

## **LOS PRECURSORES DE LA NAVEGACIÓN MECÁNICA (SIGLOS XVI, XVII Y XVIII)**

D. ALEJANDRO MIRA MONERRIS\*  
*Académico de Número de la Sección de Ingeniería*

### **RESUMEN**

Los mercados exigen que las mercancías, transportadas en su mayoría por barco, lleguen a su destino en un plazo prefijado y no influenciado por las veleidades del viento. La propulsión mecánica podría ser, y fue, la solución.

El presente trabajo pretende describir, más bien reseñar, los ingeniosos artefactos que se esforzaron en sustituir a la propulsión vélica, tan tradicional y poco evolucionada de los grandes «clippers», por la propulsión mecánica materializada en la máquina de vapor de émbolo descubierta por Denis Papin en 1690 y perfeccionada por James Watt en 1778. Fue Robert Fulton quien, ya en el siglo XIX construyó la primera embarcación a vapor.

Este periodo de transición fue muy lento. Supuso algo más de dos siglos de tenaces pruebas y ensayos que mostraron una creatividad, que sólo origina una extrema necesidad.

### **PALABRAS CLAVE**

Remos, vela, rueda de paletas, hélice, álabe, émbolo, cilindro, bomba, reacción, impulso, propulsión, casco.

### **ABSTRACT**

The markets require the goods, for the most part carried out by sea, to be delivered at destination at a fixed date without interference of atmospheric (wind) conditions. The mechanical propulsion could be, and it was, the solution.

This paper has in mind to give an account of the ingenious devices that try hard to reply, the short and slow developed, sail-propulsion of the large clippers by the mechanical propulsion, that become a fact in the steam-engine of Denis Papin (1690), improved by James Watt at 1778. Robert Fulton built, in 1807, the first ship propelled by a piston steam-engine.

---

\* Expresidente de la RADE.

This transitional period was slow. It took more than two centuries of studies and tests, showing an inventive, only set up by an extreme pressure.

## KEY WORDS

Oar, sail, paddle-wheel, helix, propeller, paddle, piston, cylinder, pump, jet, impulse, propulsion, jet, hull.

La navegación mecánica es la que sustituye a la vela o a los remos movidos por hombres, y se inicia con ruedas de paletas o remos movidos por máquinas.

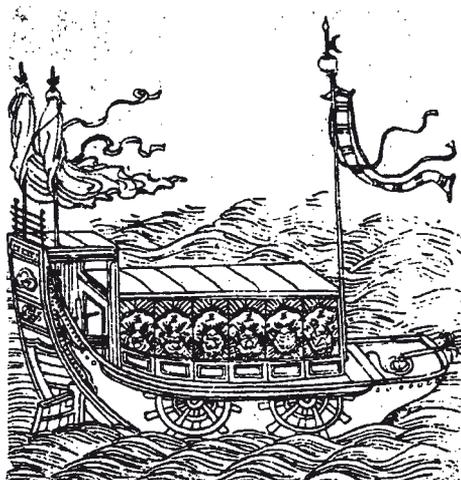
La idea es muy antigua y vino impuesta por las marinas militares. Su instalación permitiría atacar al enemigo, preso por la calma, o bien huir sin la ayuda del viento, maniobrar con mayor seguridad en el combate, y especialmente abordar a otros navíos sin el obstáculo físico de los remos de las galeras. Desde la antigüedad se han venido realizando intentos de aplicación sin que tuviese éxito ninguno de ellos. La navegación mecánica, propiamente dicha, a causa de las dimensiones y de la forma de los buques no podría tener un desarrollo serio y real más que con la invención de la máquina de vapor. En todo caso la variedad de los intentos ofrece un gran interés.

Se dice que los propulsores de ruedas de paletas fueron ya conocidas por los egipcios, pero no se tiene documentación cierta. Es más probable que fueran los chinos los primeros que emplearon buques con ruedas, pero tampoco se tiene certeza, si bien es cierto que existen documentos gráficos muy antiguos en los que aparecen buques chinos con ruedas de paletas. En China existían grandes juncos con cuatro ruedas inmensas, movidas por la fuerza humana.

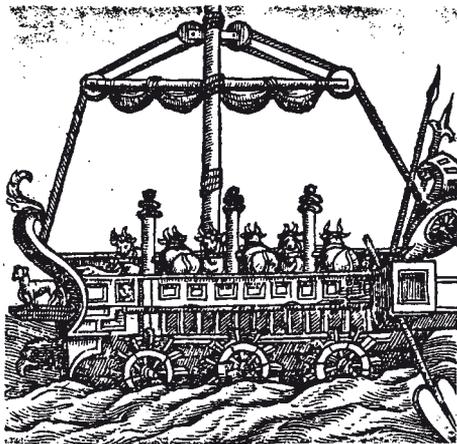
La representación más antigua de un buque de ruedas de paletas es un bajo relieve, hoy en día desaparecido, pero que fue descrito en 1587 por Pancirolle en su «Res Memorabiles». Pancirolle indica haber visto en dicho bajo relieve una liburna con tres pares de ruedas de paletas accionadas cada una por un par de bueyes. Este documento gráfico aparece también en varias otras obras de los siglos XVI y XVII. Las liburnas eran navíos de combate que fueron empleados especialmente por los romanos en el combate de Actium (año 31 a.J.C.). Según Montgéry, los buques que trasladaron a Sicilia al ejército de Claudius Caudex también estaban propulsados por ruedas accionadas por parejas de bueyes.

