

# PRESENTE Y FUTURO DE LAS TURBINAS DE GAS

Por

V. CAMPAÑO Pérez

Capitán de Máquinas, Armada de España

Sorprende pensar que ya hace casi dos siglos se consiguió la primera patente de una turbina de gas. En efecto, en 1791, un inglés llamado John Barber patentó lo que se puede considerar como verdadera turbina de gas. Su procedimiento era, naturalmente (y contemplado ciento ochenta años después), rudimentario y más bien se asemeja a un aparato de laboratorio que a una máquina motriz. Barber producía gases inflamables conseguidos en una retorta cerrada, a base de quemar carbón u otros combustibles sólidos, mezclándolos a continuación con aire a baja presión proporcionado por un compresor alternativo. En una cámara de combustión efectuaba la ignición de la mezcla y su combustión. El incremento de presión resultante lo transformaba en velocidad en una tobera y, una vez conseguida ésta, los gases incidían tangencialmente sobre las paletas de una rueda, provocando el movimiento y, por tanto, el trabajo. Como se ve, la turbina de gas de Barber poseía todos y cada uno de los elementos fundamentales que hoy se encuentran en las modernas turbinas de gas. Sin embargo, no se tienen datos de que jamás haya sido construida y, por otra parte, es fácil suponer que apenas pudiera mover su propio compresor.

Dos fueron los principales problemas que durante el siglo XIX se encontraron

e intentaron resolver algunos hombres que como Stirling Joule, Mennons y Curtis se dedicaron y contribuyeron al desarrollo de la turbina de gas. Estos problemas fueron el bajo rendimiento del compresor alternativo, que hacía que casi toda la potencia producida fuera absorbida por el compresor, y la inexistencia de metales o aleaciones que pudieran soportar, sin mermar sus propiedades, las altas temperaturas necesarias para que de por sí tuviera un aceptable rendimiento la turbina de gas.

El primero de estos problemas fue resuelto teóricamente por Curtis en 1895, al difundir la idea de usar un compresor de flujo axial en lugar del alternativo, idea que hoy está totalmente realizada con buenos rendimientos. En cuanto a la segunda, si bien es verdad que se ha avanzado mucho, es de esperar que se pueda conseguir mucho más una vez que la turbina de gas se haya racionalmente comercializado. No es exagerado decir que aún no está totalmente resuelto.

La primera turbina de gas que se puede considerar como tal fue realizada por los ingenieros franceses René Armengoud y Charles Lemale. Diseñada para dar 500 BHP a 5.000 r.p.m., su rendimiento técnico fue muy escaso, de un 3 por 100. No obstante, fue el punto de partida de un sistema de propulsión que aún hoy está en sus albores.

## T A B L A 1

## GRAN BRETAÑA 1959-60

Clase y tipo de barco	Número de unidades	Potencia total	Potencia turbina gas
Destructores portamisiles clase "County" .. .	4	240.000	120.000
Fragatas clase "Tribal", tipo 81 .. . . .	7	140.000	52.500
Patrulleras-torpederas clase "Brave" .. . . .	2	21.000	21.000
Patrulleras-torpederas clase "Bold-Pathfinder".	1	14.000	9.000
Total ... ..	14	415.000	202.500

## GRAN BRETAÑA 1970-71

Destructores portamisiles tipo 42 .. . . .	4	240.000	240.000
Destructores portamisiles tipo 82 .. . . .	1	74.000	44.600
Destructores portamisiles clase "County" .. .	8	480.000	240.000
Fragatas rápidas tipo 21 .. . . .	4	240.000	240.000
Fragatas clase "Tribal", tipo 81 .. . . .	7	140.000	52.500
Patrulleras-torpederas tipo Anti-FPB .. . . .	3	?	31.000
Patrulleras-torpederas clase "Brave" .. . . .	2	21.000	21.000
Aerodeslizador "BHT" .. . . .	1	?	900
Total ... ..	30	2.000.000 apr.	870.000

## El avance en diez años

Si nos limitamos a la década de los años sesenta, y en cuanto a turbinas de gas aplicadas a propulsión marina se refiere, y tomando un a modo de muestreo de las principales Marinas de guerra del mundo, observaremos el impresionante desarrollo experimentado por este sistema de propulsión que, en general, estuvo dormido hasta esta década. Si descontamos algún buque de poco porte experimentado por las Marinas norteamericana y británica, el sistema no fue tomado en consideración hasta comienzos de la década citada y precisamente por esta última Marina y por la URSS. Los Estados Unidos no se dieron cuenta de su importancia hasta bien entrado el segundo lustro de la década.

