el CIC se gestiona como una sola cosa y no como partes independientes en diferentes sistemas que no poseen interoperabilidad.

Además del nuevo tipo de desarrolladores de software, ahora más especializados, como se ha comentado con anterioridad, aparecerán nuevas personas encargadas de la innovación y focalizadas en captar y reunir la experiencia adquirida para poder reutilizarla y crear productos de la siguiente generación. Esto posibilitará la creación o la invención de componentes y herramientas de mayor calidad, en lugar de tener que reinventar los antiguos.

## **6) Estimación del futuro tamaño del mercado**

Una vez el PLM y su utilidad están claramente definidos, debería de resultar bastante más sencillo que en el pasado estimar tamaños de mercado. Sin embargo, a diferencia del pasado, no existirá una sola figura de tamaño, sino varias, correspondientes a los programas PLM de funciones de núcleo, por un lado, y por otro, varias figuras referentes a las aplicaciones empresariales, que a su vez pueden estar agrupadas según el tipo, el sector de su actividad, o según el contenido del paquete de sistema ofrecido.

Por tanto, para dar una buena estimación del tamaño del mercado de los sistemas PLM en el futuro, se debe analizar por separado cada una de las categorías comentadas, y tener en cuenta diversos factores que variarán según la categoría.

## 1.7 Implantación de un Sistema PLM

El *paso previo* a la implantación del sistema, y además muy necesario, es la ***evaluación del sistema*** que se pretende instalar, para comprobar que la elección ha sido acertada y en caso contrario, encontrar otro sistema PLM que sea más apropiado para la empresa en cuestión. Se debe evaluar si el sistema satisface y cubre las necesidades de la empresa tanto a corto, como a largo plazo. Si no se aplica una metodología de evaluación correcta, esto puede resultar en un proceso arduo y complejo. Sin embargo, es altamente recomendable poner especial cuidado en el proceso, y todo esfuerzo se ve justificado, ya que se trata de un paso totalmente determinante en el resultado final y el éxito o fracaso de la implementación del sistema. Si la evaluación se realiza de manera adecuada, se puede conseguir un rápido retorno de la inversión y las ganancias pueden aumentar mucho y, sobre todo, aguantar así durante muchos años más. Sin embargo, si no se evalúa el sistema adecuadamente, o no se pone el empeño o el tiempo suficiente, puede causar la aparición de gastos imprevistos, retrasos en la implementación, insatisfacción y rechazo de los usuarios y puede que incluso suponga tener que repetir el proceso para arreglar el error.

A continuación, se exponen varios puntos que se recomienda tener en cuenta a la hora de evaluar un sistema:

- 1) Involucrar a expertos en PLM, que sean independientes

Si la empresa no cuenta con expertos, es necesario buscar alguien externo con la máxima experiencia posible en implantaciones de sistemas. De esta forma, podrá aconsejar y guiar a la empresa a la hora de la selección, y en algunos casos, también durante la implementación. Por razones obvias, el consultor debería ser totalmente independiente de la empresa fabricante del software que se está evaluando, ya que así no estaría condicionado y realmente podría guiarse por el bien de la empresa cliente.

2) Aprovechar la experiencia de otras empresas

La mejor manera de poder tomar una decisión bien fundamentada es tener conocimiento sobre PLM. Una de las mejores alternativas para ello es visitar otras empresas que ya hayan implementado el sistema y ser testigo del efecto que ha tenido en ellas.

3) Asegurar el apoyo de la dirección

Como ya se ha comentado, el PLM afecta no sólo a nivel focalizado, sino a nivel general y por tanto requiere un esfuerzo interno significativo, que no se puede pasar por alto. Por tanto, es absolutamente fundamental contar con la aprobación y el total apoyo de la dirección. De esta forma, se podrán recibir los recursos necesarios, tanto ejecutivos (a nivel de permisos) como económicos, para poder implementar el sistema con éxito y desarrollarlo íntegramente y con normalidad. Además, es importante que la dirección también sepa transmitir la importancia del proyecto a todos los trabajadores, para que todos se impliquen y se pueda avanzar en la misma dirección, todos formando parte del mismo equipo.

4) Implicar a las mejores personas

Sólo en el caso de que intervengan en el proceso de implementación del programa personas que sean expertas en los departamentos o áreas donde va a aplicarse el PLM, tendrá verdadero éxito el proceso. Cualquier detalle pasado por alto puede tener luego una grave consecuencia, y suponer tener que invertir mucho dinero, tiempo y esfuerzo de trabajadores corrigiéndolo.

5) Analizar procesos y definir requisitos

Para realmente sacar todo el beneficio que se puede al PLM, previamente se han de optimizar lo máximo posible los procesos sobre los que éste va a actuar, y donde sea necesario, redefinirlos por completo si llega darse el caso. De lo contrario, se estaría actuando de forma ineficiente, al dejar de aprovechar todo el rendimiento del sistema. El PLM podrá eliminar la mayoría de ineficiencias en los procesos, y esto llevará a tener información suficiente para evaluar el resultado

tras esa limpieza y redefinir los requisitos del sistema, estableciendo así sus especificaciones y funciones. De nuevo, se debe evitar que quien desarrolle esta tarea de evaluación y análisis de los requisitos del sistema, sea parte de la empresa fabricante o vendedora del producto PLM, que no olvidemos que en todo momento es lo que se quiere poder elegir con criterio y sobre lo que se está intentando arrojar luz en estos pasos.

6) Planificar una estrategia PLM a largo plazo:

Toda empresa que no planifica, acaba cometiendo errores. El PLM ayuda a tener en cuenta la situación a largo plazo, ya que por definición así está pensado el sistema, no como una serie de acciones puntuales, sino como una estrategia longeva y que pretende instaurarse en la vida y actividad del negocio, y aportar beneficios durante un largo periodo de tiempo. Antes de implantarse, se tendrán en cuenta todas las necesidades de las áreas donde se empleará el sistema, además de cómo va a interactuar el PLM con el resto de aplicaciones ya en uso y cómo se efectuará su integración con éstas. El objetivo es que la implementación del sistema PLM en los procesos se lleve a cabo de forma paulatina, coherente y controlada.

7) Analizar el valor que aportará el PLM antes de definir el presupuesto de inversión

El orden ha de estar claro: en primer lugar, se analiza el valor que aportará el sistema PLM implementado, para después saber el retorno de la inversión esperado, y por último poder decidir así de qué cantidad se puede disponer para invertir. Si no se respeta este orden pueden surgir problemas más adelante y no poder cumplir con las expectativas, por no haber desarrollado el proyecto ajustándose a la realidad de forma estricta. En esto no se puede ser flexible si se quiere tener un resultado positivo. Siempre puede haber fabricantes que sean capaces de manipular los números para que las cuentas cuadren, pero eso no sería más que haber tomado una decisión y luego buscar una justificación para respaldarla. O, lo que es lo mismo, aplicar el orden inverso al apropiado. Esto sólo

desencadena un coste extra y una pérdida de tiempo, intentando buscar esa justificación a posteriori.

8) Probar el producto antes de la compra

La cuantía de la inversión a realizar al comprar un producto PLM asciende a cifras considerables. Dentro de la inversión, solamente el software representa cerca de la mitad, en ocasiones incluso algo más. Por lo tanto, es muy aconsejable estar seguro de que se está adquiriendo el producto apropiado para las necesidades de la empresa, antes de hacerlo. Una forma de comprobar el rendimiento del sistema para poder alcanzar esa seguridad, es contratar un proyecto piloto, que sirva como prueba durante uno o dos meses. El programa piloto se aplicará sobre el mismo sistema real que se quiere optimizar, pero sobre una cantidad reducida de datos y personas, o bien por tratarse de un sector o una fracción poco productiva, donde prácticamente no exista riesgo, o bien en un proyecto que no es crítico y por tanto las variaciones que experimente no serán determinantes.

9) Informar frecuentemente a todos sobre el desarrollo

Éste es *uno de los puntos más importantes* y más a tener en mente de cara al éxito del proyecto. PLM, a un nivel primario y básico, significa cambio. Por tanto, los miembros de la empresa fabricante y de la empresa cliente se verán directamente afectados, y muy probablemente en gran medida. Por regla general, al menos como primera reacción, las personas rechazan el cambio y prefieren lo conocido, que para ellos representa lo seguro y lo cómodo. Por esta razón, es vital gestionar las expectativas de los usuarios y de los trabajadores, si no se desea incurrir en el rechazo y el consecuente fracaso del sistema PLM. Si lo rechazan los usuarios, que representan al cliente, esto supondría un fracaso absoluto, ya que en esencia es eso lo que realmente importa y para lo que la empresa proveedora trabaja: la satisfacción del cliente. La consecuencia de esta satisfacción es que se mantenga fiel a los productos y servicios de la empresa. Para gestionar este cambio substancial de forma eficaz, se ha de *involucrar* cuanto antes a las personas que participan en el proceso afectado, pidiéndoles cuáles son sus expectativas (si no,

es muy improbable que se sepa cubrirlas) y también sus opiniones, constantemente (para tener un feed-back continuo). Además de pedir opinión al cliente, es igual de importante *mantenerle completamente informado en todo momento*.

Una vez que se tiene claro qué sistema se va a implantar, es igual de importante o incluso más, saber *cómo hacerlo*. A continuación, siguen algunas indicaciones que se deberían tener en mente a nivel general, en cuanto a la metodología de implantación de un sistema PLM.

#### 1) Preparación

Para llevar a cabo la implantación de un sistema PLM de forma exitosa, ha de realizarse una profunda y meticulosa planificación, lo cual incluye aplicar conocimientos de gestión de proyectos. Se debe programar cada detalle. Lo fundamental es establecer y definir al completo los objetivos; en qué situación se inicia el proyecto, y a qué situación se quiere llegar una vez el sistema esté implementado y en desarrollo de uso. Además, es muy importante elegir bien el momento para su implantación; no vale cualquiera, ya que como ya se ha visto, el proceso puede ser largo y complejo. Un buen punto en el que comenzar es durante una época de baja actividad y menos producción, ya que, durante este tiempo, habrá más personas disponibles para participar y aportar al proyecto.

#### 2) Equipo

El equipo debe estar formado por una combinación de personas internas y externas a la empresa. La parte externa estará constituida por la empresa que aporta el servicio de consultoría experta en PLM. La elección de este consultor es fundamental. Se debe contratar una empresa que tenga gran experiencia en PLM, en procesos industriales y en implantaciones similares, y además de todo esto, que pueda acreditarlo. La parte interna debe estar compuesta por personas de todos y cada uno de los departamentos que queden dentro del alcance del sistema que se

va a implantar, y además deben tener un buen conocimiento de los procesos que se van a tratar y de las necesidades de la empresa.

### 3) Implementación por fases

Dado que el alcance de un proyecto PLM puede llegar a ser muy grande, el método que produce mejores resultados es el de implementar el sistema PLM por fases. Al pensar con una mentalidad y planificación a largo plazo, se consigue un mayor control en el proceso, dividiéndolo en pequeñas fases en lugar de planificar todo como si fuera un solo cuerpo. La duración de cada fase y su contenido dependerán de los objetivos que se persigan. Siguiendo esta estrategia, además, se minimizan los riesgos de cada fase y se aumenta la probabilidad de aceptación del sistema por parte del usuario. De este modo, la consecución de la meta de cada fase, sirve como motor para el comienzo de la siguiente.

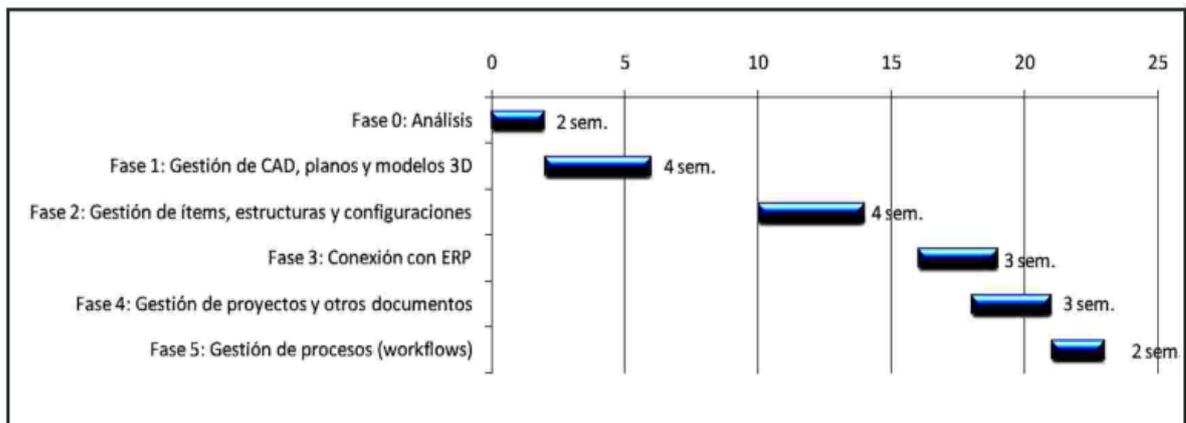


Figura 11. Cronograma de implantación típico en una pyme

#### 4) Sistema estándar vs Sistema personalizado a medida

Todos los sistemas PLM cuentan con una serie de funcionalidades que ofrecen de forma estándar, puesto que son necesidades comunes a la mayoría de pymes. Por otro lado, también todos ellos cuentan con una parte del sistema que es personalizable, para poder adaptarlo a las necesidades específicas y particulares de cada empresa. Sin embargo, esta parte personalizable del sistema es la que acarrea mayores gastos; sobre todo se inflan los costes de consultoría, implementación y mantenimiento. Por lo que lo más óptimo y lo que siempre se busca es hacer que el sistema dependa lo mínimo posible de la personalización, que suponga un volumen pequeño frente al total.

En el caso de una pyme que está iniciando su negocio, el uso de un sistema estándar es muy apropiado, ya que su implementación es muy rápida y por tanto el retorno de la inversión también lo es. Se podría decir que el factor de la rapidez es casi necesario cuando una empresa está despegando y aún no tiene ningún tipo de colchón o de margen para absorber pérdidas o para poder esperar a la generación de ganancias. Al pasar un periodo de unos meses, se habrá alcanzado por parte de la empresa un nivel de conocimiento y experiencia en el sistema PLM que le otorgará la posibilidad de poder juzgar por sí misma si tiene necesidad de servicios personalizados y de ser así, de qué tipo los necesitan.

La mayoría de los sistemas PLM orientados hacia pymes, ofrecen paquetes de soluciones preconfiguradas que reciben el nombre de 'Express', que incluyen funcionalidades que recogen buenas prácticas empresariales y se centran en conseguir una rápida y fácil implementación y puesta en producción. Además, el coste de un sistema 'Express' está bien acotado y es fácil de prever y gestionar para una empresa. Esto lo hace aún más atractivo para una pyme, teniendo en cuenta que siempre va a existir la opción de ampliar y personalizar el sistema en cualquier momento y hasta el nivel que lo necesite la empresa.

## **1.8 Beneficios de Implantar un Sistema PLM**

Como se ha ido viendo a lo largo de este documento, la implantación de un sistema PLM en un proceso aporta muchas ventajas a la empresa u organización, ya que a través de la optimización de dicho proceso es posible conseguir un mayor beneficio. El sistema PLM aporta al proceso las herramientas necesarias para deshacerse de las tareas y actividades que no aportan valor y así alcanzar un mejor rendimiento, haciendo que los puntos que sí lo aportan adquieran mayor peso y su influencia tenga más repercusión en el resultado.

A continuación, se va a analizar el beneficio derivado de la implantación de un sistema PLM desde distintos puntos de vista, según al aspecto o campo al que beneficie.

### **1) Beneficios en la ejecución del negocio**

Para comenzar, el PLM permite a todo usuario acceder a todos los datos sobre un producto. Éste tendrá disponible para su uso información con la que antes no podía contar a no ser que tuviera contacto directo con las personas poseedoras de ella, con la fuente de esos datos. Al crear una base de datos común a todos los actores participantes en el proceso, ese problema deja de existir; ya no se da la necesidad de establecer contacto entre dos partes que quieren intercambiar información, puesto que todos están en contacto constante con todos. Además, los datos a los que se accede ganan en orden y visibilidad, que hace que sean más claros y se entienda mejor su contexto, su origen y su causa. También se suprimen las duplicidades de datos.

Todo esto proporciona un mayor acceso a datos, y, sobre todo, a datos más coherentes, lo cual va de la mano de una reducción de costes, al erradicar tareas improductivas e inútiles y ganar tiempo que antes se desperdiciaba.

Más adelante, en la figura 12, se ofrece una aclaración y una explicación más detallada del porqué de esta reducción de costes que se ha comentado.

Por otra parte, se crean más oportunidades de negocio gracias a la fluidez de la información, además de impulsar la innovación. A raíz de toda esta mejora, el negocio y proceso en concreto se hace más flexible y también más predecible, factor que es muy positivo a la hora de asumir riesgos y poder planificar y estimar la evolución hacia futuro.

También se consigue mejorar la calidad del producto, por ejemplo, teniendo acceso a formas e ideas para mejorar el diseño y las técnicas de fabricación, o consiguiendo acortar los tiempos para revisar documentos y realizar cambios y reparaciones, que son acciones necesarias para aumentar la calidad del producto final donde la temporización y la duración de las tareas son muy determinantes.

