

POSICIONAMIENTO DINÁMICO: ARTE Y CIENCIA DE PERMANECER QUIETO EN LA MAR

Alejandro MUSEROS ALEGRE



José RICO LÓPEZ



*Cualquiera puede sostener el timón cuando
está el mar en calma.*

Publilio Siro.



ESDE que el hombre se hizo por primera vez a la mar a bordo de primitivas embarcaciones, su objetivo fue explorar tierras ignotas y acceder a donde no podía llegar por tierra, siendo el barco un medio para desplazarse por el agua. La navegación, definida como el arte y la ciencia de desplazarse por el agua en un buque o en otra embarcación, ha sido perfeccionada durante siglos hasta llegar a los modernos barcos de hoy en día. Sin embargo, existen otros tipos de buques cuyo cometido requiere permanecer tan quieto como sea posible en la mar durante períodos largos, en ocasiones de meses, haciendo

frente a las inclemencias meteorológicas. Entre éstos se cuentan mayoritariamente los pertenecientes a la industria *offshore*, dedicados a la explotación de los recursos petrolíferos, al tendido de cables y tuberías submarinas y, más recientemente, a la instalación y mantenimiento de instalaciones eólicas, entre otros.

En aguas someras, el fondeo era la solución más sencilla y económica. Sin embargo, también tiene sus inconvenientes: el borneo, incluso en estas condiciones, puede suponer un desplazamiento inasumible, además del riesgo de ga-reo. El fondeo se hace inviable a partir de determinadas profundidades debido

a que el cable o la cadena necesarios se vuelven demasiado pesados y difíciles de manejar. Además, la precisión alcanzada con el fondeo disminuye con la profundidad. En trabajos que requieren errores de posición menores de un metro, el fondeo no cumple los requisitos adecuados, máxime cuando se trata de delicadas operaciones en las que un desplazamiento podría tener un elevado coste económico o, incluso, podría costarle la vida a un buzo que se encontrase en las profundidades unido al buque por un umbilical.

Este artículo no pretende mostrar una explicación exhaustiva de los últimos avances en el posicionamiento dinámico (DP), sino ofrecer al lector una somera reseña de este sistema centrada, especialmente, en su futura implantación en la Armada.

Historia del DP

Julio Verne describe en su novela *La isla de hélice* de 1895 una estructura habitada que mantiene su posición mediante un sistema de hélices, igual que una plataforma con DP. Sin embargo, no sería hasta 1957 cuando se desarrolló el primer buque con este sistema como parte del Proyecto Mohole. Su objetivo consistía en perforar la corteza oceánica hasta alcanzar el manto terrestre, límite conocido como la discontinuidad de Mohorovicic. Para tener éxito, la perforación se debía realizar en la capa más delgada, coincidiendo con zonas de gran



El *CUSS I*, primer buque con DP. (Fuente: US Navy)

profundidad. La sonda a alcanzar era de alrededor de 4.500 metros, demasiado para los sistemas de anclaje habituales. Para solventarlo, se instalaron cuatro hélices de maniobra a bordo del buque *CUSS I*. La posición en relación con el fondo del mar se obtenía mediante un transmisor hasta el lecho marino que transfería las señales al buque y la distancia radar a cuatro boyas fondeadas a su alrededor. Usando diferentes combinaciones de empuje y dirección para las cuatro hélices, en marzo de 1961 el *CUSS I* fue capaz de mantener la posición con la ayuda del nuevo sistema de DP a una profundidad de 948 metros. Después de un tiempo, el buque completó cinco perforaciones en una profundidad de 3.560 metros, manteniendo su posición dentro del radio de 180 metros.

Así, tras esta experiencia nació la idea de desarrollar una unidad de control automático para salvaguardar la función DP. En ese mismo año, 1961, la compañía petrolera Shell puso en marcha el buque de perforación *Eureka*. En 1964, el *Caldrill 1* fue entregado a Caldrill, sociedad *offshore*, con un equipo similar a bordo. Ambos proyectos se realizaron con éxito. El *Eureka* fue capaz de perforar a una profundidad de 1.300 metros con condiciones de mar y viento adversas, mientras que el *Caldrill* podía hacerlo a profundidades máximas de 2.000 metros.