La Gran Bretaña poseía (o estaban en avanzado estado de construcción) en 1960 cuatro destructores, siete fragatas y tres patrulleros, con una potencia de propulsión por turbina de gas de 200.000 H.P. En 1970, y aunque algunos datos son estimados, esta potencia se ha elevado a la cifra de 870.000 H.P., es decir, se ha multiplicado por cuatro.

Más interesante es observar cómo la vigencia (y más aún el futuro) del sistema lo demuestra el hecho de que si bien al principio fue usado como medio complementario para conseguir la máxima potencia, de una forma casi instantánea, actualmente se piensa en él, como único sistema de propulsión. Efectivamente, Gran Bretaña, que fue, repetimos, una de las primeras en darse cuenta de la importancia del sistema, utilizó el sistema COSAG (\*) para destructores y fragatas, el CODAG para dos patrulleros y solamente el COGAG para un patrullero. Esto en 1960, pero en 1970 ya pensó para buques de tanta responsabilidad como destructores portamisiles y fragatas rápidas en el sistema COGAG. También los Estados Unidos y la URSS creen en

(\*) Para el lector no impuesto en el sistema de nomenclaturas usado en turbinas de gas marinas, diré que cualquier sistema se define con unas siglas de cinco letras: las dos primeras: "CO", de la palabra COMBINATION, la tercera y la quinta que definen los sistemas propulsores (S, turbinas de vapor; D, diesel; G, turbina de gas, y N, propulsión nuclear). La cuarta es la primera letra de las conjunciones OR o AND. Así, CODAG significa "combinación de diesel y turbina de gas", y COGOG, "combinación de turbina de gas o turbina de gas".

este sistema, como elemento de propulsión único, prescindiendo de combinaciones con vapor o diesel. No se quiere señalar con esto que en el futuro sea la única combinación, pues es un hecho significativo el que una empresa de tanto prestigio como la Vosper Thornycroft construya actualmente por su cuenta y riesgo dos lanchas portamisiles de 40 nudos, propulsadas con turbinas "Proteus" y con el sistema CODAG (\*).

Como ya se dijo anteriormente, los Estados Unidos se retrasaron, y prácticamente en 1960 no poseían ninguna potencia instalada de este sistema, si exceptuamos algún intento sobre el año 1947 y en embarcaciones tipo hidroplano, de escasa potencia. En la actualidad, los Estados Unidos poseen (o tienen en avanzado estado de construcción o proyecto) un amplio programa que les permitirá disponer de una potencia en turbinas de gas de 2.000.000 de H.P., aproximadamente, incluyendo a su Marina guardacostas. Es de destacar el ambicioso programa de 30 destructores de escolta, clase "Spruance", en donde utilizará el sistema COGAG, así como la construcción

(\*) La "Proteus" es una turbina de gas procedente del campo aeronáutico, con una potencia de 3.500 H.P., fabricada por la Rolls Royce, pionera de este tipo de motores. Una versión actual de la "Proteus" proporeiona 4.500 H.P.

de cuatro buques laboratorios clase "Hamilton", donde utilizará el sistema CODAG.

No menos ambiciosos son los planes de la URSS, que de cuatro cruceros portamisiles clase "Kynda", en 1960, con una potencia estimada de 160.000 H.P. en total de potencia de gas, ha pasado a poseer (o a tener en estado avanzado de construcción o proyecto) una potencia estimada de 4.000.000 de H.P. Es de destacar el hecho de que mientras los demás países tomaban este sistema con reservas al principio, la URSS se lanzó en los años 1960-61 a la construcción de buques como los mencionados, con el sistema COSAG y de series tan largas de escoltas como los 40 de la clase "Pyta", con sistema CODAG, y los 70 de la clase "Poti", con sistema COGAG. Aun siendo estos datos tomados de una publicación tan seria como el "Jane's Fighting Ship's" 1970/71, no dejan de sorprender. Sin embargo, es de dominio público que buques de estas clases se pasean por el Mediterráneo y el Estrecho. Lo verdaderamente sorprendente son las largas series, sobre todo pensando en la novedad del sistema de propulsión, que parece haría aconsejable una mayor experiencia. Todo parece indicar que la URSS poseía esta experiencia en 1960, lo cual, naturalmente, significa ir muy por delante de todos los demás países en esta cuestión.

