

dos se haría llevar las tisanas en caso de enfermedad por aparatos dependientes de la máquina de vapor.,,

La invención del condensador separado de las bombas que le acompañan fué de una importancia capital, principalmente desde el punto de vista de la economía. A igualdad de efecto, redujo á la cuarta parte el gasto de combustible de las máquinas de Newcomen. Fácil es formarse una idea del ahorro realizado desde un principio en los países mineros en que funcionaban las máquinas de agotamiento, y después en todas las fábricas en que se usa el vapor á baja y media presión, por el hecho siguiente, citado con frecuencia por los historiadores del vapor. Funcionaban tres bombas en las minas de Chace-Watter cuyos propietarios pagaban á Watt y á su socio Bolton una especie de censo por el derecho de servirse del condensador. Habíase fijado la cantidad que este censo representaba en la tercera parte del carbón de piedra economizado. Pues bien, los propietarios de la mina creyeron más ventajoso redimir este derecho mediante el pago anual de 60,000 francos. Así pues, el aditamento de un condensador de Watt producía anualmente en cada máquina una economía de combustible que excedía de 60,000 francos, más de 180,000 en las tres máquinas de la mina en cuestión.

El uso de la expansión que Watt había indicado, pero que no se ha adoptado en grande escala hasta que Woolff inventó las máquinas de dos cilindros, ha aumentado todavía la economía de vapor y por consiguiente la de combustible, ese *desiderátum* de cuantos se afanan en perfeccionar la máquina de vapor. En su origen sólo se conocía la expansión fija; pero es posible variarla gracias á nuevos mecanismos.

Para ser justos, no debemos limitarnos á citar el nombre de Watt al reseñar la historia de los perfeccionamientos de la máquina de vapor. Keane Fitzgerald fué el primero que se sirvió en 1758 del volante para regularizar el movimiento de rotación; Washbrough introdujo en 1778 el uso de las bielas para transformar el movimiento de rotación en el rectilíneo y oscilatorio del vástago del émbolo, y por fin Murray inventó en 1801 la caja de distribución movida por una excéntrica. Por lo demás, al describir las máquinas de vapor marinas, las locomotoras y locomóviles, completaremos en lo posible esta corta historia de los progresos del vapor.

## CAPÍTULO X

### LA NAVEGACIÓN POR VAPOR

#### I

##### LAS MÁQUINAS MARINAS

Ciento dos años transcurren entre Newcomen y Fulton, esto es, entre la primera aplicación verdaderamente industrial de la máquina de vapor y la instalación definitiva del poderoso ingenio á bordo de un barco al que sirve de motor.

Y sin embargo, no había sido por falta de combinaciones ni de tentativas.

También hemos de remontarnos hasta Papín para encontrar claramente formulada la idea madre de esta aplicación, que tan considerable desarrollo debía adquirir un siglo después. En 1695, Papín indica la posibilidad de aplicar la fuerza de vapor á "re-

mar contra el viento,, hace observar "cuán preferible sería esta fuerza á la de los galeotes para ir de prisa por el mar,, se le ocurre sustituir los remos ordinarios "por remos giratorios,, y se ingenia para dar con un mecanismo que le permita obtener el movimiento continuo de rotación.

Más aún; parece que en 1707 Papín puso en ejecución este pensamiento, este proyecto simplemente indicado en un principio, y que hizo construir é instalar en un barco una máquina de vapor destinada á ponerlo en movimiento. Según parece, embarcóse en Cassel, en el río Fulda, y al llegar á Munden (Hanóver) se proponía seguir adelante por el Weser hasta la Gran Bretaña, cuando los barqueros de este río, amotinados contra el grande hombre que en su concepto amenazaba dar al trašte con su industria, hicieron pedazos el barco y la máquina.

En 1737 el inglés J. Hull proponía cambiar los remos por dos ruedas de paletas puestas á la popa de los barcos, y hacer girar su eje común con una máquina de Newcomen. Este proyecto no llegó á su ejecución.

La primera prueba de navegación por vapor después de la de Papín, tuvo lugar en París, en el Sena, frente por frente del Campo de Marte. El buque había sido construido por el conde de Auxirón. Un año después, en 1775, un sabio que llegó á ser miembro de la Academia de Ciencias, Perier, hizo análogos experimentos, pero sin mejor éxito.

