

Por

G. LEIRA Rey
Ing. Nuclear
(Armada de España)

PERSPECTIVAS ACTUALES DE LA PROPULSION NAVAL NUCLEAR

MARINA MERCANTE

Los rumores, unas veces confirmados y otras desmentidos, sobre la retirada del servicio del NS "Savannah" ponen de actualidad un problema ya casi viejo: la utilización de la energía nuclear para la propulsión de buques mercantes.

En las Marinas de Guerra, lo mismo para los submarinos que para los buques de superficie, existen razones que obligan a no ceñirse a unos criterios económicos estrictos y ya han decidido una utilización masiva de la energía nuclear. Por el contrario, en la Marina Mercante los criterios de selección son siempre fundamentalmente económicos y, hasta ahora, la experiencia norteamericana con el "Savannah" parece indicar que la propulsión nuclear no es interesante, sino que en el caso de determinados buques especializados, como el rompehielos ruso "Lenin".

Es indudable que la utilización de la propulsión nuclear con fines militares conducirá a su abaratamiento y vulgarización, lo mismo que ha ocurrido con los reactores nucleares de las centrales terrestres y con gran número de técnicas y tecnologías; pero lo verdaderamente interesante es saber si ya actualmente un nue-

vo enfoque de la cuestión conduciría a recurrir a la energía nuclear a países con industrias navales desarrolladas pero que por su situación geográfica no necesitan construir buques rompehielos.

Es sabido que en potencias por encima de los 40.000 CV. el sistema de propulsión naval más económico y práctico es de instalaciones de vapor, producido en calderas de fuel-oil. También es sabido que la energía nuclear es económica cuando se necesitan grandes potencias de una manera continua; por tanto la competencia estará entre las instalaciones convencionales de calderas y las instalaciones nucleares en aquellos tipos de buques que empleen grandes potencias con un factor de utilización alto.

Si suponemos que la inversión requerida por un buque nuclear es la misma de un buque convencional en el que se han substituido las calderas por un reactor nuclear, y admitimos que la inversión inicial en éstas queda compensada por la debida a los requerimientos especiales de la seguridad de un buque nuclear: mamparos anticolidión, primas de seguro, etc., la propulsión nuclear entrará en los márgenes de competencia en

cuanto los gastos de construcción y combustible del reactor equivalgan a los de combustible del buque de calderas.

El precio de la energía suministrada por una caldera que queme 210 gramos CVH de fuel-oil, a 900 pesetas la tonelada, resulta 18,9 cts/CVH, y éste podría ser el de la energía en un buque nuclear de unos 60.000 CV, siempre que estuviese ya desarrollado y no tuviese que soportar cargas de experimentación; por ejemplo se puede suponer:

Coste del reactor (agua a presión), 468 millones de pesetas.

Amortización, veinte años.

Interés, 6 por 100.

Carga fija anual resultante, 40,7 millones de pesetas.

Coefficiente de utilización anual, 0,8.

Carga fija resultante sobre la energía, 9,7 cts/CVH.

Si se consigue un grado de quemado de 30.000 Mwd/Tn. U y la carga inicial es de 7,5 toneladas de uranio enriquecido al 5,1 por 100, con una vida de 4,8 años, el precio del combustible se descompone de la forma siguiente:

Fabricación del elemento combustible.	6.600 pts/kg. U
Depreciación del uranio por consumo	15.000 pts/kg. U
Transporte y tratamiento del combustible irradiado.	2.400 pts/kg. U
Cargas financieras de inmovilización (6 por 100)	7.500 pts/kg. U
Plutonio obtenido (480 pts/g)	—7.200 pts/kg. U
Precio total del combustible	24.300 pts/kg. U

La producción continua de 60.000 CV. durante 3,84 años (4,8 por 0,8) conduce a un coste de 9,0 cts/CVH debido a la utilización del combustible, que sumado a la carga fija anteriormente calculada (9,7 cts/CVH), dará el coste total de la energía, 18,7 cts/CVH, ligeramente inferior al obtenido para la instalación de calderas. Sin embargo, habría que tener en cuenta también el coste de los sistemas de renovación, transporte y almacenamiento del combustible irradiado, pero cuya repercusión sobre el precio de la energía no sería grande desde el momento en que fuesen utilizados por varios buques.

