

Escuela Oficial de Náutica, de Barcelona

# EVOLUCIÓN DE LAS MÁQUINAS MARINAS

POR

D. Luis Puig Roca

Profesor numerario de dicho Centro

---

TRABAJO LEÍDO POR SU AUTOR, EN  
LA REFERIDA ESCUELA, EL DÍA 8 DE  
OCTUBRE DE 1929, CON MOTIVO  
DE LA CELEBRACIÓN EN LA MISMA  
DE LA FIESTA DEL LIBRO

---

BARCELONA

Sobs. de López Robert y C.<sup>ª</sup>

1930

## Evolución de las máquinas marinas

---

La idea de introducir las máquinas en la propulsión de los buques nació a raíz de los primeros ensayos de la máquina a vapor. Papin, en 1690, se propuso aplicar sus cilindros conjugados al movimiento de las ruedas de paletas, pero las dificultades de ejecución, inherentes a las disposiciones especiales, necesarias para la instalación de su máquina en un buque, complicadas entonces, además, por las que dependían del propulsor le hicieron desistir de su propósito.

Pasaremos por alto las diversas tentativas que sin resultado positivo se efectuaron hasta 1802, en que William Symington obtuvo un éxito de algún carácter práctico con su vapor "Charlotte Dundas". Pero es a Roberto Fulton, americano, a quien se debe la solución del problema de la navegación a vapor. Sus primeros ensayos se verificaron en París hacia el año 1804 con éxito muy poco lisonjero, ya que, si bien su buque hizo el viaje de París a Saint-Cloud a favor de la corriente, no pudo vencer ésta, por falta de potencia de la máquina, al efectuar el viaje de regreso. Esta tentativa infructuosa no le hizo, sin embargo, desmayar en su propósito y, ya en su país, reanudó sus trabajos, mandando construir en Inglaterra una máquina de 20 caballos, que instaló en un nuevo buque de pequeño tonelaje, el cual recorrió la distancia de 120 millas, en el trayecto de Nueva York a Albany, en 30 horas a la ida y 32 a la vuelta, alcanzando, pues, una velocidad media de 4 millas escasas por hora. Desde esta fecha quedó definitivamente establecida la navegación a vapor en los grandes ríos y lagos de América. Pero aquellas máquinas propulsoras, por su gran volumen, su pequeña potencia y sus imperfecciones, estaban muy lejos de reunir las condiciones necesarias para navegar en mares agitados, sufriendo por estas causas la navegación por mar un estancamiento considerable, hasta el año 1829, en que la experiencia adquirida en los buques de los ríos y lagos aportando algunos perfeccionamientos, permitió el desenvolvimiento relativo de las máquinas, alcanzándose,

