

SALVAMENTO DE SUBMARINOS, RESCATE Y ESCAPE



ESDE que el submarino se incorpora como una unidad más a las fuerzas navales, a principios del siglo xx, las distintas marinas se preocupan del salvamento de sus dotaciones para el caso de producirse el accidente de un submarino; así, cuando la Armada adquiere sus primeros cuatro submarinos en 1916 designa al crucero *Extremadura* como buque de

apoyo y acompañamiento, hasta la recepción del *Kanguro*, buque nodriza y de salvamento adquirido en Holanda y que llega a España a finales de 1919.

Los submarinos navegan más del 95 por 100 del tiempo en sondas superiores a la cota de colapso; por esta razón frecuentemente se argumenta sobre la necesidad de estar preparado para efectuar el rescate de la dotación de un submarino siniestrado, cuando por lo que parece en principio la posibilidad de efectuar un rescate será mínima, el hecho cierto es, sin embargo, que desde los inicios de la navegación submarina y considerando los accidentes y pérdidas de submarinos ocurridas en tiempo de paz, la mayor parte de ellos, del orden de un 85 por 100, han tenido lugar en zonas cuya sonda hubiera permitido al submarino posarse en el fondo antes de alcanzar la cota de colapso y, como consecuencia, el rescate de su dotación, de haber contado con los medios necesarios y el adiestramiento suficiente.

Estadísticamente el riesgo de que ocurra un accidente es mucho mayor cuando el submarino se encuentra realizando pruebas de mar, haciendo inmersión o subiendo a cota periscópica en zonas de mucho tráfico, o en las entradas y salidas de puerto transitando en superficie con escotillas abiertas; en la mayoría de las anteriores ocasiones habrá posibilidad de efectuar el salvamento y es por esa razón que debemos estar preparados.

El objetivo de estas líneas es dar una idea general de la posibilidad de salvamento de la dotación de un submarino siniestrado que se ha quedado posado en el fondo. El primer objetivo al que tiene que hacer frente la dotación es alertar a su autoridad operativa, así como facilitar su localización por las fuerzas de rescate cuando lleguen a la zona del accidente.

Ayudas a la localización

Para facilitar la localización de un submarino siniestrado hundido en el fondo, podemos diferenciar los métodos en «radio», «sonar» y «visuales».



Buque de salvamento de submarinos *Kangaroo*.

Radio

Los submarinos españoles están equipados con una boya de salvamento largable, ERUX-2B, que en caso de emergencia puede ser disparada voluntariamente por la dotación, o automáticamente, al cumplirse una serie de requisitos.

Al llegar a la superficie emite una señal radio en la frecuencia de emergencia 243.0 Mhz, que puede ser oída a gran distancia, alertando sobre la existencia de una emergencia y de su posición; actualmente se está llevando a cabo una modificación para incorporarlas al sistema SARSAT.

Sonar

También están equipados con la baliza sonar ESUG fija al submarino, que en caso de emergencia emite una señal en la frecuencia de 8,8 KHz para que la fuerza de rescate pueda hacer *homing* sobre ella.

Visuales

Dentro de esta categoría, el submarino dispone de señales pirotécnicas (bengalas y humos) para señalar su posición o puede efectuar lanzamientos

o manchas de aceites y combustibles o lanzar por los tubos lanzatorpedos pertrechos de cualquier tipo.