En esta misma línea, se observa que aumenta la velocidad del negocio, especialmente en su respuesta ante cambios en el mercado. Por tanto, el negocio se transforma en uno más adaptable y versátil.

Además, se mantiene y se protege la trazabilidad de acciones, permitiendo al usuario saber el porqué de cada dato y conocer el paso por las distintas etapas que ha sufrido hasta llegar al punto donde se encuentra en ese momento. Cuanto más se sepa de un dato, más conocimiento se tiene del proceso y sus detalles; por tanto, las decisiones que se tomen estarán mejor fundamentadas y habrá más motivo y más probabilidad de acabar consiguiendo un buen resultado.

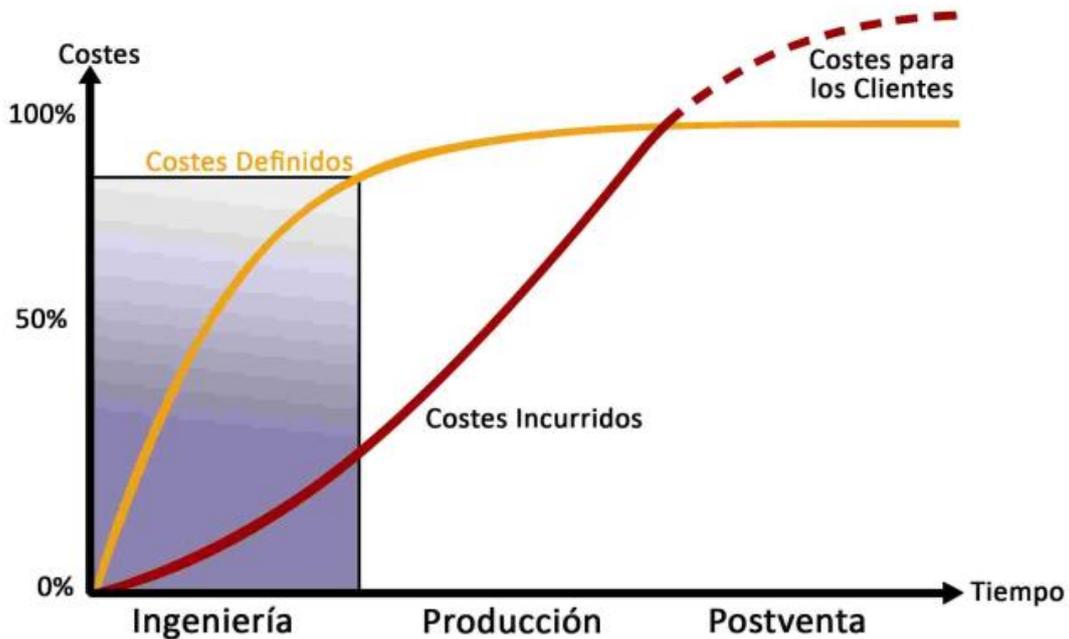


Figura 12. Costes a lo largo del ciclo de vida de un producto

En la figura 12, se representan dos tipos de costes a lo largo de los tres grandes grupos de fases en el ciclo de vida de cualquier producto: ingeniería (que incluye, por ejemplo, el diseño y la simulación), producción (que incluye fabricación y en su caso, montaje, ensamblaje y embalaje) y postventa (el servicio de mantenimiento prestado al cliente una vez está en sus manos el producto y está haciendo uso de él). El trazo amarillo representa los “costes definidos”. A lo que este concepto hace referencia realmente es al impacto que tienen en el coste, los cambios que se realicen en ese momento, expresado en un porcentaje sobre el coste total al que se incurre durante todo el ciclo vida, incluyendo la fase de postventa (cuyos costes se asumen en su totalidad por el cliente, aquí representados mediante el trazo rojo discontinuo). Mientras que el trazo rojo continuo representa los “costes incurridos”, que en este caso sí son los costes que suponen los cambios que se realizan en ese mismo momento de estudio.

Así que, para entenderlo de una forma más práctica, el coste incurrido es la causa, y el coste definido, la consecuencia, por así decirlo. O, más bien, el coste incurrido es el

coste del presente (lo que cuesta una acción que se toma en ese momento en particular) y el coste definido es el coste que esa acción supondrá en un futuro.

En la figura se ve cómo en la fase de ingeniería los costes incurridos tienen un bajo porcentaje, y sin embargo sus costes definidos un porcentaje muy alto. O, en otras palabras, que mientras un cambio en ingeniería no supone un coste demasiado alto, sí que afecta mucho en los costes totales al final de la vida útil del producto.

Observando cualquier producto, en la fase de ingeniería es cuando más se invierte, en los primeros pasos. Por lo que se puede decir que esta fase es la que fija y determina los costes del ciclo de vida global del producto.

Así que se llega a la conclusión de que, en proporción, hacer cambios en las etapas iniciales conlleva un coste muy bajo, mientras que hacer un cambio una vez el producto está lanzado, supone un coste muy alto para la empresa y también para el cliente.

El PLM ofrece alternativas en los métodos de diseño e ingeniería, posibilita cambios que pueden marcar una gran diferencia en esas etapas iniciales. Es por esta razón que puede suponer una gran diferencia y una reducción sustancial en los costes totales de un proyecto, si se aplica de la forma adecuada.

Volviendo al análisis de los beneficios a raíz de implantar un sistema PLM, diferenciando en casos de estudio según la parte beneficiada, el siguiente que es destacable es aquel de la organización.

## **2) Beneficios para la organización**

Para comenzar, un sistema PLM supone erradicar cualquier barrera geográfica, lo que desemboca en una mayor internacionalización. Que esto suceda es lógico, puesto que, tras su implantación, se salvan los posibles obstáculos que puedan estar vinculados a una transmisión estándar de documentos e información. Se favorece el contacto entre

participantes del proceso, pudiendo establecer sinergias y relaciones muy fructíferas, donde antes no las había. Por supuesto, esta aparición de enlaces profesionales se da también entre países, en este caso la diferencia es incluso más notoria, dando lugar a la mencionada internacionalización. La logística deja de ser un problema y desaparecen muchos pasos burocráticos y de papeleo, que sólo suponen trabas e impedimentos. En general, la comunicación gana mucho en frecuencia, además de en fluidez y calidad.

Por otro lado, se hace más fácil realizar cambios en la organización y la estructura del negocio. Además, se impulsa la subcontratación y el incremento del número de proveedores en los distintos procesos. También aumenta la rapidez en la incorporación de nuevo personal a la empresa, ya que el entorno de trabajo está más organizado.

Además, se origina una reutilización de componentes, diseños y procesos, que va inequívocamente acompañada de una reducción en costes. También decrece el riesgo de perder conocimiento cuando se marcha personal de la empresa.

Por último, un punto muy importante y una ventaja que aporta gran diferencia, es que la seguridad en el acceso y en la protección de los datos, aumenta inmensamente. Únicamente puede entrar en el sistema quien esté autorizado, y al estar todo registrado y poder llegar a un nivel de control muy extenso y automatizado, también quedan perfectamente acotadas las acciones que cada usuario puede realizar.

### **3) Beneficios para los usuarios**

Desde el punto de vista del usuario, los beneficios también son claros. En primer lugar y en el más evidente, encuentran cualquier cosa que necesiten en un mismo lugar, en la base de datos única, que es común a todos ellos. Pueden acceder a ella desde cualquier lugar, en cualquier momento, y por diversas vías. No hace falta siquiera usar un dispositivo corporativo, vale con que tengan instalado el sistema en cuestión.

La implementación del PLM cohesiona personas, datos y procesos. Un ente, un equipo, o una organización que trabaja unida es siempre una organización que trabaja mejor y de forma más eficiente.

El sistema PLM ofrece además más recursos y herramientas a los trabajadores. Aporta aplicaciones añadidas a los equipos, que vienen incluidas en el sistema, a las que antes éstos no tenían acceso y que les proporcionan nuevas soluciones frente a la variedad de complicaciones y tesituras que se presentan a lo largo de los procesos.

Además, se consigue reducir enormemente el número de tareas administrativas, que en esencia lo único que provocan es el impedimento de que los trabajadores inviertan su tiempo y esfuerzo en aplicar y desarrollar sus habilidades y conocimientos, que es lo que realmente aporta valor a la empresa. Se puede decir que las tareas administrativas son algo necesario para el correcto funcionamiento de una empresa, pero sólo entorpecen y restan en todo lo que no esté relacionado con la organización. Por lo tanto, siempre que se puedan reducir, será algo positivo para cualquier situación y negocio.

Por último, también es destacable que se reduce mucho, hasta casi mitigarla totalmente, la posibilidad de trabajar sobre datos que están siendo modificados simultáneamente por otros, hecho que puede llegar a causar daños considerables, sobre todo teniendo en cuenta la facilidad de que se produzca la acción y de que su efecto no sea descubierto hasta pasado un periodo perjudicial de tiempo.

#### **4) Beneficios para el producto**

Por último, si se analiza cómo sale beneficiado el producto en sí y cómo la implantación del sistema le afecta, se observa que son muchos los efectos que se causan sobre el mismo.

En primer lugar, la reutilización de componentes y diseños anteriores también es muy destacable cuando se analiza desde este el punto de vista del producto, ya que esto hará que la calidad del producto aumente. La razón se halla en que, al poder construir sobre lo que ya se ha hecho antes, se disminuyen los errores y se pueden explorar formas de fabricar que en las ocasiones anteriores no se pudieron explorar, o continuar diseñando para añadir componentes y detalles hasta ese momento inexistentes. Otra consecuencia de esta reutilización es que disminuyen los cementerios de piezas obsoletas. Además,

como ya se ha comentado con anterioridad, incrementa la innovación, y es éste precisamente uno de los motivos, al tener tiempo y espacio disponible para que los pensadores y diseñadores del proceso busquen nuevos métodos e ideas en lugar de estar trabajando desde cero. Además, la tendencia en el mercado actual es cada vez mayor a fabricar productos modulares, para conseguir un mantenimiento más barato y práctico al tener que cambiar sólo un módulo del producto en lugar de su totalidad en caso de necesitar repararse. Esta característica también se potencia a través de la reutilización de componentes, además de conseguir una mayor definición del producto.

A través del PLM se facilita la posibilidad de aumentar la complejidad del producto de forma controlada. Esto es, teniendo en cuenta que el hecho de añadir detalles y funcionalidades a la definición de producto suele conllevar aumentar la complejidad del proceso de producción en sí, cosa a evitar en todo momento. Por lo tanto, gracias al PLM se consigue un producto más complejo, completo y rico en sus características y aplicaciones, sin hacer que el proceso quede más enrevesado y aparezcan por ello más complicaciones y dificultades.

Por otro lado, la implantación del sistema facilita la extensión de la cartera de productos, estando íntimamente relacionado con la innovación, si se considera que la aparición de un nuevo modelo o versión de un producto es en realidad un tipo de innovación.

Además, mediante el uso de PLM se podrá gestionar las estructuras, versiones y configuraciones del producto. Se recuerda que con otros programas y sistemas informáticos de gestión dirigidas a hacer una función similar a la del PLM, no existe la posibilidad de gestionar la estructura como tal de un producto, sino datos y factores específicos e individuales. Así mismo, también cabe recordar el significado una estructura de un producto. Se trata de un conjunto de datos asociados a un producto gracias a los cuales quedarán totalmente definidos su lista de materiales y la hoja de ruta. Por lo tanto, si se conoce la estructura de un producto, se sabe cuáles son los componentes que lo forman y sus cantidades, las fechas de vigor y caducidad, y las operaciones o fases de producción por las que ha pasado y pasará el producto, detallando los tiempos de preparación y ejecución en cada una de las fases de fabricación. La estructura es, por

tanto, un conjunto de información muy valiosa y muy completa para saber cómo es un producto, sus funcionalidades, el flujo de trabajo que sigue de principio a fin, y el estado y el punto en el que se encuentra de su proceso de producción.

Gracias al PLM, se alcanza una mejor adaptación a los requisitos y los cambios que exija el cliente. Además, se reducen en gran medida los errores en las configuraciones y en las listas de materiales. Así mismo, se ha observado que también disminuye el impacto que los errores cometidos tienen en las etapas posteriores, una vez que las etapas de diseño se han cerrado y se ha lanzado la producción.

Uno de los beneficios obtenidos del PLM más trascendentes para el producto es la reducción de los tiempos de entrega, que además es bastante notoria. Este aspecto es totalmente primordial desde todos los puntos de vista. Para el cliente siempre va a ser prioritario y necesario que los tiempos se acorten todo lo posible, así que, en este sentido, no tener problemas por retrasos en la entrega es un punto clave para conservar y alimentar la satisfacción del cliente. Además, a nivel de mercado, la empresa que consigue desarrollar su producto antes que las demás, consigue una ventaja muy importante frente a sus competidores. En ocasiones, la rapidez se convierte en innovación. Por otro lado, si se logra ahorrar tiempo durante el proceso, los equipos tendrán tiempo para centrar su atención y esfuerzo en otros aspectos y podrán incluso anticiparse y evitar ciertos obstáculos que puedan aparecer.

Otro factor que puede llegar a pasarse por alto o a no recibir tanta relevancia, pero en realidad es también uno de los efectos más beneficiosos, es que un sistema PLM represente una herramienta para gestionar los datos del producto durante *todo* su ciclo de vida, y no sólo durante determinadas fases o procesos, como hacen otros programas.

## ALGUNOS DATOS SOBRE PLM

### Caso 1

Los siguientes son datos recogidos en un informe elaborado por la empresa *CIMdata*, que es una empresa de consultoría estratégica y de operaciones, especializada y centrada en la aplicación de soluciones PLM. También se dedica a la investigación en este sector. Se puede decir que esta empresa es experta en PLM, puesto que es íntegramente su campo de actividad. Estos datos analizan el efecto de la implementación de un sistema PLM en la empresa, y fueron publicados en el año 2003.

- Tiempo de lanzamiento: ↓ 10 – 50 %
- Tiempo para un cambio en ingeniería: ↓ 10 – 70 %
- Tiempo para revisar un diseño: ↓ 50 – 80 %
- Productividad: ↑ 10 – 20 %
- Coste del desarrollo de un producto: ↓ 25 – 40 %
- Número de nuevas referencias creadas: ↓ 5 – 15 %
- Tiempo para encontrar información: ↓ 75 – 90 %
- Errores de diseño: ↓ 10 – 25 %
- Tiempo para completar un diseño: ↓ 15 – 70 %
- Costes de viajes en diseño: ↓ 20 – 35 %

Como se puede observar, son cifras muy significativas. En general, se observa una importante reducción en los tiempos de los ciclos, en los costes, en los errores cometidos

y en las referencias creadas (esto se refiere a las entradas en la base de datos, lo cual significa que ese porcentaje que se ha conseguido reducir, correspondería a entradas duplicadas o al menos redundantes, de no estar implantado el PLM). Además, se alcanza una mejora considerable en productividad (en torno al 15 %, que es una cifra importante considerando que se trata de un factor con tanto peso y relevancia como la productividad global del proceso).

Teniendo en cuenta que esos números corresponden al 2003, hace ya más de una década, y siendo conscientes del acelerado ritmo de crecimiento de cualquier tecnología, que aumenta de forma exponencial cada año, se puede sopesar el enorme beneficio que la implementación de un sistema PLM puede reportar a una empresa.

## **Caso 2**

A continuación, se expone otra serie de datos. Éstos corresponden a un estudio realizado por la empresa *Aras Corporation*, en el año 2008.

- ‘Time to volume’<sup>1</sup>: ↓ 15 – 50 %
- ‘Time to market’<sup>2</sup>: ↓ 10 – 30 %
- Piezas desechadas y con necesidad de revisión: ↓ 10 – 30 %
- Costes de material: ↓ 1 – 2 %
- Eficiencia laboral: ↑ 5 – 10 %

---

<sup>1</sup> ‘Time to volume’: Se aproxima al concepto de “tiempo de lanzamiento”. Es el tiempo que pasa desde que empieza el proceso de producción hasta que el producto está generando beneficios provenientes de clientes establecidos, y se da paso a la producción a gran escala (de ahí que se hable de “volumen”).

<sup>2</sup> ‘Time to market’: Es el tiempo que tarda un producto desde que es concebido hasta que está a la venta en el mercado.

- Nivel de inventario: ↓ 5 – 10 %

Como se puede observar, el número de factores analizados en este estudio es mucho menor, y además los factores son diferentes a los del estudio realizado por *CIMdata*. Solamente coincide uno de ellos, el tiempo de lanzamiento (en este caso denominado ‘time to volume’), y efectivamente coincide también, respecto del primer estudio, la franja de porcentajes de disminución a la que se ve sometido dicho aspecto. Existe otro aspecto nuevo, referente a los ciclos de tiempo: el ‘time to market’ (la definición se halla en el pie de la página anterior). Estos dos aspectos están muy relacionados entre sí, ya que el ‘time to market’ es el tiempo desde que se concibe el producto hasta que sale al mercado, y el ‘time to volume’, el tiempo desde que se comienza la producción hasta que el producto está generando beneficios establecidos. Así que, el ‘time to market’ hace referencia a una fase más temprana del proceso de producción que el ‘time to volume’. Por otra parte, se ve cómo disminuye considerablemente también el número de piezas rechazadas, aspecto que está respaldado por el hecho, ya analizado y comentado con anterioridad en este texto, de que los modelos nuevos se basan sobre diseños antiguos, así que se trata del desarrollo de un proceso que ya ha sido pulido anteriormente, concluyendo así en piezas con mayor aceptación dentro de los requisitos establecidos, y por tanto con menor necesidad de cambios. Los costes del material disminuyen debido a la reutilización de componentes, aunque en este caso se observa que esa disminución no es pronunciada. La *eficiencia global* aumenta de forma destacable. Esto se puede equiparar al aumento de la *productividad* medida en el anterior estudio. Finalmente, es éste el resultado y el efecto más notable y más beneficioso de la implementación de un sistema PLM. Lo que se busca en todo momento es precisamente esto, una *optimización del proceso* en términos globales, no sólo centrandó la atención en una fase del proceso. Y es dicha optimización la que miden los indicadores como la eficiencia y la productividad.