dejar de reconocer que inauguró una era de progresos considerables, estaba muy lejos de satisfacer las exigencias de la marina. En lo que se refiere a la militar, presentaba los gravísimos inconvenientes de estar situados los ejes motores en una posición elevada, expuestos a las balas enemigas, y el de ocupar las ruedas y tambores espacios considerables, imposibilitando la colocación de artillería en los costados, por cuyas razones los buques con este sistema de propulsión no podían considerarse como verdaderos buques de combate. Bajo el punto de vista de la navegación, presentaba también serios inconvenientes, que consistían principalmente en disminuir notablemente el rendimiento con los balances del buque, al quedar una de las ruedas funcionando en el aire, teniendo que vencer la opuesta grandes resistencias al sumergirse más de lo normal, presentándose este mismo inconveniente al navegar el buque con mar gruesa de proa o de popa; en la gran superficie que los tambores ofrecían al viento y mar; en dificultar los atraques de costado al muelle, complicando, en los buques mercantes, las operaciones de carga y descarga y en exigir máquinas de marcha lenta, voluminosas y pesadas. Añádase a esto el grave inconveniente de ofrecer la rueda una enorme resistencia cuando, con viento favorable, el buque podía utilizar las velas, anulando casi en absoluto el beneficio que se podía obtener de éstas, aun cuando se parara la máquina y se desconectarán las ruedas, dejándolas girar libremente. Por estas razones se concibe que desde los comienzos de la navegación a vapor se intentara repetidamente substituir este sistema de propulsión por otro compuesto de superficies helicoidales completamente sumergidas. Después de un sinnúmero de pruebas, en 1837 Ericson, americano, y Smith, inglés, obtuvieron con sus hélices un resultado satisfactorio. Este último, patrocinado por el Almirantazgo de su país, obtuvo un éxito brillante con su propulsor montado en el vapor "Arquímedes", que alcanzó una velocidad de 8 a 9 millas, la misma, aproximadamente, que habría obtenido con ruedas de paletas aplicando la misma potencia. A partir de esta fecha, la hélice fué adoptándose cada vez más, si bien hasta 1844-45 no empezaron a efectuarse instalaciones importantes. La Marina militar fué la primera en adoptarla, siguiéndole inmediatamente la Marina civil, en vista de las notables ventajas que ofrecían en comparación con las ruedas de paletas, cuyas ventajas consisten en no ser sensiblemente afectadas por los balances del buque, y si bien en las grandes cabezadas, al levantar el buque la popa, quedan funcionando en el aire, al sumergirse dan el rendimiento completo, lo contrario de lo que sucede con las ruedas de paletas. Eliminan, además, los inconvenientes que, según ya hemos dicho, presentan estas últimas. Pero

18 millas, llegando a 19 en 1884, en buques del mismo tonelaje, y en 1888, en que se empezó a construir buques de dos hélices y dos máquinas, el tonelaje llegó a 13.000 toneladas y la velocidad a 22 millas.

Fleming y Ferguson, en 1889, patentaron una máquina de cuádruple expansión, que empezó a ser adoptada en 1900 en grandes transatlánticos rápidos.

Las máquinas alternativas llegaron a su apogeo en 1902, siendo las más potentes las del vapor alemán "Kaiser Wilhelm der Zweite", de 24.000 toneladas, cuyas dos máquinas, de cuádruple expansión, de 8 cilindros cada una, desarrollaban una potencia total de 40.000 caballos, que imprimían al buque una velocidad de 24 millas por hora. El vapor era producido por 18 calderas, a la presión de 16 kilos por centímetro cuadrado.

Con cada uno de los perfeccionamientos efectuados en máquinas y calderas se obtuvo una mayor economía, reduciendo el consumo de un kilo por caballo hora con máquinas de alta y baja a 750-800 gramos con las de triple y 650 a 750 gramos con las de cuádruple expansión.

Después de varios años de incesantes estudios y ensayos, Sir Charles Parson, en 1894, presentó el sistema de turbinas que lleva su nombre, instalando tres, que accionaban cada una su hélice, de una potencia total de 2.000 caballos, en un buque de muy pequeño tonelaje que se llamó "Turbinia", obteniendo un resultado satisfactorio. A pesar de ello y de tratarse de una innovación trascendental, el invento de Sir Charles no llegó a despertar toda la atención que por su importancia merecía, y para lograrlo se pensó aprovechar la circunstancia de celebrarse en 1897 una gran revista naval, en la que habían de participar todos los buques disponibles de la flota militar inglesa. Se envió cautelosamente el "Turbinia" a Cowes, haciéndole aparecer en momento oportuno entre los buques de guerra, navegando a una velocidad de 34'5 millas por hora, causando la mayor sorpresa y admiración en la Armada inglesa. De este modo se inició la adopción de la turbina en la marina militar, si bien, a causa de la pérdida de dos "destroyers", en los que se habían instalado, debido a accidentes desgraciados, a los que eran ajenas por completo las turbinas, se retrasó por algún tiempo su adopción definitiva.