Un manuscrito que data de 1430 conservado en la Biblioteca Real de Munich, describe un barco de guerra de cuatro ruedas como sigue: «Es un barco que navega sobre las aguas tranquilas con cuatro ruedas de paletas movidas por cuatro hombres, dos detrás y dos delante. Este navío puede llevar a 20 soldados, aparte de a los cuatro hombres que mueven el buque; las ruedas se sumergen en el agua y cada rueda tiene una manivela que se mueve en el interior del buque, de modo que uno puede navegar a voluntad sobre el agua. Este navío debe estar cubierto, para que no se pueda ver a los hombres. En la proa lleva un botalón de batalla y en cada lado un cañón. Se le llama buque de guerra y las gentes de Cataluña lo utilizan para dominar a otros buques».

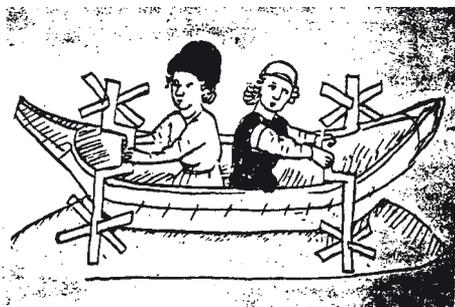
Robert Valturius, de Rimini, de su otra «De re militari» en 1472, Ramelli en 1588 en su obra «Artificioses machines», Fausto Veranzio en su obra «Machins nous», Leonardo da Vinci, hacia 1500 y muchos otros más, han tratado el tema de los buques con ruedas de paletas. La principal consecuencia que dedujeron estos autores es que en puerto las ruedas ganaban en velocidad a los remos, al contrario que en alta mar.



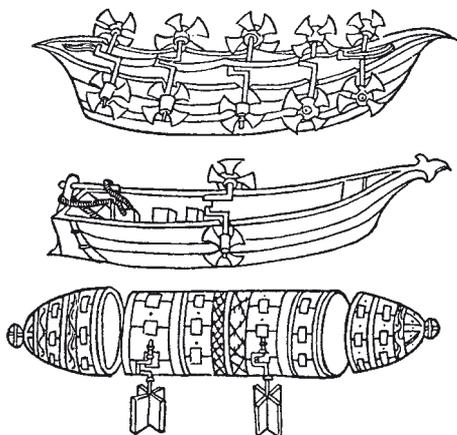
*Buque de ruedas chino movido por fuerza humana.*



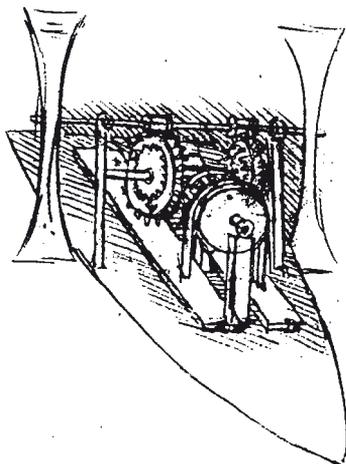
*Liburna romana de ruedas movida por bueyes.*



*Barco de ruedas.*



*Barcos de ruedas de Valturio.*



*Buque de ruedas accionado por dos pedales, según Leonardo da Vinci.*

## LA PROPULSIÓN MECÁNICA

Ya en 1662 Gaspar Schott describe en su «Technica Curiosa» un curioso buque mecánico inventado por un joven estudiante de Leyde, llamado Guillermo Schroter. Este navío con fondo plano reposaba sobre un cajón cerrado. Entre los dos existía un colchón de cuero descansando sobre un fuerte soporte cilíndrico. Cuando se deseaba aumentar la fuerza de flotación se comprimía el aire en el colchón separándose los dos fondos y elevando el navío. La propulsión estaba asegurada por un par de ruedas de paletas accionadas por una manivela mediante un cabo sin fin, provisto de unas bolas de madera que impedían el deslizamiento.

Para mantener su acción cuando el buque estaba elevado, los álabes o paletas podían alargarse mediante unas charnelas que les permitían girar. El buque podía avanzar en aguas poco profundas gracias a dos rodillos sobre los que reposaba, uno de los cuales iba engranado a una de las ruedas.

Numerosos investigadores intentaron y ensayaron sistemas de remos mecánicos. Antes de 1680 Borelli había proyectado un remo único constituido como un timón flexible que se movía como la cola de un pez. El señor de Camus presentó en 1703 una máquina de remos imitando el movimiento real de los remos de las galeras: un gran chasis movido longitudinalmente transmitía el movimiento al grupo de remos. También el señor de Camus presentó simultáneamente otro sistema en el que los remos colocados por pares en el mismo lado giraban sobre sus palas para su impulsión. A fin del siglo XVIII John Fitch ensayó diferentes remos mecánicos y hasta muy avanzado el siglo XIX se siguió pensando en este tipo de propulsión.