A partir de entonces se introdujo el primer sistema DP para los movimientos horizontales en los barcos, tales como el oleaje, el balance y los desvíos laterales de la proa, utilizando un algoritmo de control PID (proporcional, integral y derivativo) con una entrada y una salida única.

En Francia, debido al interés por la colocación de tuberías en el mar Mediterráneo, se construyen en 1963 los primeros buques franceses con DP, los llamados *Salvor* y *Terebel*, dedicados a la instalación y tendido de tuberías. En los años 70, se produjeron más avances en los métodos de control de salida basados en el control óptimo de multivariantes y en la teoría de Filtros de Kalman. Con el objeto de buscar petróleo en el mar del Norte, Noruega y el Reino Unido se interesaron por el DP. La compañía British GEC Proyectos Eléctricos Ltd. en 1974 equipó con un sistema DP al *Wimpey Sealab*, un viejo barco de carga convertido en buque de perforación. Los armadores noruegos quisieron un sistema DP producido en su país debido a los problemas relacionados con la adquisición y obtención del servicio de Honeywell en el mar del Norte, que prácticamente abarcaba el mercado entero de DP a principios de los años 70, siendo Kongsberg la encargada de desarrollarlo. El primer buque en usar un sistema DP noruego fue el *Seaway Eagle* en 1977. Durante la década de los 90, los sistemas DP experimentaron una gran difusión, siendo ampliamente utilizados en la actualidad.

Tipos de buque DP

La Organización Marítima Internacional (OMI) define en su circular MSC.1/1580 tres niveles de equipamiento DP en función de la tolerancia a fallos del sistema:

- DP1: una pérdida de posición o rumbo puede ocurrir en caso de un único fallo.
- DP2: un único fallo no causará por sí solo una pérdida de rumbo o posición. El criterio para definir este fallo único incluye cualquier componente activo del sistema (generadores, propulsores, redes de comunicación) y cualquier componente estático (cables, tuberías, válvulas manuales) que pueda afectar a las capacidades para mantener la posición en caso de fallo.
- DP3: añade a los fallos anteriores cualquier componente estático, la pérdida de todos los componentes de un compartimento estanco por inundación o fallo y la pérdida de los componentes de una zona de fuego por fuego o inundación.

La OMI requiere que un nivel suficiente de fiabilidad en el mantenimiento de la posición se alcance usando sistemas DP tolerantes al fallo. Para ello se basa en el principio de redundancia, considerada como la capacidad de un componente o sistema de mantener o recuperar su función cuando ocurre un fallo único.

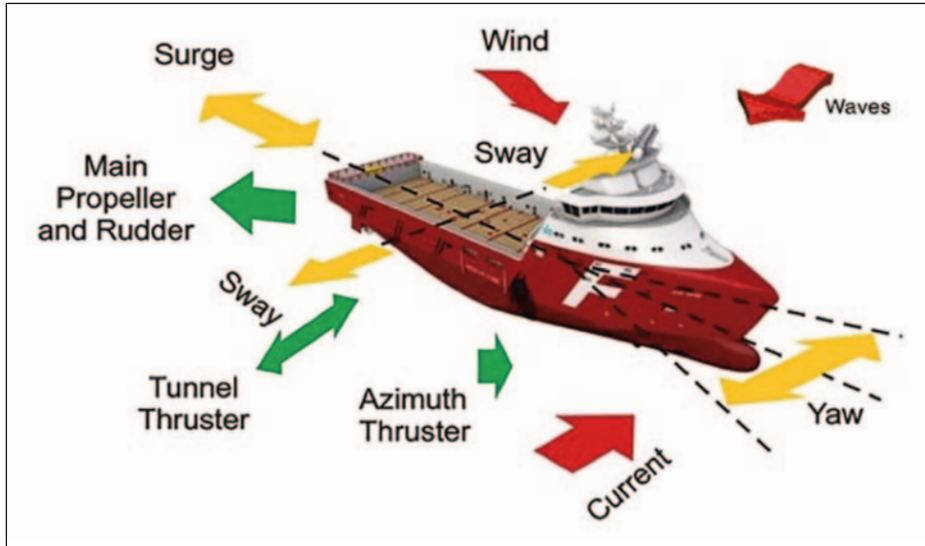
Existen diversos tipos de buques que se benefician de contar con sistemas DP, o incluso que dependen de ellos para operar adecuadamente. Entre éstos, destacan los de apoyo a buzos (DSV), los buques de tendido de tuberías (*pipelay*), los de apoyo a los vehículos operados remotamente (ROV), los buques grúa, los perforadores, los de tendido y reparación de cables, los de manejo de anclas, los de producción, almacenamiento y descarga de gas y petróleo (FPSO), los de abastecimiento a plataformas o los de dragado.

