



**Interreg**  
España - Portugal



UNIÃO EUROPEA

Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

**MANUFACTUR4.0**

**TERCER INFORME DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA:  
Mecanizado robotizado  
Manufactur4.0**

## Índice

Índice .....	2
1. Introducción .....	3
2. Metodología .....	5
2.1 Fuentes de Información.....	5
2.2 Estrategias de búsqueda .....	9
3. Introducción al Mecanizado robótizado .....	10
3.1 Soluciones comerciales para mecanizado robotizado .....	12
3.2 Sistemas robotizados:.....	14
3.3 Ejemplos de aplicaciones de mecanizado robotizado en el sector naval/metalmecánico: .....	17
4. Análisis científico: Mecanizado robotizado.....	18
4.1 Artículos científicos .....	18
4.2 Paginas web consultadas.....	19
4.3 Tesis y trabajos de grado .....	19
4.4 Patentes.....	20
5. Proyectos de I+D: Mecanizado robotizado .....	25
6. Conclusiones y recomendaciones .....	27

## 1. Introducción

No es sencillo encontrar una definición para el **Sector Metalmecánico**, ya que engloba a un conjunto de actividades económicas muy heterogéneas, pero con un alto grado de integración entre todas ellas, que permite aprovechar sus sinergias. Esto facilita a las empresas que conforman este sector, el beneficiarse del desarrollo de actividades y tecnologías innovadoras, pues todas ellas tienen en común la fabricación, reparación, instalación o comercialización de productos desarrollados con una misma materia prima: los metales. Desde el acero o el cobre hasta el oro pasando por el zinc o el aluminio.

Así pues, se puede considerar el Sector Metalmecánico como la columna vertebral del tejido industrial, ya que los demás sectores de producción y de servicios dependen en gran medida del equipamiento, la tecnología y la innovación de la Industria del Metal para su crecimiento y desarrollo.

Se trata de un actor clave en cualquier estrategia de crecimiento y de empleo. Todas las actuaciones que se realicen a favor de mejorar las condiciones en las que se desarrolla la actividad de la Industria del Metal, y el comercio y servicios ligados a ella, serán decisivas para contribuir a un futuro sostenible para la industria.

Dentro del sector metalmecánico, destaca el **Sector de construcción naval**, que se define como una industria de síntesis, que fabrica un producto singular, rara vez en serie, de elevado valor unitario (que generalmente supera la capacidad financiera de las empresas constructoras), largos períodos de fabricación, muy sensible a los ciclos económicos, con exceso de capacidad mundial casi permanente y fuertemente sometido a competencia internacional.

La industria naval europea, y en particular, la española y gallega, se han visto muy afectadas por la elevada automatización de los astilleros asiáticos (Corea del Sur, Japón, China) y de Europa del este, junto con el bajo coste de mano de obra y las políticas de subsidio en esos países .

Además de la enorme competencia, el sector se enfrenta a una notable disminución del tamaño del mercado: no se contratan tantos barcos, siendo mayor el trabajo asociado a la reparación y reutilización de barcos para otros usos.

El sector naval gallego, caracterizado por la presencia de astilleros de tamaño pequeño y medio y una industria auxiliar formada principalmente por PYMES, se enfrenta además a las siguientes dificultades:

- ✓ Limitada capacidad de inversión, que dificulta el acceso a nuevas tecnologías que permitirían mejorar la productividad de la industria naval. A ello se unen las dificultades de financiación experimentadas con la supresión en 2011 del tax lease (beneficios fiscales concedidos a la financiación privada de los astilleros).
- ✓ Capacidad de innovación escasa: la gran mayoría de las empresas que constituyen el tejido empresarial naval son Pymes. Por este motivo, tradicionalmente este sector no ha participado en Proyectos de Investigación, al carecer estas Pymes de los medios o la financiación necesaria para acceder a programas de I+D+i.

- ✓ Altos costes laborales: las condiciones de trabajo, por lo general duras y que requieren de trabajadores con una alta habilidad y experiencia, unidas al gran número de operaciones no productivas en las que necesariamente se incurre (como es el caso de reparaciones de distorsiones y errores de conformado), dan como resultado unos costes laborales muy altos.

Ante estas características del mercado y las dificultades del propio sector, se está llevando a cabo un importante esfuerzo por parte de los astilleros locales, tanto en el contexto estratégico, como tecnológico y de organización, para:

1. Buscar la especialización mediante la fabricación de buques especiales no seriados de **alto valor añadido**, como es el caso de los buques offshore, dragas, oceanográficos, sísmicos, etc. Es la llamada **Especialización Dinámica**: fabricación bajo demanda y con requerimientos cambiantes por parte del armador, incluso durante la fase de construcción. Un claro ejemplo de esta situación ha venido dada por el drástico descenso del precio del petróleo, lo que ha propiciado la paralización de los pedidos de buques para prospecciones petrolíferas offshore y buques flotel de apoyo a plataformas de extracción del crudo, y la reconversión forzada hacia otras aplicaciones de alguno de los buques que estaban siendo construidos para dichas aplicaciones.
1. Tratar de **reducir los costes productivos**, principalmente, mediante la incorporación de nuevas tecnologías de fabricación de alta flexibilidad que reduzcan los tiempos de operación y agilicen los ciclos productivos.
2. Mejorar la **calidad** de los buques fabricados y la **competitividad** de estas empresas mediante la formación del personal tanto de los astilleros como de las empresas integradas en su cadena de valor.

Esta Especialización Dinámica requiere de recursos, tecnologías de fabricación avanzadas y mano de obra cualificada que permitan desarrollar barcos complejos manteniendo y/o mejorando la productividad y competitividad del sector.

Y en base a lo anterior, puede afirmarse que para que pueda producirse el despegue del naval gallego y su diferenciación de producto frente a los competidores extranjeros, será fundamental que las empresas puedan acceder a desarrollos tecnológicos de bajo coste que les permitan producir con mayor calidad y menores costes, reduciendo al mínimo las actividades que no aportan valor.