## T A B L A 2

ESTADOS UNIDOS 1970-71

Clase y tipo de barco	Número de unidades	Potencia total	Potencia turbina gas
Destructores escolta "Spruance" . . . . .	30		En proyecto
Lanchas patrulleras "Asheville" . . . . .	17	250.750	226.000
Hidroplano tipo "Tucumari" . . . . .	1	3.040	3.040
Hidroplano tipo "AGEH" . . . . .	1	30.000	30.000
Hidroplano tipo "PCH" . . . . .	1	6.200	6.200
Hidroplano tipo "Denison" . . . . .	1	875	875
Lancha asalto "Mark 2" . . . . .	1		En proyecto
Buques-laboratorios clase "Hamilton" . . . . .	12	420.000	336.000
Rompehielos clase "Wagb" . . . . .	4		En proyecto
Transporte tropas "Mark 2" . . . . .	1	?	1.600
Aerodeslizador . . . . .	3	?	3.500
Total . . . . .	-72	—	2.500.000

T A B L A 3

URSS 1970-71

Clase y tipo de barco	Número de unidades	Potencia total	Potencia turbina gas
Cruceros portamisiles clase "Kynda" .. . . .	4	340.000	160.000
Destructores portamisiles clase "Kashin" .. .	12	1.200.000	1.200.000
Escoltas clase "Mirka" ... .. . . .	15	450.000	450.000
Escoltas clase "Peyta" ... .. . . .	40	?	400.000
Escoltas clase "Poti" ... .. . . .	70	2.100.000	2.100.000
Total ... .. . . .	141	—	4.310.000 apr.

Las tablas 1, 2 y 3 resumen todo lo anterior y en ellas sólo se han tenido en cuenta los sistemas de propulsión pura, es decir, se han excluido turbogeneradores movidos por turbina de gas y, por supuesto, turbosoplantes. No cabe duda de que sobre todo en buques con sistema COGAG o COGOG, los turbogeneradores de gas llegarán a implantarse. Muchos de los mencionados los poseen ya, o los comparten con generadores diesel.

### Comparación con otros sistemas

#### 1. Propulsión con gas comparada con propulsión a vapor

Quizá de los estudios más serios de comparación de estos dos tipos de propulsión fue el realizado por el Naval Ship's System Command de la Marina de los Estados Unidos, que durante los últimos años ha estudiado las posibles ventajas que resultarían de equipar un destructor con turbinas de gas o dotarlo con una instalación convencional de vapor. Aunque el estudio no se realizó experimentalmente, es decir, sobre datos tomados de buques en funcionamiento con turbinas de gas, éstos se tomaron de la JT-4 de los reactores FT-4-A, de los que se tiene experiencia de más de dos millones de horas de funcionamiento. En cuanto a los datos de la instalación convencional de vapor, fueron tomados del período de funcionamiento de veintidós meses de un tipo particular de buques de guerra.

El estudio se hizo aplicando teorías estadísticas y cálculos de probabilidades sobre la base de un año de funcionamien-

to (8.800 horas), distribuidos entre 3.000 horas al 50% de la potencia o menos, 150 horas a más del 50%, 3.000 horas fondeados y comunicados y el resto del tiempo apagados. De todo este tiempo, 600 horas se consideraron como de misión normal. Se consideraron tres supuestos de TMEA (tiempo medio entre averías), definido como la relación existente entre el número total de horas de funcionamiento de todos los aparatos de un grupo y el número de dichos aparatos durante los períodos de 8.000, 12.000 y 16.000 horas. Los resultados obtenidos referidos a la:

#### Disponibilidad:

Probabilidad de que los equipos en estudio se encuentren en buenas condiciones de funcionamiento al comienzo de la misión.

#### Seguridad:

Probabilidad de que los equipos, si están listos al comienzo de la misión, trabajen sin averías durante todo el tiempo que dure aquélla.

#### Seguridad General:

Probabilidad combinada de que los equipos no sólo estarán preparados al comienzo de la misión, sino que además trabajarán sin averías durante todo el tiempo que dure aquélla.