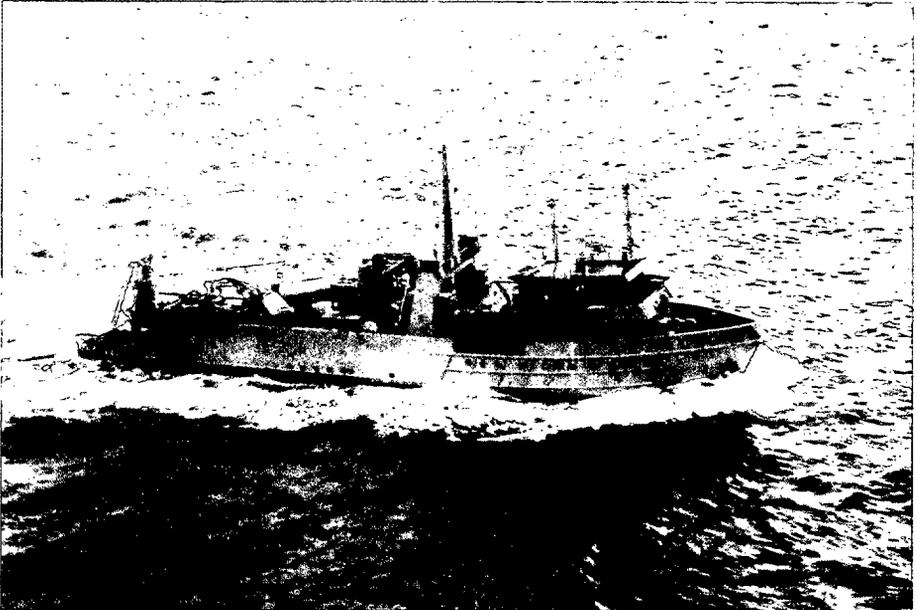
Condiciones de supervivencia a bordo

Mientras tanto no se llevan a cabo las operaciones de abandono del submarino, la dotación tiene que superar condiciones extremas de supervivencia con problemas fisiológicos y psicológicos, con el objetivo de permanecer viva en las mejores condiciones que le aseguren permanecer el tiempo necesario encerrada en el submarino esperando la llegada de las fuerzas de rescate. Entre los elementos a considerar, destacamos:

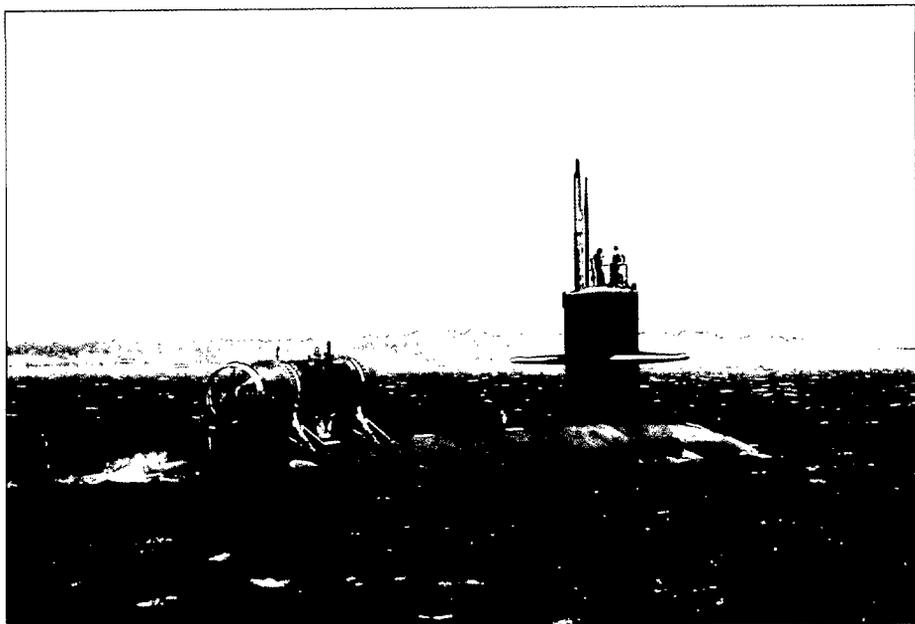
Oxígeno

La vida existe únicamente dentro de un estrecho margen de presión parcial de oxígeno, demasiado oxígeno es tan peligroso como muy poco.

La presión parcial de un gas dentro de una mezcla de gases depende de la concentración de dicho gas en la mezcla y de la presión absoluta a la que se encuentra sometido.



Buque auxiliar de salvamento *Mar Rojo*.



El vehículo de rescate DSRV-2 a bordo de un submarino americano.

La concentración normal de oxígeno en el aire es del 21 por 100. Como en una atmósfera absoluta (ATA) un bar es equivalente al peso de una columna de mercurio de 760 mm, la presión parcial del oxígeno es 760 veces 0,21 ó 160 mm. Expresado en ATA será $1 \text{ ATA} \times 0,21 = 0,21 \text{ ATA}$ o 0,21 bar.

A medida que transcurre el tiempo, los supervivientes van consumiendo el oxígeno disponible, con lo que disminuye la concentración del oxígeno y consecuentemente la presión parcial de ésta va disminuyendo, dando como resultado signos y síntomas de hipoxia o falta de oxígeno.

Los signos de hipoxia que se pueden presentar son: taquipnea o aumento de la frecuencia respiratoria, aumento de la profundidad respiratoria, cianosis (coloración azulada de la piel), confusión mental, alteraciones en el juicio, discordinación psicomotriz e inconsciencia.