Hasta 1901 no se decidió la marina civil a imitar el ejemplo, instalándolas, por vía de ensayo, en el vapor "King Edward", de 551 toneladas, al que debían imprimir una velocidad de 19 millas. En vista del excelente resultado obtenido, se montaron en otro buque de 1676 toneladas y 22 millas de andar, y, ya en 1905 demos-

traron en el "Carmania", de la Compañía Cunard, de 20.000 toneladas, que hasta hoy son las máquinas insustituibles para grandes potencias. En 1907, fueron instaladas en el "Lusitania", que fué hundido durante la guerra por los submarinos alemanes, y en el "Mauretania", los dos de la citada Compañía Cunard. Estos buques, en sus primeros tiempos, tenían una velocidad de 25 millas. El último es, seguramente, uno de los buques de más brillante historial. Ha detentado durante 22 años consecutivos el cordón azul del Atlántico, que simboliza el record de velocidad, perdiéndolo al entrar en servicio el vapor alemán "Bremen", siendo dignos de admiración los esfuerzos llevados a cabo para conservarlo, llegando a alcanzar últimamente, después de algunas modificaciones, una velocidad superior a 27 millas por hora.

Las turbinas, sin embargo, para su aplicación en buques de potencia de máquinas y tonelaje moderados, presentaban el grave inconveniente de ser incompatible el número elevado de revoluciones del eje de las mismas con el número relativamente pequeño de vueltas de la hélice. Este inconveniente fué resuelto empleando el sistema de reducción de velocidades por medio de engranajes, sistema que al principio presentó serios inconvenientes por la calidad de los aceros y el tallado de los dientes, pero vencidas estas dificultades, pudieron ya ser aplicadas a toda clase de buques, siendo en América donde mayor aceptación han tenido en buques de carga.

En 1908 empezó a aplicarse la combinación de máquinas alternativas y turbinas de exhaustación. Al principio este sistema sólo podía ser aplicado en buques de mucho tonelaje y gran potencia de máquinas, de 3 ó 4 hélices, siendo accionadas éstas, las dos de los lados, por máquinas alternativas, y las del centro por turbinas a baja presión, funcionando con el vapor de exhaustación de las máquinas de émbolos, pero los ingenieros Bauer y Wach, alemanes, han suprimido este inconveniente con el sistema de su invención, en el que la turbina de exhaustación actúa sobre el mismo eje de la máquina alternativa, desconectándose aquélla automáticamente cuando la máquina de émbolos funciona marcha atrás. Con el sistema de turbinas de exhaustación se ha conseguido en las máquinas alternativas un aumento de potencia de 10 a 12 por ciento y una economía de combustible de un 15 a un 20 por ciento.

En 1897, el ingeniero Dr. Rodolfo Diesel, después de prolongados estudios, y de un gran número de pruebas difíciles y costosas, presentó su primer motor, construido en los talleres de la "Maschinenfabrik, Augsburg, Nürnberg (M. A. N.)". Ya en el mismo año fueron solicitadas y acordadas varias licencias, entre ellas a las casas Mirrless, Bickerton and Day, de Inglaterra; Sulzer Herma-

nos, de Winterthur, Suiza; Carels Hermanos, de Bélgica, y Nobel, de Rusia, siendo estas tres últimas las que más han contribuido a su desenvolvimiento, hasta alcanzar el prestigio que goza actualmente, en que comparte, con éxito creciente, la propulsión de los buques con las máquinas de émbolo y las turbinas.

En 1904 la casa Nobel construyó varios motores, que instaló en buques destinados a la navegación por los ríos de Rusia, y, en la misma época, la casa Sulzer empezó la construcción de un motor de prueba, para estudiar su adaptación a los requerimientos de la navegación por mar.

