

Capítulo 6

Conclusiones y trabajos futuros

6.1. Conclusiones

La investigación realizada en esta tesis doctoral ha estado centrada en dos aspectos que se encuentran directamente relacionados con la Ingeniería Concurrente y con el diseño de los productos mecánicos. La investigación trata por una parte la comprensión de una estructura funcional para los productos mecánicos y por otra parte, el desarrollo de un modelo del ensamble que permita en el diseño conceptual, representar las intenciones de diseño.

En el Capítulo 3 se muestran los fundamentos necesarios para lograr una adecuada especificación de los requerimientos funcionales y las tolerancias, que permita realizar un análisis primario de las cadenas de cotas en las etapas primarias del proceso de diseño y orientada a la síntesis de tolerancias en el diseño básico o de detalle. En este Capítulo se expone una caracterización de los requerimientos funcionales y las tolerancias en la etapa de especificación del proceso de diseño.

A partir de esta caracterización se propone una estructura funcional en tres dimensiones que permite capturar la intención del diseñador. La estructura funcional permite clasificar los diferentes requerimientos funcionales y estudiarlos de una manera sistemática. Para caracterizar a los requerimientos funcionales y a la estructura funcional propuesta de una manera adecuada, se utiliza el análisis de la jerarquía, la descomposición y el chequeo de las dependencias funcionales.

En este trabajo, los requerimientos funcionales son caracterizados en requerimientos funcionales cuantitativos y cualitativos. Los cuantitativos son caracterizados en cuantitativos invariables y cuantitativos de rango. Los requerimientos cualitativos son caracterizados en requerimientos de fabricación, geométricos, dimensionales y de ensamble. En cada grupo, los requerimientos funcionales son descompuestos en requerimientos independientes de más bajo nivel, donde, a medida que se descomponen se hacen más concretos.

Se desarrolló una simbología que permite al diseñador identificar en un dibujo de conjunto, cuáles son los requerimientos funcionales o intenciones de diseño. La simbología describe en el ámbito conceptual, las necesidades funcionales relacionadas con las tolerancias o con los enfoques del diseño para la fabricación —*DFM*— o el diseño para el ensamble —*DFA*.

En el Capítulo 4 se muestran los fundamentos necesarios para una adecuada representación de los requerimientos funcionales y las tolerancias, con el objetivo de garantizar la síntesis de tolerancias en el diseño básico o de detalle. Para cumplir con este objetivo los requerimientos se representan en la etapa de diseño conceptual, a través de un conjunto de matrices que permiten la captura de los requerimientos expresados en la estructura funcional propuesta en el Capítulo 3.

Las matrices propuestas expresan en el ámbito conceptual, las intenciones del diseñador respecto a la funcionalidad del conjunto. Esta representación permite realizar un análisis de la intención del diseñador desde el punto de vista funcional.

Para estudiar la intención del diseñador se realiza el análisis de las categorías *versus* niveles, niveles *versus* capas y categorías *versus* capas según la estructura funcional propuesta en el Capítulo 3.

Con el objetivo de vincular de forma coherente a los requerimientos funcionales expresados en la estructura funcional y la modelación del ensamble mecánico en el diseño conceptual, se creó un método gráfico denominado «*método de la burbuja*». Este método se define a través de un conjunto de símbolos que soporta el lenguaje gráfico, cuyo funcionamiento está impuesto por una serie de reglas y secuencias que garantizan una adecuada representación del modelo, siguiendo una lógica algorítmica.

A través de este método se posibilita el análisis de las cadenas de tolerancias desde la etapa del diseño conceptual, elemento indispensable para realizar el proceso de síntesis de tolerancias en la fase del diseño básico o de detalle.

El modelo propuesto tiene como objetivo integrar a los requerimientos funcionales y las tolerancias, expresadas en la estructura funcional, en varias de las actividades del ciclo de vida del producto y servir como vínculo entre el diseño, la fabricación y el ensamble. Además, proporciona una base para la integración de la intención de diseño en las etapas primarias de la toma de decisiones.