Principios de funcionamiento del DP

La OMI define un sistema DP como la instalación completa necesaria para posicionar un buque, comprendiendo, al menos, los siguientes subsistemas:

- Sistema de potencia.
- Sistema de propulsión.
- Sistema de control DP.

Una de las funciones del sistema DP es contrarrestar los movimientos propios del buque generados por el viento, la corriente y el oleaje para no perder en ningún momento la posición deseada. Los movimientos de un barco se engloban en seis grados de libertad (DOF), que se pueden encuadrar en dos categorías: movimientos de traslación (longitudinal, transversal y vertical) y de rotación (escora, cabezada y guiñada). El sistema DP puede medirlos todos, pero únicamente será capaz de compensar el rumbo (*yawing*), el movimiento longitudinal



Fuerzas que actúan en un buque DP. (Fuente: www.offshoreengineering.com)

(*surge*) y el transversal (*sway*) por medio de la planta propulsora, que genera fuerzas contrarias a las provocadas por el viento, la corriente y el oleaje. La fuerza que ha de crear la planta propulsora será proporcional a las fuerzas que estén actuando sobre el buque en ese momento y zona determinada. Así, el sistema DP tiene en cuenta estas variables y calcula la cantidad de potencia que la planta propulsora debe generar para que el movimiento resultante sea nulo.

Sistemas de propulsión

Los equipos de propulsión y elementos de gobierno son los encargados de crear el empuje necesario para contrarrestar las fuerzas externas y gobernar el buque. Estos sistemas incluyen las hélices y los timones principales del barco, así como todos los propulsores auxiliares instalados a bordo. La mayoría de los buques DP tienen una configuración diésel-eléctrica, por lo que generalmente las hélices y los propulsores son accionados mediante motores eléctricos. En el pasado, esto significaba que las hélices y los propulsores instalados fuesen de paso variable (CCP). Los avances en la electrónica de potencia han permitido también colocar hélices de paso fijo junto con motores eléctricos de velocidad variable (VSD), que posibilitan en todo momento regular la velocidad y el sentido de giro del eje, obviando la necesidad de hélices de paso controlable. Estos propulsores pueden ser de varios tipos:

- *Propulsión convencional hélice/timón*: este sistema es el más frecuente para la navegación convencional. Puede ser de una sola hélice-timón o de doble hélice, lo que proporciona una mayor maniobrabilidad. Sin embargo, para poder obtener la clasificación DP, siempre deberá complementarse con otro tipo de sistema auxiliar. La mayor desventaja de los sistemas de propulsión convencional es que en DP las cargas de los propulsores y la demanda de potencia son mucho menores que las que se requiere para una navegación en tránsito convencional, resultando demasiado liviana en el caso de motores diésel. Este tipo de propulsión suele complementarse con hélices transversales de túnel, tanto a proa como a popa. Pueden ser de paso fijo o variable, actuando siempre perpendiculares a crujía. Cabe destacar la importancia de su inmersión en el agua, especialmente en situaciones en las que el buque se encuentre en lastre y en condiciones meteorológicas adversas, ya que puede afectar directamente a su operatividad y rendimiento.
- *Propulsores acimutales*: se basan en un propulsor acoplado en 90° a una plataforma rotativa que sobresale del casco en sentido vertical, confiéndole una capacidad de giro en sentido acimutal de 360°. Así se obtiene una gran maniobrabilidad obviando el empleo del timón.
- *Propulsor Voith Schneider*: también conocido como «impulsor cicloidal». Consiste en una placa giratoria que sobresale por debajo del casco y que contiene un conjunto de álabes verticales de perfil hidrodinámico que pueden cambiar de orientación girando individualmente sobre su propio eje vertical. El conjunto de álabes verticales es controlado por un mecanismo interno que los orienta en forma sincronizada dirigiendo el empuje en cualquier dirección deseada. Es altamente maniobrable, siendo capaz de cambiar la dirección del empuje de forma casi instantánea, estando su uso muy extendido en remolcadores y transbordadores.