**El objetivo de este informe de VT es conocer los últimos desarrollos tecnológicos asociados al proceso de mecanizado robotizado, procesos aplicables a los sectores naval y metalmeccánico.**

## 2. Metodología

### 2.1 Fuentes de Información

Para la elaboración del informe y la incorporación de las noticias a la base de datos del proyecto, se ha hecho la siguiente clasificación:

Bases de datos, revistas y publicaciones		
Fuentes consultadas	Tipo de fuente	Información de interés
JOURNAL OF MARITIME RESEARCH	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS
SHIP TECHNOLOGY	PUBLICACIÓN DIGITAL	NOTICIAS/ARTÍCULOS/EVENTOS
E&P	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS
SMT	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS
JOURNAL OF COMPUTACIONAL DESIGN AND ENGINEERING	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS
INDUSTRIAL PHOTONICS	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS/NOTICIAS/EVENTOS
PHOTONICS SPECTRA	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS/NOTICIAS/EVENTOS
INFAIMON NEWS	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS/EVENTOS
JOHN WILLEY AND SONS	EDITOR/DISTRIBUIDOR	BIBLIOGRAFÍA
MCGRAW-HILL	EDITOR/DISTRIBUIDOR	BIBLIOGRAFÍA
AL HABLA	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS/EVENTOS
SOLDADURA Y TECNOLOGÍAS DE UNIÓN	PUBLICACIÓN IMPRESA	ARTÍCULOS/EVENTOS
WELDING JOURNAL EN ESPAÑOL	PUBLICACIÓN IMPRESA	ARTÍCULOS/EVENTOS
EMERALD INSIGHT	BBDD	REVISTA:"INDUSTRIAL ROBOT: AN INTERNATIONAL JOURNAL"
LASER FOCUS WORLD	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS
REVISTA "CONTROL SYSTEMS MAGAZINE"	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS
REVISTA: ROBOTICS AND AUTOMATION MAGAZINE	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS
SMErobot™	PLATAFORMA	EVENTOS/ARTÍCULOS/PROYECTOS
SPRINGER	BBDD	ARTÍCULOS TÉCNICOS
TECNIPUBLICACIONES	EDITOR/DISTRIBUIDOR	REVISTA "AUTOMATICA E

		INSTRUMENTACIÓN"/REVISTA "MUNDO ELECTRONICO"
INTEREMPRESAS	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS/EVENTOS
INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER VISION	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS
SPAIN VISON SYSTEMS	BBDD	ARTÍCULOS TÉCNICOS
Proveedores		
Fuentes consultadas	Tipo de fuente	Información de interés
Novarc technologies	PROVEEDOR	PRODUCTOS
ROCKWELL AUTOMATION	PROVEEDOR	PRODUCTOS/BOLETINES
ALAVA INGENIEROS	PROVEEDOR	PRODUCTOS/ MEDIDA Y ENSAYO
DASEL	PROVEEDOR	NOTICIAS/PRODUCTOS
GENERAL ELECTRIC	PROVEEDOR	NOTICIAS/EVENTOS/FORMACIÓN/PRODUCTOS
NDT AUTOMATION	PROVEEDOR	NOTICIAS/PRODUCTOS/PROYECTOS
NDT INNOVATIONS	PROVEEDOR	NOTICIAS
NDT MAG	PROVEEDOR	PRODUCTOS
OLYMPUS	PROVEEDOR	PRODUCTOS
PLAN INTEGRITY	PROVEEDOR	PRODUCTOS
QUASAR	PROVEEDOR	PRODUCTOS
SETELISONIC	PROVEEDOR	PRODUCTOS
SONNOVATION	PROVEEDOR	PRODUCTOS/FORMACIÓN
SPERRYRAIL	PROVEEDOR	NOTICIAS
TECNATOM	PROVEEDOR	NOTICIAS/PROYECTOS
TECNITEST	PROVEEDOR	NOTICIAS/EVENTOS/FORMACIÓN/PROYECTOS
UMASIS (TNO)	PROVEEDOR	NOTICIAS/PRODUCTOS
WALTHER PILOT	PROVEEDOR	NOTICIAS/PRODUCTOS
APPLUS	EMPRESA SERVICIOS	NOTICIAS/EVENTOS
SONNOVATION	PROVEEDOR	PRODUCTOS/FORMACIÓN
SPERRYRAIL	PROVEEDOR	NOTICIAS
Centros tecnológicos, Asociaciones e Instituciones de interés		
Fuentes consultadas	Tipo de fuente	Información de interés
FUNDACIÓN LEIA	ORGANISMO	PROYECTOS/PUBLICACIONES/PATENTES
CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA	ORGANISMO	NOTICIAS/EVENTOS/PROYECTOS I+D+i/LEGISLACIÓN
CENTRO TECNOLÓGICO AINIA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN/DOCUME

		NTACIÓN TÉCNICA
CENTRO TECNOLÓGICO FRAUNHOFER IZFP	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN/DOCUMENTACIÓN TÉCNICA
CARTIF	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN/DOCUMENTACIÓN TÉCNICA
AIMEN	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN
ASIME	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS
ACLUNAGA	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS
CESOL	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS/FORMACIÓN/REVISTA "SOLDADURA Y TECNOLOGÍAS DE UNIÓN"
AIMME	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN
SERCOBE	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN/DOCUMENTACIÓN TÉCNICA
ORGALIME	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS
FUNDACIÓN OPTI _ OBSERVATORIO DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA INDUSTRIAL	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS
INSTITUTO NACIONAL DE TÉCNICA AEROESPACIAL (INTA)	ORGANISMO	NOTICIAS/INFORMACIÓN TÉCNICA
FEDIT	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS
ASOCIACIÓN EMPRESARIAL EOLICA	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	ASOCIACIÓN	EVENTOS/FORMACIÓN/REVISTA "AEND"/NORMAS/
EARTO	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS
IK4 TEKNIKER	CENTRO DE	NOTICIAS/ EVENTOS

	INVESTIGACIÓN	/PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN
IK4-AZTELAN	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN
TECNALIA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN
LORTEK	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN
CIDAUT (FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN TRANSPORTES Y ENERGÍA)	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN/DOCUMENTACIÓN TÉCNICA
ITMA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS, NUEVOS SERVICIOS Y PRODUCTOS
TWI	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN/DOCUMENTACIÓN TÉCNICA
UNIVERSIDAD DE VIGO. DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA COMPUTACIONAL	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN/DOCUMENTACIÓN TÉCNICA
LAVENDER	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/FORMACIÓN
INTERNATIONAL INSTITUTE OF WELDING (IIW)	ORGANISMO	NOTICIAS/EVENTOS/REVISTAS "WELDING IN THE WORLD"/BIBLIOGRAFÍA
<b>Patentes</b>		
<b>Fuentes consultadas</b>	<b>Tipo de fuente</b>	<b>Información de interés</b>
ESPACENET	BASE DE DATOS	PATENTES

## 2.2 Estrategias de búsqueda

Para llevar a cabo la elaboración del presente informe de Vigilancia Tecnológica se ha llevado a cabo una estrategia de búsqueda basada en una serie de procedimientos y operaciones que tienen como finalidad obtener la información necesaria para resolver las necesidades informativas de la línea de estudio en cuestión: “sistemas mecanizado robotizado”. En primer lugar, se ha elaborado una lista de *palabras clave* que respondan en su mayor totalidad a las necesidades informativas y, en segundo lugar, se ha generado una búsqueda automatizada con combinaciones de operadores booleanos, de truncamiento y de proximidad en las distintas fuentes más relevantes del sector que permitan, posteriormente, la recuperación de contenido relevante.