Se resumen en las figuras 1, 2 y 3. Como se puede observar en ellas, la turbina de gas como instalación propulsora es mucho más "segura" y "disponible" que

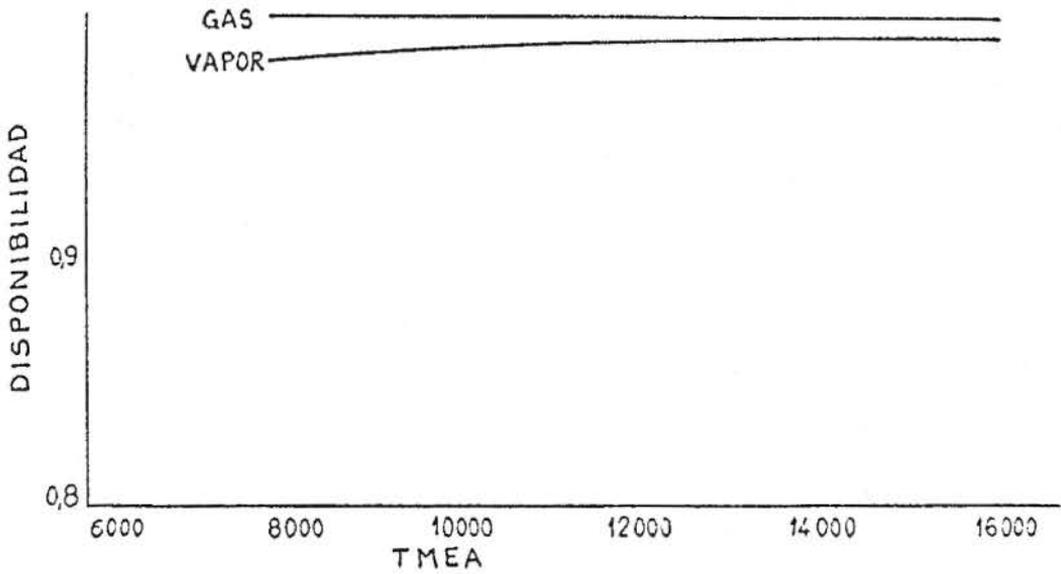


Figura 1

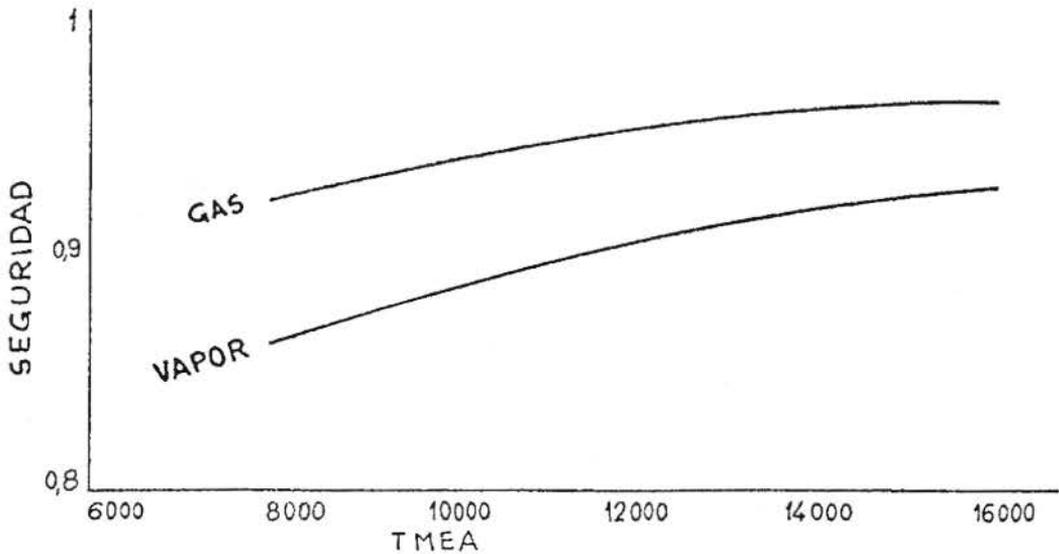


Figura 2

la instalación de vapor. Siendo estos factores predominantes a la hora de resolver sobre cualquier instalación de carácter militar, no cabe duda de su futuro interés.

No son éstas solamente las ventajas de este sistema de propulsión sobre el vapor. No se debe olvidar el que la turbina de gas es capaz de arrancar y conseguir la máxima potencia en pocos segundos, frente a los largos períodos requeridos por la instalación de vapor, cosa que naturalmente, desde el punto de vista mili-

tar, tiene un interés capital. Frente a esta instalación todo son ventajas, incluso la de los consumos, en los que se han conseguido prácticamente cifras del orden de los motores diesel.