Los síntomas de la hipoxia incluyen: sensación de asfixia, aprehensión, dolor de cabeza, mareos, visión de túnel, alteraciones del humor y hormigueo.

Si la presión parcial del oxígeno llega a disminuir hasta los 0,13 bar se produce rápidamente una disminución de la función cognitiva.

Las exposiciones durante tiempo prolongado a presiones parciales de oxígeno inferiores a 0,15 bar pueden producir síntomas de «mal de alta montaña», que se caracteriza por dolor de cabeza, fatiga, falta de aire y, en algunos casos, náuseas y vómitos.

Si la presión parcial continúa disminuyendo puede presentarse edema pulmonar con síntomas de neumonía (los pulmones se inundan de fluidos corporales), y a partir de las 24 a 36 horas se puede padecer edema cerebral, con síntomas de confusión mental, alucinaciones y llegar hasta el coma.

Por el lado contrario, si la presión parcial aumenta, por ejemplo si aumenta la presión total interior en el submarino, se pueden llegar a dañar las membranas pulmonares; respirando oxígeno a una presión parcial superior a 0,6 bar, en menos de 24 horas aparecen problemas respiratorios, el primero de ellos una irritación de la tráquea que se agrava con las inspiraciones profundas, produciendo tos y haciendo dolorosa la respiración, a lo que sigue una disminución de la «capacidad vital forzada» (máximo volumen de aire que puede ser exhalado después de cada inspiración), lo que reduce la transferencia de oxígeno al sistema sanguíneo, pudiendo llegar a la muerte.

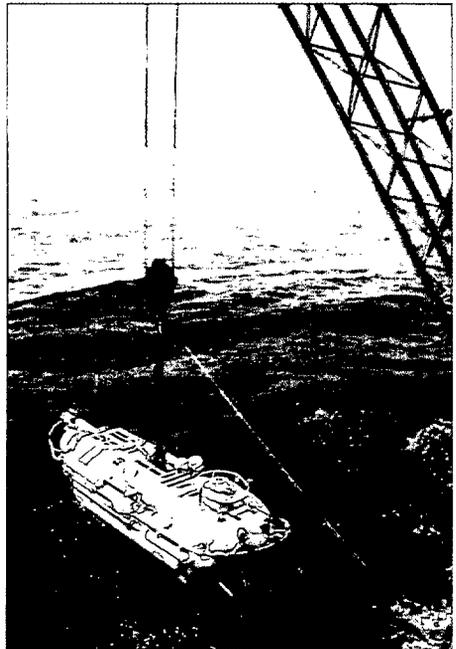
Nitrógeno

El nitrógeno es un gas que a la presión atmosférica normal se encuentra en una concentración del 79 por 100 y una presión parcial de 0,79 bar. De aumentar la presión parcial, se produce un efecto narcótico cuyos signos son problemas cognitivos y psicomotrices similares a los de una intoxicación etílica.

Dióxido de carbono

El dióxido de carbono es un gas que se produce por el metabolismo celular, pudiéndose afirmar que por cada volumen de oxígeno consumido se produce un volumen igual de CO_2 , a presión atmosférica, y en un ambiente normal se encuentra en una concentración del 0,001 por 100 y una presión parcial de 0,001 bar.

El aumento de la presión parcial del CO_2 por aumento de la cantidad de CO_2 , consecuencia de la respiración, o por aumento de la presión interna en el submarino, produce un aumento de la frecuencia respiratoria y de la profundidad de la respiración; a una presión parcial de 0,03 bar, la frecuencia respiratoria es práctica-



mente el doble que a 0,001 bar; si la presión parcial continúa aumentando, al llegar a los 0,05 bar aparece dolor de cabeza, confusión mental y falta de coordinación, y al llegar a 0,10 bar produce inconsciencia y seguidamente la muerte.

Monóxido de carbono

El monóxido de carbono es un gas incoloro insípido e inodoro que tiene la propiedad de unirse con la hemoglobina con una facilidad 200 veces superior que el oxígeno, impidiendo de esta manera que la hemoglobina pueda transportar el oxígeno a los tejidos para la respiración celular. Este gas se produce como consecuencia de una combustión incompleta, como, por ejemplo, al fumar un cigarrillo, una mala combustión de las velas productoras de oxígeno, o por un incendio, así como por un proceso metabólico en la respiración que puede ser causa suficiente de preocupación en pequeños espacios abigarrados.