### Caso 3

Por último, se va a mostrar otra muestra de datos, en este caso recogidos por un antiguo alumno de la universidad E.O.I. (Escuela de Organización Industrial), en el año 2013.

- Tiempo de los ciclos de cambio del producto:      ↓ 40 %    (en torno a esto)
- Realización de prototipos:                              ↓ 15 – 30 %
- Tiempo de salida al mercado:                         ↓ 40 %
- Productividad en el diseño de ingeniería:            ↑ 25 %
- Tiempo de desarrollo de una familia de productos:   ↓ 75 %    (de 18 meses  
iniciales a 4 meses)
- Tiempo de revisión de ingeniería:                    ↓ 83 %    (de 12 días iniciales a  
2 días)
- Ingresos:            ↑ 5 %            (estimación a raíz del resto de valores)

En este último estudio, se puede observar que las cifras son incluso más significativas, y por tanto más determinantes que en los dos primeros casos. Esto tiene una razón lógica detrás, si se piensa que, desde el momento del primer estudio presentado en el *caso 1* hasta éste, ha pasado una década y por tanto la tecnología PLM ha avanzado consecuentemente, lo suficiente como para verse reflejado en los conceptos valorados en estos estudios.

Para comenzar, se observa que el tiempo de salida al mercado, el ya conocido ‘time to market’, respeta la tendencia de crecimiento marcada por los dos primeros estudios, situándose un poco por encima de la franja estimada por el anterior estudio. Se

puede ver también, que para el resto de tiempos medidos sucede lo mismo (tiempo de revisión de ingeniería, de desarrollo de familia de productos, y de realización de prototipos). En este caso, también se habla de productividad, al igual que en el primer estudio. También aquí se aprecia cierta subida respecto del valor original. Por último, se introduce un nuevo término sobre el que aportar medidas, que en este caso es una estimación del valor a partir del resto de conceptos estudiados: los ingresos reportados por la empresa. En este caso se trata de un 5 %, cifra sobre la que se augura un aumento exponencial, aunque paulatino, en los años venideros.

Por otra parte, si analizamos los resultados a través de un enfoque más conceptual, se puede sacar la conclusión de que el tiempo que se ahorra al eliminar tareas no productivas y que no añaden ningún valor, puede tener un efecto enormemente determinante, y no sólo por la reducción directa en costes por la mano de obra que se deja de pagar, si no por el tiempo que se gana durante el cual los proyectistas pueden invertir toda su dedicación, ingenio y aptitudes en crear nuevas ideas, estrategias y métodos que aportarán beneficio a la empresa.

Si se toma la hipótesis de que se consiga un ahorro de 800 horas al año de trabajo de proyectistas, esto supondría, por ejemplo, un valor directo de 40.000 € de ahorro en mano de obra. Sin embargo, ésta no es la parte más importante. Si en ese tiempo, esos mismos proyectistas diseñaran una máquina que se facturara a 300.000 €, dando un beneficio de un 30 %, eso supondría un beneficio de 90.000 €. Con este pequeño y simple ejemplo, se ve con claridad el potencial tan grande que posee la eliminación de tareas improductivas y la consecuente ganancia en rendimiento.

En conclusión, se pueden **sintetizar los beneficios de la implantación de un PLM**, destacando los principales aspectos donde la mejora es mayor, y sobre todo más determinante. Para comenzar, la *accesibilidad a la información*, la *reutilización del conocimiento* y la *comunicación e interacción* entre todos los actores involucrados, aumentan de forma muy pronunciada. Con esto, crece la *calidad* y *control* sobre el producto, además de la *seguridad* de la información y los procesos. También se consigue una mejora muy importante en cuanto a la *innovación* en el producto y el mercado, junto con una gran *disminución en los tiempos* de todos los ciclos y fases del proceso (de diseño, de revisión de la ingeniería, el ‘*time to market*’ y ‘*time to volume*’). La combinación de todos estos factores, especialmente de estos dos últimos, da lugar a mayores *oportunidades de negocio* y a una mayor *internacionalización*. Todo esto lleva a que sea posible una *mejor adaptación del producto* a las necesidades y requisitos del *cliente*, y a que la empresa se vuelva más *flexible y adaptable frente a los cambios* que se produzcan en su entorno y su contexto.

Finalmente, la mejora de todos estos aspectos conduce a una reducción en los costes, y a un **crecimiento de la eficiencia y la productividad del proceso**. Lo que tiene como último resultado el aumento en los ingresos y los beneficios de la empresa, que es sin duda el objetivo de cualquier empresa de negocios.



## Capítulo 2. Proceso APQP

### 2.1 Introducción a APQP

Para comenzar, se debe aclarar el significado de las siglas APQP: ‘Advanced Product Quality Planning’. Con esto ya se sabe que es un concepto que hace referencia a la calidad del producto, y que se trata de una planificación. Su traducción literal, efectivamente, es la “Planificación Avanzada de la Calidad del Producto”.

En realidad, se trata de una metodología totalmente estructurada, orientada hacia el cumplimiento de los requisitos del cliente sobre el producto final, involucrando para ello en el proceso a proveedores y al cliente final. La estructura del proceso se basa en cinco grandes etapas (que se introducirán más adelante, y se estudiarán en detalle en los siguientes apartados). En cada una de ellas existen unas entradas y unas salidas, además de crearse un informe al final de cada etapa para presentar a la dirección, como forma de seguimiento, indicando que se van consiguiendo los hitos propuestos en el desarrollo del proceso. La consecución de cada etapa y cada hito se intenta programar de manera que coincida con la toma de decisiones clave, que tendrán un impacto sobre la calidad, el coste y las condiciones de entrega del proyecto. Las salidas se generan a partir de una combinación de las entradas, y en ocasiones directamente a partir de otras salidas. La clave reside en que se trata de **un ciclo sin fin de mejora continua**, donde se busca en todo momento mantener la calidad del producto fabricado por encima de unos mínimos, que corresponden a los requisitos especificados por el cliente y acordados antes de concretar el pedido y comenzar la producción. Al ser un ciclo, las salidas de una etapa, son las entradas de la siguiente, y cuando se llega a la última etapa se vuelve a comenzar (de ahí el término de mejora continua), asegurando así la calidad deseada en el proceso

de fabricación del producto, de manera regular y constante. Todo esto se basa en el ‘ciclo de Deming’, también conocido como ‘círculo PDCA’ (de sus siglas en inglés, ‘plan, do, check, act’). O lo que es lo mismo, “planear, hacer, verificar y actuar”. En la figura 13, en la siguiente página, se puede ver un esquema con algunos conceptos clave de este proceso, que es el que representa la base y la filosofía del APQP.

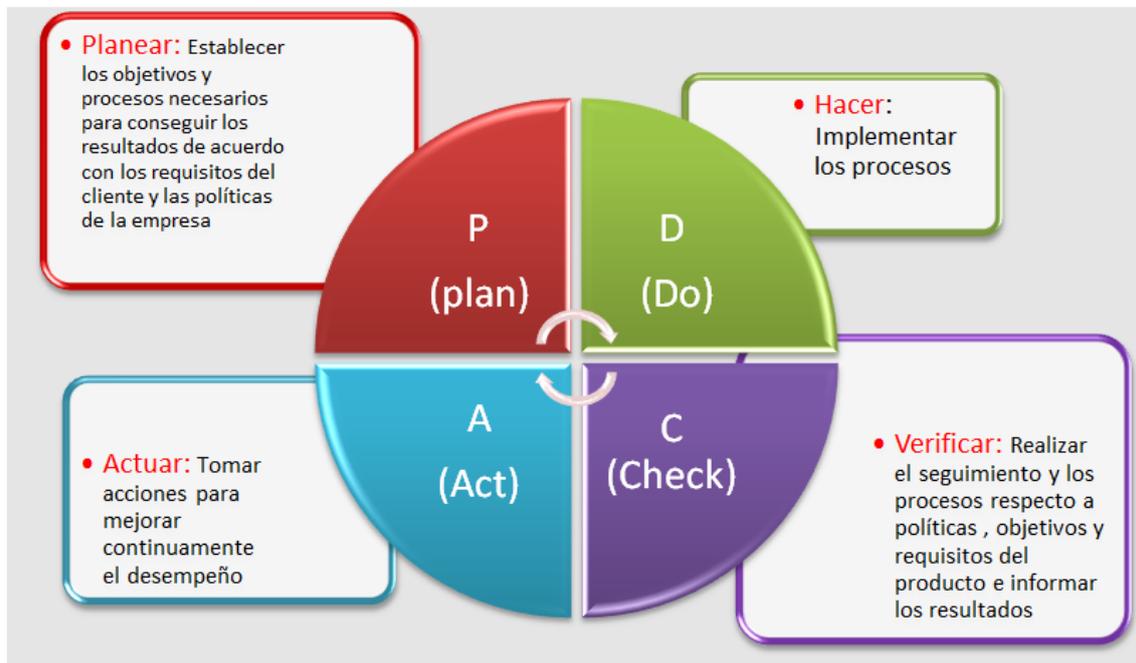


Figura 13. Círculo PDCA: ‘Plan. Do. Check. Act’

Es muy importante destacar que **todas las actividades que formen parte del proceso APQP deben tener lugar antes del comienzo de la producción** y la fabricación normal (se entiende por producción o fabricación normal, aquellas donde se produce el producto en sí y no el prototipo o la tirada piloto, aquel que se va a lanzar al mercado para su venta al cliente final y no como prueba intermedia).

Como se observa en los cuatro pasos del círculo PDCA, el proceso se rige por una estructura que se repite, donde las diferentes etapas están claramente diferenciadas entre ellas y por ello no debe haber ninguna duda respecto del momento de pasar de una a otra,

a través del cumplimiento de los hitos a lo largo de todo el proceso planteado. Si se aplican estas cuatro fases al proceso APQP, queda como sigue. En el primer paso ('Plan'), se planifica el proceso entero (se habla, siempre que no se concrete, del proceso APQP) y se define *qué se va a hacer y cómo hacerlo*, hasta llegar al punto de lanzamiento de la producción normal. En el segundo paso ('Do'), se *diseña y desarrolla el producto y el proceso*. En el tercer paso ('Check'), se produce la *validación del producto y del proceso* aplicados hasta ese momento, se comprueba si son válidos (si cumplen los requisitos del cliente – puesto que no hay que dejar de tener en mente en ningún momento que ésta es la máxima que hay detrás de todo y lo que gobierna y motiva cada una de las acciones y decisiones tomadas: la satisfacción del cliente). Por último, en el cuarto paso ('Act'), reside la parte más importante de todo el ciclo y sin lo que todo lo demás pierde sentido, la *retroalimentación de la evaluación realizada y la acción correctiva*, para así producirse la mencionada mejora continua, corrigiendo y modificando los detalles que se ha deducido a partir del tercer paso que fallaban o necesitaban un cambio.

Dentro de un proceso APQP, todos estos pasos siempre se repiten, son pasos estándar que tienen que estar obligatoriamente presentes si se va a aplicar el APQP. Como se ha dicho, es un **método muy estructurado y sistemático**, en el cual incluso las entradas y salidas de cada etapa son siempre las mismas (con alguna ligera variante de un caso a otro), particularizando la información y los datos a cada proceso y producto, por supuesto. En el caso del APQP, en lugar de cuatro pasos, como en el ciclo de Deming, el proceso se divide en cinco etapas. Esto se debe a que dentro de la fase de "hacer" (el segundo paso, en el ciclo que se ha visto hasta ahora), se distingue entre el diseño y desarrollo del producto, por un lado, y del proceso, por el otro. Dichas etapas se pueden ver en el diagrama de la siguiente página (figura 14). En él, se puede apreciar el carácter cíclico del proceso APQP, así como la asociación de los hitos con la consecución de las distintas etapas: la *conceptualización del producto* en el inicio del ciclo; la *aprobación del programa* una vez ha finalizado su definición y planificación; la *creación del prototipo* durante la segunda y tercera etapa; la *producción piloto o de prueba*, tras haber concluido la tercera etapa; el *lanzamiento de la producción normal*, solamente una vez hayan quedado validados tanto el producto como el proceso, lo cual se realiza en parte verificando el resultado de la producción piloto; y por último, el cierre del círculo,

volviendo al inicio del ciclo y a la conceptualización de un nuevo producto o de una versión modificada y revisada del mismo, tras haber puesto en práctica la conclusión y la esencia del proceso, la **mejora continua y la acción correctiva** (la quinta etapa), que en realidad se efectúa *a lo largo de todo el proceso*, tal y como se puede ver en el diagrama. Como se ha dicho antes, el proceso APQP en realidad termina una vez comienza la producción normal, puesto que por definición ésta no está incluida en él; todas las actividades consideradas como las pertenecientes al APQP finalizan por tanto antes del inicio de la producción. Por otro lado, en la figura aparece un término nuevo: PPAP. Ésta se refiere al proceso de aprobación de las partes de producción, una herramienta dentro del APQP, que será explicada en mayor detalle más adelante en esta sección.

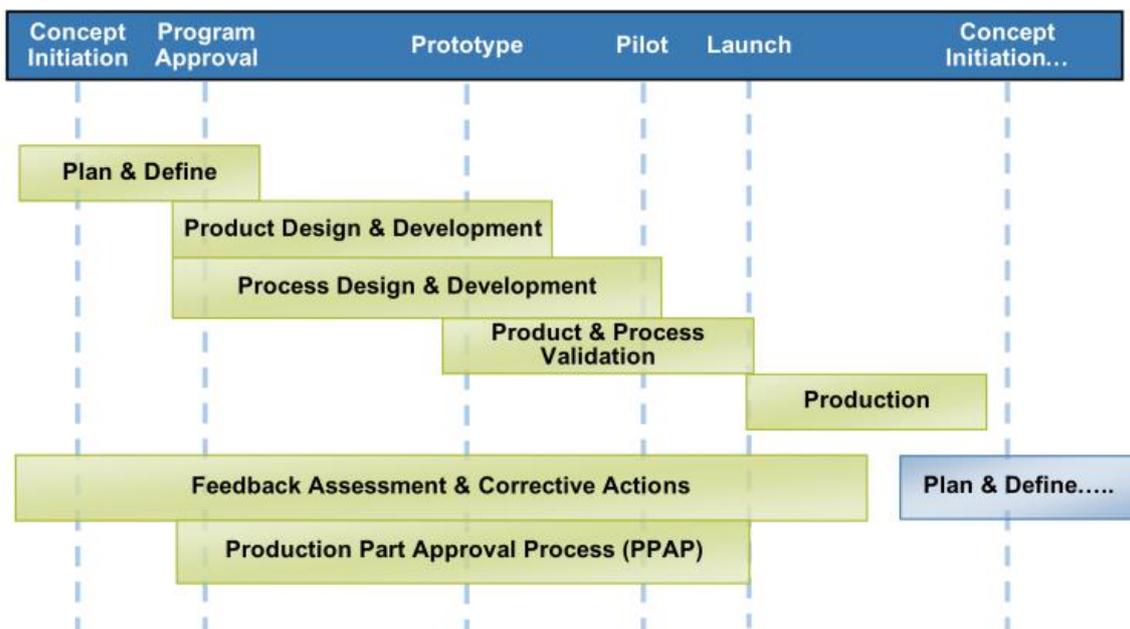


Figura 14. Programa de Planificación de la Calidad: Hitos y Timing

Históricamente, el APQP surgió en la década de 1980, cuando en la industria automovilística americana, las empresas conocidas como “The Big Three”, Ford,

Chrysler y General Motors (que en aquel momento eran los gigantes del sector y entre las tres se repartían la gran mayoría de la cuota del mercado), unieron sus fuerzas en busca de un objetivo común, y nominaron a una comisión de expertos para hacer frente a la amenaza que suponía la creciente expansión de la industria automovilística japonesa. Para ello, esta comisión debía analizar las razones de su éxito y su acelerado desarrollo, así como estudiar el estado de la capacidad productiva de la industria nipona. También en ese momento, concretamente en el año 1982, estas tres empresas crearon el AIAG ('Automotive Industry Action Group'), una asociación sin ánimo de lucro que se compone de un diverso grupo de profesionales y actores interesados de este sector, que incluye, por ejemplo, proveedores de todos los tamaños de piezas y material, fabricantes, proveedores de servicios, e incluso el mismo gobierno, además de las propias empresas automovilísticas por supuesto. Esta asociación vela por la existencia de un trabajo colaborativo entre todas las partes, buscando sinergias y los apoyos mutuos que son necesarios para que todas las partes salgan ganando y se conviertan en un bloque sólido y fuerte ante amenazas externas y circunstancias adversas del mercado. A través del cumplimiento de estándares globales y el desarrollo de un entorno favorecedor de negocio, su misión es establecer una cadena de suministro sin fisuras, eficiente y responsable. Promueve un marco abierto de comunicación entre todas las partes en el que los interesados y afectados pueden aportar su visión, para así llegar a conclusiones lo más enriquecidas y fundamentadas posibles, donde realmente se estén teniendo en cuenta los intereses comunes y se pueda intentar avanzar todos en la misma dirección. Además, los miembros se benefician del impacto que puede tener una acción de un grupo de estas dimensiones, al contrario que si ese miembro se encontrara por su cuenta y tomara acciones individuales. Actualmente, el AIAG ha crecido hasta incorporar como miembros incluso a empresas japonesas como Toyota, Honda y Nissan.