Las palabras clave que se han usado para la elaboración del presente informe son:

Deburring  
Automation  
Robotic  
Lean production  
Manufacturing  
Mecanizado  
Grinding  
Turning

Mechanisation  
Shipbuilding  
Trimming  
Naval  
Machining  
Operations  
Milling  
Shaving

### 3. Introducción al Mecanizado robótizado

El **mecanizado** es un proceso de fabricación que consiste en un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión. Esta tecnología se aplica a partir de productos semielaborados o que ya han sufrido alguna transformación previa por otros procesos como conformado o forja. En este apartado, es importante diferenciar los procesos de mecanizado automatizado y mecanizado robotizado, así como su aplicación en los sectores naval y metalmecánico.

El **mecanizado automatizado** es un proceso mediante el cual se lleva a cabo el **mecanizado de piezas** con la ayuda de computadoras que controlan las maquinas herramienta, sustituyendo así a procesos tradicionalmente manuales. Gracias al Control Numérico por Computadora (**CNC**) se ha automatizado el proceso de fabricación de las piezas ya que permite utilizar un conjunto de instrucciones para controlar el mecanizado mediante un programa contando con la mínima intervención humana.

Esta tecnología de CNC se puede aplicar a una amplia gama de operaciones como el caso de la elaboración, el montaje, la inspección, así como el trabajo sobre hojas metálicas, etc. A pesar de ello, el control numérico se utiliza de manera más frecuente en los diferentes procesos de mecanizado de metales o aluminio tales como el torneado, el taladrado, o el fresado. Incluso y como consecuencia de la configuración, las operaciones de mecanizado permiten fabricar a ritmo acelerado, dando como resultado una fabricación a granel que además es mucho más económica y mucho más precisa.

La evolución de la **tecnología de fabricación flexible** está produciendo cambios sustanciales en la forma de concebir los sistemas de producción y representa, sin lugar a dudas, la prosperidad de la industria manufactura mundial. Los sistemas de fabricación flexible basados en robótica industrial representan una oportunidad para resolver operaciones de conformado por arranque de material. Su campo de aplicación se centra fundamentalmente en automatizar procesos de manufactura ejecutados tradicionalmente de manera manual, así como ofrecer soluciones más económicas que lleven a cabo operaciones de fabricación que actualmente se realizan en máquinas que exceden las exigencias requeridas. En este sentido se debe destacar que los robots industriales y en particular **mecanizado robotizado**, ofrecen una alternativa más económica y versátil frente a los equipos CNC en aplicaciones de corte, fresado, lijado, desbaste, etc.

El mundo de la robótica no es ajena a los cambios que se están produciendo en el sector manufacturero gracias al empleo de soluciones robotizadas destinadas a solucionar operaciones de conformado por arranque de material. Tanto es así que el sector dedica gran esfuerzo en divulgar a través de revistas y publicaciones una amplia revisión de las aplicaciones que se están resolviendo actualmente mediante el uso de robots en los diferentes entornos industriales, y especialmente en lo que se refiere a operaciones de mecanizado.

Prueba de ello es el informe **Robotic Machining White Paper Project** publicado en el año 2.008, en cuya elaboración han participado los principales fabricantes de robots (ABB, FANUC, KMT, KUKA, MOTOMAN, etc.), y en la cual se pone de manifiesto la proliferación de celdas robotizadas para realizar diferentes operaciones de mecanizado. En dicho informe, tanto los fabricantes como los usuarios de dichas

instalaciones coinciden en destacar que el mayor condicionante para resolver operaciones de mecanizado utilizando robots industriales es la dureza de los materiales a procesar. En la actualidad a penas se detectan problemas en la ejecución de operaciones de conformado por arranque de material cuando estos presentan una baja dureza (espuma, madera, plástico, etc) con independencia de la etapa de manufactura; prototipo, producto intermedio o producto final. Pero las limitaciones de los sistemas robotizados se ponen de manifiesto cuan mayor sea la dureza del material a trabajar, como es el caso de algunas aleaciones de aluminio, cobre, bronce y fundición de hierro. Por lo tanto, **la posible utilización de sistemas robotizados para resolver operaciones de mecanizado está condicionada fundamentalmente de las exigencias del proceso de conformado.**

Como cualquier sistema de fabricación flexible, el mecanizado robotizado se caracteriza por:




- Alta productividad
- Flexibilidad en las operaciones, ya que es posible incorporar al robot diferentes herramientas de mecanizado.
- Posibilidad de mecanizar todas las caras de una pieza.

Su implementación ha comenzado en sectores como automoción, aeroespacial/aeronáutica, energía, etc., sectores en los que los elevados requerimientos de tolerancia geométrica y dimensional de las piezas condicionan enormemente su tecnología de fabricación, y concretamente en el caso de automoción, donde además, el coste del proceso disminuye proporcionalmente al número de piezas fabricadas.

Debido a sus características, el sector naval no ha demandado mucho este tipo de soluciones robotizadas, y son pocos los ejemplos de aplicación encontrados, a pesar de que si que existen numerosos estudios sobre su aplicabilidad.

### 3.1 Soluciones comerciales para mecanizado robotizado



A continuación se muestran algunos de los robots desarrollados para aplicaciones de mecanizado y sus fabricantes:

Fabricante-Modelo	Aplicación	Imagen
ABB-IRB 6600	Línea de robot dedicado a aplicaciones de premecanizado en las industrias de fundición y colada <sup>1</sup>	
FANUC- LR Mate	Robot diseñado para aplicaciones de mecanizado de productividad elevada. <sup>2</sup>	
KUKA-KR 500	Robot desarrollado especialmente para el mecanizado. Resiste fuerzas de proceso muy altas debido a los reductores modificados en los principales ejes para procesar hasta 8.000 N <sup>3</sup> .	

<sup>1</sup> ABB. Robot industrial IRB 6660. *Robots-industriales*. <https://new.abb.com/products/robotics/es/robots-industriales/irb-6660-premecanizado/datos>

<sup>2</sup> FANUC. Fanuc Deburring Robots. *Industrial Applications*. <https://www.robots.com/applications/deburring/brands/fanuc>

<sup>3</sup> KUKA. KR 500 FORTEC. *Robots industriales*. <https://www.kuka.com/es-es/productos-servicios/sistemas-de-robot/robot-industrial/kr-500-fortec>

<p>Motoman-DX</p>	<p>Robot compacto y de alta rigidez, utilizado para quitar las rebabas después de la fundición o mecanizado.<sup>4</sup></p>	
<p>Stäubli-RX 170 HSM</p>	<p>Robot diseñado específicamente para aplicaciones de mecanizado de alta velocidad. Se suministra con un husillo de Fischer-Precise de alta velocidad integrado directamente en su antebrazo.<sup>5</sup></p>	

<sup>4</sup> YASKAWA. Robotic Material Removal. *Cutting and deburring*. <https://www.motoman.com/cutting-deburring>

<sup>5</sup> INTEREMPRESAS. Robot de mecanizado. Robots antropomórficos.

