

AÑO XLIX - NUM. 550

A B R I L 1 9 8 1

# Ingeniería Naval



## ASTILLEROS DE HUELVA, S.A. UNA SITUACION GEOGRAFICA PRIVILEGIADA

■ construcciones y reparaciones navales

■ construcción de maquinillas de pesca de diseño propio

3 GRADAS  
DE CONSTRUCCION  
HASTA 1.500 T.R.B.

5 VARADEROS  
DE REPARACIONES  
HASTA 1.500 T.R.B.

350 METROS  
DE MUELLES  
DE ARMAMENTO

Glorieta Norte, s/n - Teléfonos 21 44 00 (centralita) - 21 46 51 - Telex 75541 ASHV E-HUELVA



# LA ECONOMIA **SULZER**

La combinación óptima de fiabilidad y economía total – es el diseño sencillo.

## ¿Por qué preocuparse por las válvulas de escape? Quemé combustibles de baja calidad económicamente en nuestro «horno»

El motor Sulzer lento, de dos tiempos, acepta en su marcha combustibles de mala calidad, pues su cámara de combustión, de forma sencilla, sin válvulas, se comporta como un horno. Esto llegará a ser un factor cada vez más decisivo, particularmente con los combustibles de baja calidad que se quemarán en el futuro.

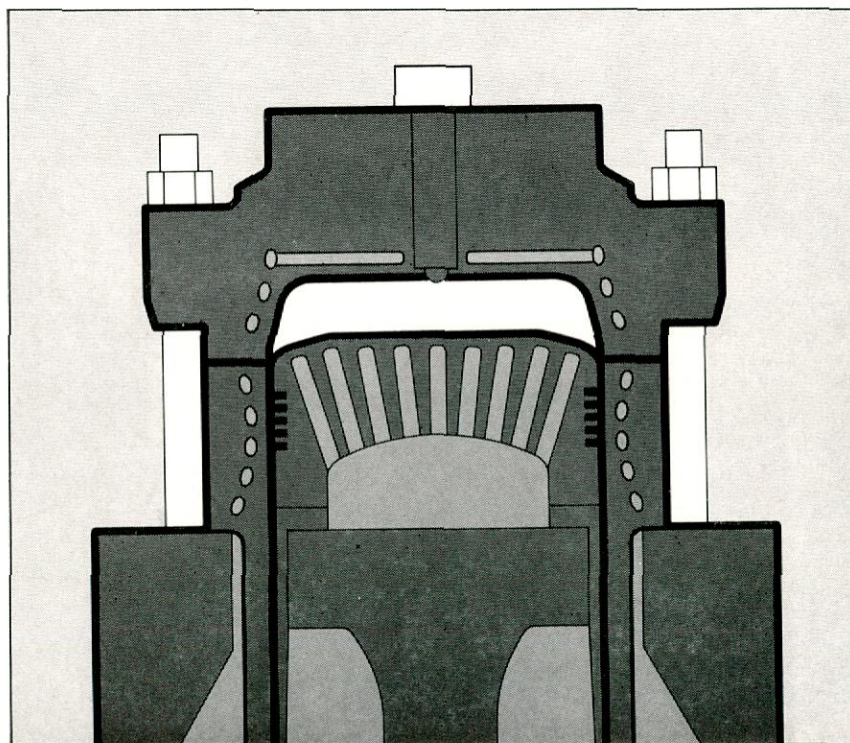
El principio del barrido trans-

versal elimina las válvulas y sus accionamientos, lo que significa menor número de piezas móviles, mayor simplicidad, más alta fiabilidad.

«La Economía Sulzer» representa nuestro concepto de la compleja interrelación de todos los factores de coste, fijos y variables. Desde el coste de motor e instalación, de aceite y combustible, hasta las

posibilidades de automatización y entrenamiento de personal. Las piezas de repuesto intercambiables y la red mundial de servicios aseguran el servicio ininterrumpido de su barco.

Y pasado el tiempo, este concepto general de economía confirma su validez con el alto precio de reventa del buque propulsado por Sulzer.



Sulzer Frères Société Anonyme  
CH-8401 Winterthur, Suiza  
Departamento Motores diesel  
e Instalaciones marinas  
Telex 76165

Sulzer España, S. A.  
Apartado 14291  
Madrid 14

# **SULZER**<sup>®</sup>

minimiza sus costes



Gutiérrez Ascunce Corporación, S.A.