Habría también que valorar, esta vez como ventaja, el ahorro de peso y espacio que supone suprimir los tanques de almacenamiento de combustible.

Resulta favorable el empleo de la energía nuclear en estas condiciones, pero no hay que olvidar que el coeficiente de utilización de un buque de carga suele estar entre 0,50 y 0,60 y que la potencia de máquinas de estos buques está normalmente muy por debajo de los 60.000 caballos de vapor supuestos. Hay, sin embargo, cargueros rápidos especializados para el transporte de mercancías en "containers", cuyos períodos de carga y descarga se reducen en un 80 por

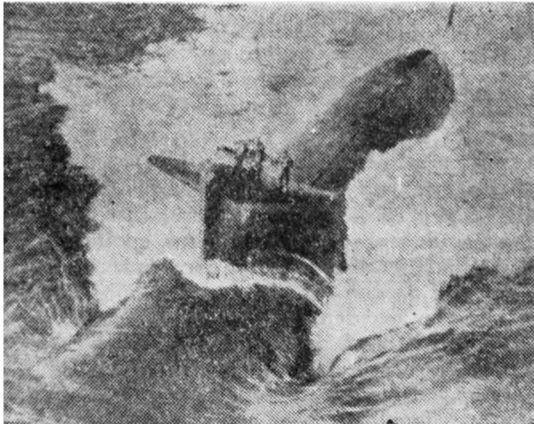
100 con respecto a los clásicos y que alcanzan factores de utilización anual del 0,80 al 0,85, correspondientes a unos trescientos días de mar al año; como consecuencia, el rendimiento comercial del buque aumenta y, por lo mismo, la velocidad económica, de forma que está ya prevista la construcción de un número apreciable de buques de velocidades de 25 a 27,5 nudos y potencias del orden de los 72.000 CV., por completo dentro del margen de la posible aplicación económica de la energía nuclear.

Al intentar construir reactores navales del tipo comercial será muy importante contar con experiencia en la construcción de reactores terrestres de potencia, pero existen problemas específicos que sólo pueden resolverse por experimentación directa, ya que son distintas las exigencias de maniobrabilidad, seguridad y resistencia a esfuerzos mecánicos, y la necesidad de ajustarse a pequeños pesos y espacios, obteniendo al mismo tiempo núcleos de larga duración; además los movimientos del buque en la mar tienen una influencia sobre la reactividad que, aunque sea poco importante, es necesario estudiar; por ello el Euratom ha destinado un presupuesto de 1.920 millones de pesetas para un programa de diez años de investigación en el "Otto Hahn".

buque prototipo actualmente en construcción; el Japón tiene también en marcha un proyecto con un presupuesto de 1.800 millones de pesetas, y lo mismo otros países.

MARINA DE GUERRA

No hace falta insistir sobre los motivos que han impulsado a las Marinas más adelantadas a adoptar decididamente las instalaciones nucleares a bordo de sus buques, tanto submarinos como de superficie pero no debe de ser el menos importante la experimentación de técnicas y la formación de un personal que posteriormente, cuando se generalice la utilización de la energía nuclear en los buques mercantes, permitirá una elección



"Pollack"

acertada de los equipos, una explotación económica e incluso la independencia de patentes y fabricaciones extranjeras.

Actualmente los Estados Unidos cuentan, construidos o en construcción, con 105 submarinos nucleares, dos portaaviones, un crucero y tres fragatas; la URSS, probablemente posee una flota nuclear submarina muy importante, y más modesta, pero también importante, es la de Gran Bretaña, que actualmente desarrolla un programa de investigación muy ambicioso que culmina en el estudio de reactores navales rápidos.

Recientemente ha sido botado el submarino francés "Redoutable" de 8.000

toneladas en superficie y 9.000 en inmersión, con una potencia de máquinas de más de 20.000 CV., y que posee una capacidad de maniobra que le permite pasar de "parado" a "toda fuerza" en quince segundos.

Italia proyecta un buque de apoyo logístico, el "Enrico Fermi", de 18.000 toneladas, equipado con un reactor de agua a presión de 80 Mw de potencia térmica, y cuyo presupuesto asciende a 1.200 millones de pesetas, de los cuales el 75 por 100 será costado por la Marina de Guerra y el resto por la CNEN.