**En el contexto actual, las empresas proveedoras del sector de la automoción deben cumplir con los estándares definidos por el AIAG con relación al APQP.** Según la asociación, el objetivo del APQP es ser capaz de producir un plan de calidad que promueva la creación y el desarrollo de un producto final que satisfaga al cliente. Así de simple es su definición, a la par que eficaz. Efectivamente, va en la misma línea que lo planteado hasta ahora. El AIAG, además, fomenta el uso de una terminología común y

de maneras estándar de documentar el estado de un proyecto, de modo que mejore la comunicación y entendimiento entre partes.

Aunque el APQP surgió en el contexto del sector automovilístico, hoy en día se puede aplicar, y de hecho se aplica, a sectores de todo tipo, sea cual sea su naturaleza, su campo de actividad y la funcionalidad de su producto. **Este documento, sin embargo, se centrará en el caso del APQP dentro del marco del sector automovilístico.** Además, es una herramienta muy útil independientemente del tamaño del negocio, ya sea una pequeña, mediana, o una gran empresa. En realidad, esto tiene sentido, puesto que el deseo y la necesidad de mantener un nivel óptimo de calidad del producto nace en cualquier proceso de fabricación industrial. En algunos sentidos, el proceso APQP es similar y puede aproximarse a la técnica ‘Design For Six Sigma’ (DFSS), un método que también está destinado a controlar y proteger la calidad de un proceso. En este caso, sin embargo, el DFSS es una técnica que se basa en herramientas estadísticas y cuyo uso suele estar reservado para requisitos con un valor muy alto, ya que conlleva un esfuerzo altamente focalizado y especializado. Aún con todo esto, ambas metodologías representan medios para mejorar el rendimiento de un proceso, rigiéndose por la garantía de calidad en su producto.

Por otro lado, no hay que dejar de tener en mente en ningún momento, que parte de los medios que propone el APQP para alcanzar sus objetivos, es facilitar y mejorar la comunicación entre todos los agentes partícipes en la producción. Si compartir resultados entre proveedores y fabricantes de una forma estándar se establece como un hábito, se consigue apuntar hacia un diseño y proceso sin fallos, incrementar la productividad completando cada etapa a tiempo y trabajando de forma coordinada, y, de nuevo, mantener la calidad esperada por el cliente. Lo que se busca con esta comunicación es dirigir a todos los implicados en una misma dirección, para que trabajen conjuntamente y de la manera más eficiente posible, apoyándose mutuamente en el trabajo de otros para así ganar tiempo y conocimiento. El ‘feedback’ de los clientes y los proveedores para los fabricantes, operadores y diseñadores del proceso, es algo que debe ser esencial a la hora de tomar sus decisiones diarias, puesto que proporciona muchas ideas sobre lo que se debe corregir o cambiar de cara a perfeccionar cada uno de los detalles que componen la

cadena de producción. *El éxito de una buena planificación de calidad* (ya se trate de APQP o de cualquier otro proceso) depende en gran parte de un método efectivo que comunique todos los requisitos entre sí para coordinarse en su cumplimiento, asegurando así que se cumplan todos y no sólo parte de ellos.

Los siguientes son algunos de los conceptos más característicos y fundamentales del APQP (además de los ya mencionados):

- Siempre ha de darse una planificación anticipada previa al proceso (por eso se denomina “planificación *avanzada*”).
- Antes de dar cualquier paso y como piedra angular de esta metodología, se intentará *entender* las necesidades del cliente.
- Es muy importante conocer las *limitaciones de las capacidades* de cada proceso, y diseñar y fabricar según éstas.
- Se toman acciones con el objetivo de eliminar, o al menos reducir, futuros o potenciales fracasos.
- Se deben controlar las características especiales o críticas del producto, para tratarlas de forma proporcional y adecuada.
- A través de técnicas analíticas y herramientas, se descubren los riesgos y debilidades del proceso de fabricación.

A continuación, se exponen algunos ejemplos de aplicaciones del APQP, o de acciones tomadas basadas en decisiones que han derivado del uso de éste:

- Área de diseño de producto que comunica características especiales al área de diseño de proceso para que sean tenidas en cuenta, previo a la liberación de la etapa de diseño. De esta forma se vincula el DFMEA<sup>3</sup> (‘Design Failure Mode

---

<sup>3</sup> DFMEA: ‘Design Failure Mode and Effect Analysis’. Análisis de modo y efecto del fallo, en este caso en el Diseño (también puede ser del Proceso). Normalmente es el primer paso en un estudio de fiabilidad de un sistema. Se basa en analizar el máximo número de componentes, montajes y subsistemas, para así poder identificar los modos de fallo, sus causas y efectos.

and Effect Analysis’) con el PFMEA (‘Process Failure Mode and Effect Analysis’).

- CPPD (‘Collaborative Product Process Design’): a través de la aplicación de esta técnica, se puede preparar y disponer del equipo y las herramientas apropiadas para el proceso, basándose en las tolerancias de diseño suministradas por el cliente.
- DFA/M (‘Design For Assembly/Manufacturing’): a través del método del diseño orientado hacia el ensamblaje y la fabricación, se tienen en cuenta las propuestas del personal de ensamblaje para que durante la etapa del diseño se acomode éste de cara a facilitar el posterior montaje de la pieza y el producto.
- Metodología de los **Planes de Control**: un plan de control es un documento en el que se describen *las acciones requeridas en cada fase del proceso*, incluyendo la recepción de materiales, el almacenamiento y el envío, de tal forma que se asegura que todos los outputs del proceso estén controlados. Su propósito es proveer un resumen documentado del sistema empleado en un proceso para así minimizar la variación sobre el producto final; aunque sigue existiendo riesgo potencial de fallo, se minimiza. Los planes de control se desarrollan a través de la aplicación de ingeniería de procesos<sup>4</sup> y de fabricación<sup>5</sup>, y a través de ellos se pretende controlar las características del producto o los parámetros del proceso. Es una de las herramientas más importantes y potentes de cara al éxito completo del proceso APQP.
- SPC (‘Statistical Process Control/Capability’): control estadístico de procesos, que tiene como objetivo hacer predecible un proceso en el tiempo y poder

---

<sup>4</sup> Ingeniería de Procesos: el estudio del diseño, simulación, optimización, innovación, logística y gestión de procesos (en este caso productivos), a partir del cual se genera toda la información indispensable de la ingeniería básica, se definen los requerimientos de las materias primas y se evalúan las condiciones del medio que afectan al proceso.

<sup>5</sup> Ingeniería de Fabricación: conjunto de conocimientos referentes a procesos de conformación de los materiales; a las máquinas, útiles, instrumentos y sistemas de fabricación utilizados; y a los controles y verificaciones necesarias para asegurar piezas y productos acordes con las normas y especificaciones establecidas, bajo criterios económicos y de rentabilidad.

determinar las causas de variación y su naturaleza. A través de estudios de estabilidad y capacidad del proceso, se persigue conocer la variación del presente y la predicción del futuro rendimiento del sistema.

- *Ingeniería Simultánea*: en lugar de la fabricación en serie, donde cada fase transmite su resultado a la siguiente, existen grupos multifuncionales que hacen simultáneamente su máximo esfuerzo por una meta común, buscando crear sinergias para maximizar el beneficio obtenido de esta cooperación. El objetivo es producir productos de calidad en el menor tiempo posible, aumentando así la productividad de manera significativa.

Volviendo a los **planes de control**, suele haber un plan distinto para cada una de estas fases:

- 1) Prototipo: Descripción de mediciones dimensionales, pruebas que se deben realizar a los materiales y pruebas de ejecución, que tendrán lugar durante la construcción del prototipo.
- 2) Preproducción: Ídem a la fase anterior, pero durante el periodo posterior al prototipo y anterior al comienzo de la producción.
- 3) Producción: Documentación detallada de las características del producto y el proceso, de los controles que se seguirán en el proceso, y de las pruebas y sistemas de medición que se aplicarán durante la producción a gran escala.

Como ya se ha comentado, se verán en profundo detalle en los apartados siguientes de este texto, pero éstos son algunos de los puntos que se estudian y se comprueban durante el proceso APQP, antes de lanzar la producción: robustez del producto, pruebas de diseño, cumplimiento de las especificaciones técnicas, diseño del proceso de producción, estándares de inspecciones de calidad, capacidad del proceso, capacidad de producción, embalaje del producto, pruebas del producto y plan de formación del operador.

## **BENEFICIOS ESPERADOS**

- *Explotar los recursos* disponibles de una manera más óptima, de cara siempre a la satisfacción del cliente.
- Detectar en *etapas tempranas* del proceso los *cambios* que se requieren hacer, evitando así cambios en etapas posteriores, los cuales son mucho más costosos.
- Proporcionar un producto de calidad *en el tiempo requerido* y de forma eficiente – el mejor producto al menor coste y empleando los mínimos recursos posibles.
- Establecer un *grupo organizado de negocio*, dentro del cual quedan claramente asignadas las *responsabilidades*, alcance y tareas que corresponden a cada parte del grupo multifuncional que conformarán la ingeniería, fabricación, control de materiales, compras, ventas, provisión de servicios, proveedores y clientes (todos ellos buscarán entre sí las sinergias mencionadas anteriormente).

## **DEFINICIÓN DEL ALCANCE**

Estos son los pasos o puntos a tener en cuenta antes de empezar el proceso y para poder tener un conocimiento bien fundamentado de su alcance real:

- 1) Identificar las *necesidades, expectativas y requisitos del cliente*. Esto siempre debe ser lo primero.
- 2) Nombrar la persona responsable de *supervisar* el proceso de planificación. Éste puede rotar durante este ciclo.
- 3) Definir funciones y responsabilidades de cada área.
- 4) Identificar clientes – internos y externos. Aunque parezca trivial, en ocasiones no lo es tanto, y es crucial para que todo adquiera sentido y se pueda desarrollar el resto del proceso con normalidad y eficacia.
- 5) Definir requisitos del cliente y, si aplica, emplear *QFD* ('Quality Function Deployment') – método que transforma las necesidades del cliente en

características de ingeniería del producto, e implementa las funciones que aportan más calidad al producto. La *casa de calidad* es una de las herramientas del QFD (ver figura 15, en la siguiente página).

- 6) Seleccionar disciplinas, individuos y proveedores que deban incluirse en el proceso APQP, y cuáles no.
- 7) *Entender* las expectativas del cliente (como se ha dicho antes, esto es básico) – diseño, número de pruebas a realizar y cuáles son, especificaciones de ingeniería, etc.
- 8) Evaluar la **factibilidad del diseño propuesto y de los requisitos del proceso** de fabricación – ¿realmente es factible, viable, con los recursos de los que se disponen y la capacidad de producción de la empresa y sus fábricas, producir ese producto siguiendo ese diseño y cumpliendo con esos requisitos? Ésta es una de las cuestiones más importantes que deben aclararse antes de comenzar.
- 9) Identificar *costes, tiempos y restricciones* a tener en cuenta durante todo el proceso.
- 10) Determinar si el cliente requiere *asistencia posventa*.
- 11) Identificar la documentación necesaria para todo el proceso o método.

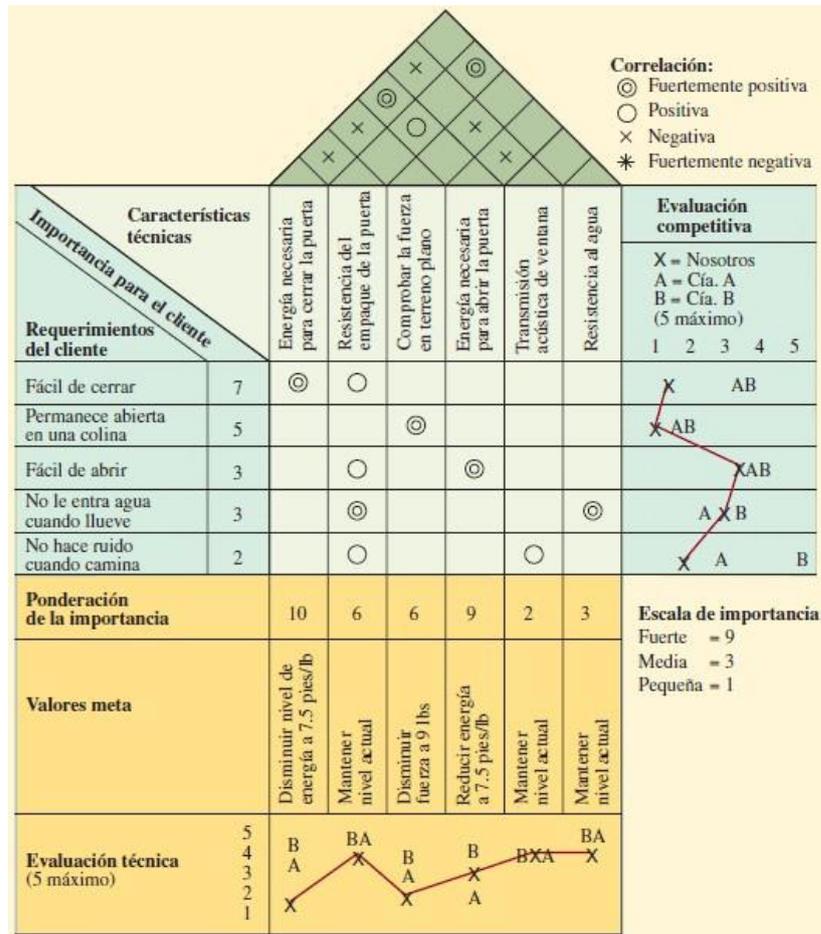


Figura 15. Ejemplo de Casa de Calidad

## MATRIZ DE PREOCUPACIONES Y SOLUCIONES

Todas las preocupaciones y obstáculos que vayan surgiendo a lo largo del camino durante el proceso de planificación, son documentados en una matriz, en la cual se asignarán responsabilidades a los encargados de solucionar cada problema, además de los tiempos de ejecución que deberán respetarse.

Cuanto más disciplinado es el método seguido para la solución de estos problemas, mayor suele ser el éxito de las acciones.

## CALENDARIZACIÓN DEL PLAN

Una cosa muy positiva y muy necesaria es la *creación de listas* que recojan: tareas a realizar y sus asignaciones a personas y grupos, eventos relevantes y fechas iniciales y finales de cada ejecución. Se necesita el consenso de todos los miembros sobre los eventos, las acciones y las fechas.

A través del seguimiento de estas listas, se consigue una *monitorización sólida* del proceso de producción y, además, es más fácil fijar los momentos en los que realizar las juntas para la evaluación del progreso y del cumplimiento de hitos.

El proceso APQP culmina con la presentación de una serie de muestras como prueba de la consecución del nivel de calidad exigido. En el mundo de la cadena de suministro automovilística, estas muestras se consiguen mediante la aplicación de otro proceso, el **PPAP** (**'Production Part Approval Process'**). Éste está diseñado para que un proveedor o fabricante de componentes pueda certificar que ha desarrollado su proceso de diseño y producción cumpliendo con ciertos requisitos y estándares, minimizando el riesgo de fracaso a través del uso efectivo del APQP. Dichos requisitos de calidad están establecidos en este caso por el AIAG. Durante el proceso PPAP, se toman medidas de las piezas producidas para comprobar su validez. Todo esto debe estar debidamente documentado, recogiendo los resultados en el formato oficial de PPAP, públicamente visible y accesible para que cualquier cliente o empresa pueda verificar que se cumple con dichos estándares de calidad. Por tanto, se puede decir que el PPAP es el resultado del APQP, no pueden concebirse por separado. Un resultado pobre en el PPAP o una muestra rechazada, equivale a un rendimiento deficiente en el APQP.

El AIAG tiene publicado un **manual del APQP**, donde se recogen los conceptos y actividades ligados a esta metodología, y se detallan las entradas y salidas de cada una de las etapas del proceso. El documento contiene a su vez otros manuales de métodos y procesos que están ligados o que se desarrollan y aplican dentro del proceso APQP, como

lo son los siguientes: FMEA - ‘Failure Mode and Effect Analysis’ (AMEF - Análisis del Modo y Efecto de los Fallos), SPC - ‘Statistical Process Control’ (control estadístico de procesos), MSA - ‘Measurement System Analysis’ (análisis del sistema de medición), y, por último, el proceso ya mencionado PPAP – ‘Production Part Approval Process’ (proceso de aprobación de piezas de producción).