Uno de los aparatos más originales fue llamado «Martenote», inventado también en 1703 por M. Martenot. Este original propulsor consistía en un remo en forma de prisma triangular adaptado a la popa del buque y que se podía mover horizontalmente por medio de una manivela. El experimento no fue sancionado con el éxito, pero a principios del siglo XIX Buchanan intenta introducirlo en los buques de vapor y Montgery propone su aplicación como propulsión de un submarino.

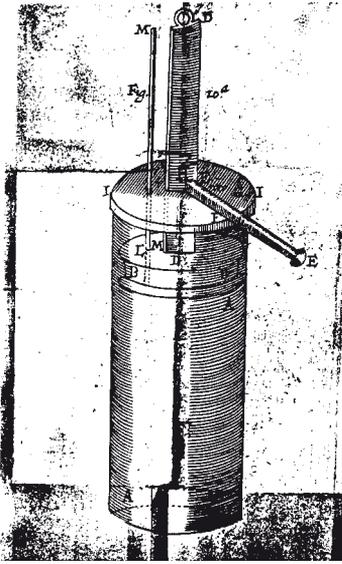
Se estima que la primera hélice propulsiva se debe a Du Quet, que situaba una hélice de paso y medio entre dos buques amarrados de modo que la corriente la hacía girar y que actuaba sobre un sistema funicular que movía un buque libre. Los fondos de los buques fijos llevaban unas planchas oblicuas para estrechar la corriente y aumentar su fuerza según la idea reciente de Pitot.

El primer navío que navegó libremente por impulso de un propulsor mecánico movido por una fuerza distinta a la humana o a la animal, parece que fue propuesto en 1714 por el fecundo inventor Du Quet. El propulsor era una rueda de cuatro palas cuyo motor era el viento actuando sobre un molino orientable.

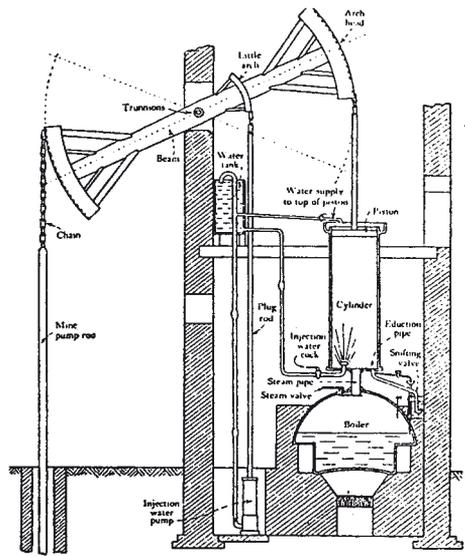
El agosto de 1729 se experimentaron simultáneamente las máquinas de Caron y de Boulogne, ambas estaban accionadas por cuatro y dos ruedas de molino movidas por la corriente.

Otras ideas con la idea común de que la corriente del río fuese la energía motriz se propusieron definiéndolas como «máquinas para hacer que un navío remonte la corriente contraria de un río sin la ayuda de personas ni de velas».

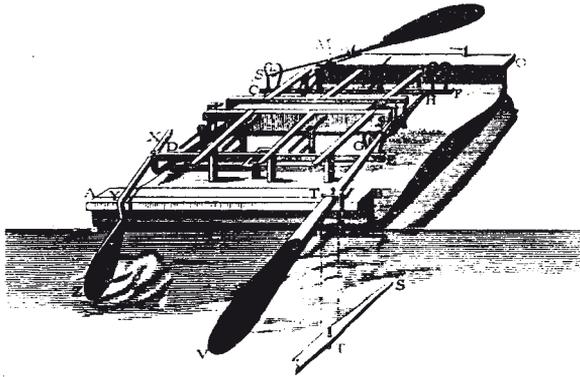
El más célebre inventor de navíos mecánicos a principios del siglo XVIII fue el mariscal de Saxe que consagró 10.000 escudos a la realización de buques en los que una pareja de caballos servía de motor, como en una noria.



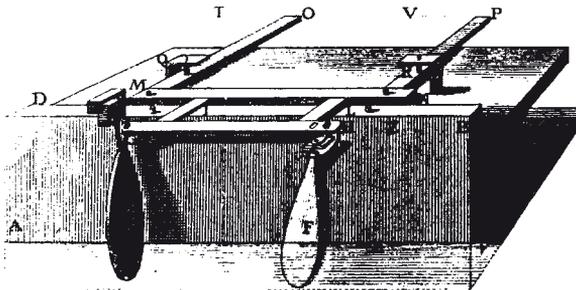
Máquina de vapor de Denis Papin, destinada a la navegación (1695).



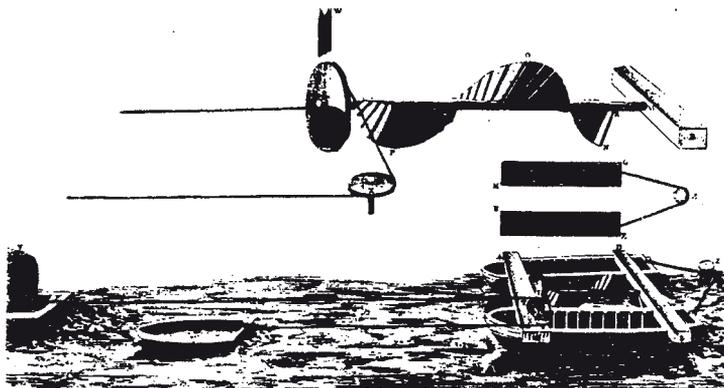
Máquina de Newcomen (1712).