Hasta fines del siglo repitieronse éstos, siendo cada vez más felices. En 1778, el marqués de Jouffroy hizo la prueba de un barco de vapor en Baume-les-Dames, en el río Doubs, y tres años después, en Lyon, en el río Saona. En esta última tentativa, sobre la que se emitió un dictamen muy favorable, tratábase de un barco de 46 metros de largo por cuatro y medio de ancho; una máquina de vapor atmosférica ponía primero en movimiento dos especies de postigos que se abrían y cerraban alternativamente, y que fueron en seguida reemplazados por dos ruedas de paletas. El nombre de Jouffroy merece, pues, acompañar al de Fulton en la realización práctica de la navegación por vapor.

Debemos citar también, entre los que han contribuido á realizar la invención y la idea de Papín, á Patrick Miller, que publicó en Edimburgo en 1787 una obra sobre la sustitución de los remos por las ruedas de paletas y sobre la posibilidad de emplear la máquina de vapor para darles movimiento. Miller hizo más adelante la prueba de un barco doble provisto de una rueda en su centro y, según se dice, le hizo navegar por los lagos de Suiza en 1789.

El abate Darnal en Francia (1781), los americanos Rumsay y Fish (1786-88), los ingleses lord Stanhope (1795), Baldwin (1796), Livingstone (1798), Desblancs, Smington, Stevins y Oliverio Evans hicieron asimismo tentativas de navegación por vapor que se multiplicaron cada vez más en Europa y América hasta la época en que el americano Fulton logró por fin un éxito completo.

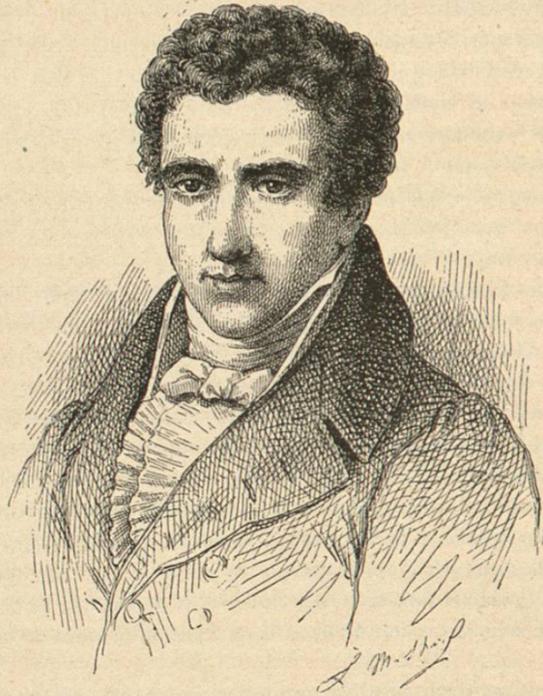
Fulton había estudiado en Francia en 1803 las condiciones prácticas del problema por resolver, y sido secundado en sus esfuerzos por su compatriota Livingstone, á la sazón embajador de los Estados Unidos. Un barco construido en el Sena había dado por resultado la velocidad de 1<sup>m</sup>,60 por segundo.

Fulton hizo al gobierno de Bonaparte proposiciones que no obtuvieron buena acogida, en vista de lo cual se decidió á regresar á América.

En seguida encargó á Watt y Bolton que le construyeran una máquina, que colocada en agosto de 1807 á bordo del buque *Clermont*, proporcionó por fin la solución práctica y definitiva de la navegación por vapor.

Verificóse el primer viaje de Nueva York á Albany, cuya distancia es de 60 leguas, en 32 horas, y luego en 30, estableciéndose poco después un servicio regular entre las dos ciudades.

La navegación por vapor había pasado decididamente del estado de bosquejo al de



ROBERTO FULTON

hecho consumado, del período de los tanteos y de las pruebas al del buen éxito y del triunfo. De esto hace más de ochenta y seis años.

Hoy media una considerable distancia entre el barco de Fulton y los grandes vapores transatlánticos que viajan con regularidad entre el Viejo y el Nuevo Mundo. Los progresos del arte nuevo son inmensos; pero no se debe olvidar la parte que corresponde á cada uno de los inventores que han trabajado sin desanimarse en este descubrimiento memorable, desde el modesto Papín hasta Jouffroy y Fulton.