Los niveles altos de CO producen mareos, dolor de cabeza, inconsciencia y finalmente pueden llegar a producir la muerte por falta de transporte de oxígeno a las células.

Cloro

El cloro es un gas que se produce por inundación de agua de mar en los compartimentos de baterías; a altas concentraciones es letal, concentraciones inferiores producen irritación pulmonar (pneumonitis), el aumento por encima de lo normal de la presión parcial de oxígeno o el aumento de la densidad del cloro en la atmósfera interior de un submarino siniestrado produce un mayor efecto en los daños producidos por el cloro, reduciendo las oportunidades de supervivencia.

Hipotermia

En la mayoría de los casos, el submarino siniestrado se queda sin fuentes de energía, con lo que su temperatura interna tiende a disminuir hasta alcanzar el equilibrio con el agua de mar. La disminución de la temperatura está condicionada a: tamaño del compartimento, cantidad de personal superviviente, aislamiento del casco y temperatura residual de los equipos localizados en el compartimento.

La disminución de la temperatura tiene dos efectos: por un lado, un cuadro de hipotermia (sensación de frío), que se puede ver agravado si el ambiente es húmedo o los supervivientes tienen la ropa mojada, y por otro, un aumento de

la frecuencia de respiración, que origina un mayor consumo de oxígeno y producción de CO_2 .

Viveres y agua

Aunque en los submarinos es más crítico para asegurar la supervivencia los niveles de oxígeno y de CO_2 , es necesario contar con unos viveres de emergencia que aseguren unas cantidades mínimas de nutrición.

Estas cantidades están establecidas en el STANAG 1301, donde se fija que en cada compartimento de escape habrá las raciones de emergencia necesarias para suministrar medio litro de agua/hombre/día (en las primeras 24 horas no se debe beber nada), y tabletas o caramelos de alto poder energético que suministren 400 kilocalorías/hombre/día.

Heridas

Asociado con el incidente del submarino, es más que probable que algunos supervivientes hayan resultado con heridas más o menos graves.

El STANAG 1319 establece el material que debe existir en los botiquines de emergencia de las cámaras de escape para una atención de primeros auxilios.

Medios para prolongar el tiempo de supervivencia

En el interior de un submarino siniestrado se produce una acumulación de CO_2 y una disminución de oxígeno como consecuencia de la respiración.

Dióxido de carbono

La reducción del porcentaje de CO_2 , o su mantenimiento dentro de unos límites aceptables para la vida humana, se consigue con productos químicos absorbentes de CO_2 . Como normalmente no se dispondrá de energía eléctrica, no se podrán poner en marcha los regeneradores, con lo que el producto absorbente se deberá extender por el compartimento, reduciendo en gran medida su eficacia.

Para la medida de los niveles de CO_2 se dispone de equipos portátiles que indican la concentración a presión atmosférica; de existir sobrepresión en el interior del submarino, la lectura que indican es directamente la presión parcial existente.



Escape libre desde un submarino de la serie 70, saliendo por la escotilla del submarino.

Se considera segura la permanencia a bordo siempre que la concentración de CO_2 sea inferior a 2,5 por 100 (presión parcial de CO_2 inferior a 0,025 bar), y que el último hombre debe abandonar el submarino antes de que se alcance una concentración del 5 por 100 (presión parcial de CO_2 inferior a 0,05 bar).

Oxígeno

Para la obtención de oxígeno se utiliza la candela, que es un producto químico cuya combustión desprende oxígeno. Se debe utilizar cuando la concentración de CO_2 llegue al 18 por 100 (presión parcial 0,18 bar) y tratar de mantener el nivel de oxígeno por encima de esta cifra. Para controlar el oxígeno existente se dispone de equipos portátiles que, al igual que para el CO_2 , miden directamente la presión parcial del oxígeno en el interior del submarino.

La permanencia a bordo se considera segura siempre que la concentración sea superior al 17 por 100 (presión parcial del oxígeno superior a 0,17 bar), y que el último hombre debe abandonar el submarino antes de que se alcance una concentración inferior al 14 por 100 (presión parcial del oxígeno inferior a 0,14 por 100).

Método de salvamento

Para que la dotación de un submarino siniestrado que se encuentra apoyado en el fondo lo pueda abandonar, existen dos métodos, el escape y el rescate.

En el escape, la dotación abandona el submarino contando únicamente con sus propios medios, a través de escotillas o compartimentos de escape, usando trajes de salvamento y/o chalecos Steinkel.