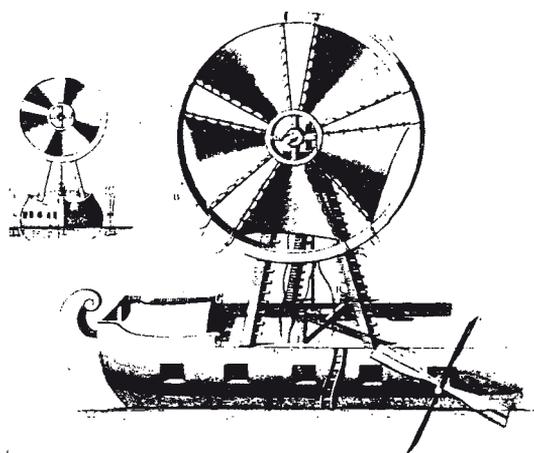
Primera máquina de remos de Camus (1703).



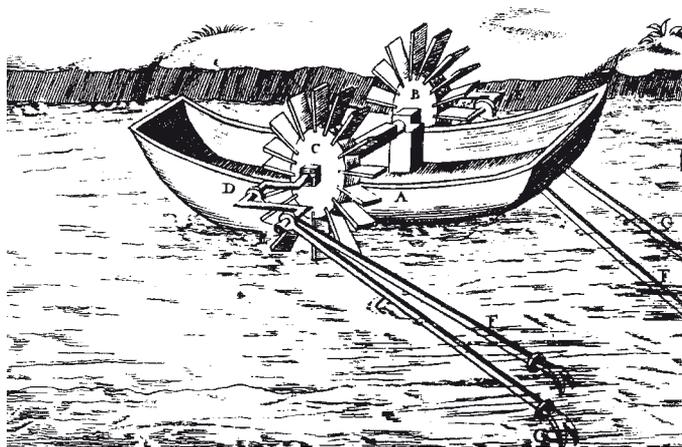
Segunda máquina de remos de Camus (1703).



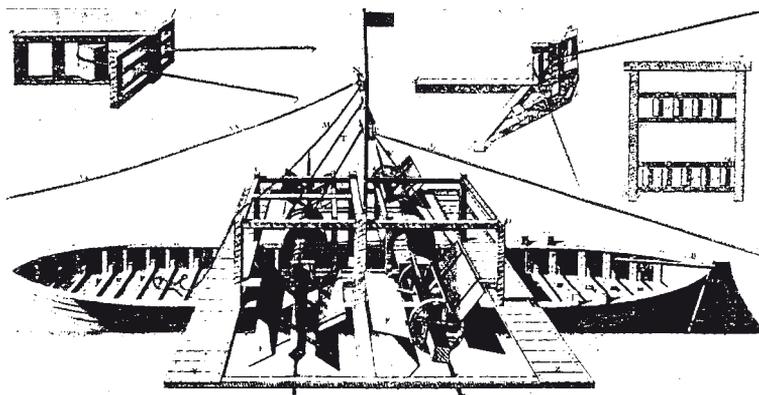
*Tambor de hélice hidráulica movida por la corriente, según Du Quet (1729).*



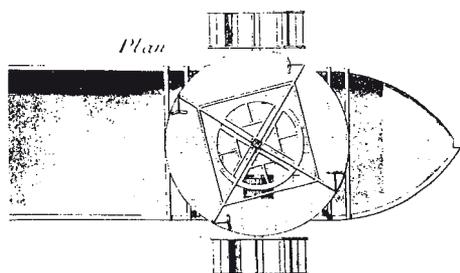
*Buque de ruedas accionadas por un molino de viento, según Du Quet (1714).*



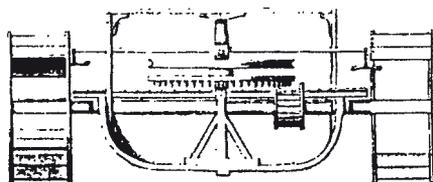
*Propulsor de pértigas (siglo XVI).*



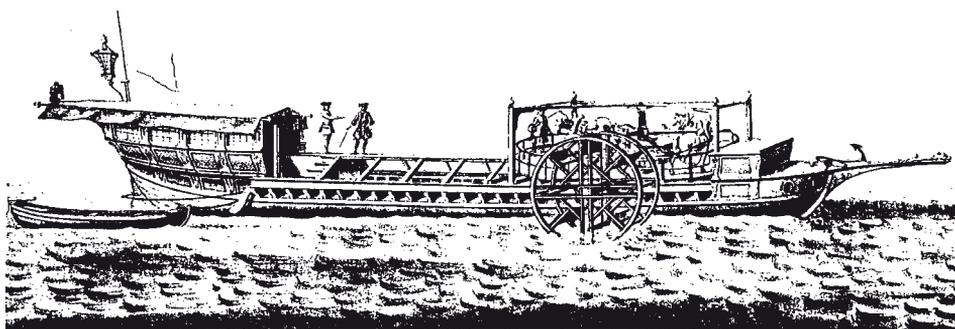
*Tambor fijo y remolcador movido por la corriente, según Boulogne (1729).*