## II

## LOS VAPORES DE RUEDAS

Mucho antes de descubrirse el vapor habíase tenido la idea de sustituir los remos de los barcos por ruedas movidas por los animales ó por el hombre, y aun se habían hecho algunas pruebas al efecto. Los romanos y cartagineses se habían servido ya de barcos impelidos por ruedas de paletas. En algunas medallas antiguas se ven representadas *libúrnicas* (naves empleadas por los romanos en Actium) con tres pares de rue-

das de paletas en sus costados, movidas por tres yuntas de bueyes. El *Arte naval* dice que "de tiempo inmemorial se usan en China juncos de cuatro ruedas, cuyo motor es un ingenioso manubrio movido por hombres." En 1472, Valturio de Rímimi describía una rueda cuyo árbol lo movían hombres por medio de manubrios acodados, y cuyas paletas reemplazaban á los remos. Du Quet, de la Academia de Ciencias de París, propuso en 1699 un propulsor por el estilo. Cuando, algunos años antes, Papín propuso aplicar el vapor á los barcos, hizo mención de las ruedas de remos de la lancha del príncipe palatino Ruperto, que había visto en 1678 en Inglaterra: ruedas que estaban movidas por caballos uncidos á un malacate.

Este sistema de propulsión no se debía adoptar formalmente hasta el descubrimiento y aplicación de un motor poderoso, y acabamos de ver que este motor era el vapor. Así pues, desde el invento de Fulton surcan los ríos, los lagos y el mar barcos armados de ruedas de paletas.

Todo el mundo sabe lo que es una rueda de paletas; los que no han visto buques de vapor han podido observar ruedas análogas en los molinos de nuestros ríos.

Las *paletas* que irradian alrededor del eje, al cual van sólidamente sujetas por medio de barras ó llantas de hierro, son tabloncillos rectangulares que, puestos en movimiento por la rotación del árbol motor, penetran uno tras otro en el agua, y apoyándose en la masa líquida, hacen avanzar el barco en dirección opuesta á la de su propio movimiento.

Las ruedas son siempre dos por exigirlo así la simetría y el equilibrio; están montadas en el mismo árbol ó eje que atraviesa el buque perpendicularmente á su longitud, y cuando se introducen en el agua verticalmente, el borde superior de las paletas debe estar cubierto por el líquido á una altura de 10 á 20 centímetros.

Sucede con el trabajo mecánico de las paletas lo que con el de los remos; no produce un efecto útil, es decir, no empuja el barco hacia adelante sino porque ocasiona un movimiento del agua hacia atrás; este último movimiento, sin el cual no existiría el primero, que es su reacción, se llama *retroceso*; absorbe una cantidad considerable del trabajo del vapor, aparte de las pérdidas ocasionadas por el rozamiento.

Como ejemplo de esta repartición del trabajo motor, citaremos el que presenta M. Sonnet en su *Diccionario de matemáticas aplicadas*; está sacado de experimentos hechos á bordo del vapor *Castor*, que hace el servicio entre Honfleur y el Havre:

"De cada 100 caballos de vapor dados por esta máquina, se pueden contar 33,9 invertidos en vencer la resistencia del agua en la quilla, que es lo que constituye el trabajo útil; 58,2 se consumen en el retroceso, es decir, en poner el agua en movimiento; el rozamiento no gasta más que 7,9."

El choque sucesivo de las paletas á su entrada y á su salida en el líquido produce en el buque una serie de trepidaciones molestas y fatigosas que se aminoran mucho dando á las paletas una ligera inclinación en el sentido de su longitud. Entonces uno de sus extremos se sumerge antes que el otro, ó si se quiere, la inmersión es sucesiva en toda la longitud de la paleta. Por este medio, el choque y las trepidaciones son casi insensibles.

En las aguas tranquilas en que los barcos pueden conservar una posición casi horizontal de equilibrio, las ruedas de paletas prestan un servicio excelente. Pero no sucede así en el mar, en el que la acción del oleaje hace inclinar el buque á derecha ó á izquierda, impidiendo esta inclinación que el eje de las ruedas se conserve horizontal. Las dos ruedas se sumergen entonces en el agua con desigualdad, de suerte que la ac-

ción de cada una sobre el líquido y sobre el movimiento de propulsión es también desigual, resultando de aquí para la dirección del buque una desviación enojosa y además una pérdida de fuerza y de velocidad.