En el rescate, se abandona el submarino contando con el auxilio de vehículos de rescate submarino o campanas de rescate, que operando desde sus buques nodriza se acoplan a las escotillas de salvamento del submarino.

Escape

Fue el primer método que se utilizó para el abandono de un submarino y hoy en día se sigue utilizando, ya que ofrece la ventaja de separar a la dotación de los riesgos, tales como gases tóxicos, aumento de la presión interna, etc., sobre todo cuando la situación en el interior del submarino no permite esperar hasta la llegada de los medios de rescate. Presenta, sin embargo, el gran inconveniente de la exposición de la dotación, que ya ha sufrido importantes daños psicológicos y fisiológicos, al ambiente externo, que para un escape a gran profundidad en principio significa: presión correspondiente a la profundidad, oscuridad, frío y, si sobrevive al ascenso a superficie, enfrentarse a los peligros de supervivencia en el mar.

Para comprender mejor los problemas fisiológicos del escape vamos a realizar su estudio, dividiéndolo en tres partes: compresión en la esclusa de salvamento, tiempo sometido a la máxima presión en la esclusa y ascenso propiamente dicho hasta la superficie.

Compresión

Durante la fase de compresión, la presión interna en la esclusa de salvamento, inicialmente igual a la interna del submarino, va aumentando hasta equilibrarse con la presión exterior correspondiente a la profundidad en que se encuentra el submarino, con el fin de permitir la apertura de la escotilla exterior de la esclusa y salida del personal.

Antes de iniciar la presurización, la esclusa se llena parcialmente con agua de mar para permitir una presurización más rápida y con menor cantidad de aire. Una vez iniciada la presurización, ésta se debe realizar rápidamente para evitar los problemas de toxicidad de la presión parcial del nitrógeno y los problemas posteriores de la descompresión. Esta rápida presurización presenta

problemas para aquellos espacios del cuerpo humano que están rellenos de aire; mientras los pulmones compensan el aumento de presión simplemente respirando, los tímpanos y senos nasales pueden presentar signos de barotrauma; si existen problemas para compensar rápidamente el oído medio, suele aparecer dolor de oídos y se puede llegar a la rotura del tímpano. Además, si se es muy agresivo intentando compensar el oído medio, se pueden presentar lesiones más o menos importantes en el oído interno. Si a través de un tímpano roto penetra agua fría en el oído medio, se pueden presentar problemas de desorientación, vértigo, náuseas y vómitos. Los senos nasales si están bloqueados se rellenan de sangre, produciendo dolor agudo.

Tiempo sometido a máxima presión

Es el tiempo que transcurre desde el final de la compresión hasta que se abandona el submarino iniciando el ascenso.

Los problemas fisiológicos que pueden aparecer en esta fase son derivados de respirar un aire que ya no tiene las concentraciones normales de gases a elevadas presiones.

Los altos niveles de CO_2 y de CO , agravados por la presión existente, puede hacer que las presiones parciales de estos gases hagan la atmósfera respirable letal para la vida humana. Por otro lado, la alta presión parcial del oxígeno lo convierte en un gas tóxico que puede producir visión de túnel, contracciones musculares, desasosiego, alucinaciones y convulsiones, y la alta presión parcial del nitrógeno produce efectos narcóticos.

Afortunadamente, todos estos síntomas no aparecen de una manera inmediata, sino que hay un periodo latente hasta su aparición, que es aproximadamente inversamente proporcional a la presión parcial del gas considerado. Es por esta razón que tiene una gran influencia el tiempo que transcurre hasta iniciar el ascenso y consiguiente disminución de presiones parciales para que no aparezcan los síntomas anteriormente descritos.



Ejercicio de escape libre de la dotación del *Mistral* (S-73) en el tanque de escape de la Escuela de Submarinos.

Ascenso

El escape finaliza con la descompresión mientras se realiza el ascenso a superficie. Durante esta fase se pueden presentar dos tipos de problemas fisiológicos, la embolia gaseosa arterial y la enfermedad descompresiva, derivados de la disminución rápida de la presión.

