

# 6

## Conclusiones

Esta tesis presenta un nuevo método de planificación y generación de trayectorias de movimientos para procesos de desensamblado no destructivo. Además se lleva a cabo la implementación de una célula flexible de desensamblado automático.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, a continuación, se describen los aspectos más relevantes tratados en cada uno de los capítulos.

En el capítulo 2 se realiza una de las aportaciones originales de esta tesis; la introducción en el apartado 2.3 del modelo relacional para representar un producto; este modelo permite, de manera intuitiva y sencilla, diseñar productos existentes y posteriormente, mediante las estrategias de planificación que se explican en el apartado 2.5, llevar a cabo un desensamblado bien sea parcial o total del producto.

La generación de la secuencia de desensamblado parcial de un producto puede realizarse tanto partiendo de un único componente como del desensamblado de un conjunto de componentes, un montaje. De manera que da una versatilidad mayor al sistema de desensamblado.

Este algoritmo de planificación de secuencias de desensamblado ha dado lugar a una publicación en una revista internacional impactada:

*"Disassembly planning based on precedence relations among assemblies"*. F. Torres, S.T. Puente, R. Aracil. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Aceptada y pendiente de publicación en el 2003.

Una vez presentado el método para calcular la planificación de desensamblado se explica, en el capítulo 3, cómo llevar a cabo la representación geométrica del producto basándose en poliedros, de manera

que un componente se representa como un poliedro y un producto a su vez es un conjunto de poliedros.

En base a esta representación, se aporta un método para el cálculo de los movimientos de desensamblado, el generador de movimientos, que debe seguir un componente para poder separarse de los demás, teniendo en consideración que el componente debe describir una trayectoria basada en segmentos lineales.

Una descripción del método planteado para la generación de los movimientos de desensamblado ha dado lugar a una publicación en un congreso internacional:

*"Disassembly movements for geometrical objects through heuristic methods"*. J. Pomares, F. Torres, S. Puente. Proceedings of SPIE: Environmentally Conscious Manufacturing II. Vol. 4569, pp. 71-80. Newton, USA. 28 Octubre-2 Noviembre de 2001.

Tras estos apartados, en el capítulo 4, se ha descrito cómo se lleva a cabo la fusión de la información proveniente del planificador de tareas de desensamblado con la correspondiente a la trayectoria de desensamblado. Teniendo en cuenta las posibles configuraciones del sistema, bien sea utilizando un brazo robot o no, considerando todo o parte del mismo para el cálculo y como optimizar las secuencias para aprovechar el paralelismo existente entre las tareas a la hora de minimizar la necesidad de cambiar de herramienta para realizar el proceso de desensamblado.

Seguidamente en el capítulo 5 se ha ilustrado una aplicación del sistema flexible de desensamblado automático. Presentado la base de datos utilizada, la arquitectura del sistema y la aplicación al desensamblado de varios ordenadores personales.

La arquitectura del sistema utilizado, junto con una descripción del funcionamiento del sistema de visión artificial ha sido publicada en un Workshop internacional sobre desensamblado:

*"Data fusion from multiples cameras for automatic disassembly"*. P. Gil, S.T Puente, F. Torres, J. Pomares, F.A. Candelas. IFAC Workshop on Intelligent Assembly and Disassembly - IAD'2001. Canela, Brasil. 5-7 Noviembre de 2001.

Para terminar se tiene que destacar el hecho de haber implementado una célula flexible de desensamblado automático, que permite realizar un desensamblado no destructivo de productos existentes en el mercado y por tanto reducir los costes de producción al reutilizar los componentes de dichos productos. La cual supone un beneficio para el medio ambiente ya que permite reducir la cantidad de productos desechados.

El sistema de desensamblado no destructivo resulta interesante para realizar operaciones de reutilización de productos, frente a otros sistemas que permiten el desensamblado destructivo que serían los indicados para realizar un desensamblado de cara al reciclado de las materias primas.

## **6.1. Aportaciones**

Las principales aportaciones originales de esta tesis se describen a continuación:

Una representación de los productos mediante una estructura jerárquica de sus componentes, que se basa en un modelo relacional del producto (Capítulo 2), esta es una de las aportaciones originales de esta tesis. Además esta representación permite una definición granular del producto en función de los objetivos de desensamblado perseguidos. Este método utiliza un conjunto de acciones posibles para desensamblar los componentes, que dependen de las relaciones existentes entre ellos.

El cálculo de secuencias de desensamblado no destructivo tanto parcial como total de un producto, utilizando el modelo relacional, es otra de las aportaciones originales de esta tesis. Donde el desensamblado parcial puede ser tanto de componentes individuales como de grupos de ellos, un montaje.

La utilización de información sobre el entorno cercano del componente a desensamblar así como un modelo geométrico del producto, se utilizan para la generación de los movimientos de desensamblado de cada componente. Adaptando técnicas de robótica móvil al proceso de desensamblado de los productos. Dotando, de esta manera, al sistema de capacidades de n-desensamblado. Este generador de movimientos de desensamblado es una de las aportaciones originales de esta tesis.

La fusión entre el planificador de secuencia y el generador de movimientos, incluyendo un manipulador que realice las tareas de desensamblado a la hora de generar los movimientos, es otra de las aportaciones originales de esta tesis.

Además, esta fusión con el manipulador, incluye un método para ordenar las acciones de desensamblado que permite minimizar los cambios de herramientas por parte del manipulador para realizar el desensamblado.

La arquitectura del sistema flexible de desensamblado automático que permite, gracias a un sistema de visión artificial adaptarse a los distintos productos, se puede considerar como otra de las aportaciones originales de esta tesis.

## 6.2. Trabajo futuro

Las líneas de investigación que abre la realización de esta tesis son múltiples, y a continuación se describen algunas de ellas:

Respecto de la planificación de desensamblado:

- Generación de estrategias que consideren la posibilidad de desensamblado destructivo.

Respecto de las trayectorias de movimientos:

- Incluir movimientos rotacionales de los componentes para llevar a cabo su desensamblado.
- Investigar otros métodos de generación de movimientos de desensamblado.
- Generar la zona de movilidad de un componente; (todas las trayectorias posibles según las cuales un componente puede ser desensamblado).

Respecto de la unión de la planificación de desensamblado y del generador de trayectorias de movimiento:

- Añadir nuevos grados de libertad al sistema.
- Añadir operaciones de desensamblado en paralelo, mediante robots cooperativos.

Respecto del sistema de desensamblado real:

- Generación de un módulo supervisor que compruebe la correcta realización del proceso de desensamblado planificado.
- Utilizar un robot con mayor número de grados de libertad para realizar el desensamblado.
- Ampliación del número de herramientas disponibles para poder desensamblar mayor cantidad de componentes.
- Utilizar un control de fuerza para comprobar la correcta realización de las operaciones y una mayor información al sistema.