Hablo aquí del principal inconveniente de las ruedas de paletas, del que afecta á la marcha de toda clase de buques. Pero en la marina de guerra estas ruedas tienen otro inconveniente más grave: reducen la potencia ofensiva ocupando un sitio que reclama la artillería, y también la defensiva exponiendo al propulsor y al motor mismo al fuego del enemigo.

De aquí ha resultado que la transformación de la marina militar de vela en marina de vapor se retardó hasta el momento en que la invención de un nuevo propulsor, que no está sujeto á ninguno de los dos inconvenientes que acabo de indicar, hizo posible la aplicación del vapor en grande escala á las escuadras de guerra.

Este nuevo propulsor es la *hélice*, que, así como las ruedas de paletas, el vapor mismo y otros muchos inventos mecánicos, industriales, etc., ha sido objeto de una serie bastante numerosa de pruebas y tanteos antes de llegarse á un resultado práctico que á su vez va casi siempre seguido de numerosos progresos y perfeccionamientos.

## III

## LOS VAPORES DE HÉLICE

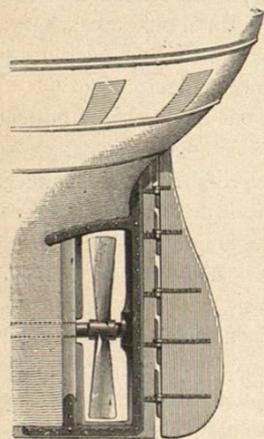
La hélice no es otra cosa sino una rosca ó un fragmento de rosca, que, formando cuerpo con el barco, avanza en el agua arrastrándolo en la tuerca movediza constituida por el líquido elemento.

El movimiento de rotación de las espiras alrededor del eje del propulsor lo produce una máquina de vapor instalada á bordo del buque.

Todo cuanto hemos dicho acerca de la acción propulsora de las ruedas de paletas es aplicable á la hélice. También se apoya en la masa movediza del agua, imprimiéndola un movimiento en sentido contrario á la marcha del barco, para hacerlo avanzar. Es, pues, inevitable que haya una gran fracción del trabajo motor perdida estérilmente. Las ventajas de la hélice comparada con las ruedas de paletas son de otro género; mencionémoslas rápidamente.

La hélice va colocada á popa, en un cuadro rectangular que se deja abierto junto al codaste (fig. 767). El eje ó árbol motor que la lleva es paralelo á la quilla; se apoya por un extremo en un soporte, el cual es una plancha maciza sólidamente instalada en la bodega, y por el otro extremo atraviesa á popa el casco por una caja de estopa. La máquina pone este árbol y la hélice en movimiento, ya directamente por medio de manubrios ó barras acodadas, ya indirectamente por medio de un engranaje.

Fig. 767.—Colocación de la hélice en los buques de vapor



Este propulsor está, pues, debajo del agua, y á tal profundidad que los movimientos perturbadores del mar no ejercen ninguna acción sobre él, no estando por consiguiente sujeto, como las ruedas de paletas, á las desigualdades de acción de éstas. Por

otra parte, la hélice se halla casi enteramente al abrigo de los proyectiles, como asimismo las máquinas que la ponen en movimiento, puesto que están instaladas como ella en las partes inferiores del buque. Por último, y esta consideración es de gran peso para la marina de guerra de vapor, su instalación no perjudica á las baterías de artillería.

En general, la hélice ofrece también otra ventaja sobre las ruedas de paletas y es que su instalación deja espacio libre para las maniobras, de suerte que los vapores de hélice pueden tener un aparejo á propósito para navegar á la vela cuando el viento es favorable, lo cual, económicamente considerado, es muy ventajoso. Los barcos mixtos, de vela y ruedas, son por el contrario de difícil maniobra.

Tracemos en pocas líneas la historia de la invención de la hélice ó de su aplicación á la navegación por vapor.

Así como con la rueda de paletas, tratóse al principio de hacer funcionar la hélice con motores animados, el hombre ó los animales. Duquest (1727) utilizaba las corrientes de los ríos para remolcar los buques, sirviéndose del tornillo de Arquímedes. Pauton (1768) empleaba una helicoides de cuatro brazos, á la cual imprimía el movimiento por medio de la potencia motriz de los tripulantes.

En 1803, el ingeniero Dallery obtuvo un privilegio de invención por un propulsor movido por vapor y compuesto de dos roscas: la una de eje móvil, situada á proa, servía de timón; la otra, puesta á popa, añadía su impulso al de la precedente, de lo cual resultaba la marcha del buque.