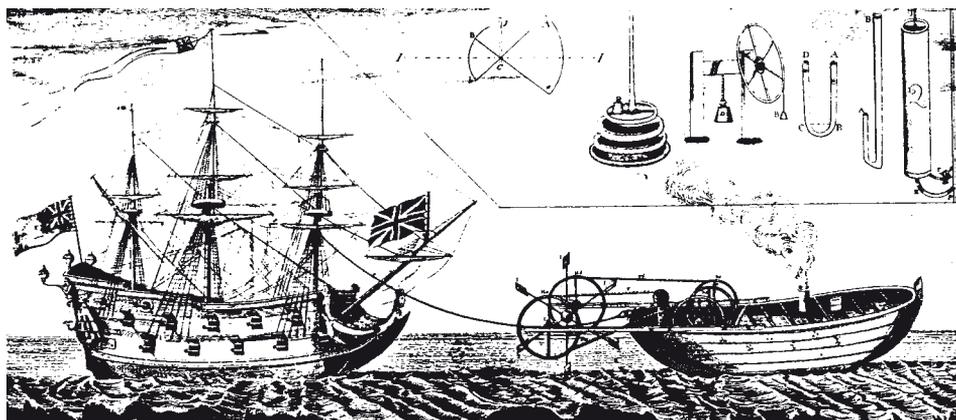
*Profil.*



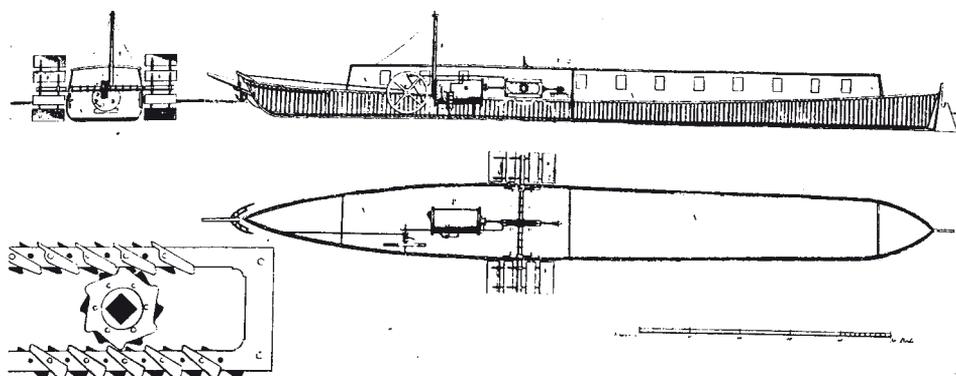
6 12 18 24 30 Pies



*Máquina para actuar sobre carruajes acuáticos, inventada por el Conde de Saxe.*



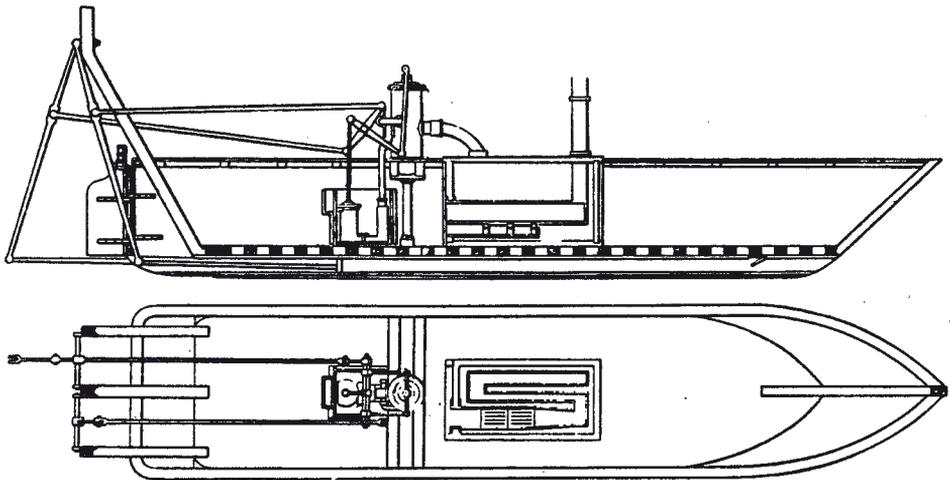
*Primera representación de un buque a vapor: el remolcador de Jonathan Hulls movido por una máquina atmosférica.*