El problema del combustible.

Exceptuando al reactor epitérmico refrigerado por sodio que se experimentó, con buen resultado, en el "Sea Wolf", se utiliza para la propulsión naval el reactor térmico de agua a presión (PWR), perfeccionado en los modelos sucesivos, pero sin cambios fundamentales. Las razones de esta selección son muchas y de importancia distinta, pero se pueden señalar entre ellas: el que fue el primer tipo desarrollado siguiendo una tecnología, la del vapor de agua, ya muy conocida, y que sería antieconómico para un país montar sistemas logísticos paralelos para reactores de agua y reactores de sodio, por ejemplo.

Los reactores rápidos, en principio muy atractivos por sus elevadas densidades de potencia y altos grados de quemado, se encuentran todavía en un estado de desarrollo que no permite emplearlos en la propulsión, pero se está investigando en este sentido y es posible que lleguen a utilizarse ampliamente.

Los reactores de agua a presión (PWR) no pueden funcionar con uranio natural y, como consecuencia, el combustible nuclear utilizado a bordo de los buques es, sin excepción, el uranio enriquecido (U 235) para cuya preparación, concentrándolo a partir del uranio natural, es preciso contar con instalaciones especiales y gigantescas de las que disponen sólo los Estados Unidos, la U.R.S.S., Gran Bretaña, Francia y China. Los demás países se ven obligados a adquirir el uranio enriquecido a éstos que lo poseen, y generalmente les es suministrados bajo un control riguroso y con prohibición ab-

solita de utilizarlo con fines militares; así, los italianos se han visto obligados a detener el proyecto del "Enrico Fermi" al negarse Norteamérica a facilitarles uranio enriquecido, alegando que se trata de un proyecto militar.

Las instalaciones de enriquecimiento de uranio basadas en la difusión gaseosa del UF₆, únicas en funcionamiento a escala industrial, suponen un esfuerzo técnico y económico inabordable para los países de recursos limitados y así, estos países, para desarrollar una tecnología propia en la propulsión naval nuclear, se ven forzados a elegir entre tres soluciones posibles:

Primera. Buscar un sistema de enriquecimiento de uranio más sencillo y económico.

Segunda. Construir buques mercantes con el combustible adquirido a los países productores.

Tercera. Adoptar un combustible distinto del U 235 y que pueda ser producido sin ayuda exterior.

La primera solución, aunque muy interesante, no parece práctica, ya que sería muy costosa y de éxito dudoso.

La segunda es la elegida por gran número de países: Japón, el Euratom, etc.; pero para países más pequeños, sin posibilidad de dedicar grandes presupuestos a la investigación, presenta la dificultad de que el proyecto habrá de hacerse en colaboración con la Marina de Guerra, y es fácil entonces encontrarse con problemas parecidos a los que ahora tiene Italia con el "Enrico Fermi".

La última solución presenta la ventaja de englobar las investigaciones recientemente emprendidas para desarrollar centrales que no dependan del U 235, del que existen en el mundo pequeñas reservas susceptibles de ser explotadas económicamente y cuyo agotamiento, en un plazo más o menos largo, es necesario prever.

Aparte del uranio 235, podemos utilizar como combustibles de reactores el uranio 233 y el plutonio 239, obtenidos artificialmente a partir del torio 232 y del uranio 238. El uranio 233 no tiene un interés especial mientras que no se desarrollen los reactores de torio; pero el plutonio se produce en los reactores actuales y cuando en 1971 estén en servicio las centrales de Zorita de los Canes, Santa María de Garoña y Vandellós, podemos esperar una producción en España del orden de los 500 kilogramos anuales.