<http://www.interempresas.net/Robotica/FeriaVirtual/Producto-Robot-de-mecanizado-Staubli-RX170-HSM-69722.html>

### 3.2 Sistemas robotizados:

- **KRANENDONK**

KRANENDONK<sup>6</sup> ofrece sistemas de fabricación de tubos robotizados, con aplicación en astilleros e industria auxiliar. Con el almacenamiento integrado de tuberías y los robots de montaje de bridas, el tiempo de producción se reduce a minutos en lugar de horas por tubería. Todas las tareas de producción están automatizadas y controladas centralmente. Como resultado, no se necesita programación manual. Esto hace que el sistema sea altamente flexible y capaz de manejar diseños continuamente cambiantes.

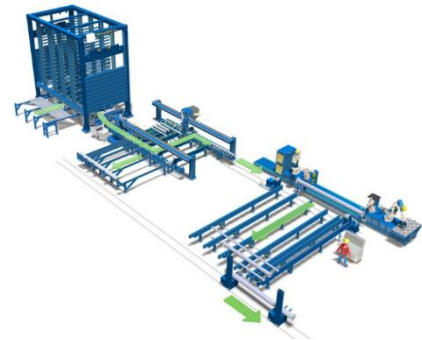


Figura 1 Línea/taller de tubos robotizada de KRANENDONK

- **SINOVO TECH**

El fabricante SINOVO TECH<sup>7</sup> cuenta con un sistema de pulido robotizado que se basa en robots industriales inteligentes, máquinas pulidoras, equipos de control de fuerza, accesorios y otros sistemas periféricos de hardware para equipos auxiliares, sistemas de prevención de colisiones entre robots y otros sistemas de software. El sistema de automatización integrado de pulido está compuesto por una variedad de sistemas de hardware y software configurados para ser un sistema de control coordinado y unificado, con el fin de realizar la automatización de rectificado, pulido y desbarbado robotizado.

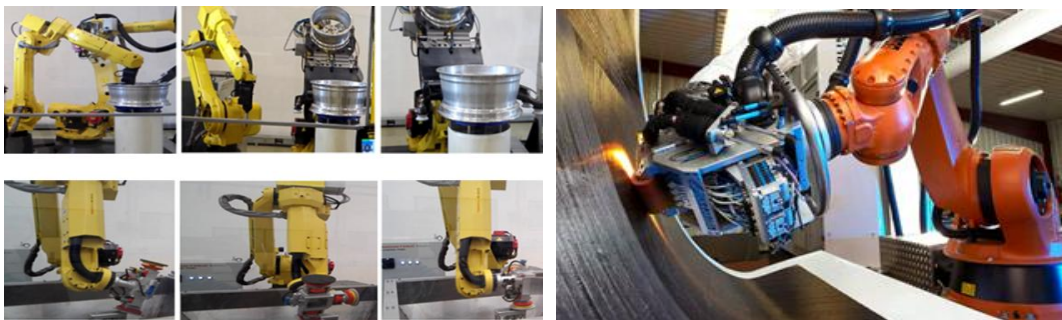


Figura 2 Fig. Izda.: Estación de desbarbado; Dcha.: Robot de pulido. Fabricante SINOVO

<sup>6</sup> KRANENDONK (2015). Robotic pipe shop. *Shipbuilding*. <https://www.kranendonk.com/shipbuilding/robotic-pipe-shop>

<sup>7</sup> SINOVO (2016). Polishing(grinding/deburring) robot workstation Intelligent Platform. *Industrial Robots R&D Integrated Application*. <http://www.sinovotechs.com/en/infox-robotssystem.html>

- **SHL**

SHL<sup>8</sup> ofrece sistemas robotizados de pulido, desbarbado y molido. El **pulido robotizado** permite procesar "productos regulares" individuales o grupales en una sola configuración.

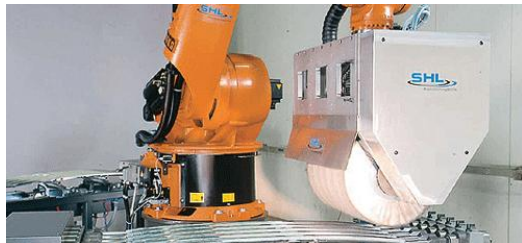


Figura 3 Robot de pulido SHL



Figura 4 Celda de pulido automatizada de SHL

Pero, además, también cuenta con la celda de pulido de SHL, para procesados más completos, plantas hechas a medida para adaptarse a los procesos de producción. Los robots industriales integrados sujetan la pieza de trabajo desde un alimentador, cargando el cargador o el sistema de paletización y los guían a las estaciones de procesado individuales.

La integración de instalaciones de **desbarbado robotizadas** facilita los procesos, además de hacerlos más rentables y reproducibles. La tecnología robótica optimiza significativamente el procesado manual, que en muchos casos consume mucho tiempo.



Figura 5 Sistema de desbarbado robotizado de SHL

SHL dispone de **plantas de molienda robótizadas** con diferentes estaciones para el procesamiento de superficies con diferentes tecnologías de *molienda*. Los robots industriales integrados sujetan la pieza de trabajo desde un alimentador, cargando el sistema de paletización y los guían a las estaciones de procesado individuales.

---

<sup>8</sup> SHL. Grinding robots from SHL: individual solutions for special requirements. Grinding. [http://www.shl.ag/cms/en/automated\\_grinding/grinding\\_robots/](http://www.shl.ag/cms/en/automated_grinding/grinding_robots/)

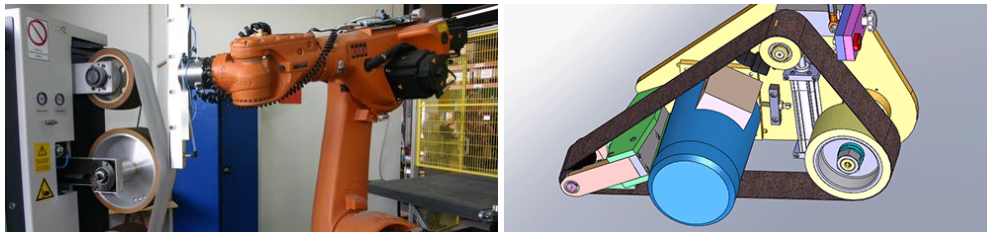


Figura 6 Celda y sistema de molido de SHL

- **PUSHCORP: Weld Shaving | Cruise Ship & Steel Plate | AFD & TWS91 | End of Arm Robotic Tooling<sup>9</sup>**

La molienda manual es lenta y, además, emite vapores nocivos. Actualmente, con la herramienta robotizada se eliminan los salientes de las soldaduras hasta 36m por hora, las ruedas guía con las que cuenta la herramienta se desplazan sobre la superficie para asegurar que el material original permanezca intacto sin sufrir alteraciones, con una continuidad totalmente lineal y plana.