## 2. Propulsión con gas comparada con propulsión diesel

Es éste, sobre todo en pequeñas potencias, el sistema más competitivo con que tropieza la turbina de gas. El enorme perfeccionamiento del motor diesel hace que

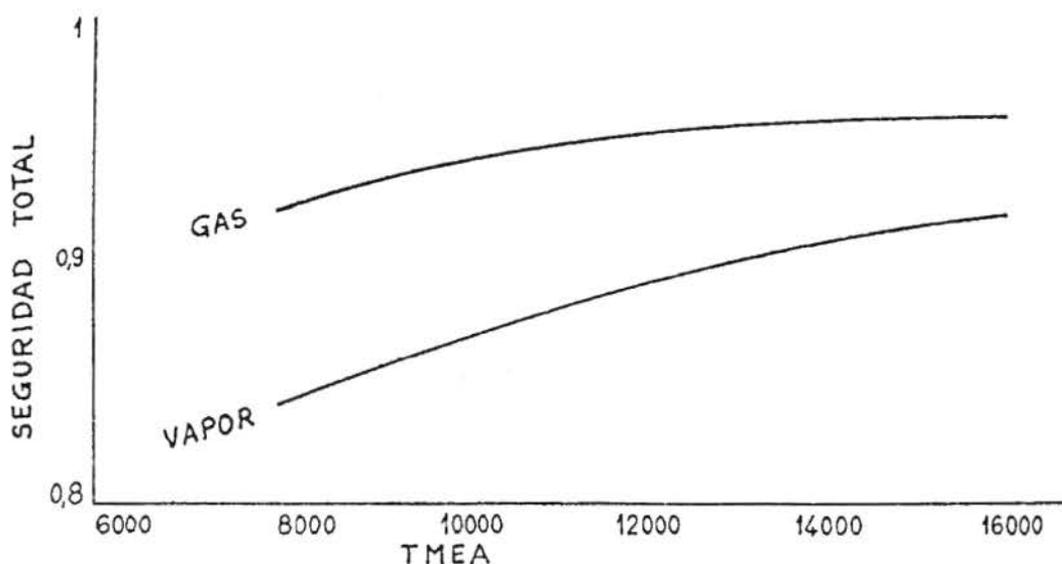


Figura 3

aún hoy el consumo de este sistema sea ligeramente inferior al de la turbina de gas. El hecho de que el principio de desarrollo de la energía sea básicamente el mismo hace que estos dos sistemas se diferencien sólo en el aprovechamiento de la energía desarrollada. En uno, los esfuerzos son alternativos (con todas las secuelas que esto trae consigo), mientras que en el otro son rotativos. Las limitaciones para grandes potencias, que son características de los motores diesel, no lo son, sin embargo, y en principio, para la turbina de gas gracias a sus elevadas R.P.M. Estas limitaciones vienen impuestas solamente por los materiales en cuanto a su capacidad de resistencia a las elevadas temperaturas requeridas, pero teniendo en cuenta que aún se está en los comienzos de estas investigaciones no es aventurado decir que, en un futuro próximo, sean precisamente buques de gran porte los que usen estos sistemas. A tal fin, es de destacar la puesta en servicio por la URSS, ya al comienzo de la década de los sesenta, de los cruceros "Kyn-da", de 6.000 toneladas, ya mencionados.

### 3. Propulsión con gas, comparada con propulsión nuclear

La enorme revolución causada con el dominio del átomo trajo como conse-

cuencia inmediata el estudio de sus posibles aplicaciones a la propulsión naval de esta forma de energía. Si bien los problemas técnicos están prácticamente resueltos, no sucede así con los económicos, pues si a la larga, y en buques grandes, podría resultar barato, los costos iniciales son impresionantes en relación con los demás sistemas. Esta razón económica, que podría no ser demasiado importante en el caso concreto de las Marinas de guerra, lo es al venir incrementada por otros gastos adicionales, tales como la particular preparación de sus dotaciones, la instalación de bases alejadas de cualquier núcleo urbano, la elección de prototipos, etc. Si a esto se une la enorme desconfianza (en cuanto a posibles accidentes se refiere) que inspira en propios y extraños este sistema, la resistencia consecuente de los demás países a admitirlos en sus puertos, dados sus negativos efectos psicológicos, no es de extrañar que no sea un sistema muy popular. Son éstas y otras parecidas razones las que obligan a pensar que este sistema, a pesar de constituir un gran avance tecnológico, no será, al menos en un futuro próximo, competitivo con la turbina de gas.

