

# Una familia de robots para la limpieza de cascos de buques

Juan A. Pastor, Pedro J. Navarro, Fernando Losilla, Noelia Ortega

División de Sistemas e Ingeniería Electrónica (DSIE)

Universidad Politécnica de Cartagena

E-mail: {juanangel.pastor | pedroj.navarro | fernando.losilla | Noelia.ortega }@upct.es

**Resumen.** Actualmente, la mayoría de las operaciones de reparación que se llevan a cabo en astilleros no están automatizadas. Un ejemplo es la limpieza de cascos de buques. Este trabajo describe una solución: el sistema EFTCoR. Se trata de un conjunto de robots cuya misión es la realización de diferentes operaciones de mantenimiento en los cascos de buques como granallado, pintura, etc. respetando el medio ambiente. Para ello, se combinan técnicas de diferentes disciplinas con la experiencia en el desarrollo de sistemas teleoperados.

## 1 Introducción

El objetivo global del proyecto europeo EFTCoR (*Environmental Friendly and Cost-Effective Technology for Coating Removal*) es el desarrollo de una **nueva tecnología para la limpieza de cascos de embarcaciones** [1]. La preparación de las superficies del casco para su pintado es uno de los problemas más críticos para la industria naval europea. Esta preparación consiste en la limpieza de la sal, el óxido, las adherencias marinas y la pintura en mal estado de la superficie del casco. La sal y las adherencias marinas se eliminan en una primera fase mediante chorreo de agua a presión. La eliminación de pintura puede realizarse mediante la proyección de agua a muy alta presión o mediante el chorreo con granalla metálica [2], siendo esta última, con mucha diferencia, la tecnología dominante. Sin embargo, el empleo de granalla, tal y como se aplica actualmente presenta problemas muy serios ya que las condiciones de trabajo son muy duras y el proceso es altamente contaminante.

Con todo ello, el principal objetivo del proyecto EFTCoR es el desarrollo de una tecnología fiable y económica para la eliminación de la pintura, con la que se obtenga al menos la misma calidad de acabado superficial que con las técnicas actuales y con la que puedan reducirse las emisiones de residuos tóxicos, si no totalmente, hasta límites tolerables. Para alcanzar este objetivo, el proyecto considera:

- El desarrollo de granallas reciclables, que permitan reducir su consumo.
- El desarrollo de cabezales de limpieza que permitan confinar los residuos, evitando su emisión o reduciendo la misma.
- El desarrollo de un sistema de tratamiento y reciclado de residuos.
- El desarrollo de sistemas robóticos teleoperados o semi-automáticos de bajo

coste para el posicionamiento de los cabezales de limpieza.

- El desarrollo de un sistema de control de calidad basado en técnicas de visión artificial capaz de detectar y clasificar los defectos y comprobar las calidades superficiales obtenidas tras la limpieza.

En este trabajo se describen brevemente los dispositivos robóticos que se han desarrollado para el posicionamiento de los cabezales de limpieza a lo largo del casco. Tales desarrollos han sido responsabilidad de la Universidad Politécnica de Cartagena ya que se ha encargado de su diseño y ha participado en la especificación de requisitos así como en su validación y verificación en estrecha colaboración con Izar Carenas.

## 2 Desarrollo de una familia de robots de limpieza

En los últimos años, se empezaron a utilizar unidades teleoperadas para posicionar diferentes dispositivos de proyección de granalla sobre superficies verticales [2]. Estos dispositivos pueden ser mangueras o turbinas que proyectan la granalla haciendo uso de la fuerza centrífuga generada por su giro a alta velocidad, y proporcionan algunas ventajas muy interesantes respecto del granallado manual, pero distan mucho de ser una solución general ya que no son fácilmente adaptables a las formas del barco, y son sistemas grandes y costosos, cuyo uso sólo es rentable cuando las áreas a limpiar son muy extensas. Sin embargo, la mayor parte de las operaciones de limpieza son parciales y se realizan sobre áreas pequeñas y dispersas por toda la superficie del casco.