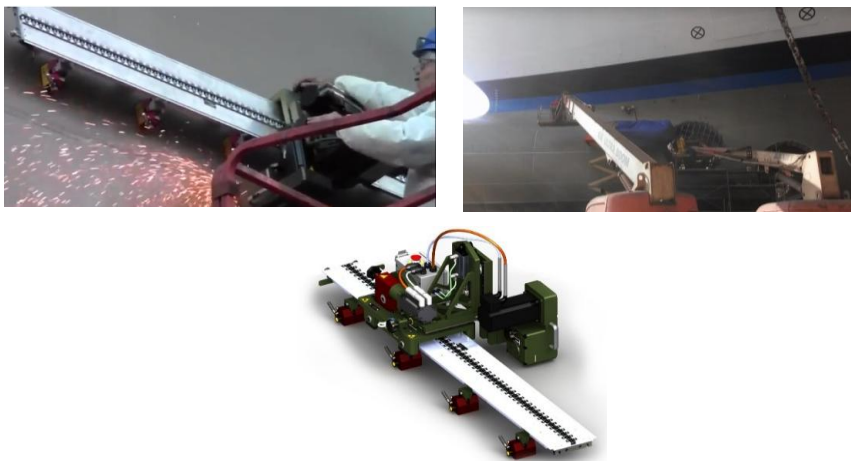


Figura 7 Ejemplo de pulido robotizado de PUSHCORP en un crucero

<sup>9</sup> PUSHCORP.WeldShaving. *Robotic Applications*. <http://www.pushcorp.com/robot-applications.html>

- **TECNALIA**

TECNALIA<sup>10</sup> cuenta con el robot ROPTALMU, una máquina autónoma portable óptima para las nuevas formas de producción industrial. Roptalmu es un robot ligero y portátil cuya finalidad consiste en taladrar agujeros con un alto nivel de precisión en grandes componentes. Este concepto de máquina, por sus características, puede aplicarse a sectores muy diferentes como la producción aeronáutica y naval, construcción, o energías renovables y en general, en todos aquellos sectores en los que se trabaje con piezas de gran tamaño.



Figura 8 Robot taladrador Roptalmu TECNALIA

### 3.3 Ejemplos de aplicaciones de mecanizado robotizado en el sector naval/metalmecánico:



Figura 9 Ejemplo de mecanizado robotizado (rectificado y pulido) de componentes navales en una planta de producción del grupo Wärtsilä

<sup>10</sup> TECNALIA (2010). La unidad de sistemas industriales de TECNALIA muestra en la BIEMH el futuro de la fabricación y automatización. *Industria y transporte*. <https://www.tecnalia.com/es/industria-transporte/notas-prensa/sistemas-industriales-biemh-futuro-fabricacion-automatizacion.htm>

- Los álabes son pulidos por ambas caras empleando un robot ABB.
- El proceso se adapta automáticamente a reducciones progresivas en la profundidad del proceso de molienda, controlando la presión, la alimentación y la velocidad del robot.

## 4. Análisis científico: Mecanizado robotizado

### 4.1 Artículos científicos

Dentro de los resultados de las investigaciones que se llevan a cabo para contribuir al crecimiento y evolución de la ciencia en la construcción naval, se pueden destacar los siguientes artículos de carácter científico:

- DePree, J. y Gesswein, C.; "Robotic machining White paper Project"; Halcyon Development; 2008
- Bauer, J. et al; "Analysis of Industrial Robot Structure and Milling Process Interaction for Path Manipulation"; Process Machine Interactions, Springer; 2011
- González R., Iglesias I., et al; "Mecanizado De Materiales Blandos con un Sistema Robotizado"; 10º Congreso Interamericano de computación aplicada a la industria de procesos (CAIP'2011), Girona-España. Vol. 1, page 87, ISBN: 978-8484583554.
- "Development of a flexible and adaptive robotic cell for small batch manufacturing"; F. Vidal, M.Álvarez, R. González, I. Iglesias, R. Mouriño. IV International scientific conference Contemporary materials (Contemporary materials 2011), Banja Luka-Bosnia and Herzegovina. Vol. II(1) pages 5-12, ISSN: 1986-8669 (Print); 1986-8677 (Online).
- "Development of a flexible and adaptive robotic cell for marine nozzles processing"; M.Álvarez, F.Vidal, R. González I.Iglesias. 17th IEEE International Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA 2012), Krakow-Poland. Vol.II, page 1502-1510, ISBN: 978-1-4673-4736-5.
- Torgny Brogårdh; A method and an apparatus for programming a material removal process carried out on an object by means of a robot (WO2008113807); ABB Technology Co; 2008.
- Pan, Z. et al; "Chatter analysis of robotic machining process"; Journal of Materials Processing Technology, Vol.173, pp.301-309; 2006
- Mejri S., et al; "Experimental protocol for the dynamic modeling of machining robots"; 21ème Congrès Français de Mécanique Bordeaux, 2013.
- Shan, Y.; He, N.; Li, L.; Zhao, W.; Yang, Y. (2013). Vector modeling of robotic helical milling hole movement and theoretical analysis on roughness of hole surface. *Journal of Central South University*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11771-013-1678-5>
- Yoon, J.; Son, S.; Song, W.; Kim, J.; Kang, B. (2014). Study on flexibly-reconfigurable roll forming process for multi-curved surface of sheet metal. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12541-014-0438-2>

- Zhao-hui, W.; Ji-wang, D.; Ming-hua, Z.; Xiu-min, F. (2017). Survey on Flexible Shipbuilding Technologies for Curved Ship-Blocks. *Procedia Engineering*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817302254>
- Li, W.; He, K.; Zuo, Q.; Xu, H.; Liu, Q.; Zhang, H.; Du, R. (2016). Development of an open CNC system for incremental hull plate forming machine. *IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA)*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7831938/>
- Lee, D.; Ku, N. (2016). Robotic orthosis to assist overhead operations for double hull structure. *Ships and Offshore Structures*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17445302.2015.1084136>
- McTiffen, D.; Iversen, G.T.; Smalley, M.; Haq, M.A. (2017). Well Abandonment of Offshore Aging Gas Fields Using New Section Milling Technology Reduces Time and Costs to Set a Permanent Barrier- A Case Study of Section Milling 100 ft of 13-3/8" Casing to Set Cement Plug. *Society of Petroleum Engineers*. <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-188976-MS>