Siendo los primeros motores irreversibles directamente, la casa Nobel utilizaba para la marcha atrás de los buques por ella construídos, el sistema "Del Proposto", al que algunos erróneamente señalan como precursor de la navegación eléctrica. Este sistema consistía en un dispositivo de transmisión que permitía acoplar o desacoplar el eje del motor Diesel con el de la hélice. En el primero iba montada una dinamo y en el segundo un motor eléctrico. Para marcha avante se acoplaban los dos ejes, es decir, el del motor Diesel y el de la hélice, dejando que la dinamo funcionara con circuito abierto. Entonces la dinamo y el motor eléctrico hacían el efecto de volantes adicionales. Para marcha atrás se desacoplaban los dos ejes, se cerraba el circuito de la dinamo y ésta suministraba corriente al motor eléctrico, que estaba dispuesto para girar en sentido contrario del motor Diesel.

Según vemos, el problema de la reversión del movimiento no era nada sencillo en los primeros tiempos del motor Diesel, y así no es de extrañar que una vez obtenida la reversibilidad directa de éste, se abandonara inmediatamente el costoso y complicado sistema "Del Proposto".

La casa Sulzer presentó por fin, en 1905, un motor reversible de dos tiempos, cuatro cilindros e inyección por aire, único sistema conocido entonces. Muy poco tiempo después, la casa Nobel presentó también otro motor reversible, dándose el caso singular de ser iguales los procedimientos empleados por una y otra casa; dos juegos de álabes, una para marcha avante y otro para marcha atrás, actuando uno u otro por el desplazamiento longitudinal del eje de los mismos, previa la elevación de las varillas de empuje.

A partir de este momento, el desarrollo de estos motores fué muy rápido; sin embargo, los ingenieros y constructores se limitaban prudentemente a la construcción de unidades de potencias relativamente pequeñas, funcionando la mayor parte, según el ciclo de cuatro tiempos.

autonomía, y entre éstos ocupan lugar preeminente los buques a motor. De ahí el gran desarrollo que han alcanzado.

En las marinas militares los motores Diesel sólo han sido aplicados a los submarinos. Sin embargo, en Alemania se está construyendo un crucero en el que se instalarán motores M. A. N., de 50.000 caballos-eje, siendo digno de notarse que el peso por caballo-eje es sólo de 7 y medio kilogramos.

Después del perfeccionamiento alcanzado por estas máquinas es lógico que los constructores pensaran en el motor de doble efecto, con objeto de reducir su volumen, su coste y su peso. El primer motor de este sistema fué un M. A. N., construído algunos años antes de la guerra, de 12.000 caballos. Este motor quedó inutilizado en un accidente en la plataforma de pruebas, pero inmediatamente se construyó un segundo perfeccionado, utilizando gran número de piezas del primero. Este fué desmantelado después de la guerra por orden de la Comisión de aliados. Algunos años más tarde, los ingenieros de dicha casa presentaron un nuevo tipo, que ha sido instalado en muchos buques de carga y en algunos transatlánticos de pasaje.

Merece citarse la disposición de la casa Scott-Still para recuperar el calor perdido en la exhaustación y en la refrigeración, utilizando calderas especiales, que funcionan con los gases de escape, siendo alimentadas con agua de la refrigeración, que producen el vapor necesario para mover una máquina a vapor. Primeramente, el vapor actuaba en la parte inferior de los émbolos del motor Diesel, pero actualmente se prefiere acoplar directamente una máquina a vapor en el mismo eje del motor Diesel, en la parte de proa.

Ha tomado un gran desarrollo el sistema de sobre-carga en los motores de cuatro tiempos, con el que se consigue un aumento notable de potencia y, por tanto, una disminución en el peso y coste por caballo-eje. Uno de los procedimientos de sobre-carga más empleado es el Büchi, que consiste en una turbina funcionando con los gases de escape del motor, la que acciona un ventilador que suministra aire a los cilindros a la presión de 0,25 kilogramos. Con ello se obtiene una limpieza perfecta de los gases quemados y un aumento de volumen de aire para la combustión que permite quemar mayor cantidad de combustible, obteniendo así un aumento proporcional de potencia. También es muy empleado el sistema "Rateau", similar al que acabamos de indicar.