Planta eléctrica

Los buques DP son completamente dependientes de la energía eléctrica, tanto para la propulsión como para los elementos electrónicos que forman parte del sistema de posicionamiento. En función de la naturaleza de la planta eléctrica, se dividen en dos grupos: los diésel-eléctricos y los que no lo son. Dentro de estos últimos, se engloban también los híbridos, es decir, aquéllos en los que las hélices principales están directamente impulsadas por motores diésel, mientras que los propulsores auxiliares son alimentados eléctricamente. Por otra parte, pueden encontrarse también barcos en los que toda la propulsión sea llevada a cabo por motores diésel y en los cuales cada unidad propulsora esté alimentada por su propio motor diésel. En el caso de los diésel-eléctricos, éstos pueden ser

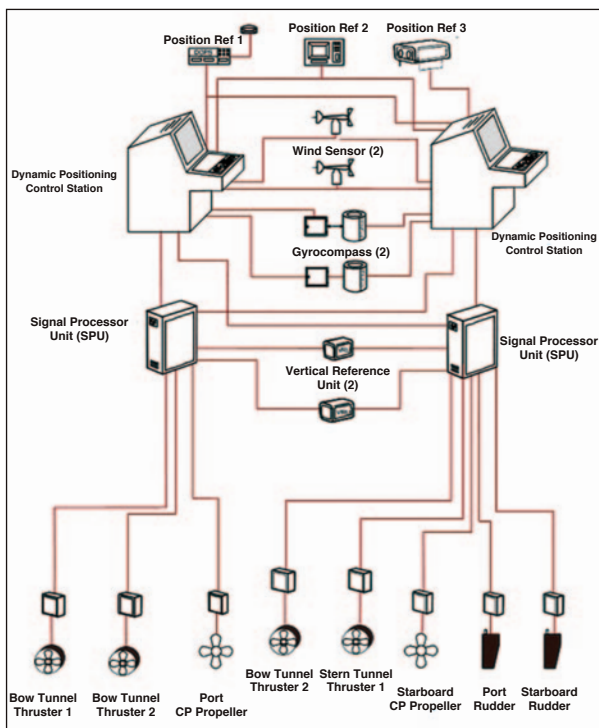
de corriente alterna o continua. Los de corriente continua son cada vez más utilizados debido al menor consumo de combustible y a la mayor capacidad de control de la potencia.

Sistemas de control

El sistema de control del buque DP debe situarse en una posición donde el operador cuente con una vista diáfana de los límites del buque y de su entorno. Los sistemas de control y visualización han de ser ergonómicos y deben contar con una redundancia adecuada al nivel DP en el que estén certificados. Los buques con DP son certificados y comprobados periódicamente, siendo la metodología de análisis modal de fallos y efectos (FMEA) una de las más extendidas en esta materia.

La unidad de control se basa en un modelo matemático teórico del buque que incorpora sus características hidrodinámicas, como los coeficientes de deriva por corriente y datos de la masa virtual. Éste, llamado Modelo Matemático del Buque, define su respuesta ante la aplicación de determinadas fuerzas, ya sean del viento, la corriente o la acción de sus propulsores.