Prueba de todo ello es que, aparte de algún buque mercante y rompehielos en experimentación, en los únicos donde ha

sido introducido este sistema es en los submarinos, por su imperiosa necesidad de recurrir a un sistema que les proporcione una enorme autonomía en su medio ambiente, factor que, como se demostró en la segunda guerra mundial, es decisivo.

### Los sistemas

Al cotejar los sistemas preestablecidos se observa que se ha tratado, naturalmente, de fraccionar la potencia de tal manera que los consumos no fuesen excesivos, según los tipos de barcos y su uso habitual de la potencia así lo aconsejaren.

En cuanto a esta última variable, las preferencias están en usar sistemas OR (CODOG, COGOG) si la potencia de crucero del buque es inferior al 30% de la potencia a toda fuerza. Por el contrario, si esta potencia queda comprendida entre el 30% y el 50%, las preferencias son los sistemas AND (CODAG, COSAG, COGAG, CONAG). Aun cuando hasta la actualidad se han usado todos los sistemas anteriores (excepto el sistema CONAG, del que no tenemos noticia concreta), es casi probable que en un futuro próximo estos sistemas queden reducidos a los dos de gas puros: COGOG para el primer caso y COGAG para el segundo. Esta afirmación se puede justificar si pensamos que los consumos de la turbina de gas se han aquilatado tanto en los últimos años que, prácticamente, los números que se barajan son del mismo orden que los de los motores diesel, y aunque el factor consumo no es decisivo en cuanto al aumento del gasto se refiere, sí tiene importancia en aquellos buques en los cuales la autonomía sea fundamental.

La figura 4 muestra hasta qué punto se han acercado estos consumos al motor diesel. En efecto, en esta figura se puede apreciar que con relaciones de presión de 14 a 18 (hoy frecuentes en turbinas de gas) y temperaturas de  $1.100^{\circ}\text{C}$ , el consumo está sobre  $200\text{ gr/HP/h}$ , considerado aún hoy como consumo aceptable de un motor diesel. Si, como es de

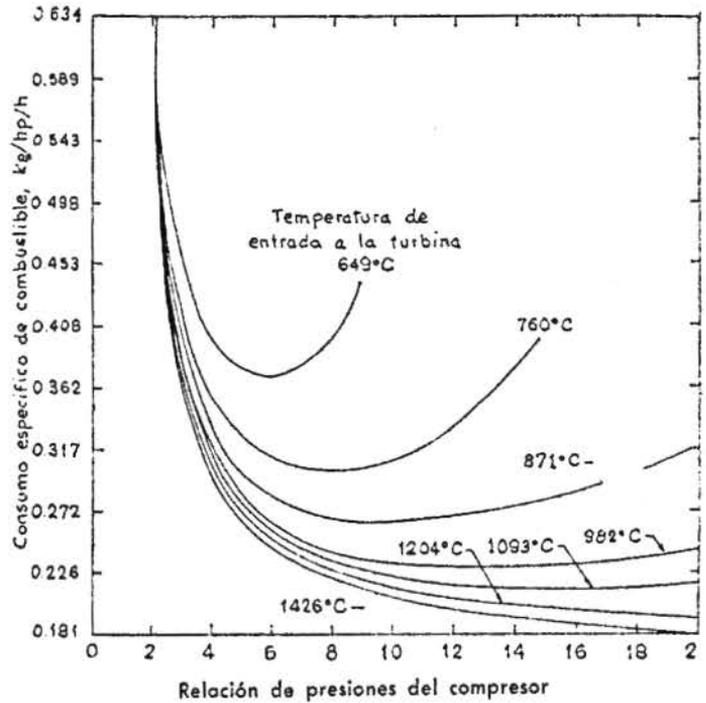


Figura 4

esperar, las investigaciones metalúrgicas conducirán a la posibilidad de emplear materiales que soporten temperaturas más altas de  $1.100^{\circ}\text{C}$  (cosa, por otra parte ya conseguida aceptando un coste elevado y una duración limitada) no es de extrañar que los futuros sistemas sean solamente los sistemas de gas puro, ya que en todas las demás características las ventajas son para la turbina de gas. En cuanto al sistema CONAG, las razones para que no se llegue a usar en un futuro próximo pueden ser las consideradas en el punto 3, al tratar la comparación con otros sistemas.

### Los combustibles

Aunque las turbinas de gas pueden quemar cualquier clase de combustible, y de hecho lo queman en instalaciones industriales, se comprende fácilmente que en el caso de los buques de guerra éstos se limitarán a los combustibles líquidos, independientemente del combustible sólido nuclear que pueda llegar a utilizarse en un futuro lejano.