#### 4.2 Páginas web consultadas

Destacar en este apartado las siguientes noticias relacionadas con mecanizado robotizado:

- J.A. Dieste, D. Roba, B. Gonzalvo y P. Lucas de Fundación Aitiip, A. Fernández del Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de Zaragoza (2013) Sistema inteligente de acabado de piezas y utillajes mediante sistemas de pulido y desbarbado. <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/116573-Sistema-inteligente-acabado-piezas-utillajes-mediante-sistemas-pulido-desbarbado.html>
- Línea robotizada para el mecanizado de aros de rodamientos, <http://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/21746-Publirreportaje-Linea-robotizada-para-el-mecanizado-de-aros-de-rodamientos.html>

#### 4.3 Tesis y trabajos de grado

Además, en el ámbito universitario también se desarrollan investigaciones sobre mecanizado robotizado, con aplicación a los sectores naval y metalmecánico.

- Iglesias, I. (2015). Desarrollo de una metodología predictiva de precisión y acabado superficial aplicada al mecanizado robotizado. [http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:IngInd-iglesias/IGLESIAS\\_SANCHEZ\\_Ivan\\_Tesis.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:IngInd-iglesias/IGLESIAS_SANCHEZ_Ivan_Tesis.pdf)
- Cano, L. (2015). Aplicación de un brazo robotizado en tareas de corte y fresado. [http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/3924/TFGUEX\\_2015\\_Cano\\_Gutierrez.pdf?sequence=1](http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/3924/TFGUEX_2015_Cano_Gutierrez.pdf?sequence=1)

- Ferreras Higuero, Eugenio (2014). *Caracterización de un robot para aplicaciones de mecanizado con requerimientos de tolerancias*. Tesis (Master), E.T.S.I. Industriales (UPM).
- Höpler, R. (2004); "A unifying object-oriented methodology to consolidate multibody dynamics computations in robot control"; PhD Thesis TU Darmstadt
- Querol, C (2017); Programación de robot ABB para tareas de reparación de defectos en carrocerías de automóvil. Trabajo Fin de Master; [http://dspace.umh.es/bitstream/11000/4099/1/TFM%20Querol\\_Gomez\\_Cristian.pdf](http://dspace.umh.es/bitstream/11000/4099/1/TFM%20Querol_Gomez_Cristian.pdf)

#### 4.4 Patentes

En el eje de la propiedad intelectual, existen también una gran variedad de patentes que albergan los derechos exclusivos respecto a un nuevo producto o tecnología que afectan favorablemente al desarrollo y evolución de la construcción naval:

Título de la patente	DOWNHOLE MILLING CUTTING STRUCTURES
Número de solicitud	US201715719672
Fecha de registro	29-09-2017
Solicitantes	SCHLUMBERGER TECH CORPORATION [US]
Resumen	Systems, tools, and methods include using a milling assembly with a mill having multiple, different types of cutting element inserts. A gage region of the mill includes a first type of cutting element insert, and a shoulder region of the mill includes a second type of cutting element insert. One cutting element insert may include chip-breaking features, and the other may be a shear or gouging cutting element.
Link:	<a href="https://patents.google.com/patent/US20180094496A1/en">https://patents.google.com/patent/US20180094496A1/en</a>

Título de la patente	Numerical control (NC) turning and milling machine for crank
Número de solicitud	CN2013115329
Fecha de registro	16-01-2013
Solicitantes	SUZHOU ABORNA HEAVY INDUSTRY EQUIPMENT SCIENCE AND TECHNOLOGY CO LTD
Resumen	The invention relates to an NC turning and milling machine for a crank. The overall structural layout of the turning and milling machine is divided into two working portions including a milling round cutter spindle

transmission and feed drive combined device working portion and a round workbench workpiece bearing and slide feed drive combined device working portion. Series connection installation combination layout forms are adopted on the two working portions, and the round workbench workpiece bearing and slide feed drive combined device working portion is installed at the front end of the milling round cutter spindle transmission and feed drive combined device working portion. The milling efficiency of the NC turning and milling machine is 5-8 times that of a turning machine tool for the crank.

**Link:**

<https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=CN&NR=103128553A&KC=A&FT=D>

Título de la patente		Grinding robot for removing welding-bid of shipbuilding
Número de solicitud	KR20080066389	
Fecha de registro	09-07-2008	
Solicitantes	STX OFFSHORE & SHIPBUILDING CO., LTD	
<b>Resumen</b>		
<p>PURPOSE: A grinding robot for grinding a welding bead surface is provided to reduce the load applied to a tool when grinding by freely controlling the position of a tool. CONSTITUTION: A grinding robot for grinding a welding bead surface comprises a robot body, an electromagnetic attaching device, a tool unit, a tool transport module, and a tool angle control link module. The robot body controls the steering and traveling by a driving wheel. The electromagnetic attaching device attaches the robot to the working surface. A tool unit is rotated by a tool driving motor and executes the grinding work. The tool transport module moves the tool unit horizontally and vertically. The tool angle control link module is installed between the tool transport module and the tool unit. The tool angle control link module controls the contact angle between the tool of the tool unit and the work plane.</p>		
<b>Link:</b>		
<p><a href="https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=KR&amp;NR=101000444B1&amp;KC=B1&amp;FT=D&amp;ND=&amp;date=20101213&amp;DB=&amp;locale=">https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=KR&amp;NR=101000444B1&amp;KC=B1&amp;FT=D&amp;ND=&amp;date=20101213&amp;DB=&amp;locale=</a></p>		

Título de la patente		Boats and ships polishing robot
Número de solicitud	CN20162150133U	
Fecha de registro	29-02-2016	
Solicitantes	YANGZHOU ZHONGKE FORWARD INTELLIGENT TECH CO LTD	
<b>Resumen</b>		

The utility model relates to a boats and ships polishing robot. The robot include power cord, receipt and actuating mechanism, walk platform, electromagnetism sorption wheel, vision mechanism, robotic arm, dust recovery system and throw aureola certainly, electromagnetism sorption wheel set up in the platform lower part of walking certainly, receipt and actuating mechanism set up in the platform of walking certainly, vision mechanism set up and to link to each other with actuating mechanism on the platform of walking certainly and with the receipt, robotic arm connect at the platform surface that walks certainly, throwing aureola set up at the robotic arm front end, dust recovery system set up and to throw the aureola rear portion. The utility model discloses reducing the recruitment, reducing the industrial accident, reduce the injury to the human body, both environmental protection can also improve production efficiency.