En los siguientes apartados de este documento, se estudiará en detalle cada una de las etapas del proceso APQP, analizando cada entrada y cada salida en cada una de las cinco fases del ciclo.

## 2.2 Etapa 1: Planificación y Definición del Programa

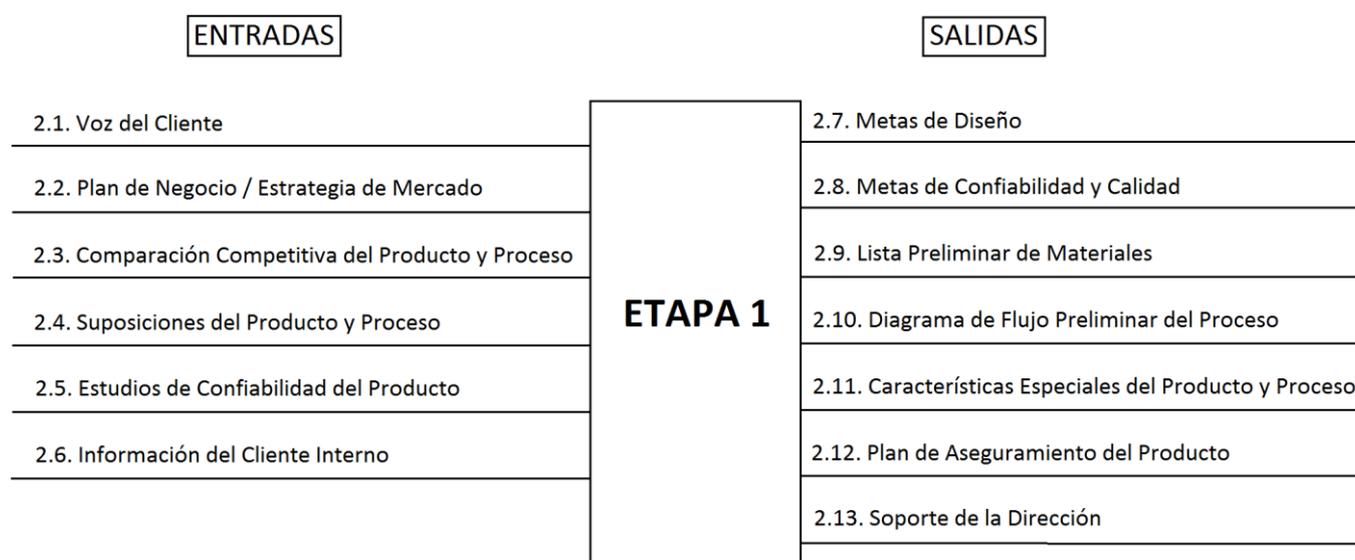


Figura 16. Etapa 1

En esta primera etapa, se produce la traducción de las necesidades y expectativas del cliente en **especificaciones y objetivos de calidad** del producto.

Además, se asegura que las necesidades y expectativas del cliente están bien definidas y que quedan totalmente claras y comprendidas.

## **ENTRADAS**

### **2.1 Voz del Cliente**

Se ve reflejada en forma de reclamaciones, recomendaciones y, en definitiva, *datos e información provenientes de clientes*, tanto internos como externos. Cuando se habla de clientes internos, se hace referencia a aquel miembro de una organización que recibe el resultado de un proceso anterior, llevado a cabo en la misma organización. De esta forma se puede entender cualquier organización como una red interna de clientes y proveedores.

#### **2.1.1 Investigación de Mercado**

- Entrevistas con clientes.
- Cuestionarios y encuestas a clientes.
- Pruebas de mercado e informes de posicionamiento.
- Estudios de control de calidad y fiabilidad a nuevos productos.
- Estudios competitivos de calidad del producto.
- Informes de cosas que van bien (TGR: 'Things Going Right').

#### **2.1.2 Información Histórica de Calidad y Garantía**

- Informes de cosas que van mal (TGW: 'Things Going Wrong').
- Informes de garantía.
- Informes internos de calidad en planta.
- Informes de soluciones de problemas.
- Reclamaciones y rechazos por parte del cliente de piezas y productos que son devueltos a planta.
- Análisis de productos retornados.

#### **2.1.3 Experiencia del Grupo**

- Proyectos pasados de QFD.
- Análisis y comentarios de medios (revistas, periódicos, etc).
- Cartas y sugerencias de clientes.
- Informes TGR y TGW.
- Comentarios a distribuidores y transportistas.

- Informes de servicios prestados.
- Comentarios de administración y dirección.
- Asuntos y problemas reportados por clientes internos.
- Requisitos y regulaciones gubernamentales.

## 2.2 Plan de Negocio / Estrategia de Mercado

El plan de negocio tiene limitaciones en:

- Tiempo.
- Coste.
- Inversión.
- Posicionamiento del producto.
- Recursos para investigación y desarrollo.

Los puntos que se necesita tener en cuenta para desarrollar una *estrategia de mercado* son: el consumidor objetivo, los competidores más fuertes, y los puntos clave de venta.

## 2.3 Comparación Competitiva del Producto y Proceso

Se ha de identificar cuál es el mejor competidor que existe en el área a la cual pertenece el producto, y entender la razón que hace que sea mejor y las diferencias que existen con respecto al producto que se pretende producir.

A partir de ahí, se desarrollará un plan para eliminar, igualar, o superar esas diferencias.

## 2.4 Suposiciones sobre el Producto y Proceso

Se parte de un producto con una base en apariencia y estética, diseño y proceso de producción. Partiendo de esa base, se construye, empleando innovaciones técnicas, materiales avanzados, evaluaciones de confiabilidad y nuevas tecnologías.

## 2.5 Estudios de Confiabilidad del Producto

Para realizarlos, se tiene en cuenta la frecuencia de reparación o de reemplazo de componentes dentro de periodos determinados de tiempo, así como los resultados de pruebas de fiabilidad y durabilidad a largo plazo.

## 2.6 Información del Cliente Interno

Requisitos específicos del usuario (mutuamente acordados) que proporcionan indicadores sobre la satisfacción de los clientes.

## SALIDAS

### 2.7 Metas de Diseño

La voz del cliente se materializa en objetivos medibles del diseño. De esta forma, se garantiza que la voz del cliente no se pierda en las fases posteriores.

### 2.8 Metas de Calidad y Confiabilidad

Se establecen en función de las expectativas del cliente y los ‘benchmarks’<sup>6</sup> (referencias en cuanto a calidad que quedan recogidas en las especificaciones técnicas del producto).

Se tienen en cuenta la *probabilidad de supervivencia en el mercado* (si tiene suficiente calidad), los límites de confianza y el MTBF (‘Mean Time Between Failures’) y MTTF (‘Mean Time To Failure’), que son valores estadísticos que indican la zona dónde un valor se hallará con mayor probabilidad y el tiempo medio que transcurre entre

---

<sup>6</sup> El ‘benchmarking’ es una técnica o herramienta de gestión que consiste en tomar como referencia los mejores aspectos o prácticas de otras empresas, ya sean competidoras directas o pertenecientes a otro sector – en algunos casos, de otras áreas dentro de la misma empresa incluso – y adaptarlos a la propia empresa, agregándoles algunas mejoras.

el suceso de dos fallos o hasta que se da el primero de ellos. Todos estos términos están enmarcados en la ingeniería de fiabilidad de los sistemas o productos, que es una ciencia que hace énfasis en la importancia de la gestión del ciclo de vida del producto. Se dice que la fiabilidad de un producto es la probabilidad de que ese producto funcione o desarrolle una cierta función bajo condiciones fijadas y durante un tiempo determinado.

También se vigila el número de defectos, persiguiendo una reducción de las piezas que son desechadas. Aquí se maneja el valor PPM, o piezas por millón. Su ecuación sería  $\frac{\text{incumplimientos totales}}{\text{piezas proporcionadas}} \times 1M = \text{PPM de calidad}$ . Es una forma de medir las piezas defectuosas en proporción al resto.

## 2.9 Lista Preliminar de Materiales

Todos los materiales que se van a emplear, junto con la lista preliminar también de proveedores. También se acompañan de las características especiales del producto y del proceso, también de carácter preliminar, que a las que se les tendrá que prestar una atención distinta a las demás características.

## 2.10 Diagrama de Flujo Preliminar del Proceso

La idea es anticipar cómo será el proceso de fabricación, *basándose* en las *suposiciones sobre el producto y el proceso* y en la *lista preliminar de materiales*.

## 2.11 Listado Preliminar de Características Especiales del Producto y Proceso

Representa esencialmente el resultado de las entradas relacionadas con las *expectativas y necesidades del cliente*.

Su elaboración se basa en suposiciones del producto, en la identificación de los requisitos y de las metas de fiabilidad, y en procesos de fabricación anticipados, realizándose AMEF (análisis del modo y efecto del fallo) de partes similares.

## 2.12 Plan de Aseguramiento del Producto

Ésta es una parte importante del plan de calidad. Incluye un sumario de los requisitos del programa. Conlleva los siguientes puntos:

- Identificación de los requisitos de *confiabilidad*.
- Evaluación de nuevas tecnologías, complejidad, materiales, aplicabilidad, medio ambiente, embalaje, servicio, requisitos de fabricación, etc.
- Desarrollo del método *AMEF*.
- Desarrollo de requisitos de estándares de ingeniería preliminares.

## 2.13 Soporte de la Dirección

El apoyo y la cooperación por parte de la dirección del proyecto o de la empresa es *vital* para sacar adelante todo el proceso, así que se debe cumplir con todas las exigencias relacionadas de forma especialmente estricta.

Es necesario *actualizar* la información, demostrando que en cada avance y paso que se va dando en el proceso se están cumpliendo todos los requisitos. En este caso se transmitirá a dirección esta confirmación de cumplimiento, como mínimo una vez al final de cada fase, antes de empezar la siguiente.

Se debe también documentar preocupaciones surgidas y proponer fechas para abordarlas. La dirección debería tomar parte en todas las juntas de la planificación de calidad del producto. De esta forma aumentaría su involucramiento en el proyecto, además de estar mucho mejor informada y al día con el estado y progreso del proceso.

## 2.3 Etapa 2: Diseño y Desarrollo del Producto

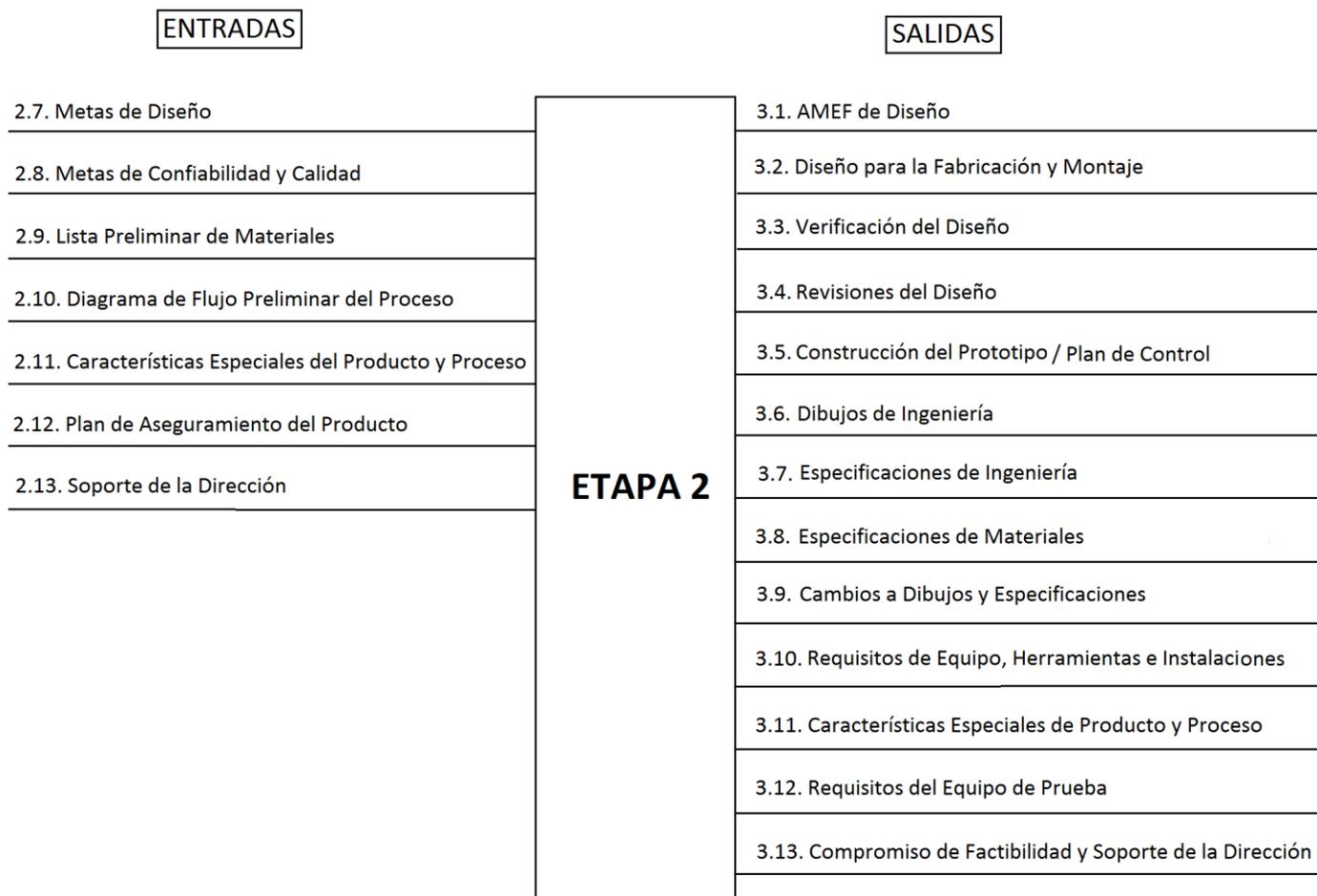


Figura 17. Etapa 2

Durante esta segunda etapa, se produce una revisión crítica de los requisitos de diseño y de la información técnica del **producto**. Tiene lugar el desarrollo y verificación del diseño, evaluando los problemas potenciales de éste en relación a la posterior fabricación y su factibilidad.

También se definen los controles especiales del producto y del proceso.

Como se indicó anteriormente, al ser un proceso cíclico el APQP, las entradas de una etapa son las salidas de la anterior. Así que, a partir de ahora sólo hará falta estudiar las salidas de las etapas restantes.

## **SALIDAS**

### **3.1 AMEF de Diseño (AMEFD)**

Es una técnica analítica y disciplinada que *estudia la probabilidad de que haya un fallo* o error, y los efectos que éste tendría en el sistema.

Se trata de un documento “vivo”, puesto que se tiene que ir actualizando constantemente según van cambiando las expectativas y necesidades del cliente. Proporciona una oportunidad para reevaluar las características del producto inicialmente seleccionadas, añadiendo, suprimiendo y sustituyendo las necesarias.

### **3.2 Diseño para el Montaje y la Fabricación**

En inglés, DFA/M (‘Design for Assembly/Manufacturing’). Es un proceso de ingeniería simultánea pensado para *facilitar y optimizar la relación entre el diseño, la fabricación y el montaje* o ensamblaje de las piezas una vez fabricadas.

Se consideran cosas como:

- Diseño, concepto, función y sensibilidad ante cambios en la fabricación.
- Proceso de fabricación y de montaje.
- Tolerancias dimensionales.
- Requisitos de ejecución.
- Número de componentes.
- Manejo de materiales.

### **3.3 Verificación del Diseño**

Comprobar que el diseño del producto cumple con los requisitos del cliente derivados de la etapa primera (planificación y definición del programa).

### 3.4 Revisiones del Diseño

Método con el objetivo de *prevenir problemas* y malos entendidos entre las partes.

Deben tenerse en cuenta al revisar el diseño, como mínimo:

- Requisitos funcionales y de diseño.
- Metas y niveles de confianza.
- Ciclo de trabajo de componentes, sistemas y subsistemas.
- Simulaciones por ordenador.
- AMEFD.
- Pruebas de fallos.
- Revisiones del esfuerzo en diseño por fabricación y montaje.
- Resultados de variación en el ensamblaje diseñado.
- Avances en la verificación del diseño (DVP&R<sup>7</sup>).

### 3.5 Construcción del Prototipo / Plan de Control del Prototipo

Se debe asegurar la existencia de un plan de control para el prototipo. Los prototipos deben revisarse para:

- Garantizar que el producto cumple las especificaciones, reportando datos.
- Asegurar que se ha prestado la atención necesaria a las características especiales del producto y proceso.
- Transformar datos y experiencia en parámetros preliminares del proceso y requisitos de embalaje.
- Comunicar al cliente cualquier preocupación, desviación o impacto en los costes.

---

<sup>7</sup> DVP&R: Design Verification Plan & Report, ficha con todos los tests de rendimiento realizados sobre una pieza, el momento del test, las especificaciones, los resultados, y si superó o no el test. Debe ser aprobado por el cliente y por el proveedor/es de la ingeniería.

### **3.6 Dibujos de Ingeniería (incluida la Memoria de los Cálculos)**

Pueden incluir características especiales mostradas en el panel de control, como regulaciones gubernamentales o de seguridad. Se realizan revisiones de los dibujos para determinar cómo afectan las características del producto a su uso, función, durabilidad y requisitos de seguridad, regulados por el gobierno.