Edificio GUASCOR

P.O. Box 30 / Zumaya / Guipúzcoa / Spain

Tel. (34) 43-86 19 40

Telex 36310-GUAZU-E

**Solicite más información al apartado de correos, n ° 30 de Zumaya.**

**BUREAU**



**VERITAS**

**1828**

**1981**

REGISTRO INTERNACIONAL DE CLASIFICACION  
DE BUQUES Y AERONAVES

OFICINA CENTRAL ESPAÑOLA

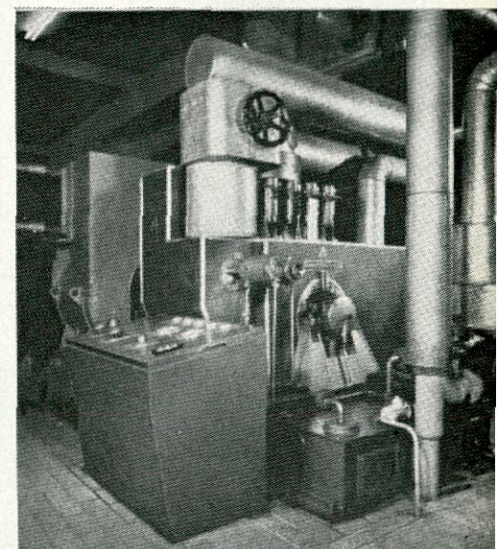
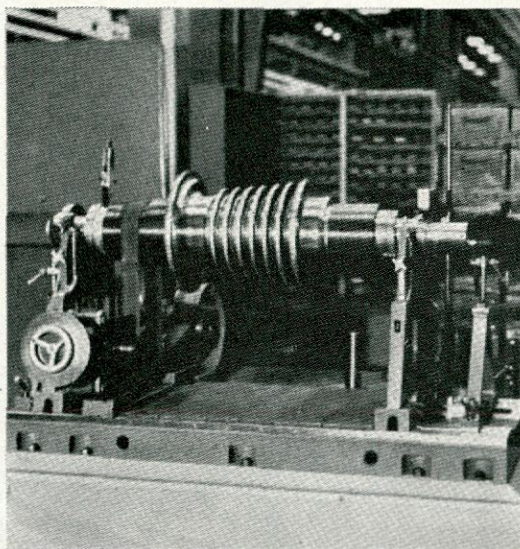
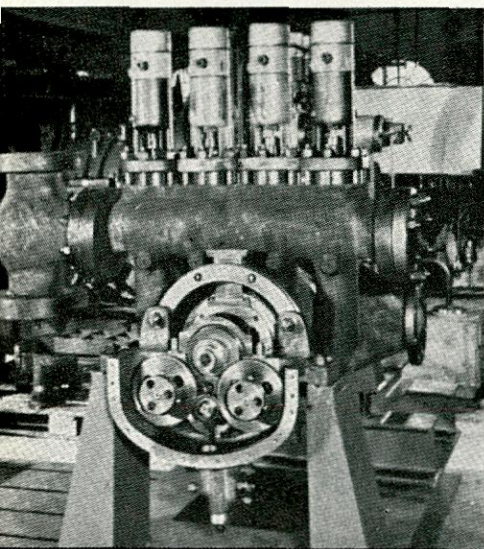
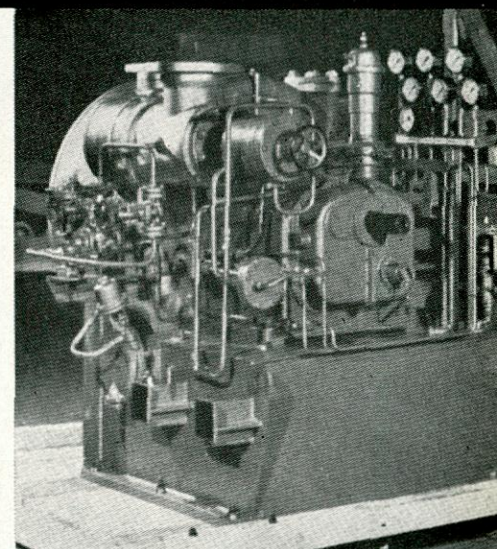
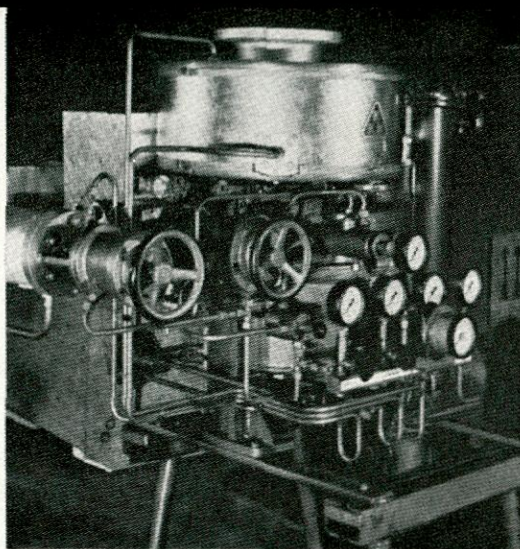
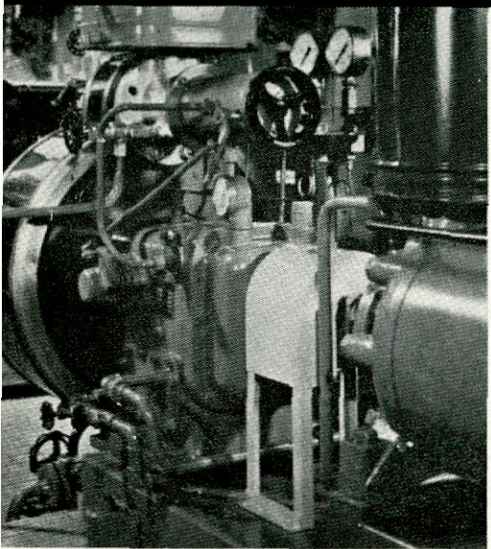
Doctor Fleming, n.º 31

Madrid-16

Teléf. 250 33 00

Telex: 22665

# Las turbinas de vapor KKK ayudan a ahorrar energía



Instale una turbina de vapor KKK de una o varias etapas, con o sin extracción allí donde disponga de vapor (1) que necesite transformar, o bien vapor sobrante.