Se ha llevado a cabo una identificación y clasificación de los requisitos tanto funcionales como no funcionales que deben cumplir los dispositivos robóticos para este tipo de sistemas de una manera detallada y exhaustiva. Debido a la extensión de dichas especificaciones no es posible presentar tales requisitos en este trabajo, pero cabe destacar la

necesidad de obtener un producto de bajo coste, ya que descarta la realización de un sistema de propósito general que se adapte a todo tipo de barcos y superficies. Por ello, se consideró el desarrollo de una **familia de robots especializados** en las diferentes partes del casco: superficies verticales, finos de proa y popa, fondos y bulbo. Algunos de estos dispositivos ya existen (para superficies verticales) y bastará con mejorarlos e integrarlos en el proyecto global, otros (para finos del casco, bulbo y fondos) deberán ser desarrollados durante el proyecto.

Para llevar a cabo tales desarrollos, se adoptó una **aproximación de desarrollo incremental** con el fin de minimizar riesgos y que el usuario pueda validar el sistema a medida que su complejidad aumenta, y se establecieron diferentes fases para el desarrollo de los sistemas, que comprenden desde el desarrollo mecánico del robot hasta el desarrollo del hardware y software necesario para el control de las operaciones.

En un primer prototipo, y centrándonos en la limpieza de finos se distinguen dos sistemas de posicionamiento:

- Un **sistema de posicionamiento primario** capaz de alcanzar zonas extensas del casco. Este sistema consiste en la adaptación de sistemas de posicionamiento comerciales como grúas articuladas (p.e: *cherry picker boom lifts*), telescópicas o de tijera para su empleo en los trabajos de limpieza.
- Un **sistema de posicionamiento secundario** montado sobre el primario (idealmente sobre cualquier primario) capaz de posicionar el cabezal de limpieza eficientemente sobre áreas relativamente pequeñas (de 3 a 6 m<sup>2</sup>).

Siguiendo este enfoque, la UPCT ha llevado a cabo un estudio de selección y adaptación de sistemas de posicionamiento comerciales (grúas de diferentes tipos) así como el desarrollo de un sistema de posicionamiento primario de bajo coste para llegar a aquellas áreas del casco imposibles de alcanzar con grúas comerciales adaptadas. En la figura 1 se muestra un primer desarrollo para el sistema de posicionamiento primario empleándose en este caso un sistema de posicionamiento secundario basado en un cilindro neumático que permite la aproximación del cabezal de limpieza al casco del buque [3].

Un segundo prototipo de sistema de posicionamiento secundario, ha llevado al desarrollo de una mesa XYZ (figura 2). En este caso se utiliza como sistema de posicionamiento primario una torre sobre raíles o una grúa *cherry-picker*, la cuál posiciona la mesa encargada de situar el cabezal de limpieza en el punto de trabajo. Dicho cabezal consiste en una manguera que proyecta granalla y que está confinada en una campana mecánica con aspiración para recoger los

residuos que se originan al impactar la granalla en la superficie pintada del barco y extraer la pintura.

Las soluciones mostradas en las figuras 3 y 4 son más flexibles y permiten el acceso a los finos y fondos del casco del buque. Se muestra un primer y segundo prototipo respectivamente. Ambos vehículos transportan sobre la superficie del barco un cabezal de chorreado. Como en el caso anterior el vehículo es dirigido por un operador humano, pero también debe ser capaz de realizar algunas tareas autónomas, como evitación de obstáculos o ejecución de algunas trayectorias de limpieza sencillas.

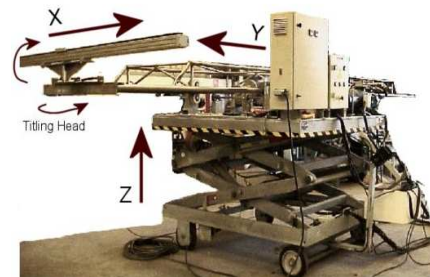


Figura 1. Plataforma elevadora



Figura 2. Mesa XYZ sobre Cherry-Picker

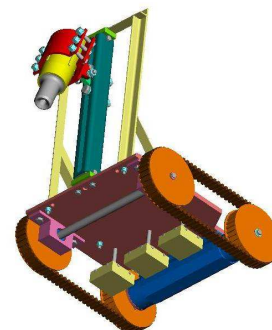


Figura 3. Vehículo Lázaros 1

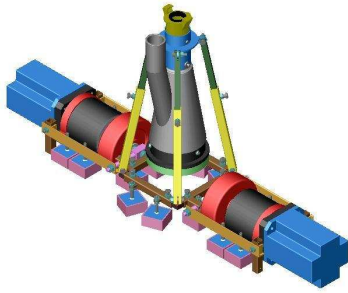


Figura 4. Vehículo Lázaro 2

El desarrollo de las unidades de control para estos dispositivos robotizados implica requisitos muy extensos, si bien es posible destacar:

- La posibilidad de extender sus servicios con nueva funcionalidad (nuevos sistemas de posicionamiento, nuevos procesos de mantenimiento, nuevas herramientas, etc).
- Su capacidad de interoperar con las unidades de control de otros dispositivos robotizados (por ejemplo, la unidad de control de una grúa comercial usada como sistema de posicionamiento primario).
- Su capacidad de interoperar con el resto de subsistemas considerados en el proyecto (sistema de visión, sistema de monitorización y sistema de reciclado y tratamiento de residuos).

Para el desarrollo del software de dichas unidades de control se ha implementado una arquitectura de referencia para aplicaciones de control de robots de servicio (ACROSET) [4].

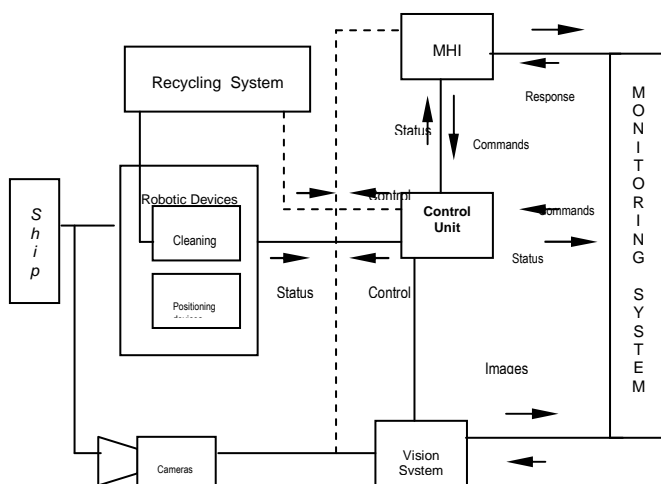


Figura 5. Relaciones con unidad de control

Por otro lado ha sido necesaria la integración de estos dispositivos con el resto de los subsistemas del sistema EFTCOR (figura 5). La integración de dichos

subsistemas requiere unos trabajos muy exhaustivos para definir interfaces estables entre los diferentes componentes con el fin de minimizar los problemas de interconexión entre los mismos, así como reducir al máximo las modificaciones derivadas de posibles cambios en dichas interfaces. En una primera fase se incorporó una cámara de video con el fin de capturar las imágenes de la zona a ser tratada. Estas imágenes eran mostradas al operador a través de un terminal PDA que permite la interacción con el sistema de teleoperación. En este caso el operador decide los movimientos del robot para llevar a cabo la operación de limpieza sin hacer uso de un sistema automatizado para la evitación de obstáculos.

En una segunda fase, el robot adquiere y procesa las imágenes de la superficie del casco y utiliza esta información para posicionar el cabezal de limpieza en el punto donde debe realizar dicha operación. De esta forma, el operador supervisa el trabajo y controla los movimientos del robot. El resultado es un sistema (móvil o no dependiendo de la zona a tratar) con autonomía para localizar los puntos de limpieza.

### 3 Conclusiones

La familia de robots del sistema EFTCoR aporta un enfoque innovador y tecnológico a la limpieza de cascos de buques. En una última fase, los diversos mecanismos y robots deben coordinarse para reducir tiempos y costes en las operaciones. Con ello, los requisitos globales del proyecto EFTCoR son alcanzados.

### Agradecimientos

Los trabajos aquí presentados han sido desarrollados dentro del V Programa Marco (GROWTH G3RD-CT-00794), y parcialmente financiados por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (CICYT DPI2002-11583-E).

### Referencias

- [1] Fernández, C. et al. "Co-operative robots for hull-blasting in European Shiprepair Industry" IEEE Robotics and Automation Magazine (2005). ISSN 1070- 9932.
- [2] B. Goldie. "Comparing robotic units made to clean vertical surfaces with UHP waterjetting". Protective Coating Europe. Sep. 1999.
- [3] Iborra, A., et al. "Service robot for hull blasting" 27th Annual Conf. IEEE Industrial Electronics Society (IECON'01), Denver (Colorado), 2001. ISBN 0-7803-7108-9.
- [4] Ortiz, F. Arquitectura de referencia para unidades de control de robots de servicio teleoperados. Tesis doctoral. UPCT (2005).