Debe haber suficiente información para determinar el 'layout' dimensional. Las dimensiones deben garantizar la factibilidad y compatibilidad con estándares de fabricación y mediciones de la industria.

### **3.7 Especificaciones de Ingeniería**

Deben identificarse los requisitos de funcionalidad, durabilidad, apariencia y ensamblaje de los componentes.

También se fijará cómo serán las pruebas de comprobación durante el proceso, la frecuencia con la que se realizarán, tamaño de las muestras y el criterio de aceptación que se seguirá.

### **3.8 Especificaciones de Materiales**

Revisión de requisitos relacionados con las características o especiales sobre propiedades físicas, ejecución, ambientales, manejo y almacenamiento, que afecten a los materiales.

Deben incluirse en el plan de control.

### **3.9 Cambios a Dibujos y Especificaciones**

Siempre que se dé un cambio, debe *comunicarse* rápidamente a todas las áreas afectadas, además de que se realice la correspondiente y adecuada documentación de dicho cambio.

### **3.10 Requisitos para Nuevos Equipos, Herramientas e Instalaciones**

Pueden deducirse a partir del AMEFD, del plan de aseguramiento del producto y de las revisiones de diseño.

El equipo y las herramientas deben tener la capacidad necesaria para que los requisitos queden cubiertos y para que se puedan entregar de manera oportuna. Además, es necesario hacer un buen seguimiento de las instalaciones para estén listas y disponibles para la producción piloto.

### **3.11 Características Especiales del Producto y del Proceso**

El equipo debe llegar a un *consenso* sobre cuáles son las características críticas de entre las que se han identificado durante la fase inicial de la voz del cliente.

Deben aparecer en el *plan de control*, con el símbolo correspondiente a cada cliente.

### **3.12 Requisitos de Instrumentos de Prueba**

Identificación e inclusión en el programa de los requisitos que presentan los equipos destinados a realizar las distintas pruebas y tests durante el proceso. Además, debe darse un seguimiento para garantizar que se respetan los tiempos.

### **3.13 Compromiso de Factibilidad del Grupo y Soporte de la Dirección**

Se evalúa la factibilidad real del diseño. *El equipo debe estar convencido* de que el producto diseñado podrá ser fabricado, ensamblado, probado, embalado y entregado en el tiempo programado y en unas cantidades suficientes para poder asumir los costes.

## 2.4 Etapa 3: Diseño y Desarrollo del Proceso

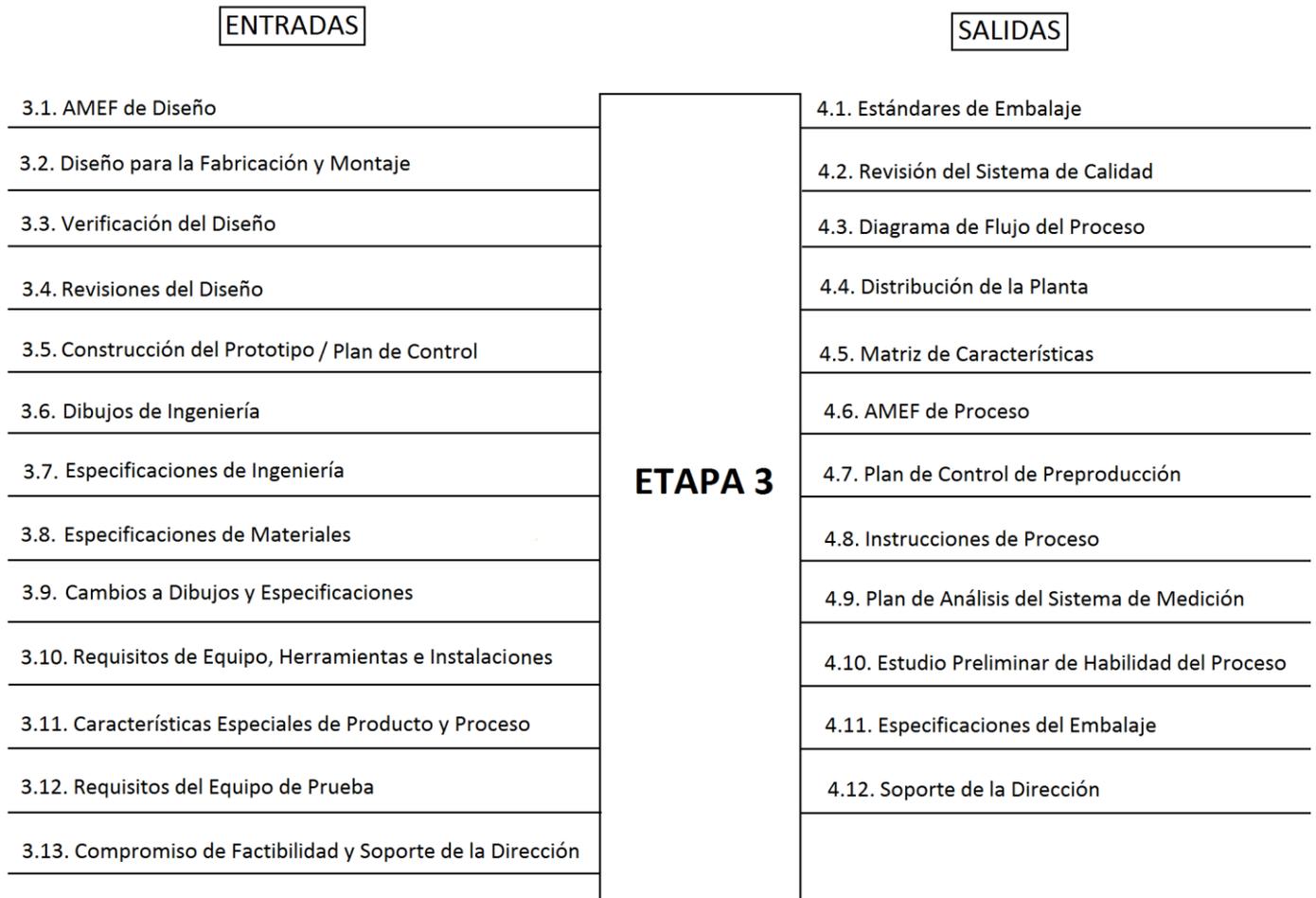


Figura 18. Etapa 3

Durante la tercera etapa, se asegura que el **proceso** será efectivo de cara a cumplir con las necesidades y expectativas del cliente.

## **SALIDAS**

### **4.1 Estándares de Embalaje**

Pueden aplicarse los estándares actuales, o, por el contrario, modificarlos para garantizar la integridad del producto desde su liberación hasta el punto de uso.

### **4.2 Revisión del Sistema de Calidad del Producto y del Proceso**

Revisión del manual del sistema de calidad y actualización según las necesidades del nuevo producto y nuevo proceso.

### **4.3 Diagrama de Flujo del Proceso**

Se trata de la *representación esquemática* del flujo del proceso actual o propuesto. En él se destaca el *impacto* que tiene sobre el proceso cada una de las *fuentes de variación* existentes, de principio a fin: máquinas, mano de obra, materiales y métodos.

Constituye una ayuda para la elaboración del AMEF de proceso (AMEFP) y del plan de control.

### **4.4 Distribución de la Planta**

Se estudia la aceptabilidad y viabilidad de la *ubicación* de: los puntos de inspección, las cartas de control<sup>8</sup>, las estaciones de reparación y las áreas destinadas a los materiales defectuosos.

---

<sup>8</sup> Carta de control: es el arma más poderosa para analizar la variación de la mayoría de procesos. Existen dos tipos de causas de variación: comunes o aleatorias (variación natural del proceso), y especiales o atribuibles (mal ajuste de la máquina, errores del operador o defectos en materias primas). Si un proceso sólo tiene variación por causas comunes se dice que está bajo control estadístico y que el proceso es estable y predecible, que es lo deseable en todo momento.

#### 4.5 Matriz de Características

Muestra las relaciones que existen entre los parámetros del proceso y las estaciones de fabricación.

#### 4.6 AMEF de Proceso (AMEFP)

Es importante recordar que la elaboración de este documento debe ser siempre previa al inicio de la producción.

Se trata de un análisis disciplinado de los procesos nuevos o de una revisión de los actuales, para *anticipar, resolver o monitorizar problemas*, reales o potenciales, que se están dando en el proceso o se pueden llegar a dar en un futuro.

Al igual que ocurre con su homólogo en diseño, el AMEFD, el AMEFP también es un documento “vivo” que ha de actualizarse continuamente, a medida que se vayan descubriendo nuevos modos de fallo.

#### 4.7 Plan de Control de Preproducción

Descripción de las *mediciones dimensionales, pruebas de materiales y funcionales* que se hacen después de los prototipos y antes de la producción normal. Va incorporando nuevos controles al producto y al proceso hasta el momento en el que el proceso de producción es validado.

Previamente a, o durante las tiradas iniciales de producción, se pretende incorporar:

- Una inspección más frecuente y con más puntos de comprobación.
- Evaluaciones estadísticas.
- Mayor número de auditorías.

#### **4.8 Instrucciones de Proceso**

Incluyen detalles suficientes para poder ejecutar íntegramente la operación del proceso basándose en estas instrucciones, y son accesibles a todos los operadores. Incluye parámetros de ajuste, como pueden ser la velocidad de la máquina o los tiempos de ciclo.

Para su elaboración, se parte de:

- AMEF (de diseño y proceso).
- Planes de control.
- Dibujos de ingeniería, especificaciones de ejecución y de materiales, estándares visuales e industriales.
- Diagrama de flujo de trabajo.
- Distribución de la planta.
- Matriz de características.
- Estándares de embalaje.
- Parámetros de proceso.
- Experiencia y conocimiento de los procesos y los productos.
- Requisitos de manejo de materiales.

#### **4.9 Plan de Análisis del Sistema de Medición**

Plan para asegurar que el sistema de medición cumpla con los requisitos acerca de:

- Linealidad.
- Exactitud.
- Repetibilidad.
- Reproducibilidad.
- Correlación entre dispositivos duplicados.

#### **4.10 Estudio Preliminar de Habilidad del Proceso**

Plan para evaluar las características identificadas en el plan de control.

#### **4.11 Especificaciones de Embalaje**

El diseño del embalaje debe asegurar que el rendimiento y características del producto no se ven afectados durante el embalaje, tránsito y desembalaje ya en el destino, y que dicho diseño sea compatible con todos los equipos de manejo de materiales (incluidos los robots).

Aplicación de los estándares de embalaje (otra salida de esta misma etapa, ver apartado 4.1) y de los requisitos genéricos de los clientes en cuanto a embalaje.

#### **4.12 Soporte de la Dirección**

Se deben programar revisiones formales para informar también durante esta fase a la dirección, logrando así su participación en la resolución de tareas no concluidas o pendientes.

## 2.5 Etapa 4: Validación del Producto y del Proceso

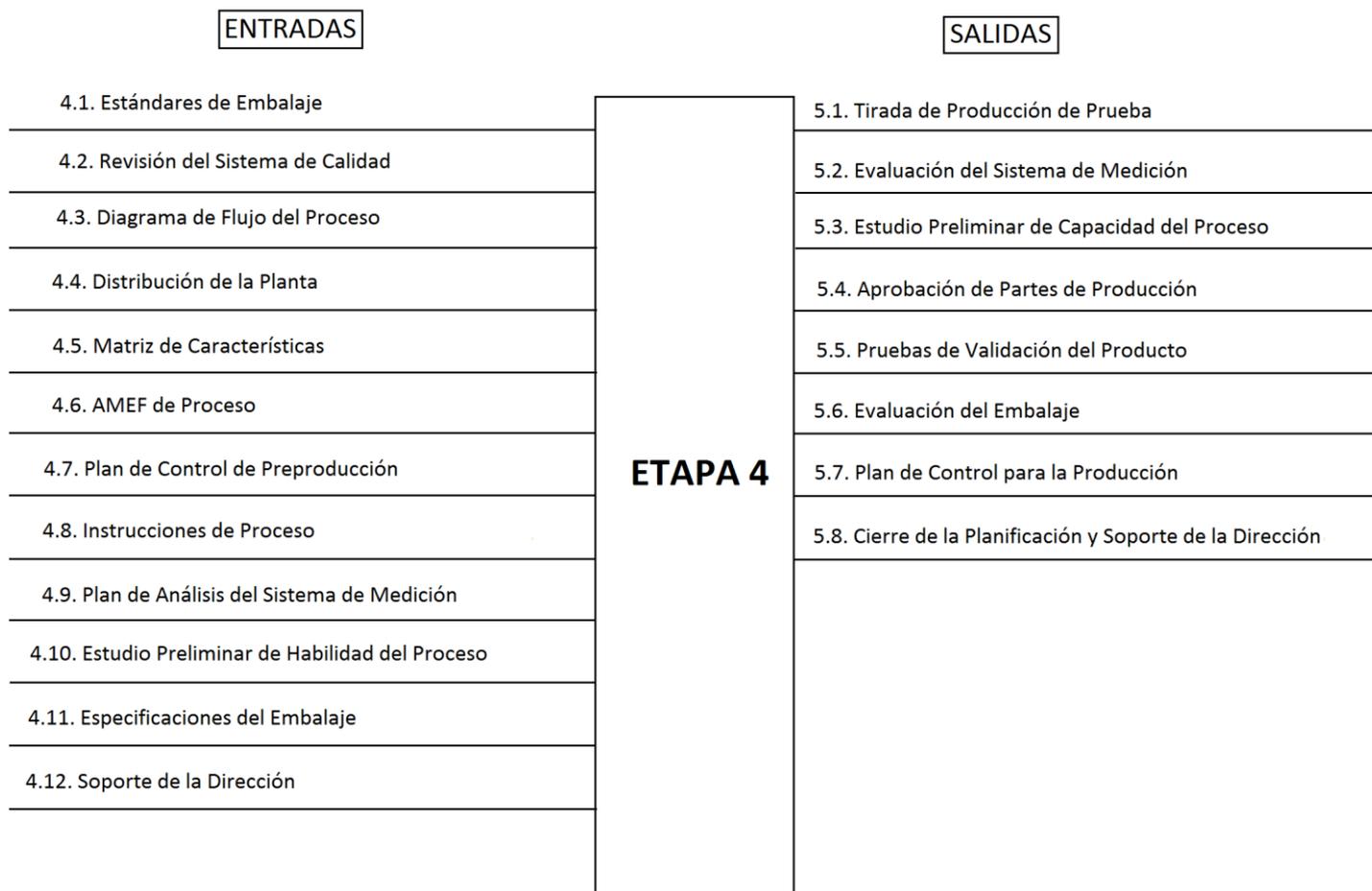


Figura 19. Etapa 4

Etapa donde el proceso de fabricación es validado mediante la **evaluación de una tirada de producción piloto** de prueba.

El equipo de APQP debe verificar que el plan de control y el diagrama de flujo de trabajo del proceso se aplican en la producción real y que estos dos documentos aseguran el cumplimiento de los requisitos del cliente.

## **SALIDAS**

### **5.1 Tirada de Producción de Prueba**

Deben emplearse herramientas, equipos, instalaciones, ambiente y tiempos de ciclo, como si de la producción normal se tratase, y no distintos por ser una tirada de prueba. La cantidad mínima de esta tirada es determinada por el cliente.

Se usa para:

- Evaluación del sistema de medición.
- Estudio preliminar de capacidad del proceso.
- Factibilidad final.
- Revisión del proceso.
- Pruebas de validación de producción.
- Aprobación de partes de producción (PPAP).
- Evaluación del embalaje.
- Capacidad/habilidad de la primera vez (FTC, 'First Time Capability').
- Cierre de la planificación de la calidad.

### **5.2 Evaluación del Sistema de Medición**

Se deben emplear los dispositivos y métodos especificados para verificar las características identificadas en el plan de control.

Se evalúa el sistema de medición previo o empleado durante la tirada de producción de prueba, a través de un estudio R&R<sup>9</sup>, ANOVA o del uso de cartas de control (se aplica el manual "Measurement Systems Analysis Reference Manual").

---

<sup>9</sup> Estudio R&R: estudio de repetibilidad y reproducibilidad. Por ejemplo, si los operadores miden el diámetro de tornillos para asegurarse de que cumplan las especificaciones del cliente, un estudio R&R del sistema de medición indica si cada operador o inspector es consistente en sus propias medidas, de la misma medición, en este caso el diámetro (repetibilidad) y si la variación entre operadores es consistente (reproducibilidad).

### **5.3 Estudio Preliminar de Capacidad del Proceso**

Evaluación de la capacidad o habilidad del proceso para ejecutar la producción en condiciones normales. Este estudio se apoya en las características identificadas en el plan de control.

### **5.4 Aprobación de Partes de Producción (PPAP)**

Validación de que el producto fabricado durante la tirada de producción de prueba, con herramientas y procesos de producción normales, cumple con los requisitos de ingeniería.

Aplicación de lo recogido y descrito en el manual “Production Part Approval Process”.

### **5.5 Pruebas de Validación de Producción**

Pruebas de ingeniería para revalidar lo perteneciente al anterior apartado, para que cumplan con los estándares externos y generales de ingeniería.

Aplicación de lo descrito en el manual “Quality System Requirements”, de Ford, Chrysler y GM.

