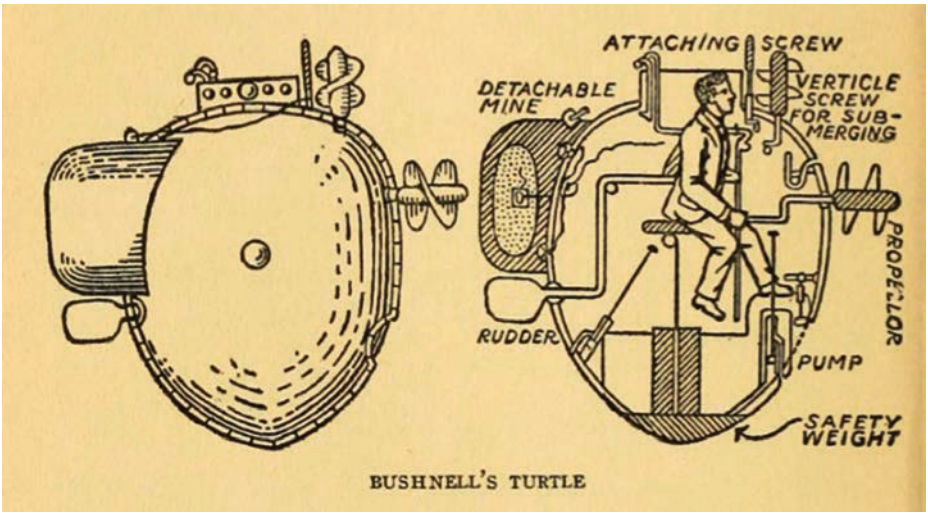
LOS SUBMARINOS DEL SIGLO XXI

José María TREVIÑO RUIZ

(RR)

Introducción

DESDE que el hombre en la Prehistoria aspiró a dominar las profundidades dentro de una embarcación sumergible hasta el actual siglo XXI han ocurrido infinidad de vicisitudes que a lo largo de más de 2.000 años de Historia Marítima han llevado al submarino a la situación actual de dominio de los océanos en todas las latitudes y circunstancias meteorológicas. Remontándonos tan solo al primer ataque probado a un buque de guerra por un submarino, el de la *Tortuga* de Bushnell, en 1776 en plena Guerra de Independencia de los Estados Unidos, el 6 de septiembre de ese año el sargento de Infantería Ezra Lee, introducido en el



Tortuga de Bushnell.

sumergible de madera y con forma ovoide, se dejó llevar por la corriente del río Hudson hasta la fragata británica HMS *Eagle,* fondeada cerca de donde hoy se encuentra la Estatua de la Libertad, con la sana intención de hundir el buque enemigo. Desafortunadamente la fragata llevaba un forro de cobre y el osado protosubmarinista no pudo perforar el casco y el ataque fracasó, debiendo retirarse propulsado por una hélice movida a mano. Una segunda intentona años más tarde, durante la Guerra de Secesión norteamericana, el 17 de febrero de 1864, realizada por el submarino confederado *H. L. Hunley,* bautizado con el nombre de su autor, hundía a la fragata de la Unión USS *Housatonic,* que bloqueaba el puerto de Charleston. Pese a lo exitoso del ataque hubo que lamentar la pérdida del submarino por efecto de la carga explosiva que, ubicada en el extremo de un botalón, debía contactar con el casco del buque enemigo. La fuerte onda expansiva hundió también al *Hunley* con sus ocho tripulantes que, remando, propulsaban al