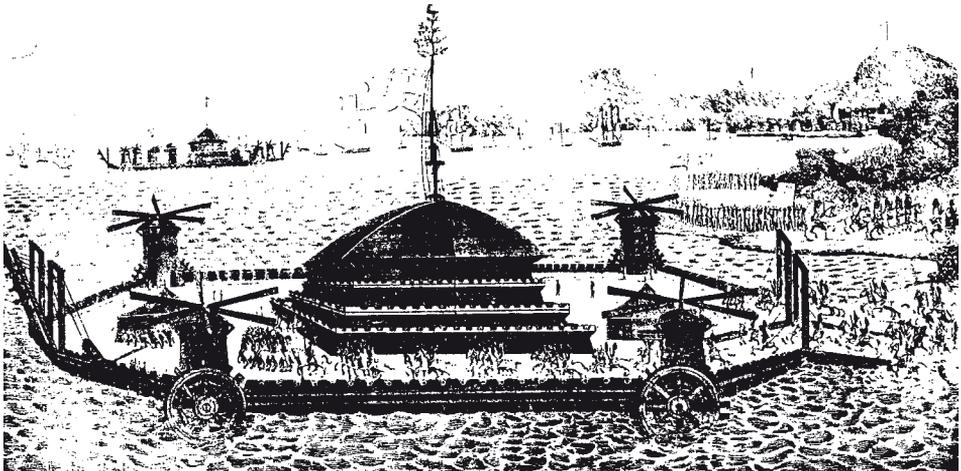
*Buque a vapor del Conde de Jouffroy d'Abbans, ensayado en Lion (1783).  
El pistón de la máquina actúa sobre una doble cremallera y dos ruedas; las ruedas son articuladas.*



*Esquema de propulsión reacción de Rumsey (1786).*



*Propulsor a reacción con máquina de vapor de Linaker (1808).*



*Fortalezas flotantes, accionadas por molinos de viento, para el desembarco en Inglaterra, según el ciudadano Le Blanc (1798).*

## PROYECTOS DE BUQUES A VAPOR

Es difícil de silenciar como precursora la pretendida experiencia de propulsión a vapor que hizo el español Blasco de Garay en 1543. Un documento del Archivo de Simancas resumido dice: «Blasco de Garay, Capitán de mar, propuso el año 1543, al Emperador y Rey Carlos V una máquina para mover las grandes embarcaciones aún en tiempo de calma sin remos ni velas. El emperador le ordenó que se realizase la experiencia en el puerto de Barcelona, la que efectivamente tuvo lugar el día 17 del mes de junio de dicho año 1543».

Garay no quiso que se conociera anticipadamente su descubrimiento, sin embargo se vio en el momento de la prueba que consistía en una gran caldera de agua hirviendo y en unas ruedas de paletas situadas a ambos costados del buque.

Se hizo la experiencia sobre un navío de 200 toneles llamado «Trinité» y llegado de Collioure.

Cuando el ensayo fue realizado, Garay se llevó la máquina puesto que la había armado él mismo; no depositó en los arsenales de Barcelona más que la madera y guardó todo el resto para sí mismo.

A pesar de los opositores, la invención de Garay fue aprobada, el emperador elevó en un grado al autor, le hizo un regalo de 200.000 maravedís y ordenó a su tesorería que le pagase todos los gastos.

Algunos consideran esta historia como una mitificación científica, carente de veracidad.

En cualquier caso, aquello no tuvo continuación y en nuestros tiempos, los primeros ensayos que han conducido a resultados útiles se han basado en el empuje del vapor sobre un émbolo.

Suele citarse entre los primeros que siguieron ese camino a Denis Papin, que aparte de haber inventado una olla a presión, con la correspondiente válvula de seguridad, descubrió en 1687 «una nueva máquina para elevar el agua». Este ingeniero francés había sido discípulo del conocido físico holandés Huygens (El Ugenio, citado por Jorge Juan) quien pensaba construir un motor impulsado por pólvora, decía: «cuando se une el calórico con partes de agua, a cuya mezcla se ha dado el nombre de vapor por los físicos, llega a ocupar un espacio ... miles de veces mayor ... y se concibió que el vapor retenido haría prodigiosos esfuerzos contra obstáculos considerables». Conformándose con esos esfuerzos, concibió su máquina como un cilindro vertical, de unos 75 mm de diámetro. Se ponía agua en el fondo, se cubría con un émbolo y se calentaba hasta evaporarla. Una vez el émbolo en la parte alta, se enfriaba el cilindro hasta producir vacío en él. Por lo que, gracias a la presión atmosférica, se producía un trabajo aprovechable.

Parece ser que en 1705 montó en una embarcación una máquina de este tipo y que lo hizo adaptando una cremallera al émbolo, de modo que engranara con una rueda dentada montada sobre el eje de una rueda de paletas. Con esa embarcación pensaba trasladarse desde Kassel, donde se hallaba, a Inglaterra. Pero, todavía en Alemania, unos bateleros que temían la competencia que pudiera hacerles, acabaron con el invento.

Posiblemente ni siquiera llegaron a Inglaterra noticias de esta máquina. Pero fue precisamente en dicho país donde habían de originarse las primeras máquinas de vapor prácticas. Lo que inicialmente se produjo siguiendo las mismas ideas que habían inspirado a Papin.

El proyecto completo de buque de vapor más antiguo es el del mecánico inglés Jonathan Hulls, que obtuvo la patente en diciembre de 1736.

En esta época no existía más que la máquina atmosférica de Newcomen, aplicada al bombeo de agua de las minas y basada en el principio de Papin.

Suele citarse a Thomas Savery como el inventor inglés de una bomba consistente en uno o más recipientes, en los que se producía vacío por condensación del vapor previamente introducido. Con lo que se aspiraba el agua que, luego, se impulsaba volviendo a

dar vapor a presión. Pero fue Thomas Newcomen quien, en 1712, construyó la máquina que convenció al público de las posibilidades que ofrece el vapor.