**Link:**

<https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=CN&NR=205499105U&KC=U&FT=D>

Título de la patente		Ship polishing robot
Número de solicitud	CN20161110577	
Fecha de registro	29-02-2016	
Solicitantes	YANGZHOU ZHONGKE FORWARD INTELLIGENT TECH CO LTD	
<b>Resumen</b>		
<p>The invention relates to a ship polishing robot. The robot comprises a power line, a receiving and executing mechanism, a self-walking platform, electromagnetic attraction wheels, a vision mechanism, a mechanical arm, a dust recycling system and a polishing wheel. The electromagnetic attraction wheels are arranged on the lower portion of the self-walking platform, the receiving and executing mechanism is arranged in the self-walking platform, the vision mechanism is arranged on the self-walking platform and is connected with the receiving and executing mechanism, the mechanical arm is connected to the surface of the self-walking platform, the polishing wheel is arranged at the front end of the mechanical arm, and the dust recycling system is arranged on the rear part of the polishing wheel. By means of the ship polishing robot, labor and industrial accidents are reduced, harm to the human body is reduced, environment friendliness is achieved, and the production efficiency can be improved.</p>		
<b>Link:</b>		
<p><a href="https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=CN&amp;NR=107128386A&amp;KC=A&amp;FT=D">https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=CN&amp;NR=107128386A&amp;KC=A&amp;FT=D</a></p>		

Título de la patente		Grinding robot for removing welding-bid of shipbuilding
Número de solicitud	KR20080066389	
Fecha de registro	09-07-2008	

<b>Solicitantes</b>	STX OFFSHORE & SHIPBUILDING CO., LTD
<b>Resumen</b>	<p><b>PURPOSE:</b> A grinding robot for grinding a welding bead surface is provided to reduce the load applied to a tool when grinding by freely controlling the position of a tool. <b>CONSTITUTION:</b> A grinding robot for grinding a welding bead surface comprises a robot body, an electromagnetic attaching device, a tool unit, a tool transport module, and a tool angle control link module. The robot body controls the steering and traveling by a driving wheel. The electromagnetic attaching device attaches the robot to the working surface. A tool unit is rotated by a tool driving motor and executes the grinding work. The tool transport module moves the tool unit horizontally and vertically. The tool angle control link module is installed between the tool transport module and the tool unit. The tool angle control link module controls the contact angle between the tool of the tool unit and the work plane.</p>
<b>Link:</b>	<a href="https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=KR&amp;NR=101000444B1&amp;KC=B1&amp;FT=D">https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=KR&amp;NR=101000444B1&amp;KC=B1&amp;FT=D</a>

<b>Título de la patente</b>	<b>GRINDING ROBOT FOR SHIP WALL</b>
<b>Número de solicitud</b>	KR20080071502
<b>Fecha de registro</b>	23-07-2008
<b>Solicitantes</b>	KIM DAE YOUNG [KR]; LEE SEUNG HO [KR]; HONG SUNG BUM [KR]; BAE KYOUNG SOO [KR]; KIM TAE GON [KR]; KWON SOON DO [KR]
<b>Resumen</b>	<p><b>PURPOSE:</b> A grinding robot attachable on the wall of a ship is provided to prevent an accident caused by muscle and bone diseases of a worker and grinding stone pieces. <b>CONSTITUTION:</b> A grinding robot attachable on the wall of a ship comprises a moving trolley, a permanent magnet, and a grinder device. The moving trolley has servo motors, speed reducers, and wheels. The servo motors generate driving force for travelling over the grinding robot. The speed reducers increase the generated driving force. The wheels are driven by the driving force. The permanent magnet is installed in the moving trolley, and can be attached on the wall of a ship. The grinder device has a grinder and a sandpaper. The grinder and the sand paper grind the wall of the ship.</p>
<b>Link:</b>	<a href="https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=KR&amp;NR=20100010578A&amp;KC=A&amp;FT=D">https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=KR&amp;NR=20100010578A&amp;KC=A&amp;FT=D</a>

<b>Título de la patente</b>	<b>Edge Grinding Cable Robot</b>
<b>Número de solicitud</b>	KR20140003974U

<b>Fecha de registro</b>	23-05-2014
<b>Solicitantes</b>	대우조선해양 주식회사
<b>Resumen</b>	
<p>The present invention relates to a cable robot for edge polishing of a large structure, in which four cable winches are installed in a gantry capable of moving forward and backward, four cables are drawn from the top of the gantry and connected to the top surface of the polishing robot in four directions, A grinding tool is mounted on a polishing robot composed of a biaxial robot and the grinding operation is performed while moving the polishing tool along the edge of the workpiece by controlling the gantry moving, the four cable position control, the polishing robot and the polishing tool by the controller The present invention is characterized in that it provides a corner polished cable robot which is made to be able to do so.</p>	
<b>Link:</b>	
<a href="https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=KR&amp;NR=200479872Y1&amp;KC=Y1&amp;FT=D">https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=KR&amp;NR=200479872Y1&amp;KC=Y1&amp;FT=D</a>	

<b>Título de la patente</b>	<b>Double-face polishing arm device for polishing propeller of large-sized ship</b>
<b>Número de solicitud</b>	CN20171521719
<b>Fecha de registro</b>	30-06-2017
<b>Solicitantes</b>	UNIV NORTHEASTERN
<b>Resumen</b>	
<p>The invention belongs to the field of manufacturing industry polishing and machining, and particularly relates to a double-face polishing robot arm device for polishing a propeller blade of a large-sized ship. The double-face polishing arm device comprises a power module, and two sets of polishing components which are arranged symmetrically. Each set of polishing component comprises a belt transmission module, a polishing head telescopic mechanism module and a self-adaption polishing head module. The double-face polishing device can achieve corresponding and simultaneous polishing of two side positions in the polishing process of the propeller blade of the large-sized ship, so that the vibration when the edge of the blade of the propeller is polished is reduced effectively. By adoption of a self-adoption attaching mechanism, rapid response to change of the surface shape of a workpiece can be made, and the working period of a polishing robot is shortened; and compared with single-face polishing, the double-face polishing arm device improves the polishing efficiency.</p>	
<b>Link:</b>	
<a href="https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=CN&amp;NR=107253123A&amp;KC=A&amp;FT=D">https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=CN&amp;NR=107253123A&amp;KC=A&amp;FT=D</a>	