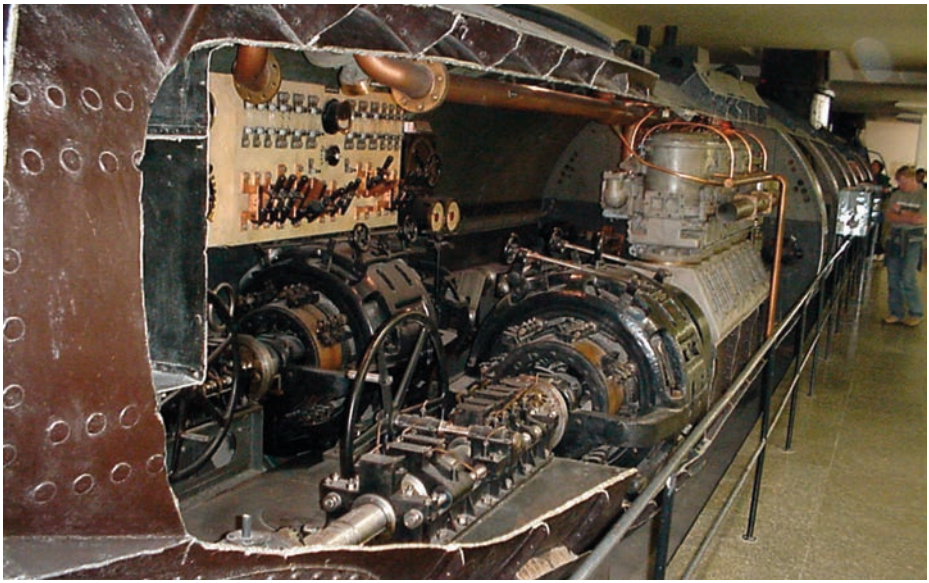
Restos del submarino *Hunley* restaurados.

Submarino *Peral*.

primitivo submarino, cuyos restos fueron descubiertos y recuperados en el año 2000.

No sería hasta la genial invención del teniente de navío español Isaac Peral el 8 de septiembre de 1888 en que un moderno sistema de propulsión, formado por un motor eléctrico alimentado por una batería de 613 acumuladores, le proporcionaría al submarino la enorme autonomía para la época de 396 millas en inmersión, a tres nudos y con una velocidad máxima de 10 nudos. El teniente de navío Peral, que hoy sería considerado como un ingeniero electromecánico, había inventado el primer sumergible eléctrico de la historia, capaz de llegar hasta 80 m de profundidad con una dotación de ocho personas. Sin embargo, a semejanza de los tan en boga coches eléctricos urbanos, tenía que regresar al Arsenal de La Carraca para recargar sus baterías antes de la siguiente navegación.

Curiosamente sería otro ingeniero español de apellido francés, Raimundo Lorenzo d'Equevilley Montjustin, quien solucionaría este problema aplicando un generador eléctrico a la batería del primer submarino alemán, el *U-1,* el 14 de diciembre de 1906, consiguiendo así un sumergible verdaderamente autónomo y, siguiendo con el paralelismo automovilístico, similar a los coches híbridos actuales, ya que cuando la batería bajaba de capacidad, el submarino salía a la superficie para recargar sus elementos arrancando el motor térmico que movería los electrogeneradores. Con este sistema, transcurrió toda la Primera Guerra Mundial, 1914-1918, construyendo solo Alemania unas 375 unidades con la idea original de D'Equevilley, si bien perfeccionando el



Motor del submarino alemán *U-1*.

comportamiento de los últimos submarinos en lo referente a autonomía, cota, velocidad y uso de motores diésel.

La Segunda Guerra Mundial comienza en 1939 con modelos muy similares a los últimos de la Primera, con el gran inconveniente de tener que recargar las baterías en superficie, algo que con la utilización del radar por parte de los aliados y los aviones de patrulla marítima tendría consecuencias mortíferas para la supervivencia de los *U-Boote,* hasta que un invento holandés, el *snorkel,* fue adoptado por los submarinos alemanes en 1942, que de esta forma, navegando en inmersión a cota periscópica, sacaban un mástil denominado de *inducción* por el que entraba aire para poder arrancar los diésel generadores en inmersión, mientras que por otro mástil llamado de *exhaustación* salían los gases de escape.