Lo mismo que la de Papin, funcionaba esta máquina, gracias a la presión atmosférica, que actuaba contra el vacío producido en el interior de un cilindro vertical, que se hacía estanco merced a una pieza de cuero, que formando parte del émbolo estaba cubierta por una capa de agua. Se dice que un fallo de esta junta permitió que entrara agua en el cilindro y se descubriera que mediante inyección se podía obtener una condensación más rápida y, por tanto, mayor potencia que enfriando el cilindro por fuera, como al principio se hacía.

Para la entrada de vapor (que ya se generaba en una caldera aparte) y del agua de refrigeración había sendos grifos, situados en lo que, con toda propiedad, llamaríamos culata, ya que es donde se asentaba el cilindro. Al principio, estos grifos se actuaban a mano. Pero muy pronto se hizo esto por la propia máquina. Lo mismo sucedió luego con la purga, que inicialmente se actuaba mediante un tubo que acababa dentro del agua en un recipiente. La presión del vapor era del orden de la atmosférica. La caldera, podría ser una especie de cofre con una tapa, posiblemente de plomo. Para que el émbolo volviera a subir, había que tirar de él. Lo que se conseguía mediante un balancín y el contrapeso del émbolo de la bomba.

En esas condiciones, la máquina había de ser muy lenta y tener muy mal rendimiento. Esto último, porque aparte de ser pequeña la presión del vapor y que éste no se expandiera, la condensación tenía que ser muy grande durante la entrada del vapor, debido a la inyección de agua que le había precedido y a la propia lentitud de la máquina. Por lo que la presión media no alcanzaba la media atmósfera, y no sólo los consumos específicos, sino también las dimensiones de los cilindros tenían que ser muy grandes.

No tardó en pretenderse utilizar variantes de estas máquinas para la propulsión naval. Una de estas propuestas fue la de un inglés llamado Jonathan Hulls, que en 1736 patentó su solución. El movimiento rectilíneo del émbolo se convertía en este caso en el circular de la rueda de paletas mediante un doble juego de poleas coaxiales; de una de las cuales halaba la máquina y de la otra, un contrapeso, cuando el émbolo había de ir en sentido contrario. Por supuesto, para impedir que la rueda girara en otro sentido que no fuera el del avance, existía un trinquete. Este remolcador no sólo no llegó a construirse, sino que se tildó de asno a su inventor.

Hulls ofrece muchos detalles sobre la ejecución indicando la protección del propulsor con defensas de madera y ajustando a las paletas unas piezas que les permitiera apoyarse sobre el fondo.

Parece que Hulls hizo algunos ensayos en el río Avon con un buque construido en Birmingham, pero que no pasó de esa etapa.

En 1753 la Academia de Ciencias de Francia abre un concurso para conseguir el mejor medio de suplir a la fuerza del viento, lo que motivó gran número de iniciativas, a pesar de que Daniel Bernoulli juzgó que en el estado actual la «bomba de fuego» no presentaba ventajas.

El abate Gauthier publicó en las «Memorias de la Sociedad Real de Ciencias y Letras de Nancy» en 1755 un proyecto detallado de buque a vapor que muestra una notable lucidez. A las ruedas de paletas les llama remos a fuego. Coloca el cilindro entre el palo mayor y el palo de mesana y el alambique o caldera en el fondo, de modo que

una parte del agua de inyección sea llevada al mar por un tubo que desagüe por encima de la línea de flotación.

En 1759 el pastor Genevois, de Berna, propone otro proyecto en el que los propulsores eran remos palmípedos articulados accionados por una máquina atmosférica, y cuya ejecución trató vanamente de que se llevara a cabo en Inglaterra.

Se cree que el primer buque a vapor, construido alrededor de 1763, fue obra de uno de los pioneros de la industria en América, William Henry, de Lancaster en Pennsylvania, que estudió la aplicación del vapor a alta presión a la propulsión de un navío de ruedas. Es un hecho QUE William Henry tuvo una gran influencia sobre Fitch y sobre el joven Robert Fulton.

En Europa el primer buque a vapor se intentó construir en Francia en 1770, a partir de entonces los ensayos se sucedieron, bajo la dirección de tres precursores franceses d'Auxinon, Perrier y Jouffroy.

Este último, el marqués Claude de Jouffroy d'Abbands, construyó un barco de 40 m. de eslora, con el que remontó el río Saona, cerca de Lyon, en 1783. Este barco que se llamaba, muy propiamente para la época «Pyroscaphe» (piroscafi siguieron llamándose posteriormente en Italia, los barcos de vapor) puede considerarse, a pesar de su poco éxito desde el punto de vista práctico, como el primer barco que navegó propulsado por vapor. El mal estado en que quedaron las finanzas de su propietario y luego la Revolución Francesa, cortaron otras experiencias.

La Gran Bretaña que se acercó a la propulsión a vapor mucho más lentamente tuvo sin embargo más éxito. Fue Escocia la que aportó los primeros esfuerzos.