Comparando la respuesta del buque con los datos aportados por los sistemas de referencia de posición sobre su evolución real, la unidad de control consigue ir mejorando y perfeccionando el modelo matemático retroalimentándose y corrigiendo errores. Uno de los algoritmos más empleados es el Filtro de Kalman, que permite estimar variables no observables a partir de variables observables que pueden contener algún error de medición.



Ejemplo del sistema de un buque DP2.
(Fuente: <https://nedcon.ru>)

Sistemas de referencia de la posición

Una de las necesidades primordiales para cualquier sistema DP es disponer de una fuente fiable de la cual tomar la posición del buque. Para ello, es necesario equiparlo con unos sistemas de referencia de posición (PRS) capaces de medir cualquier variable de forma correcta y lo más precisa posible. No existe ningún PRS que sea completamente exacto, estable o infalible, por lo que uno de los factores más importantes a monitorizar durante las operaciones es precisamente el correcto funcionamiento de los PRS empleados. Todo PRS utilizado para suministrar datos de posición al DP debe funcionar de manera precisa, estable y fiable, y debe actualizarse de forma continua. La característica más importante y valorada es la precisión, ya que el posicionamiento del buque nunca será más exacto que el PRS usado. Por otro lado, la fiabilidad es esencial, ya que de nada sirve disponer de un PRS preciso si falla sin previo aviso o, de repente, suministra valores erróneos. Para limitar el impacto del fallo de un PRS sobre la posición del buque debe existir redundancia en los sistemas de posicionamiento. Los sistemas de referencia/medición de posición más comunes son:

- *Sistemas de navegación por satélite (GNSS)*: existen varios tipos (GPS, GLONASS, BeiDou y Galileo), siendo el GPS el más extendido. Sin embargo, la posición obtenida por GPS no es lo suficientemente precisa para su uso en sistemas DP, por lo que la posición se mejora mediante la utilización de una estación de referencia fija en tierra que compara la posición GPS con la posición conocida de la estación. Esto se denomina GPS diferencial o DGPS, y su principal ventaja es su amplia disponibilidad, teniendo como desventajas la degradación de la señal por interferencias ionosféricas y atmosféricas, el bloqueo de satélites por grúas y estructuras o la perturbación de la señal con equipos de guerra electrónica.
- *Sistemas de referencia de posición hidroacústicos (HPR)*: miden distancias y demoras a transpondedores situados en el lecho marino o en vehículos submarinos y otros objetos. Estos sistemas transmiten y reciben pulsos acústicos submarinos y los procesan y corrigen según las condiciones batimétricas para obtener mediciones lo más fiables posible. Existen tres tipos de sistemas de HPR que se utilizan comúnmente:
 - Línea de base larga (LBL). Se compone de una matriz de al menos tres transpondedores colocados en el fondo marino, obteniendo la posición desde un transductor situado en el buque por triangulación.
 - Línea base corta (SBL). Funciona con una serie de transductores en el casco del barco que determinan su posición con respecto a un transpondedor situado en el fondo.

- Línea de base ultra/súper corta (USBL o SSBL). Actúa de forma análoga al anterior, con la diferencia de que utiliza únicamente un transductor a bordo.
- *Alambre tenso (taut wire)*: es el sistema de referencia de la posición más antiguo utilizado en DP, y sigue siendo muy preciso en aguas relativamente poco profundas, por medio de un peso que se desliza hacia el fondo del mar mediante un cable en tensión constante. Conociendo la longitud del cable y el ángulo que éste tiene respecto a la vertical trazada desde el buque al fondo, se puede determinar la posición del buque relativa al peso que está fondeado.
- *Sistemas láser (Fanbeam y CyScan)*: son los sistemas de referencia de posición basados en láser. El emisor láser se encuentra a bordo, normalmente en la cubierta magistral y libre de obstrucciones, y necesita de un reflector sobre el que referenciar por demora y distancia, que se instala en una estructura fija. Estos sistemas son realmente precisos, aunque existe el riesgo de bloqueo en otros objetos que obstruyan o refracten la señal. Su alcance depende de las condiciones atmosféricas, pudiendo oscilar entre 500 a 2.000 metros.
- *Sistemas radar (Artemis, RADIUS, RadaScan)*: basados en radares de microondas, están compuestos por al menos dos estaciones: una unidad colocada en una estructura fija y otra a bordo del buque.