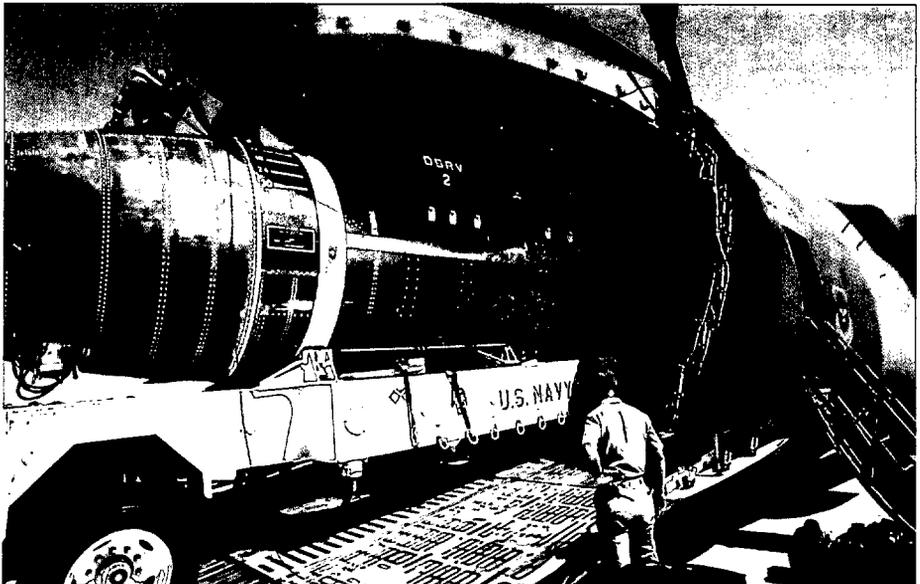
Rescate

Consiste en el acoplo de un vehículo submarino de rescate a la escotilla del submarino y la transferencia de personal entre el submarino y la superficie.

Desde el punto de vista médico, este método es preferible al escape, ya que los supervivientes no están sometidos directamente a los efectos de la variación de presión desde la cota en que se encuentra el submarino siniestrado y la superficie de la mar.

Presenta el inconveniente del tiempo de espera de la dotación en el interior del submarino siniestrado hasta la llegada de los vehículos de rescate, por lo que en ocasiones, y dependiendo de la situación en el interior, no será posible esperar la llegada de éstos.

Vehículos de rescate los hay de varios tipos y características diversas, pero todos tienen en común las especificaciones de sus escotillas de acoplo, que al



DSRV saliendo de un avión C-5.

igual de las escotillas de rescate de los submarinos deben cumplir el STANAG 1297 para su interoperabilidad.

Actualmente se encuentran operativos los siguientes vehículos de rescate:

- Estados Unidos posee dos unidades, el DSRV-1 *Mystic* y el DSRV-2 *Avalon*, que pueden operar usando como nodrizas los buques de rescate submarino ASR-21 y ASR-22 o determinados submarinos estadounidenses, del Reino Unido o de Francia.
- El DSRV tiene una cota máxima de 1.500 metros y puede transportar 24 rescatados en cada viaje. Al operar con un submarino como nodriza, puede evitar los problemas derivados de la descompresión y debe recargar sus baterías cada dos o tres viajes, tardando en esta operación de cuatro a siete horas.
Están basados en San Diego (California) y son aerotransportables mediante aviones C5 hasta un aeropuerto cercano al lugar del incidente, donde se transfieren a su nodriza para las operaciones de rescate.
- El Reino Unido dispone del vehículo submarino LR-5, minisubmarino civil que opera bajo contrato del Ministerio de Defensa británico, usando como buque nodriza remolcadores de salvamento civiles.
Tiene una cota máxima de operación de 475 metros y puede transferir en un mismo viaje nueve o cinco rescatados, dependiendo de la presión interior del submarino siniestrado.
- Italia posee el MSM-1, que opera desde el buque de salvamento *Anteo*. Tiene una cota máxima de utilización de 300 metros y puede rescatar hasta 12 personas en un viaje; está limitado por la presión interior del submarino, ya que no puede acoplarse si está presurizado.
- No pertenecientes a la OTAN hay tres marinas que tienen operativos vehículos de rescate: Suecia, con el URF que opera desde el buque de salvamento *Belos*; Australia, con el *Rémora*, que puede trabajar apoyado por un buque de superficie auxiliar, y Japón, que tiene un DSRV similar al americano trabajando desde el buque de rescate *Chiyoda*.
- En el marco de la OTAN, se encuentra en desarrollo el proyecto de un vehículo de rescate, el PG-38, en el que participan la mayoría de naciones de la Alianza que operan con submarinos.

Ponciano ROLDÁN CRESPI