<b>Título de la patente</b>	种新型研磨机器人 “New type of grinding robot”
<b>Número de solicitud</b>	CN20181229682
<b>Fecha de registro</b>	20-03-2018
<b>Solicitantes</b>	南通发宝贸易有限公司
<b>Resumen</b>	
<p>The invention discloses a novel grinding robot, comprising a main body, wherein the main body is provided with a sliding slot with an opening facing upward, and a sliding block capable of sliding up and down is mounted in the sliding slot, wherein the sliding block is a rotating cavity with an opening facing upward is disposed, a grinding wheel disk is fixedly mounted in the rotating cavity, and an upwardly extending bracket is fixedly mounted on the left end of the upper end surface of the main body, and a top frame extending to the right is fixedly mounted on the upper end of the bracket a first transmission cavity and a second transmission cavity located at a right side of the first transmission cavity are disposed in the top frame, and a second sliding groove communicating with each other is disposed between the first transmission cavity and the second transmission cavity, and the second a third sliding slot extending left and right is disposed in the top wall of the sliding slot, and a second sliding block that can slide left and right is mounted in the second sliding slot, and the third sliding slot is installed with left and right sliding and the second sliding slot The sliding block is fixedly connected to the third sliding block.</p>	
<b>Link:</b>	
<a href="https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=CN&amp;NR=108340269A&amp;KC=A&amp;FT=D&amp;ND=1&amp;date=20180731&amp;DB=&amp;locale=">https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=CN&amp;NR=108340269A&amp;KC=A&amp;FT=D&amp;ND=1&amp;date=20180731&amp;DB=&amp;locale=</a>	

## 5. Proyectos de I+D: Mecanizado robotizado

Los proyectos de I+D+I son una eficaz vía de transferencia de conocimientos y tecnología, ya que, gracias a su financiación, aumentan la capacidad innovadora de las empresas y orientan la I+D hacia las necesidades de los sectores productivos. En la siguiente tabla pueden observarse algunos de los proyectos en el entorno de la construcción naval con el objetivo de desarrollar nuevos avances que favorezcan al crecimiento del sector y su inmersión en la Industria 4.0.

TÍTULO	ACRÓNIMO	DESCRIPCIÓN
<a href="#">“DEVELOPMENT OF DEEP WATER DRILLING TECHNOLOGY”</a>	-	A complete study of acoustic problems associated with the various systems employed in the drillship has been undertaken and action taken at all design and construction phases to minimise interference with the acoustic systems. An analysis of data recorded on board the drillship during trials has proved that input and electrical noise are at minimal levels. An acoustic signature of the drillship has been established to act as a guide if problems arise in

		future.
“Eco innovative refitting technologies and processes for shipbuilding industry promoted by European Repair Shipyards”	<a href="#">ECO-REFITEC</a>	The overall objective of ECO-REFITEC project is to improve the competitiveness of the European shipyards and SMEs involved in shipbuilding, shiprepair & recycling. The project will help repair shipyards and ship operators to perform a refitting of existing fleet, through technological development and new tools, helping shipping benchmark their performance, improving the retrofit processes and products, and assessing environmental and life cycle cost impact.
“New, Advanced and Value-Added Innovative Ships”	<a href="#">NAVAIS</a>	To maintain world leadership in complex, value-added and highly specialised vessels European shipbuilders must develop tailor-made innovative concepts that are efficient to design and build. Project NAVAIIS proposed solution is a platform-based modular product family approach supported by the 3DEXPERIENCE integrated business platform.
“Automated Polishing for the European Tooling Industry”	<a href="#">poliMATIC</a>	The overall objective of the poliMATIC project is to strengthen the competitiveness of the European Tooling Industry by overcoming the current drawbacks of die and mould finishing by developing automated polishing techniques.

## 6. Conclusiones y recomendaciones

El mecanizado robotizado, como se indica en el apartado introductorio, permite llevar a cabo operaciones tales como tratamientos superficiales, pulido, desbarbado, molido, recantado, biselado, etc. Estos procesos tienen muy en cuenta la relación existente entre la herramienta y su actividad en el material, lo que obliga a prestar especial cuidado en el diseño de la herramienta del proceso de mecanizado. Esta relación que se aplica en la mecanización robotizada depende en gran medida de los aspectos referentes a la dureza del material, siendo óptimo el mecanizado robotizado de materiales de dureza baja, y todavía presenta ciertas limitaciones en sus aplicaciones con índices de durezas más elevados.

Una vez analizados los diferentes aspectos técnicos de la tecnología de mecanizado robotizado en las fuentes consultadas para la elaboración del presente informe de vigilancia tecnológica, se puede concluir que esta tecnología tiene un potencial uso en sectores como la automoción, aeroespacial/aeronáutica, energía, etc., donde existe una relación inversamente proporcional entre el número de piezas fabricadas y su coste. Sin embargo, en el **sector naval y metalmecánico, este tipo de procesos son menos usuales**, a excepción de ciertos astilleros, en los que el mecanizado robotizado se limita a procesos de creación de prototipos, componentes de alto valor añadido y subconjuntos. A estos hechos también se añaden las particularidades del sector naval, donde se fabrica un producto singular no seriado y de elevado valor unitario con largos períodos de fabricación; el proceso de mecanizado robotizado tiene una mayor aplicabilidad, por su condición, en ámbitos donde se requiere una elevada precisión, alta productividad y flexibilidad en las operaciones.

En cuanto a las barreras técnicas detectadas en este informe, se puede constatar que una de las limitaciones principales es la rigidez del robot, directamente relacionada con la dureza del material a mecanizar y la precisión demandada en el propio proceso. Concientes de estas limitaciones, los principales fabricantes de robótica han desarrollado brazos robots más rígidos y más precisos especializados en aplicaciones de mecanizado siguiendo dos enfoques: Robots antropomórficos y robots paralelos.

Otra barrera importante de mercado es el desconocimiento por parte de los usuarios de las capacidades y de las ventajas que tienen los sistemas robotizados de mecanizado frente a los CNC, ya que los potenciales usuarios tienden a ser muy conservadores y contribuyen a la lenta evolución tecnológica de estos sistemas de fabricación.

Pero a pesar de las escasas aplicaciones industriales del proceso de mecanizado robotizado que se han detectado en astilleros, industria offshore, etc., si que se ha encontrado un número destacable de publicaciones científicas (tesis, artículos técnicos, patentes...) que promueven distintas investigaciones y estudios técnicos con el fin contribuir al crecimiento y evolución de la ciencia en la construcción naval, además de una serie de soluciones comerciales que ofrecen fabricantes punteros en robotización y automatización, y que desarrollan herramientas robotizadas para aplicaciones de mecanizado que podrían ser aplicables en el sector.