Sensores

Además de la posición y el rumbo, un sistema DP debe alimentarse de otras variables proporcionadas a través de sensores. Estos sensores externos son los encargados de medir el abatimiento producido por el viento y el sumatorio de fuerzas que el sistema interpretará como corriente. Uno de ellos son las unidades de referencia de movimiento (MRU), que especifican el grado a corregir para los movimientos del buque. Estos sensores proporcionan referencias verticales u horizontales para determinar la cabezada, el balance y la guiñada del buque en tiempo real para trasladarla desde las posiciones fijadas por la antena del GPS o el transpondedor acústico a la posición central del buque. Por otra parte, los sensores de viento de un sistema DP incorporan una realimentación de los valores de dirección y fuerza del viento (*feedforward*) que se utiliza para calcular las fuerzas de viento inducidas que actúan sobre el casco y estructuras del buque y anticipar las ráfagas de viento antes de que éste pierda la posición. Además, dependiendo del tipo de unidad, se emplean otros sensores, como, por ejemplo, un medidor de la fuerza ejercida por la tubería en un buque de tendido de tuberías o la posición de la grúa en aquéllos con una grúa de tal capacidad que afecte a su posicionamiento y estabilidad.

Operadores DP

El operador del sistema DP (DPO) constituye un elemento fundamental para el correcto funcionamiento de un buque DP. Una frase empleada habitualmente para definir su labor es la siguiente: «Las operaciones DP son un 99 por 100 de aburrimiento y un 1 por 100 de pánico». Pese a que el sistema está diseñado para operar de forma prácticamente autónoma y con redundancias amplias, es la experiencia del operador la que permite intuir errores que el sistema no es capaz de detectar para actuar en consecuencia.

La demanda de personal certificado como DPO a bordo es alta, puesto que lo recomendable es que las guardias de puente estén compuestas, al menos, por dos personas certificadas y que el personal de guardia de máquinas esté formado en el sistema. Además, es muy importante que el capitán del buque cuente con esta certificación y con amplia experiencia como operador DP.

El organismo de referencia en la formación de operadores de posicionamiento es el Nautical Institute (NI), que este año ha cumplido 50 años de funcionamiento. Se trata de una organización no gubernamental y que tiene estatus consultivo en la OMI. Desde el año 1984 ha formado operadores DP, alcanzando un gran prestigio en este ámbito.

El esquema formativo que ha de seguir un marino para obtener la certificación como operador DP es el siguiente:

1. Un curso de introducción DP (*induction course*) de al menos 28 horas de duración que, generalmente, se imparte en cuatro o cinco días.
2. Sesenta días de mar a bordo de un buque DP, que han de ser verificados por el capitán del mismo. Son necesarias al menos dos horas de funcionamiento en DP al día para ser tenidas en cuenta y, además, se han de realizar una serie de tareas estipuladas.
3. Un curso de simulador DP, con un mínimo 28 horas de duración.
4. Sesenta días de mar a bordo de un buque DP en las mismas condiciones que en el paso 2. Existe la posibilidad de reducir su duración a la mitad si se realiza un curso adicional en el simulador, que debe durar como mínimo 37 horas y media.
5. Una vez cumplidos los 120 días de mar, se obtiene el certificado de operador DP, que será limitado en caso de haberlos efectuado en un buque DP1, e ilimitado si éste es DP2 o DP3.

La validez de este curso es de cinco años. Para poder revalidarlo, es necesario haber efectuado 150 días de mar en DP en dicho período, 30 días de mar en DP y un curso de simulador o uno completo de reválida, que dura 34 horas repartidas en cinco días. Hay varios centros habilitados para impartir esta formación, que se encuentran actualizados en la página web del NI. Uno de los más populares en Europa es el IMAT (Italian Maritime Academy Technologies), aunque existen

otros en países como el Reino Unido, Grecia, Bulgaria o Ucrania. En la actualidad no hay ninguno en España que ofrezca estos cursos. Por otra parte, otros organismos también proporcionan en formación en DP, aunque no están tan extendidos y reconocidos como el NI. Entre ellos el americano OSVDPA (Offshore Service Vessel Dynamic Positioning Authority), que tiene un esquema formativo similar al del NI.