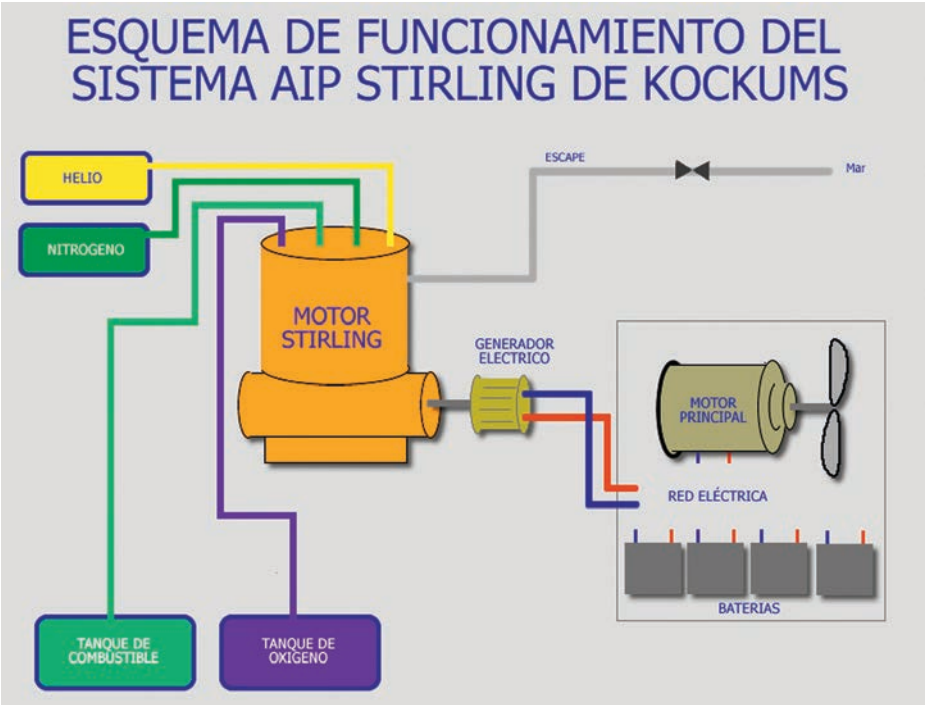
Este invento fue implantado definitivamente en 1943 y para el año siguiente la mitad de los *U-Boote* contaban con él, lo que mitigó las enormes pérdidas que a partir de 1944 estaban sufriendo los submarinos alemanes. Este curioso invento, que por analogía ha cedido su nombre al tubo con el que respiran los nadadores, no fue utilizado en el Pacífico por los sumergibles norteamericanos ni por los nipones, lo que les obligaba igualmente a salir a la superficie para recargar las baterías exhaustas, si bien es cierto que al ser las distancias del Pacífico mucho mayores que las del Atlántico Norte o el Mediterráneo la presión de la aviación de patrulla marítima era bastante menor. Lo

que no fue óbice para que al acabar la contienda mundial en 1945 los submarinos estadounidenses supervivientes sufriesen la modernización GUPPY *(Greater Underwater Propulsion Plant),* que incluía la inclusión de un *snorkel,* y que, por supuesto, todos los construidos desde la posguerra hasta nuestros días, incluidos los nucleares, cuenten con uno más o menos sofisticado o simplificado.

La situación actual

Veamos a continuación los diferentes sistemas de AIP que llevarán los submarinos del siglo XXI, título de este trabajo. Si excluimos la energía nuclear, que merece un artículo aparte y que solo está al alcance de las cinco potencias que paradójicamente son miembros permanentes del Consejo de Seguridad de Naciones Unidas (Estados Unidos, Rusia, China, Reino Unido y Francia, a los que se les ha unido muy recientemente la India, gracias a la ingente colaboración de los ingenieros navales rusos), el resto de las naciones, aproximadamente 40, se ven abocadas a submarinos diésel-eléctricos convencionales, con la servidumbre de que cada número determinado de horas se verán constreñidos a cargar las baterías, con el grave inconveniente de que los diésel generadores son muy ruidosos y pueden ser detectados por otro submarino que se encuentre en las proximidades en inmersión, firmando su sentencia de muerte en caso de enfrentamiento. Se ve así la necesidad de contar con un procedimiento para cargar las baterías en inmersión, sin hacer ruido, y de conseguirlo tendríamos una unidad con gran autonomía en inmersión a la par de poseer una silenciosidad capaz incluso de epatar a los temidos submarinos nucleares, que cuentan con una autonomía inigualable pero que utilizan turbinas de vapor para mover su hélice principal, con la consiguiente firma acústica.