Patrick Miller estableció a partir de 1786 una serie de buques muy particulares, con dos e incluso tres cascos paralelos, entre los cuales situaba las ruedas de paletas movidas inicialmente por la fuerza muscular humana.

Siguiendo los consejos del preceptor de su hijo, James Taylor, Miller intentó reemplazar los hombres por una máquina de vapor que encargó a William Symington, que en 1788 hizo el «más bello experimento realizado en cualquier tiempo y lugar», como calificó un periódico de la época las pruebas de navegación a vapor que había realizado en el año citado. A continuación Miller consultó a James Watt que no le animó a proseguir con la aplicación del vapor a la navegación. Sin embargo tanta fue su fama, que el entonces Secretario de Estado inglés de la Guerra, Henry Dundas, le encargó un remolcador a vapor. Este barco, que se acabó de construir en 1801, se llamó, galantemente, «Charlotte Dundas». Estaba dotado de una máquina horizontal de doble efecto, de 559 mm de diámetro y 1.220 de carrera, con una biela que movía directamente la rueda de paletas. Con esta máquina, más sencilla y lógica que otras que luego se utilizaron, remolcó, con fuerte viento en contra, dos barcasas de 70 ton. de porte y durante 6 horas recorrió 20 millas (3.3 nudos). Pero los propietarios del Canal del Forth y del Clyde, donde pensaba utilizarlo, lo rechazaron, alegando la defensa de sus márgenes.

En el Charlotte Dundas, la máquina era del tipo que había desarrollado James Watt, al que se considera con toda justicia el adelantado del Siglo del Vapor.

En la misma época en América Samuel Morey construyó una pequeña máquina de vapor y la aplicó a un barco de ruedas en popa. Más tarde en 1797 continuó sus ensayos en Nueva York con un buque con las ruedas en los costados.

En los diez últimos años del siglo se puede citar, sobre todo en América e Inglaterra, un número relativamente importante de ensayos con buques a vapor, con éxito variable pero que presentaban un defecto común, la pequeñez de sus dimensiones y la debilidad de sus máquinas.

Entre ellos merecen particular mención las experiencias realizadas en 1795 por el célebre filósofo Conde de Stanhope, siguiendo la antigua idea de Genevois de propulsores de vapor en forma de pies de pato, pero sus ensayos en Londres demostraron, que a pesar de cerrarse los pies cuando volvía a su posición inicial, producían una reacción que anulaba la velocidad del buque.

En 1792 se realizaron en América varias experiencias con remos palmípedos sin que se llegara a resultados positivos.

A finales del siglo XVIII se realizaron las primeras aplicaciones de hélices a la navegación, si bien no se empleaba vapor. Su evolución fue muy satisfactoria.

La parte decisiva de los Estados Unidos de América en la creación de la navegación de vapor se debe a los trabajos de John Fitch (1743-1798), asociado con Voight, un mecánico alemán, ensayó hélices, ruedas de paletas, etc., movidas por la fuerza humana, para pasar a la introducción de máquinas de vapor y calderas de tubos de agua.

En 1786 realizaron un ensayo en el río Delaware, con un buque de 15 metros equipado con una máquina atmosférica que accionaba 12 remos. Aunque la caldera fue insuficiente, el ensayo fue muy satisfactorio.

Tras diversos ensayos consigue obtener el éxito, y a partir del 14 de junio de 1790 funciona por primera vez en el mundo un servicio regular de buques a vapor entre Filadelfia y Trenton (38 millas). Este servicio duró cuatro meses, puesto que la lentitud con respecto a los Stage-Coachs no permitió la competencia, y la compañía sufrió pérdidas que llevaron a su disolución.

Fitch llegó a París en 1788 para explotar su invento en toda Europa, pero con tal desgracia que Francia estaba en plena época del terror y Fitch volvió a EE.UU. como marinerero para poder pagar su viaje de regreso.

Antes de suicidarse dejó una profecía para la navegación a vapor: «llegará un día en que algún hombre más potente obtendrá reputación y riqueza por mi invento», y «el mayor y principal objeto será el Atlántico, ya que pronto se utilizará para poblar de habitantes los desiertos de América y para convertirlo en el imperio más opulento de la tierra».

Todos estos ensayos que con mayor o menor éxito se realizaron hasta entonces alcanzaron el éxito en los primeros años del siglo XIX.

Merece mención aparte la propulsión a reacción. La propulsión a reacción se estudió desde muy antiguo. Ya en 1634 el padre Mersenne propuso el empleo de un eolípilo para dirigir los movimientos de su submarino. Y en el mismo siglo la propulsión por la expulsión de agua «hacia atrás» ya estaba bajo consideración.

En 1661 Thomas Toogood y James Hays, y John Allen en 1729 obtuvieron patentes para una bomba que aspiraba el agua en proa y la expulsaba por popa. Esta idea fue desarrollada en Francia en 1753 por Daniel Bernoulli.

En América fue James Rumsey quien en 1774 iniciara ensayos con este sistema.

Igual que la propulsión a vapor, estos ensayos vieron su aplicación con éxito en la primera mitad del siglo XIX.

Para terminar cabe citar que Robert Fulton, a quien se debe la culminación de la navegación a vapor, no alcanzó un verdadero éxito hasta el siglo XIX, por lo que su figura no se ha considerado en este trabajo.