El reto de la formación del personal

La parte técnica de la implantación del DP en los buques de la Armada es un aspecto que compete a los astilleros, supervisados por las respectivas oficinas de programa y las ICO. Sin embargo, el reto de garantizar la cobertura y formación de los operadores recae en la Armada.

Los plazos requeridos antes de la certificación, así como los días de mar requeridos y la caducidad de la formación, exigen una planificación previa que permita que el binomio buque-dotación esté preparado en el momento de la entrega a la Armada. En este aspecto, el primer buque de la Armada con estos requisitos será previsiblemente el de intervención subacuática, actualmente en fase de desarrollo de ingeniería.

Para integrar la formación en DP en el sistema de enseñanza naval existen varias alternativas. Una de ellas, tal vez la más adecuada, sería la de considerar los cursos DP como una aptitud cuya servidumbre permita garantizar la cobertura mínima requerida de personal a bordo de los buques DP. Así, se podría ofertar esta aptitud a los oficiales y suboficiales que cumplan los requisitos establecidos en sus respectivos perfiles de carrera, cumpliendo posteriormente servidumbre en los buques DP de la Armada.

Tal y como se hace con la enseñanza de otras aptitudes de la Armada, especialmente en la fase inicial de adquisición de la capacidad, lo más eficiente es formar a estos operadores en escuelas ajenas a la institución, teniendo en cuenta además que se trata de cursos de duración relativamente corta. La experiencia a bordo se podría adquirir también en el buque donde han de cumplir la servidumbre del curso, lo que haría más sencilla la gestión del recurso de personal en este aspecto. Sin embargo, una vez alcanzada la experiencia suficiente, se podría impartir esta formación en alguna escuela de perfeccionamiento de la Armada. De esta forma, la Armada podría convertirse en el primer centro certificado en formación DP en España y en uno de los primeros del ámbito militar, incluyendo la posibilidad de ofrecer estos cursos a personal civil y de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, nacionales y extranjeros.

Finalmente, la guía de la Armada para la asignación de mandos requiere tener experiencia en fragatas para poder mandarlas, y las especiales características de los buques DP deberían contar con una exigencia semejante. El grave impacto

que puede suponer un fallo del sistema DP en la seguridad de los buzos y en el resto de sistemas de intervención subacuática desplegados justifica esta exigencia.

Buques DP en la Armada: presente y futuro

Actualmente, la Armada no tiene buques certificados DP. Sin embargo, existen dos clases de unidades que llevan sistemas que permiten mantener la posición de forma más precisa que los del resto de la Flota. En primer lugar, se encuentran los cazaminas de la clase *Segura*, que cuentan con dos propulsores Voith Schneider, que les permiten realizar con precisión operaciones de caza de minas. Por otra parte, está el buque de investigación oceanográfica *Hespérides*, que lleva un sistema de timones dobles Schilling Vectwin que le permite dirigir el chorro de la hélice fija de popa, lo que unido a una hélice transversal de proa le confieren la maniobrabilidad necesaria para los cometidos científicos que desempeña.

La Armada del futuro, sin embargo, recoge en sus planes la adquisición de varios buques que tienen previsto tener un sistema DP, con cometidos principalmente de acción marítima. Por un lado se encuentra el sustituto del veterano



BIO *Hespérides*. (Foto: Armada)



El *Neptuno*, fondeado a dos anclas, y el *Clara Campoamor* en DP.
(Fotografía cedida por Jesús Lanchares)

buque de salvamento y rescate *Neptuno*, con cerca de 50 años de servicio, que depende de su sistema de fondeo para mantener la posición durante las operaciones de intervención subacuática. El nuevo buque de intervención subacuática contará con un sistema DP2 y con otro de buceo con campana húmeda, lo que supondrá un salto cualitativo con respecto a las capacidades actuales. Esto permitirá mejorar las capacidades del *Neptuno* en todos los cometidos definidos en el *Concepto de Intervención Subacuática (COIS)*.