Aun cuando no existe en la actualidad un combustible líquido especial para turbinas de gas marinas, no cabe duda de que cuando la mayor parte de los prototipos de turbinas de gas empleados en los buques sean marinas, las investigacio-

nes químicas se encaminarán a conseguirlo. No obstante, y desde el punto de vista logístico, sería de desear un combustible único para, al menos, buques y aviones militares.

Hasta ahora las turbinas de gas marinas han venido acomodándose a los combustibles usados en aviación, de donde, a fin de cuentas, provenían. Desde el primitivo queroseno, pasando por el JP-4, hasta el JP-5 actual. El JP-4 ha sido muy usado hasta hace poco, siendo del tipo del queroseno y constituido por una mezcla de aceites destilados ligeros que varían desde la gasolina hasta gas-oil. El JP-5 actual es un combustible cristalino (incolore) que tiene la ventaja sobre el JP-4 y todos los demás JP, de ser menos volátil, lo cual hace que se reduzcan las pérdidas por vaporización y los riesgos de inflamación. No obstante, tiene el inconveniente sobre los anteriores de su mayor tendencia a la formación de carbonilla.

Compañías como General Electric han desarrollado y continúan investigando sobre métodos para aliminar el sodio y el vanadio, a base de sulfato de magnesio (sales Epson), compuestos antifusión y aditivos. No parece que en el futuro constituya esto un problema serio por cuanto los conocimientos de los comportamientos químicos de los combustibles, así como de su formulación, están muy avanzados.

## Los materiales

El único freno verdaderamente importante al total desarrollo de las turbinas de gas lo constituyen los materiales a emplear de sus distintos componentes. Las enormes temperaturas empleadas (1.500° F y 2.000° F) en la entrada de la turbina, la tendencia al enfriamiento del aire de entrada al compresor y, en consecuencia, el gran gradiente de estas temperaturas, desarrollado en un corto espacio y en un corto tiempo, han presentado, y aún están por resolver, problemas metalúrgicos y técnicos que exigen soluciones muy particulares. En cuanto a los problemas técnicos, no es de esperar que presenten grandes dificultades. Soluciones para problemas como grandes esfuerzos, refrigeración de paletas y lubricación, por ejemplo, son bastante conocidas.

El estudio detallado de cada pieza en particular, con relación a las temperaturas que va a soportar, a las variaciones de esta temperatura y a los esfuerzos, determinará en cada caso en qué grado debe poseer sus cualidades. Hasta ahora se han venido usando principalmente como elementos básicos de materiales resistentes a altas temperaturas el níquel, cobalto, cromo, hierro, manganeso y silicio; como elementos intermediarios, el molibdeno y el tungsteno, y como elementos endurecedores, carbono y titanio, dando lugar a una serie de aleaciones que han sido nominadas por los respectivos países que las han elaborado.

De todas ellas destacan la "mechanite" (fundición de hierro tratada con siliciuro de calcio), que ha sido usada en envueltas de turbinas y compresores, la aleación 18-8 para paletas fijas de la turbina, el acero SAE 4130 para ejes, el aluminio fundido para impulsores y difusores del compresor, etc.

La compañía Elliot ha proyectado una turbina de gas de 3.000 HP, a la que le calcula una vida de 100.000 horas (once años y medio), en la que ha empleado "mechanite", "inconel", cuproníquel 70-30, y las aleaciones conocidas como S-590, N-155, 25-12, 25-20 y 19-9W-Mo. De la experiencia recogida por esta turbina no cabe duda que se sacarán estimables consecuencias.

Aparte del conocimiento de nuevas aleaciones, otros campos de la Metalúrgica se verán precisados a progresar como consecuencia de las altas temperaturas requeridas. Las cerámicas, los procesos de fundición y la pulvimetalurgia son hacia adonde apuntan las nuevas soluciones.

De todos ellos, la cerámica merece mención especial. No deja de ser notorio el que en unos proyectos tan serios como los espaciales, los Estados Unidos hayan confiado plenamente en ellas. Con ser interesante el estado actual, lo es más el futuro que prometen, hasta tal punto que se haya pensado en ellas, además de como revestimiento para prolongar la vida de las piezas calientes expuestas a la corrosión (como son las cámaras de combustión), para ser usadas como partes sólidas, tales como paletas de rotor y estator, toberas, etc. No obstante sus excelentes cualidades de resistencia a la trac-

ción, a la compresión y a la deformación por fluencia a temperaturas por encima de 1.800° F, y su gran resistencia a la corrosión y oxidación, tienen otras características que han de ser mejoradas, como su fragilidad y su resistencia a los choques térmicos y mecánicos.