Curiosamente sería otro español de origen catalán, Narciso Monturiol Estarriol, el que desarrolla en 1867 el primer sistema de propulsión independiente del aire (AIP) en su submarino *Ictíneo II,* al embarcar un motor anaerobio que, por medio de la reacción química producida por la mezcla de magnesio, peróxido de hidrógeno, zinc y cloruro de potasio, producía vapor que finalmente hacía girar la hélice del sumergible gracias a una pequeña turbina. Tristemente no se conserva este modelo, ya que en 1868 fue vendido como chatarra en Barcelona. No sería hasta 1940 cuando un ingeniero alemán, el profesor Helmut Walter, inventase su famosa turbina movida a base de peróxido de hidrógeno, sistema anaerobio que sería instalado experimentalmente en el *V-80* y posteriormente en los *U-Boote* del *Tipo XVII*. Sus experimentos al acabar la Segunda Guerra Mundial fueron copiados por los británicos, que construyeron en 1954 los HMS *Explorer* y HMS *Excalibur,* que tras múltiples accidentes en su propulsión HTP *(High Test Peroxide)* eran conocidos como *Exploder* y *Excruciator*, siendo dados de baja en 1965 en beneficio de la



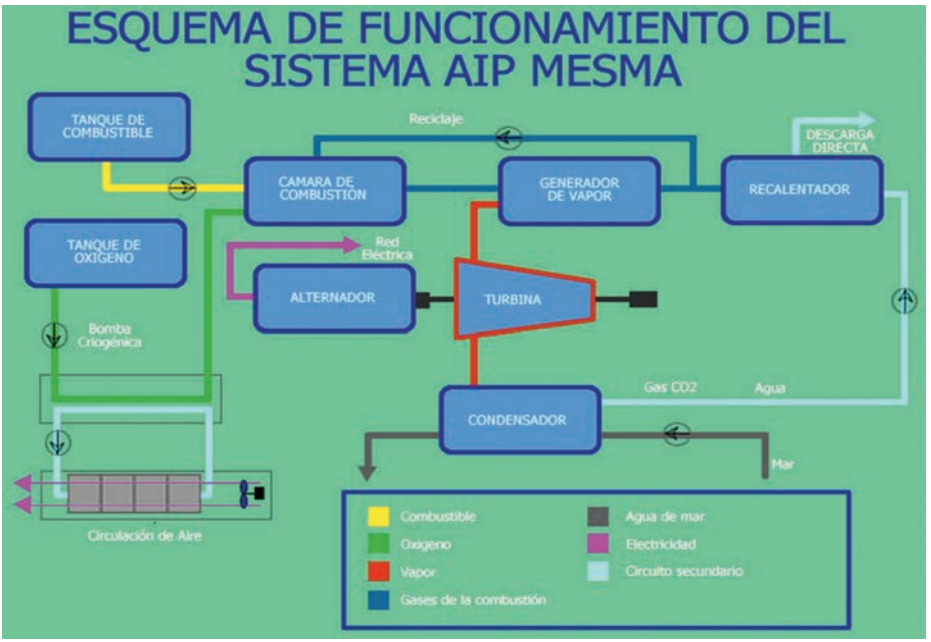
AIP *Stirling* de Kockums.

propulsión nuclear, al igual que hizo Rusia con su modelo experimental *S-99*. Pero la Bundesmarine no tiró la toalla en la carrera por obtener un submarino anaerobio, ya que le estaba vedado utilizar la energía nuclear. Por ello la Marina alemana cedió uno del *Tipo 205,* el *U-1 (S-180),* a los astilleros de Nordseewerke para que le instalasen un sistema de células de combustible alimentadas por hidrógeno puro, que proporcionaba 220 kW, después de su baja definitiva en 1991.

La URSS, al acabar la Segunda Guerra Mundial, botó un submarino, de 650 t clase *Quebec,* cabeza de serie de 30 unidades similares construidas entre 1953 y 1956, que iban dotadas de un sistema de propulsión basado en tres motores diésel de circuito cerrado, cuyos gases de exhaustación enriquecidos con oxígeno almacenado en un tanque criogénico eran introducidos de nuevo en la admisión. Paralelamente, años después los astilleros holandeses de RDM adquirieron un tricasco de la clase *Dolfijn* para instalarle un sistema diésel de circuito cerrado, pero la falta de financiación y de un posible comprador hicieron que este proyecto se abandonase a finales de los años 90, ya que además el problema de la rumorosidad del diésel en inmersión no estaba resuelto del todo.