En las operaciones con buzos hay una mejora notable, puesto que se consiguen precisiones mucho mayores y que conllevan un menor esfuerzo del buzo para desplazarse por el fondo y maximizan el limitado tiempo de fondo. En el caso de las operaciones con ROV, esta diferencia es aún más notable, ya que al desaparecer las limitaciones impuestas por el fondeo se pueden alcanzar profundidades de varios miles de metros, estando acotadas únicamente por las capacidades del propio ROV. Por otro lado, el futuro buque tendrá la posibilidad de mantener su posición relativa a la del ROV, lo que permitirá una búsqueda dinámica empleando los sensores del vehículo. No podemos olvidar que los restos de las víctimas de la tragedia de Tenerife (1) fueron encontrados con éxito con medios del Instituto Español de Oceanografía empleando esta capacidad.

(1) Recuperación de los cadáveres de dos niñas desaparecidas en Tenerife el 27 de abril de 2021.



Buque hidrográfico *Malaspina*. (Foto: Armada)

Además, existe un Requisito de Estado Mayor que establece la necesidad de contar con un buque que permita formar a los alumnos de la Escuela Militar de Buceo en técnicas con suministro de superficie, siendo la solución idónea un buque de menor porte con DP.

Por otra parte, están los relevos de los buques hidrográficos y de investigación oceanográfica. El Instituto Hidrográfico de la Marina es el garante de la cartografía nacional, y los buques de la clase *Cástor* y *Malaspina* necesitan un relevo que se vería enormemente beneficiado de contar con un sistema DP. El relevo del *Hespérides* también debería llevar DP, teniendo en cuenta especialmente la problemática de fondear en las adversas condiciones que se dan durante las campañas antárticas.

Conclusiones

El DP es una herramienta ampliamente extendida en el sector *offshore* y, cada vez más, en los buques de guerra. La elevada precisión que se obtiene en

el posicionamiento y la reducción de tiempos y de limitaciones operativas en comparación con el fondeo hacen que sea la opción más viable para aquellos cometidos que requieran permanecer estático. La Armada planea disponer de buques con esta capacidad en su flota, por lo que será preciso preparar también a los marinos que los gobernarán, instruyéndoles convenientemente en esta nueva aplicación del arte y la ciencia de navegar.



BIBLIOGRAFÍA

- IMO (2017): *Guidelines for vessels and units with dynamic positioning (DP) systems*.
- IMCA (International Maritime Contractors Association) (2020): *Guidelines for the Design and Operation of Dynamically Positioned Vessels*. M 103. Rev 4.1.
- (2016): *Guidelines for The Training and Experience of Key DP Personnel*. M 117. Rev 2.
- (2020): *Guidance on position reference systems and sensors for DP operations*. M 252. Rev 0.1.
- OSVDPA, <https://www.osvdpa.org/default.aspx>
- Nautical Institute (NI), <https://www.nautinst.org/>
- Dynamic Positioning Committee, <https://dynamic-positioning.com/wp-content/uploads/2014/10/Of-Mice-and-Mohole-Steinbeck.pdf>
- PÉREZ MARCELINO, Lidia Yurena; RAMÍREZ GONZÁLEZ, Pedro: *Fundamentos para un operador de Sistemas de Posicionamiento Dinámico*. Universidad de La Laguna, 2014.
- SOLARES CARRAL, José Luis: *Posicionamiento dinámico: principios, características y operaciones*. TFG, Escuela Técnica Superior de Náutica. Universidad de Cantabria, 2014.
- ZAMORA SARABIA, Pablo Tomás: *Posicionamiento dinámico: principios, características y operaciones*. TFG, Escuela Técnica Superior de Náutica. Universidad de Cantabria, 2014.
- Armada (2016): *Concepto de Intervención Subacuática (COIS)*.

El *Hespérides* y sus científicos.
(Foto: Twitter Armada)