Con el objetivo de validar el método propuesto en los Capítulos 3 y 4, en el Capítulo 5 se exponen tres casos típicos de ensambles mecánicos. El primer caso consiste en un ensamble simple formado por cuatro piezas donde intervienen dos requerimientos funcionales. El segundo caso consiste en un ensamble mecánico más complejo, constituido por seis piezas y donde intervienen seis requerimientos funcionales, ambos casos tratan a los requerimientos funcionales dimensionales. El último caso constituye un caso de un ensamble mecánico compuesto por ocho piezas donde intervienen dos requerimientos funcionales geométricos y un requerimiento funcional dimensional, a la vez constituye un caso bidimensional.

6.2. Resultados

Los resultados de la investigación desarrollada son los siguientes:

- Referentes a la caracterización de los requerimientos funcionales y las tolerancias en la etapa de especificación —Capítulo 3—:
 - Se caracterizó a los requerimientos funcionales y las tolerancias en la etapa de especificación del proceso de diseño.
 - Se definió una estructura funcional en tres dimensiones que permite estudiar de manera sistemática a los requerimientos funcionales y que permite capturar la intención del diseñador.
 - Para caracterizar a los requerimientos funcionales se utilizó el análisis de jerarquía, el chequeo de las dependencias funcionales y la descomposición. Se expusieron los procedimientos para cada uno de estos aspectos.
 - Se desarrolló una simbología para representar en el dibujo de conjunto, la especificación de los requerimientos representados en la estructura funcional.
- Referentes a la representación de los requerimientos funcionales y las tolerancias en el diseño conceptual —Capítulo 4—:
 - Los requerimientos funcionales son representados en la etapa del diseño conceptual, a través de un conjunto de matrices que expresan en el ámbito conceptual las intenciones del diseñador respecto a la funcionalidad del conjunto.
 - Se expone el «*método de las burbujas*» para vincular la representación del ensamble y los requerimientos funcionales en el diseño conceptual. El método posibilita el análisis de las cadenas de tolerancias desde ésta

etapa del proceso de diseño, elemento indispensable para realizar el proceso de síntesis de tolerancias en el diseño básico o de detalle.

Este método se define a través de un conjunto de símbolos que soporta el lenguaje gráfico, cuyo funcionamiento está impuesto por una serie de reglas y secuencias que garantizan una adecuada representación del modelo, siguiendo una lógica algorítmica.

- Referentes al estudio de casos —Capítulo 5—:
 - El estudio de casos ha permitido comprobar la validez del método propuesto para la caracterización y representación de los requerimientos funcionales y las tolerancias en las etapas primarias del proceso de diseño.
 - A partir de la resolución de los casos, se ha comprobado las facilidades que ofrece el «*método de las burbujas*» propuesto para la modelación de los ensambles mecánicos en el diseño conceptual.
 - Los casos analizados muestran que el «*método de las burbujas*» propuesto ofrece facilidades para la formulación de las cadenas dimensionales en la etapa del diseño conceptual, ya sea en los casos donde intervienen requerimientos funcionales dimensionales, donde intervienen requerimientos funcionales geométricos, o donde se combinan ambos casos.

6.3. Trabajos futuros

Una vez establecido el modelo formulado en esta Tesis Doctoral, se considera que resultaría interesante investigar en varios aspectos que permitirían ampliar el espectro del modelo propuesto. Se propone:

- Profundizar en los requerimientos funcionales relacionados con el dominio del diseño para la fabricación —*DFM*— de la Ingeniería Concurrente, y los restantes requerimientos funcionales geométricos no abordados en este estudio. Añadirlos a la estructura funcional.
- Ampliar la estructura funcional en tres dimensiones propuesta, en otros dominios de la Ingeniería Concurrente, tales como el diseño para desensamble —*DFD*—, el diseño para el reciclaje —*DFR*—, el diseño para el medio ambiente —*DFE*—, etc.
- Aumentar el número y la diversidad de casos de estudio para seguir enriqueciendo la estructura funcional propuesta.
- Desarrollar un prototipo de sistema informático para la asistencia de la caracterización y representación de los requerimientos funcionales en el diseño conceptual vinculado a un modelador de sólidos.
- Estudiar la asistencia inteligente de la caracterización y representación de los requerimientos funcionales en el diseño conceptual, a través de sistemas expertos vinculados a modeladores de sólidos.
- Ampliar el método de las burbujas para los casos donde se consideren condiciones funcionales en casos tridimensionales, y estudiar las posibles relaciones que se pueden establecer entre los requerimientos funcionales en estos casos.