Sin embargo, los astilleros suecos de Kockums desarrollaron con éxito el motor Stirling de combustión externa para instalarlo en 1996 en los tres submarinos de la clase *Gotland* y posteriormente en los cuatro de la clase *Västergötland* y *Södermanland*. El sistema del Stirling solo desarrolla 75 kW, pero dado su reducido tamaño se pueden ubicar hasta cuatro motores en una sección de propulsión, con lo que se conseguirían 300 kW, más que suficientes para obtener una velocidad constante en inmersión total superior a cinco nudos durante un período de tiempo próximo a 15 días. El sistema sueco, con el problema de la rumorosidad resuelto gracias a un cajón insonorizado donde se introduce el motor Stirling, lo montan actualmente, además de las unidades suecas, los dos submarinos clase *Archer* vendidos a Singapur, habiendo adquirido China y Japón la patente para instalarlo en sus submarinos convencionales de última generación; *de facto,* la Marina Popular china acaba de anunciar la instalación con éxito de este sistema AIP en una unidad de la clase *Yuan* o *Tipo 39B,* basado en el clase *Kilo* ruso.

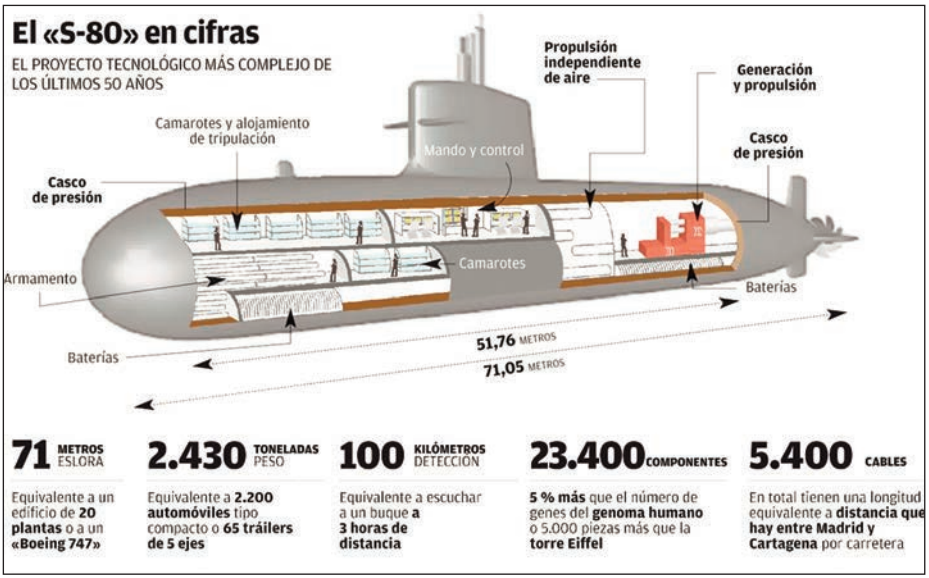
Francia tampoco se quedó atrás y los astilleros estatales de la DCNS, hoy Naval Group, idearon un sistema AIP basado en una turbina movida por el vapor producido por la combustión en una cámara de una mezcla de etanol y oxígeno. Denominado MESMA (Módulo de Energía Submarina Autónoma), está basado en la experiencia obtenida de la construcción de 22 submarinos nucleares franceses y se encuentra instalado actualmente en los tres submari-



nos paquistaníes de la clase *Agosta 90B*. Naval Group se compromete actualmente a incluir este sistema MESMA en todos los submarinos convencionales clase *Scorpene,* construidos por los ingenieros franceses para Chile (2), Malasia (2), la India (6) y Brasil (4), con la simple anexión de un anillo de 10 m de longitud y no menos de seis de diámetro que iría a proa de la sección de máquinas, de forma similar a como se ha hecho con los dos primeros *Agosta 90B* paquistaníes, que inicialmente carecían de un sistema *AIP.*