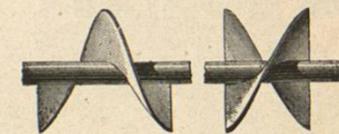


Fig. 768.—Primeras hélices de Smith: hélice sencilla de paso entero; hélice doble de medio paso.

Los nombres de los ingleses Shorter (1802), Samuel Brown (1825), del capitán de ingenieros francés Delisle (1823), de los hermanos Bourdón, de Sauvage (1832), deben citarse entre los de los que han concebido proyectos ó hecho pruebas para la aplicación de la hélice á la propulsión de los buques.

Dos hombres, el mecánico inglés Smith, al principio simple colono, y el ingeniero sueco Ericsson, pueden considerarse como los que resolvieron definitiva y casi simultáneamente el problema.

El *Arquímedes*, buque de vapor de 90 caballos, es el primero que ha navegado impelido por una hélice del sistema Smith, en 1838. Cuatro años después, el *Princeton*, de 220 caballos, provisto de una hélice del sistema Ericsson, fué botado al agua en los Estados Unidos.

El sueco Ericsson verificó sus primeros ensayos en Inglaterra en 1837. El *Francis B. Odgen*, buque provisto de su propulsor, remolcó un bergantín de 140 toneladas con una velocidad de 7 millas por hora. Pero como Ericsson no recibiera ningún estímulo por parte de los ingleses, pasó á los Estados Unidos, donde su invención fué acogida con el entusiasmo que merecía. Antes de su partida se había puesto de acuerdo con Stockton, oficial de marina de los Estados Unidos, é hicieron juntos la travesía del Océano en el *Robert Stockton*, vapor de hélice de 70 caballos, y desembarcaron en las costas de la gran república. El *Princeton*, anteriormente citado, siguió de cerca á este primer buque, construido en Inglaterra.

Francia imitó en 1842 el ejemplo dado por las dos grandes potencias marítimas, y se construyó en el Havre un buque de 130 caballos provisto de una hélice sistema Ericsson.

Después, la transformación de la marina de vela en marina de vapor y de hélice hizo en el mundo grandes progresos. Los buques mercantes, los vapores-correos siguieron el ejemplo, sin que á pesar de ello se haya abandonado el sistema de ruedas que también tiene sus ventajas.

No es este el lugar oportuno para trazar la historia de tales cambios; volvamos, pues, á la descripción de los sistemas de hélice adoptados para hacer en seguida de las máquinas de vapor marinas que nos interesan más particularmente.

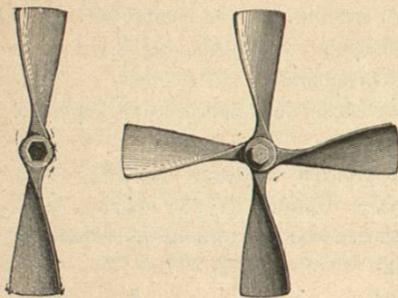


Fig. 769.—Hélices de dos y cuatro brazos

Las primeras hélices de Smith eran de un paso entero en el sentido del eje; más adelante las redujo á medio paso, pero duplicándolas. La experiencia hizo ver muy pronto que podía y debía reducirse considerablemente la extensión de las espiras en el sentido del eje. Hoy se emplean fracciones de paso mucho más pequeñas, y se multiplican los brazos ó alas del propulsor, que no obstante por lo común no pasan de cuatro y á veces de dos. El uso de las hélices de seis alas tiene más inconvenientes que ventajas, puesto que la acción de las unas perjudica á la de las otras. Lo que da á este propulsor toda su fuerza es la extensión ó diámetro de los brazos de la hélice, así como la rapidez de su rotación.

Para terminar diremos que con objeto de evitar la resistencia que presentaría la hélice en el caso de que la vela sustituya á la acción del vapor, se la arregla, ya para ponerla *loca* ó ya para retirarla momentáneamente de su cuadro. Para este último caso hay una cavidad ó pozo á popa; se levanta la hélice y se la hace pasar por dos correderas á dicho pozo, en donde se la puede examinar y componer si hay necesidad de ello.

#### IV

##### CALDERAS Y MÁQUINAS MARINAS

Conocemos ya el propulsor de los buques de vapor.

Veamos ahora cómo este fluido, única fuerza motriz bastante poderosa para reemplazar la fuerza inconstante y á menudo contraria del viento, imprime á las ruedas ó á la hélice el movimiento de rotación.