Ultimamente va tomando cada vez más incremento el sistema de inyección del combustible en los cilindros por presión directa de las bombas, es decir, sin aire. Este dispositivo simplifica notable-

turbo-alternadores, y 16 a 17 millas funcionando solo un turbo-alternador.

Este sistema consiste, en líneas generales, en dos o más grupos electrógenos, de turbina o motor Diesel, que suministran corriente a uno o varios motores eléctricos, que accionan el eje o ejes de los propulsores.

Según parece, la Compañía White Star tiene el propósito de instalar dicho sistema en el transatlántico de 60.000 toneladas que tiene en construcción, de unos 120.000 caballos, estudiándose las posibilidades de aplicar el sistema Diesel-eléctrico en lugar del turbo-eléctrico, que es el que hasta ahora ha venido adoptándose de un modo general.

La posición actual de los cuatro sistemas de propulsión es la siguiente: Las máquinas alternativas ofrecen una gran seguridad, son las menos exigentes, ya que, si se presenta el caso, pueden funcionar con defectos que harían imposible el funcionamiento de turbinas y motores de combustión, siendo las más modernas de un rendimiento bastante elevado. Para grandes potencias, sin embargo, han sido suplantadas por las turbinas, a causa de las vibraciones, molestas para el pasaje y perjudiciales al buque, por el gran número de cilindros que para dichas potencias serían necesarios; por el gran volumen y peso de los de baja presión y por el gran espacio de cámaras de máquinas y calderas que exigirían. Según ya hemos dicho en otro lugar, las mayores máquinas de este sistema que se han construido son las dos del antiguo "Kaiser Wilhelm II", de 20.000 caballos cada una.

Las turbinas se han adueñado en absoluto de los buques rápidos de grandes potencia de máquina, por la gran disminución de vibraciones, ya que su movimiento es giratorio directo; por su economía, con los dispositivos modernos, que les dan mayor radio de acción que las máquinas alternativas; por ocupar menos espacio que éstas y por permitir una reducción en el diámetro de las hélices, consiguiéndose que casi siempre puedan trabajar sumergidas. La mayor potencia desarrollada hasta hoy con las turbinas en buques mercantes, es de unos 160.000 caballos en el "Bremen" y el "Europa", los dos alemanes, de 46.000 toneladas, los cuales han alcanzado velocidades superiores a 29 millas.

El vapor en dichos buques es producido por calderas multi-tubulares, de 7.000 caballos cada una.

Acentuándose modernamente la tendencia al empleo de tensiones elevadas, son preferidas las calderas multi-tubulares, si bien tienen también una vasta aplicación las calderas cilíndricas, prefiriéndose modernamente las sencillas a las dobles.



de ciertos límites, aumentara aún más el empleo de dichos motores, si bien, por otra parte, la alimentación mecánica de los hornos, el empleo de carbón pulverizado y los perfeccionamientos que continuamente se van aportando a las máquinas a vapor, podría llegar a tal estado de desarrollo, que pudieran llegar a competir, en cuanto al consumo, con los motores Diesel.

Hemos dicho antes que los motores Diesel van invadiendo el terreno de las turbinas en las grandes potencias, y ello lo prueba el gran número de transatlánticos de gran tonelaje y de marcha rápida que se están construyendo y que se han construido últimamente que llevan estas máquinas; sin embargo, para potencias elevadísimas, todavía es incuestionable el empleo de las turbinas, y si bien cabe esperar que en los motores se aportarán aún mayores perfeccionamientos, seguramente marcharán éstos paralelamente con los que se aporten a las turbinas y a las máquinas alternativas, de manera que ahora es imposible prever el sistema que en lo futuro ha de alcanzar la supremacía.

---