En realidad, los astilleros que más éxitos han conseguido en la construcción de submarinos con un sistema AIP, que está basado en el transporte de hidruros en tanques, han sido los alemanes de TKMS, si bien el hidrógeno puro obtenido de esos hidruros para alimentar las células de combustible que proporcionarán los amperios necesarios para las baterías del submarino es tan solo del 2 por 100. Por ello los tanques de hidruros deben ser enormes e ir estibados externamente al casco resistente del submarino, con lo que condicionan físicamente las formas y el desplazamiento del buque, ya que por cada 100 t de hidruros solo se obtienen dos de hidrógeno. Una vez finalizado con éxito un año completo de pruebas en la mar del *Tipo 205 (S-180),* los astilleros acometieron la construcción de cuatro *Tipo U-212* de 1.830 t, con el primero de la serie, el *U-31,* entregado en octubre de 2005, exportando otros cuatro de la misma clase a la Marina italiana, para posteriormente iniciar la construcción de 17 más para Grecia, Turquía, Corea del Sur, Portugal, Israel y Singapur, si bien las denominaciones cambiaban a *Tipo 214* para la generali-

Submarino *U-34* del *Tipo 212*.



dad, con la excepción de Portugal (*Tipo 209P)* y Singapur (*Tipo 218)*. En esencia, el sistema alemán, una vez obtenido el hidrógeno puro almacenado y extraído de los tanques de hidruros, lo introduce en las células de combustible de Siemens, que proporcionan en torno a 40 kW por equipo instalado, ubicándose un número próximo a ocho de ellos en cada submarino para proporcionar una potencia total cercana a 300 kW, que permitirán igualmente una navegación a cota profunda próxima a dos semanas sin tener que arrancar los ruidosos diésel generadores en la zona de patrulla, evitando así ser detectados.

La entrada del siglo XXI sorprendió a la Armada española finalizando los requerimientos operativos de lo que habría de ser el futuro submarino *S-80*. Inicialmente sería convencional de propulsión diésel-eléctrica, es decir, que contaría con un *snorkel* para cargar sus baterías y ninguna innovación más en este ámbito. Por ello, la Comandancia del Arma Submarina recomendó al almirante jefe de Estado Mayor de la Armada la adopción de alguno de los sistemas AIP existentes en el mercado. Cuando en 2004 se firmó finalmente la construcción de cuatro submarinos *S-80,* el Ministerio de Defensa ordenó que el AIP debería ser de diseño nacional. Dado el desconocimiento que había en la industria española sobre este tema, el contrato se le encargó a una firma con experiencia en la obtención de bioetanol, ya que habría de ser este el combustible a utilizar. Inicialmente la empresa Hynergreen, subsidiaria de Abengoa, se haría cargo de este proyecto, en el que se obtendría hidrógeno por medio de una cámara de reacción y varios reactores Coprox; el hidrógeno así obtenido

Futuro submarino *S-80* español.

alimentaría un equipo de células de combustible diseñado por la compañía norteamericana UTC Power, que ya lo había construido para las lanzaderas espaciales de la NASA. Desgraciadamente, el proyecto no llegó a buen puerto, por lo que una segunda compañía española, Técnicas Reunidas, con gran experiencia en el ámbito de ingeniería en equipos de hidrógeno, fue la encargada de desarrollar otro proyecto que, probado finalmente en 2018, resultó todo un éxito.

Conclusiones

En los comienzos siglo XXI, cualquier submarino que no lleve un sistema anaerobio, es decir, nuclear o independiente del aire, está condenado a la destrucción en caso de enfrentarse a uno AIP, ya que aquel se verá obligado a recargar sus baterías mientras que el nuclear o el AIP no necesita hacerlo.

A lo largo de estas líneas, hemos visto los principales sistemas vigentes, destacando el alemán de TKMS, que utiliza hidruros y células de combustible; el sueco, con el motor Stirling, y el francés, con la turbina de vapor MESMA, si bien ahora anuncia un nuevo sistema denominado FC-2G, que teóricamente produce hidrógeno a partir del gasóleo.

Incomprensible para el autor es el reciente concurso ganado por Naval Group para construir 12 submarinos convencionales para la Marina australiana, cuyo prototipo, denominado *Shortfin Barracuda Block 1A,* carece de momento de un sistema AIP. En lo que se refiere a la Armada española, la *Serie 80* llevará un equipo de AIP de diseño e ingeniería nacional basado en el reformado del bioetanol para conseguir hidrógeno puro que alimente a una pila de combustible, consiguiendo así que el futuro submarino español construido por Navantia sea, gracias a este original sistema de propulsión independiente del aire, el más silencioso de los que naveguen en la década de los 20.

Fragata *Álvaro de Bazán* en los fiordos noruegos.
(Foto: Alejandro Esperante Losada).