La máquina de vapor, tal cual la hemos descrito, ¿sufre alguna modificación esencial cuando se convierte en máquina de navegación? No. En realidad, no tan sólo el principio es idéntico, sino también los órganos principales, el generador, el mecanismo motor y el de transmisión: como vamos á ver, no se hace más que someterlas á las necesidades particulares de la instalación en un buque.

Las máquinas de baja presión y de condensación, es decir, las máquinas de Watt de balancín, únicas que en su origen se empleaban en la industria, formaban el tipo de las máquinas de navegación, ya en los ríos y lagos, ya en el mar. Aun hoy día es ventajoso utilizarlas en los vapores de ruedas. Sus movimientos son lentos como es sabido, pero esta lentitud encuentra amplia compensación en la regularidad de su modo de

funcionar. Verdad es que son pesadas y ocupan mucho sitio, pero es fácil acercarse á todas sus partes para vigilarlas, cuidarlas y, en caso necesario, para componerlas. Eran las máquinas que habían adoptado las marinas de guerra de Inglaterra y Francia, antes que la invención de la hélice hubiera cambiado las condiciones del problema.

Por lo que respecta á la hélice, las máquinas de este tipo dan un movimiento de rotación muy poco rápido, que sería sin duda fácil multiplicar por medio de engranajes, pero á costa de la fuerza efectiva de las máquinas ó de su trabajo útil.

Se ha adoptado generalmente la condensación, no tan sólo en donde es necesaria, es decir, en las máquinas de baja presión, sino también en las máquinas marinas de

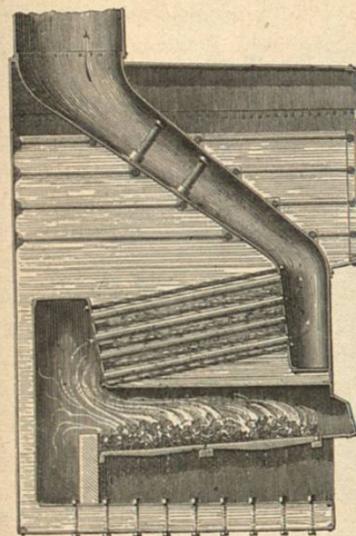


Fig. 770.—Sección de una caldera tubular de retorno de llama

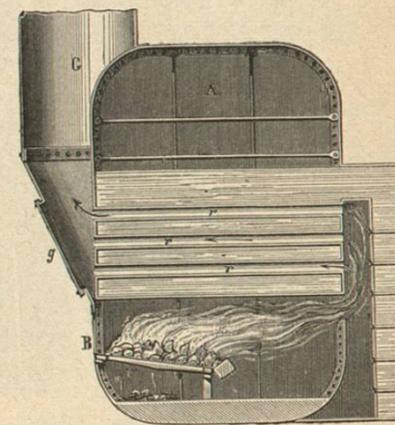


Fig. 771.—Sección de una caldera tubular marina de retorno de llama

media y alta presión. La abundancia de agua hace cómodo y económico el uso de los condensadores.

Las máquinas de vapor empleadas en la navegación son las de más fuerza que se conocen. No es raro que su fuerza efectiva se mida por centenares de caballos de vapor, sino que en ciertos buques de guerra hay que contarlos por millares. Añadamos á esto que la valuación de la fuerza de las máquinas marinas en caballos de vapor—lo que se llama fuerza nominal—se hace de distinto modo que para con las máquinas terrestres. El *caballo de baja presión*, el *caballo nominal* en la marina, no tan sólo vale 75 kilográmetros, sino más de 100; por término medio 107 en el árbol motor, y 135 en los émbolos. Esto consiste en que la pérdida de trabajo motor invertido en el retroceso ha obligado á los constructores á aumentar la fuerza para producir más trabajo útil. Hoy mismo, las cifras que acabamos de indicar son muy bajas; en la marina de guerra, el caballo de vapor *nominal* llega á 300 kilográmetros.

Por esta cuenta, la fragata de vapor *Friedland*, cuya máquina tiene una fuerza efectiva de 4,000 caballos de 75 kilográmetros, no debe valuarse, en cuanto á su fuerza nominal, sino en 1,000 caballos.

Para obtener semejante fuerza, ha sido preciso emplear generadores capaces de va-