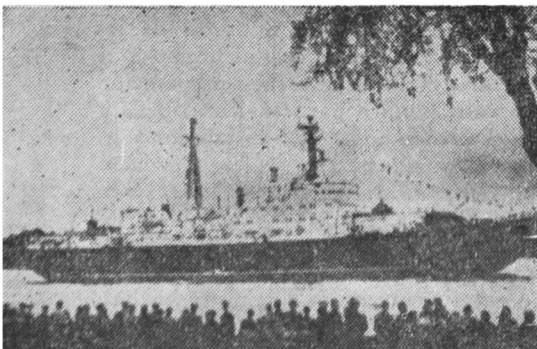
Algunos países, como el Canadá, se limitan a almacenar sus combustibles irradiados en espera de que se defina un mercado mundial del plutonio, pero en Europa se ha montado una fábrica de tratamiento de combustibles, en Mol (Bélgica), en la que también participa España, que nos permite pensar en una cierta independencia para conseguir la obtención de este metal. Se prevé que la producción occidental de plutonio hasta el año 1980 será de 120 a 150 toneladas, mientras que las necesidades permanecerán entre 40 y 50 toneladas, por lo que es razonable pensar que el precio se estabilizará en un nivel relativamente bajo.

Los reactores de plutonio.

Como combustible nuclear en reactores térmicos el plutonio es ligeramente inferior al uranio 235, pero las diferencias no son muy grandes y bastaría con algunos cientos de kilogramos, aleados o mezclados con uranio, para hacer crítico un reactor naval.

La dinámica y el control de estos reactores es un poco distinta de los reactores de uranio, pero no es probable que plantee problemas excepcionalmente difíciles; por otra parte, los experimentos realizados en los Estados Unidos con re-

Rompehielos "Lenin"



actores de agua ligera, utilizando combustibles de plutonio, han dado una buena correlación entre cálculos y medidas.

La mezcla UO_2 - PuO_2 tiene las buenas propiedades necesarias para ser utilizada en reactores, y el precio de fabricación de elementos combustibles de este

material no será más que del 10 al 20 por 100 mayor que el de los de uranio enriquecido para reactores de agua ligera, por lo que se puede pensar que las potencias económicas de estos reactores navales no serán muy distintas de las de los reactores de uranio.



El Guardiamarina Jorge Mery Lournaga (1872-1919)

En la sangrienta batalla de Huara, librada al norte de Tarapacá el 17 de febrero de 1891, la derrota de las tropas revolucionarias estuvo a punto de hacer fracasar la revolución contra Balmaceda en sus primeras etapas. Allí quedó con vida solamente un joven Oficial de los combatientes de la Armada, el Guardiamarina Jorge Mery. El anciano Almirante Juan Williams Rebolledo, perdió a su hijo del mismo nombre con el grado de Teniente de la Marina de Guerra.

El jefe directo de las fuerzas vencedoras, Coronel José María Soto, no tuvo valor para confirmar el fusilamiento de un joven Guardiamarina hecho prisionero y resolvió llevarlo a Iquique como el único que salvó de aquella terrible masacre entre hermanos enardecidos por la pasión política de sus causas.

Según lo recordaba uno de los testigos, el propio Capitán Mery en la Cámara de Oficiales de la "Baquedano" durante su viaje al Oriente de 1904-1905, relató que el Coronel Soto al entrar triunfante en la ciudad de Iquique lo llevó al anca de su cabalgadura y cubierto por una bandera chilena para defenderlo de los desmanes de una población descontrolada.

Así salvó su preciosa existencia este brillante Oficial de nuestra Armada, que con los años sería uno de los más intachables exponentes de la institución.

Don Jorge Mery, no tuvo rivales en su época, en los ramos de Navegación, Estado Mayor, Matemáticas, etc. Fue Oficial de Navegación y de Estado Mayor de la Escuadra en pie de guerra al mando del Comodoro Juan M. Simpson, a fines del siglo pasado.

Segundo Comandante de la "Baquedano" en su viaje al Oriente, al mando de don Luis Gómez Carreño; mando de cruceros; Subdirector de la Escuela Naval; autor de la obra Lecciones de Navegación y otros. Dotado de un espíritu de estudio y de trabajo sobresalientes.

El Capitán de Navío Luis Mery, falleció el año 1919, agobiado por males incurables y desgracias familiares. Lo divisamos por última vez el año 1916, caminando lentamente, apoyado sobre un bastón, pasear sus preocupaciones por la calle Condell de Valparaíso, saliendo del Club Naval.

Tuvo una carrera brillante y fue modelo de jefe por su capacidad profesional y carácter dotado de los más altos atributos de un caballero.