### **5.6 Evaluación del Embalaje**

Todas las pruebas de embarque y el resto de pruebas relacionadas con el transporte, deben analizar la protección del producto contra daños durante el transporte y factores ambientales adversos.

### **5.7 Plan de Control para la Producción**

Es una continuación o extensión de plan de control de preproducción, en la etapa anterior. Cabe la posibilidad de que el cliente requiera este documento para su análisis y posterior aprobación o rechazo.

## **5.8 Cierre de la Planificación de Calidad y Soporte de la Dirección**

Se reporta a la dirección el estado del programa. Además, se realiza una revisión de la obra y se produce la coordinación del cierre formal. Antes del embarque de la primera tirada de producción, se debe revisar:

- Planes de control existentes y disponibles de todas las operaciones afectadas.
- Instrucciones de proceso, que incluyen todas las características especiales especificadas en el plan de control y todas las recomendaciones que el AMEF de proceso pueda ofrecer.
- Uso adecuado de dispositivos especiales de medición requeridos por el plan de control, y estudios R&R.

## 2.6. Etapa 5: Retroalimentación, Evaluación y Acciones Correctivas

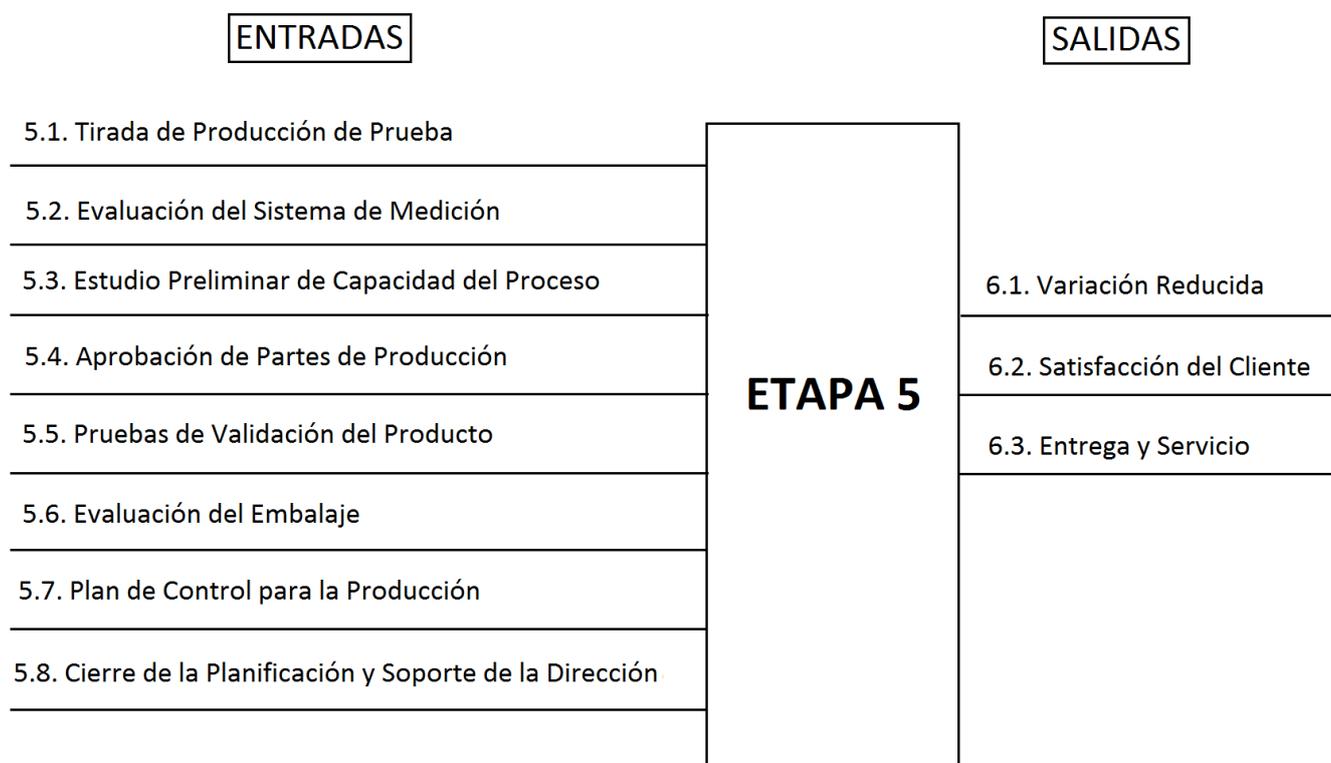


Figura 20. Etapa 5

Ésta es la etapa final, en la cual se recoge todo lo analizado y aprendido en las etapas anteriores, y se hace uso de ese conocimiento adquirido para corregir las partes que han dado un resultado negativo y han hecho que el rendimiento del producto no sea el óptimo y el requerido, así como para añadir los detalles y partes que faltan para conseguir un mejor resultado final.

## **SALIDAS**

### **6.1 Variación Reducida**

- 1) Se emplean las cartas de control o alguna otra técnica estadística para identificar las causas de variación.
- 2) Se analizan los resultados y se toman acciones correctivas para reducir la variación.
- 3) Se aplica la mejora continua entendiendo las causas comunes de variación (aquellas que aportan la variación natural) y reduciendo sus fuentes de variación, si es posible, y por supuesto, anulando las causas especiales o atribuibles (éstas sí que se pueden eliminar completamente una vez identificadas).

### **6.2 Satisfacción del Cliente**

Se produce una asociación con el cliente para realizar los cambios necesarios, trabajando conjuntamente para corregir las deficiencias.

### **6.3 Entrega del Producto y Servicio**

De nuevo, existe una asociación con el cliente para la solución de problemas y la mejora continua. Junto con el cliente, se debe escuchar y analizar la voz del propio cliente y del consumidor.

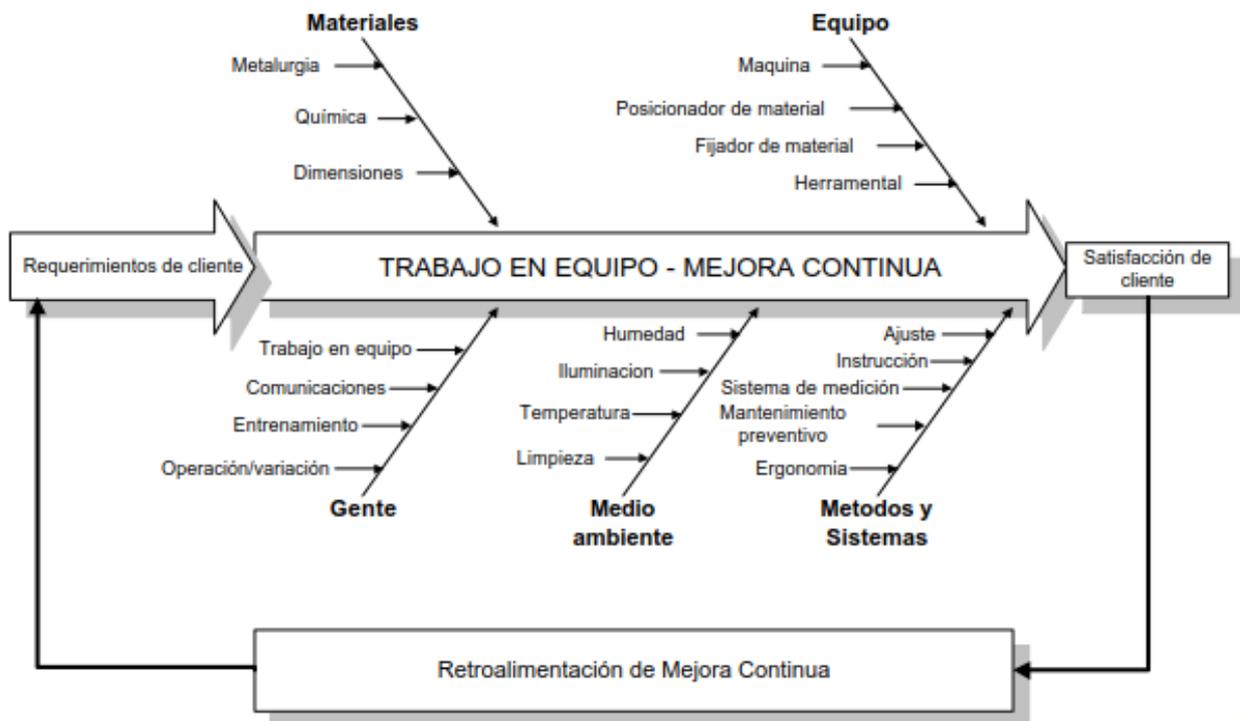


Figura 21. Factores de un Proceso que intervienen en la Mejora Continua



## Capítulo 3. Análisis Teórico de la Solución para Gestionar el Proceso APQP bajo un Sistema PLM

### 3.1 Contexto Actual de las Empresas Proveedoras

El sector de la automoción está bajo un continuo cambio en su modo de operar, y las empresas que coexisten en este contexto constantemente variante deben adaptar sus estrategias y su filosofía a las circunstancias del momento si quieren sobrevivir y prosperar. Los tiempos en los que la cadena de suministro tenía una integración completamente vertical llegaron a su fin, para dar paso a una estructura de negocio mucho más compleja y plural. En la actualidad, los OEM<sup>10</sup> poseen con una red variada y diversa de proveedores, con los que cada vez trabajan más conjuntamente en el desarrollo de sus vehículos y tecnologías.

---

<sup>10</sup> OEM: ‘Original Equipment Manufacturer’, fabricante de equipos originales. Empresa que ofrece un producto final al mercado y al cliente. Por ejemplo, Ford o Chrysler son OEM que fabrican o producen vehículos, mientras que Apple es un OEM de ordenadores y productos informáticos.

Hoy en día, de los proveedores de primer nivel<sup>11</sup> no sólo se espera que fabriquen según el diseño que se les encarga, sino que también deben definir el proceso de fabricación y, en muchas ocasiones, el producto completo. Los OEM reciben de sus proveedores cada vez componentes más complejas, muchas de ellas completamente integradas en sistemas electromecánicos, listos para ser incorporados al vehículo. Además, siguen el proceso ‘just in time’ (justo a tiempo), por el cual únicamente se producen los elementos que se necesitan, en las cantidades en las que se necesitan y en el momento en el que se necesitan (no hay ‘stock’, sólo se fabrica bajo pedido).

Las demás tendencias del mercado actual de la automoción que afectan a las empresas proveedoras de vehículos, se pueden agrupar según tres conceptos: *coste*, *calidad* y *‘time-to-market’*; *globalización*; e *innovación*.

### **COSTE, CALIDAD Y TIME-TO-MARKET**

Existe una tremenda competencia en el mercado, especialmente en cuanto al **coste** se refiere. Los OEM consideran responsables a los proveedores de gran parte de los costes totales que genera su producto final, sobre todo aquellos relacionados, lógicamente, con la garantía y con reclamaciones acerca de la calidad, derivadas de las componentes y piezas suministradas por los éstos. Cuanta más presencia tengan los proveedores en el diseño del producto, más responsabilidad directa adquieren sobre sus costes, incluidos aquellos generados a partir de los cambios en el diseño. Estos costes, como ya se ha comentado con anterioridad en el primer capítulo de este documento, pueden llegar a ser muy significativos, sobre todo si se producen en un estado avanzado del proceso de la producción. De modo que, si no se gestionan adecuadamente, pueden anular fácilmente el margen de beneficio que posee un proveedor, especialmente si se trata de uno de tamaño medio o pequeño. Por tanto, se puede decir que es crítico poseer una técnica

---

<sup>11</sup> A los proveedores directos de los OEM se les denomina proveedores de primer nivel, o ‘Tier 1’, en inglés.

satisfactoria y eficaz de comunicación entre todos los equipos y a lo largo de todo el proceso de definición del producto. De esta forma se puede conseguir evitar, o al menos reducir los cambios realizados sobre el diseño de forma tardía, y con ello también los costes correspondientes. Otro punto que es vital en lo referente a este asunto, es que exista una buena visibilidad de la información y de las actividades relacionadas con toda la gestión del diseño. De ello dependen en gran medida el éxito y la correcta temporización del programa propuesto. En la figura 22 se puede observar una gráfica del crecimiento exponencial que sufren los costes provocados por un cambio en el diseño, en relación al momento en el que se produce dicho cambio, a lo largo de las distintas fases de la producción.

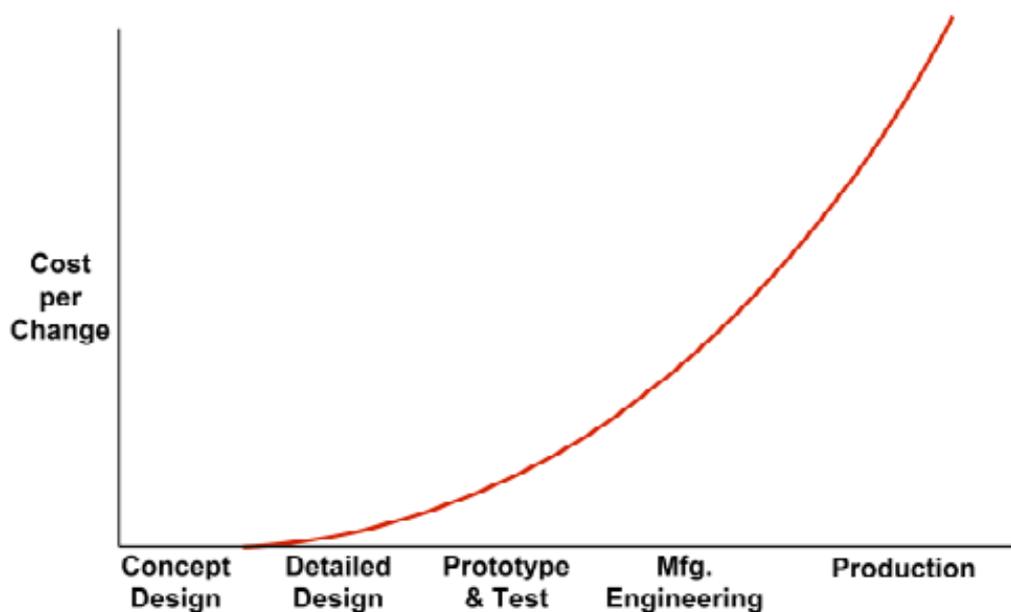


Figura 22. Variación de los costes generados por un cambio en el diseño, según el momento de la producción en el que se produce el cambio

Por otro lado, muchos de los OEM intentan aprovechar su poder de compra para ayudar a sus proveedores, reduciendo el coste de los materiales. Sin embargo, esto viene de la mano de una limitación hacia los proveedores acerca de dónde poder adquirir los materiales, ya que los OEM les marcan los vendedores a los que pueden comprar,

ejerciendo así el control deseado sobre sus proveedores y sobre su negocio general. Esto deja a los proveedores con muy poca independencia para tomar decisiones sobre sus compras, lo que conlleva poseer muy poco control sobre el beneficio que obtienen; se puede decir que en este caso el beneficio les viene prácticamente estipulado de forma externa.

Además, en muchos casos los OEM ni siquiera aceptan rondas de ofertas provenientes de los proveedores sobre el precio al que venden sus suministros, sino que directamente esperan que se les presente su mejor oferta, sin ningún margen para la negociación. Dadas estas circunstancias y condiciones, claramente se puede afirmar que las presiones que existen sobre los precios son extremas.

En relación a la **calidad** de los productos suministrados, los OEM esperan de sus proveedores que implementen, mantengan y respeten un sistema de gestión de la calidad (QMS, 'Quality Management System'), que no es más que una serie de normas, procesos y procedimientos requeridos para planificar y ejecutar un proceso de desarrollo del producto. Para unificar las diversas certificaciones internacionales de los países de E.E.U.U., Alemania, Francia e Italia (donde la industria de la automoción era más potente), la ISO ('International Standards Organization') participó en la creación de una especificación técnica común a todos los países, para que sólo existiera una única certificación que todas las empresas proveedoras de la industria de la automoción debieran cumplir. Además, como ya se ha visto en el primer capítulo de este texto, el AIAG ('Automotive Industry Action Group') también exige el cumplimiento del proceso APQP por parte de todos los proveedores de componentes para vehículos, que no deja de seguir exactamente la misma idea que la especificación técnica generada por la ISO.

En cuanto al concepto del '**time-to-market**' (se recuerda que puede concebirse como el tiempo de lanzamiento al mercado, desde el momento de la conceptualización del producto), también existe mucha presión y exigencia con respecto a todo lo referente al tiempo y a los ciclos del producto. La supervivencia para los proveedores equivale a la capacidad para desarrollar y ofrecer un nuevo producto al mercado de forma rápida y eficiente. Hace una década, lo normal era tener ciclos de tres o cuatro años en los que sacar un nuevo producto. Ahora, sin embargo, el objetivo y la necesidad dada por la

demanda del mercado, es ofrecer renovaciones de los vehículos o nuevos modelos cada menos de tres, o incluso dos años. En parte esta es la razón por la que los OEM han pasado la responsabilidad del diseño y fabricación a sus proveedores, para así poder distribuir la carga de trabajo entre más partes u organizaciones, dado que llegó un momento en el que no podía cubrir esas necesidades de tiempo por sí solos. La consecuencia inevitable de eso es que la estructura empresarial pasa a ser mucho más compleja.