Uno de los logros actuales más prometedores es la combinación de cerámicas con metales, al objeto de eliminar la fragilidad de éstas y obtener una buena ductilidad. Estas combinaciones, llamadas comúnmente "ceramalts", son altamente prometedoras. Como ejemplo curioso citaremos el de un "ceramalt" a base de 80% de carburo de titanio, otros carburos y níquel como metal de ligazón, que aparte de otras cualidades muy estimables, resulta tener un tercio menos de peso que el acero, buena resistencia a los choques térmicos, resistencia a la oxidación durante largos períodos a 1.800° F, funcionamiento excelente a temperaturas de 2.200° F, poseyendo además una buena ductilidad.

### Los ruidos

Otro de los grandes inconvenientes que poseen las turbinas de gas en funcionamiento es el fuerte sonido de alta frecuencia que emana de la entrada del compresor. Aparte de las molestias causadas al personal, en un buque de guerra es fundamental la ausencia de ruidos. Afortunadamente, el sonido de alta frecuencia es sumamente direccional y puede absorberse fácilmente. Los sistemas de atenuación de sonido utilizan estas características. El sistema deberá eliminar cualquier recorrido en línea recta desde el origen del sonido hasta el oído del observador, por lo que los conductos de entrada de aire deberán ir recubiertos con material absorbente de ruidos. No parece difícil que se alcancen valores permisibles de nivel de ruidos.

Otro punto débil en cuanto a ruidos es el de los producidos por los escapes, pero éstos son de baja frecuencia (alrededor de 300 ciclos/seg.), y las técnicas de absorción de ruidos mediante silenciosos y recuperadores de calor de escape, que actúan como aquéllos, están muy avanzadas.

Es de destacar que, según declaraciones de la Marina norteamericana, los des-

tructores de la clase "Spruance", equipados totalmente con turbinas de gas, serán los buques más silenciosos jamás construidos.

### Conclusiones

No cabe duda de que la turbina de gas será en un próximo futuro el medio más importante de propulsión naval, como ya lo es (en sus diferentes modalidades) en la aviación, habiendo desplazado al motor de pistones. Sus enormes ventajas de poco mantenimiento, peso y volumen, pocas vibraciones, mínimo personal y rápidas aceleraciones, le harán prevalecer sobre los inconvenientes de su elevado consumo, necesidad de un perfecto filtrado de aire y gran tamaño de su conducto de admisión y escape.

En cuanto a su poco mantenimiento, la introducción de los "compactos", al igual que en la aviación, con su enorme incidencia en el binomio eficacia-costos, causará una verdadera revolución en las obras de carena de los buques. El hecho de que una máquina pueda ser sustituida por una igual en cuarenta y ocho horas por un equipo reducido de personal hará elevar de forma considerable la operatividad del buque, cualidad altamente estimable.

En cuanto a sus desventajas, ya hemos visto que la del consumo es previsible pensar que no sólo alcanzará al diesel, sino que lo superará. En cuanto al filtrado de aire y conductos, una vez obtenida experiencia sobre materiales filtrantes del ambiente marino y colocación a bordo de filtros y conductos, es de esperar que se superen, siendo por otra parte, inconvenientes de poco alcance en los momentos actuales.

Las extraordinarias posibilidades de este medio de propulsión lo confirma el que se esté pensando actualmente en conseguir velocidades de ochenta nudos en buques de cierto porte, cosa que hace años era una utopía. Los Estados Unidos intentan conseguir esta velocidad en buques de 4.000 a 5.000 toneladas de desplazamiento, para lo cual están experimentando dos modelos de 100 toneladas con turbinas de gas y hélices supercavitantes, diseñados por Bell y Aero-Jet y arbitrados por una Junta de la Marina.

¿Qué pasará en los próximos años con las Marinas de los países que no hayan tomado en consideración este sistema? Es indudable que pagarán muy cara (en toda la acepción de la palabra) la imprevisión en sus planes y se verán forzados

a seguir dependiendo tecnológicamente de los países que, con visión de futuro, llevan ya en estos momentos diez años de adelanto sobre todos los demás.

De "Revista General de Marina", España.