La única forma de poder cumplir con estas grandes exigencias de tiempo y con los ciclos cada vez más comprimidos, es implementar el APQP, para así aunar el proceso de desarrollo del producto con aquel de los clientes.

## **GLOBALIZACIÓN**

La industria de la automoción ya no es un ente regional, sino **global** en todos sus aspectos. Cada vez más OEM operan globalmente, diseñando plataformas de vehículos para múltiples mercados desde distintos centros de diseño, conectados a sus proveedores electrónicamente a una escala mundial. En muchas ocasiones, los proveedores no se pueden permitir tener centros de diseño en cada lugar donde se hallan sus clientes, pero tienen la misma necesidad de suministrar a clientes alrededor de todo el mundo. Esto les lleva a tener que pensar con una mentalidad global, pero actuar de forma local, lo cual conlleva saber y comprender las diversas diferencias regionales y cumplir con los correspondientes requisitos regulatorios que cada país y cada región exige.

Por otro lado, la globalización viene de la mano de una mayor necesidad de colaboración, tanto entre proveedores, como entre proveedores y clientes. Con las grandes presiones sobre los precios ya mencionadas, los proveedores buscan países donde puedan fabricar y producir a un coste bajo. Esto hace que las operaciones se expandan y que las comunicaciones y la gestión de los programas se compliquen. Los pequeños o medianos volúmenes de producción que eran suficientes antes, han quedado muy atrás, y las exigencias actuales han forzado a los OEM y proveedores a unirse en ‘joint-ventures’ para así incrementar los volúmenes de producción y ser capaces de aplicar economías de escala.

## **INNOVACIÓN**

El mercado actual de la automoción es altamente competitivo, al igual que prácticamente cualquier otro mercado realmente. Existe por tanto una necesidad de diferenciarse, o lo que es lo mismo, de innovar y renovar continuamente los productos ofrecidos. Quizás la mayor importancia reside en innovar en los métodos de trabajo y en las formas de ofrecer los productos y servicios; cambiar la filosofía del negocio y de cómo llevar a cabo todas las operaciones.

La innovación debe ser rápida y por supuesto económicamente eficiente, en estos tiempos más que nunca antes. El objetivo es tener la capacidad de, simultáneamente, reducir los costes y el ‘time-to-market’, además de aumentar la calidad del producto. Por tanto, los proveedores deben implementar procesos y tecnologías cuya funcionalidad esté demostrada, y que sean aplicables y reproducibles (para poder aplicarlos a cada proceso o ciclo de fabricación, cubriendo todas las unidades producidas por parte de la empresa). Al haber cambiado la labor de los proveedores, en cuanto a que ahora deben no sólo fabricar piezas, sino diseñar y suministrar componentes principales y sistemas de vehículos, esto crea nuevas oportunidades y fomenta la innovación en el diseño de los productos, así como en las técnicas y estrategias de fabricación y los procesos de negocio.

Por tanto, no queda ninguna duda: los proveedores de sistemas y partes de vehículos deben optimizar sus procesos de desarrollo de productos a través de la implementación de alguna QMS específica de la industria automovilística, como lo es el APQP, para poder gestionar el renovado proceso de diseño y comunicar la información adecuada en el momento adecuado a sus clientes alrededor de todo el mundo.

## 3.2 ¿Por qué APQP?

Resumiendo, las empresas proveedoras del sector de la automoción tienen diversas necesidades claras e insalvables, según lo analizado en el apartado anterior:

- Alinear su proceso de desarrollo del producto con aquel de sus clientes, para de esta forma poder contar con muchos proyectos para muchos y muy diversos clientes.
- Diseñar, fabricar y ofrecer componentes cada vez más complejos, incluyendo subsistemas de vehículos.
- Ofrecer productos a un coste decreciente a lo largo de su vida útil. Al suponer un coste mayor los cambios más tardíos, se necesita planificar el diseño con antelación para asegurar el poder evitarlos.
- Proporcionar ofertas con presupuestos exactos.
- Gestionar numerosos requisitos regulatorios, regionales e internacionales.
- Desarrollar y ofrecer nuevos productos de manera rápida y eficiente.
- Pensar de forma global, pero actuar de forma local.
- Innovar más rápidamente y de manera más efectiva a nivel económico. Esto se consigue a través del uso de AMEF, para de nuevo realizar los cambios necesarios en las etapas iniciales.
- Aplicar métodos y herramientas reproducibles, a un nivel que cubra la producción total de la empresa.

Todas estas necesidades apuntan claramente y por su propia definición, a la **implementación del proceso APQP**.

## **RETOS DEL APOP**

Sin embargo, dicha implementación y aplicación del APQP es una tarea ardua y muy complejo, que conlleva numerosos retos:

- Para comenzar, las *herramientas tradicionales* no sirven, ya que conllevan un proceso engorroso y muy lento, causando *retrasos y bloqueos* en los procesos de producción.
- Una mala gestión de la información del producto lleva a que la información esté desperdigada, descentralizada y que en muchos casos dicha información se pierda.
- Hay problemas con la cantidad de documentación generada por el proceso que tiene que manejarse, además de con los costes administrativos que la acompañan.
- Si no hay visibilidad de acciones y de datos, los riesgos no se pueden evitar o mitigar y no se produce la acción correctiva, piedra angular del APQP. Esto conlleva retrasos importantes en el programa y más costes.
- El método AMEF (de diseño y de proceso) lleva mucho tiempo y es muy complejo. Si se da un cambio en el producto o el proceso durante el desarrollo del método, es necesario actualizar toda la documentación, lo cual puede acarrear un retraso adicional en el lanzamiento del producto al mercado.
- Si antes del APQP no se daba otro proceso similar, existirá una ausencia de disciplina y de método, además de la falta de una infraestructura de la información que gestione y apoye la ejecución del proceso de una forma eficiente y reproducible.

Por otro lado, existen rasgos que indican innegablemente que el proceso APQP se necesita complementar con el uso de alguna herramienta adicional que le dé soporte:

- Casi todos los proveedores son incapaces de hacer un buen seguimiento para así reutilizar y aprovechar datos del producto en el paso de un programa al siguiente.

- La documentación sobre el producto se suele completar una vez ha finalizado el proceso, cuando esto necesita hacerse en tiempo real.

La consecuencia de todo esto es que los beneficios del APQP se ven reducidos o incluso eliminados.

Por tanto, es obvio que se necesita una solución empresarial “lista para usar” (‘out of the box’), de rápida y cómoda implementación, que dé apoyo al APQP y sus numerosos requisitos, así como a la creación y gestión de toda la documentación generada (por ejemplo, la derivada del AMEF) y de sus múltiples subprocesos (como el PPAP).

**Es en este contexto precisamente donde nace la aplicabilidad, utilidad y practicidad del sistema PLM.**

### 3.3 PLM enfocado hacia APQP

Como punto de partida, el sistema PLM está integrado en una arquitectura tecnológica donde puede compartir plataforma con otras herramientas empresariales como el ERP ('Enterprise Resource Planning') o el CRM ('Customer Relationship Management').

Los siguientes son los conceptos más relevantes del PLM que suponen claras ventajas para el APQP y sus necesidades:

- Capacidad de realizar una captura precisa de toda la información al completo relacionada con la definición del producto, incluyendo cada uno de los procesos necesarios en la producción, mantenimiento y disposición del producto.
- Acceso y uso seguro y universal (para cualquier usuario de la organización, independientemente de su ubicación) de la información.
- Conservación de la integridad de dicha información a lo largo de toda la vida útil del producto, desde la conceptualización hasta el momento en el que deja de usarse, en esta última etapa gracias al 'feedback' del cliente.
- Gestión y mantenimiento de procesos empresariales pensados para crear, distribuir, compartir y usar la información de definición del producto, que es lo que se maneja y se necesita durante el proceso APQP.

Lo que tienen todas estas capacidades en común, es que aseguran que el **CIC** (capital intelectual corporativo) de la empresa **sea creado, gestionado y aprovechado de forma efectiva**. El PLM hace posible que toda esa información que precisa el APQP esté disponible en el momento apropiado, para las personas apropiadas y en el contexto apropiado.

Hoy en día se están empleando con éxito soluciones PLM para gestionar el APQP y otros procesos y requisitos a nivel documental del mundo de la automoción, y se espera

que su uso se extienda, dado el buen rendimiento que está mostrando y las claras ventajas que ofrece.

Existen soluciones y programas PLM específicamente diseñados y orientados a las empresas automovilísticas, de cara a que sean capaces de gestionar y lanzar programas de vehículos de forma efectiva, y de cumplir con los objetivos de calidad de sus clientes, respetando el presupuesto fijado y los tiempos de entrega. Esto último se consigue mediante una buena visibilidad y acceso en tiempo real al estado de los proyectos y de los datos generados. Un ejemplo de programa PLM destinado al sector de la automoción es el acelerador automovilístico para la gestión de programas APQP, del fabricante ENOVIA.

A través del uso de PLM, los operadores y gestores del proceso APQP pueden:

- Hacer un seguimiento y gestionar la toda documentación a entregar, como los resultados de AMEF de diseño y de proceso, de DVP&R (‘Design Verification Plan and Report’) y los planes de control.
- Comunicar cambios realizados, en el momento adecuado y necesario, a todos los afectados e interesados.
- Mitigar riesgos de manera temprana mediante la visibilidad de cada proceso y de cada documento.
- Gestionar proyectos complejos de producción de vehículos, incluso de múltiples procesos APQP interrelacionados, y a su vez incluir proyectos menores de proveedores externos, resultados de PPAP (‘Production Part Approval Process’) y datos críticos de los informes CAR (‘Corrective Action Report’).
- Crear equipos multifuncionales que posean una buena comunicación entre ellos, siendo capaces de trasladar los cambios a tiempo a las personas indicadas.
- Realizar revisiones en tiempo real del estado de los proyectos, de las tareas críticas pendientes de realizar y de las dependencias que hayan sido creadas entre factores

del proceso, para así poder mitigar riesgos y tomar acciones correctivas cuando aún puedan provocar un efecto y realmente sirvan.

- Buscar y usar datos históricos de resultados de informes y análisis de proyectos previos, para hacer posible la reutilización del conocimiento.
- Intercambiar información del producto con los proveedores sobre las compras o actividades relacionadas de forma controlada.
- Gestionar las entradas y salidas de cada una de las etapas del proceso APQP, configurándolas para que se adapte a los requisitos del cliente para ese proyecto en particular.
- Tener acceso a un resumen del trabajo en proceso o WIP ('work in process'), para ver todas las tareas asignadas a todo el personal en una única lista.
- Asociar datos concretos a un proyecto, como pueden ser listas de materiales, RFQs<sup>12</sup>, componentes y piezas. De esta forma se puede ver toda la información de un producto de forma clara y sencilla.
- Integrar la herramienta con diversas otras, produciéndose un traspaso bidireccional y en tiempo real de toda la información que cada una posee. Por ejemplo, al vincular Microsoft Project con PLM, se podrán editar los hitos y tareas de un proyecto en el primero, mientras que en el segundo se podrán ejecutar dichas tareas, todo con total visibilidad para ambos programas.

**La verdadera fortaleza del PLM en relación con el APQP, reside en su capacidad de gestionar todo el proceso desde una solución única, flexible y escalable.**

---

<sup>12</sup> RFQ: 'Request for Quotation', solicitud de oferta que una empresa hace a sus proveedores, que contiene una lista con la descripción de todos los parámetros y detalles del proyecto, de lo que la empresa requiere que realicen.

### 3.4 Beneficios del Uso de PLM en la Gestión del APQP y

#### Conclusiones Finales

En resumen, se puede concluir que los **beneficios principales** derivados de aplicar un sistema PLM al proceso APQP son los siguientes:

- Se proporciona un excelente cimiento para cualquier empresa automovilística a través de flujos de trabajo integrados, una base de datos común, accesible y de gran capacidad, la gestión eficaz de proyectos, la creación de informes y de la capacidad de integración con otras herramientas.
- Es una solución “todo en uno”, que sustituye la necesidad de la coexistencia de varias herramientas.
- Se llega a mejores tomas de decisión, al tener visibilidad de las tareas en proceso y de los ítems asociados, por ejemplo, el conocimiento de los múltiples proyectos donde es empleada una misma pieza.
- Se puede gestionar el desarrollo de productos complejos para vehículos y de todos los requisitos de documentación asociados a ellos. Esto incluye la capacidad de gestionar estructuras de producto y las herramientas asociadas (como MCAD o ECAD), además de poder añadir cambios en el producto de manera rápida y sincronizada con toda la cadena de suministro, incluyendo a los proveedores.
- Reducir los costes de los cambios de diseño, gracias al método AMEFD/P, a través del cual se pueden detectar antes los cambios necesarios e implementarlos con un efecto más positivo y generando menos coste. También poder comunicar esos cambios a los distintos departamentos y equipos, mejorando así la calidad del producto y, consecuentemente, la satisfacción del cliente.
- Aumentar o posibilitar la reutilización del conocimiento a través del acceso rápido y sencillo a proyectos previos APQP.

- Se consigue la introducción de nuevos productos en el mercado en el tiempo programado y respetando el presupuesto disponible.
- Se produce una reducción en los costes de los materiales y de personal asociados a tareas de gestión de proveedores, ya que el PLM vincula todas estas actividades en un único todo y las centraliza.
- También se reducen los costes derivados del cumplimiento de regulaciones y de auditorías, puesto que a través del PLM se documentan en una misma base de datos todas las acciones y datos generados durante todo el proceso de cada producto.

Todos estos beneficios no se pueden conseguir mediante el uso de sistemas o soluciones parcialmente integrados, manuales o independientes. Sólo con el uso del PLM se puede gozar de tales ventajas.

**Por tanto, se puede concluir que una solución PLM que dé apoyo al proceso APQP y a todos sus requisitos, es una poderosa herramienta de negocio que conlleva numerosos e importantes beneficios, los cuales ya han sido probados en el sector de la automoción.**

Sin embargo, se debe puntualizar que el PLM no debería de ser el fin en sí.

El uso de un sistema PLM suele actuar de catalizador para un cambio en el negocio de manera conceptual y profunda. Para poder aprovechar todo el potencial del PLM y su máximo beneficio, deben revisarse todos los procesos y estructuras de la organización, y aplicar cambios que impulsen la tecnología PLM allí donde se necesiten. Esto hará que se optimicen a nivel global los procesos internos del negocio, así como la forma en la que las empresas automovilísticas se relacionan con sus socios, proveedores y clientes.

**En el mundo actual y el sector de la automoción, donde el entorno empresarial es cada vez más global, exigente y hostil, la tecnología PLM es el vehículo necesario para crear y mantener un negocio innovador que pueda competir eficazmente en todos sus mercados.**



## Bibliografía y Referencias

Xavier Calvo Vergés, “Gestión del ciclo de vida del producto (PLM). Una herramienta estratégica para el desarrollo y lanzamiento de productos competitivos”, Arion Data Systems, Barcelona, España. Febrero 2010.

Datamation Limited, “Understanding Product Lifecycle Management”, Cambridge, Reino Unido. Julio 2002.

Aras Corporation, “What is PLM?”, 2008.

Antti Saaksvuori, Anselmi Imonen, “Product Lifecycle Management”, Tercera edición, Springer-Verlag, Heidelberg, Alemania. 2008.

Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation, “Advanced Product Quality Planning (APQP) and Control Plan. Reference Manual”, Junio 1994.

General Motors Corporation, “GM Global APQP. Advanced Product Quality Planning”, Noviembre 2000.

### **REFERENCIAS WEB:**

<http://www.pdcahome.com/2064/planeacion-avanzada-de-la-calidad-del-producto/>

<http://www.pdcahome.com/7381/que-es-la-calidad/>

<http://www.pdcahome.com/5237/modelo-de-excelencia-efqm-ayer-y-hoy/>

<http://www.pdcahome.com/5345/cual-es-la-mejor-metodologia-de-calidad/>

<http://www.pdcahome.com/seis-sigma/>

<http://www.pdcahome.com/5202/ciclo-pdca/>

<http://quality-one.com/apqp/>

<http://quality-one.com/fmea/>

<http://quality-one.com/six-sigma/>

<http://quality-one.com/spc/>

<http://quality-one.com/lean/>

<http://quality-one.com/rca/>

<http://quality-one.com/8d/>

<http://quality-one.com/iso-26262/>

<http://quality-one.com/5-whys/>

<http://www.eoi.es/blogs/mtelcon/2013/02/15/la-gestion-del-ciclo-de-vida-del-producto-plm/>

<http://www.eoi.es/blogs/mtelcon/2013/02/13/plm-software-erp-extendidos/>

[https://www.plm.automation.siemens.com/es\\_es/plm/](https://www.plm.automation.siemens.com/es_es/plm/)

[https://www.plm.automation.siemens.com/es\\_es/plm/pdm.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/es_es/plm/pdm.shtml)

<http://www.ptc.com/product-lifecycle-management>

<http://www.tatatechnologies.com/plm-vs-erp/>

<https://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/design-for-six-sigma-dfss/dmaic-versus-dmadv/>

<http://www.cimdata.com/en/resources/about-plm>

<http://www.product-lifecycle-management.info/>

<http://www.aiag.org/about>

<http://www.aqa.es/doc/Criterios%20APQP-Planes%20de%20control.pdf>