Con un consumo mínimo, las turbinas KKK, accionando un alternador, producen energía eléctrica propia que disminuye el consumo de fuentes externas y proporciona una mayor autonomía.

También pueden accionar bombas, compresores etc., ahorrando la energía necesaria para el motor eléctrico.

Valores máximos:

- Potencia:  
6.000 kW
- Vapor vivo:  
125 kg/cm<sup>2</sup> y 530° C
- Contrapresión:  
Hasta 25 kg/cm<sup>2</sup>.
- Velocidad máxima:  
18.000 r.p.m.

**PASCH Y CIA S.A.**

**BILBAO**

Alameda de Recalde, 30

**MADRID**

Capitán Haya, 9

**BARCELONA**

Tusset, 8-10

**GIJON**

General Mola, 52



(1) químicas, refinerías, fábricas de papel, celulosas, azucareras, cer-



4 grúas tipo bandera de 15 T./12,5 m.  
 4 grúas eléctricas 1 T./6 m. y  
 4 grúas eléctricas de 3 T./7 m., instala-  
 das en dragas rosario, construidas por  
 A.E.S.A. (Cádiz) para S.E.I.M. (Argentina)

#### ■ GRUAS

- Electrohidráulicas y eléctricas.
- Electrohidráulicas para petroleros (man-  
gueras, provisiones y defensas).
- Para puertos y astilleros.
- Para servicio de cámara de máquinas.

#### ■ PESCANES Y CHIGRES PARA BOTES SALVAVIDAS

- De gravedad (deslizantes y pivotantes)
- De pluma única, para balsas.
- Mecánicos.
- Especiales y en aleación ligera.

#### ■ CALEFACCIONES PARA TANQUES

Fabricados en acero inoxidable o latón  
aluminio.

- Buques petroleros.
- Buques de productos.
- Buques O.B.O.

#### ■ EQUIPO DE CUBIERTA

- Equipo para maniobra de escalas reales.
- Equipo fijo de amarre.
- Escalas de práctico.
- Tapas de registro, para limpieza de tan-  
ques, canastas de aspiración, etc.

CONSULTE A NUESTRO DEPARTAMENTO TECNICO

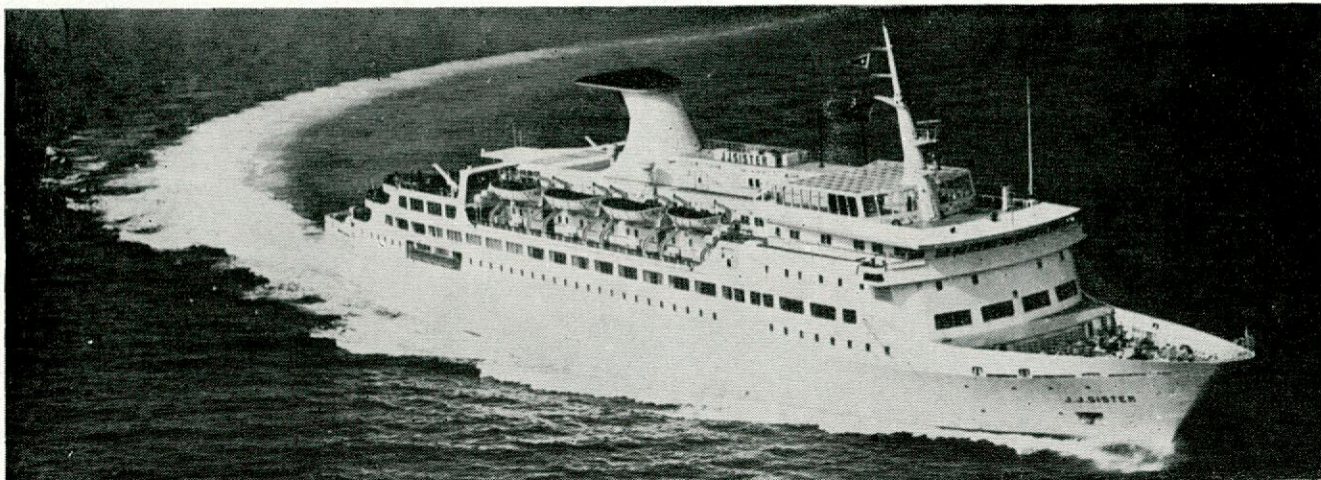


O'DONNELL, 8. 3.º MADRID-9  
 TELEFONOS 276 30 10/17/18/19

TELEX 22454 FEDIS-E  
 TELEGRAMAS NORMAMAR



2500



# UNION NAVAL DE LEVANTE, S. A.

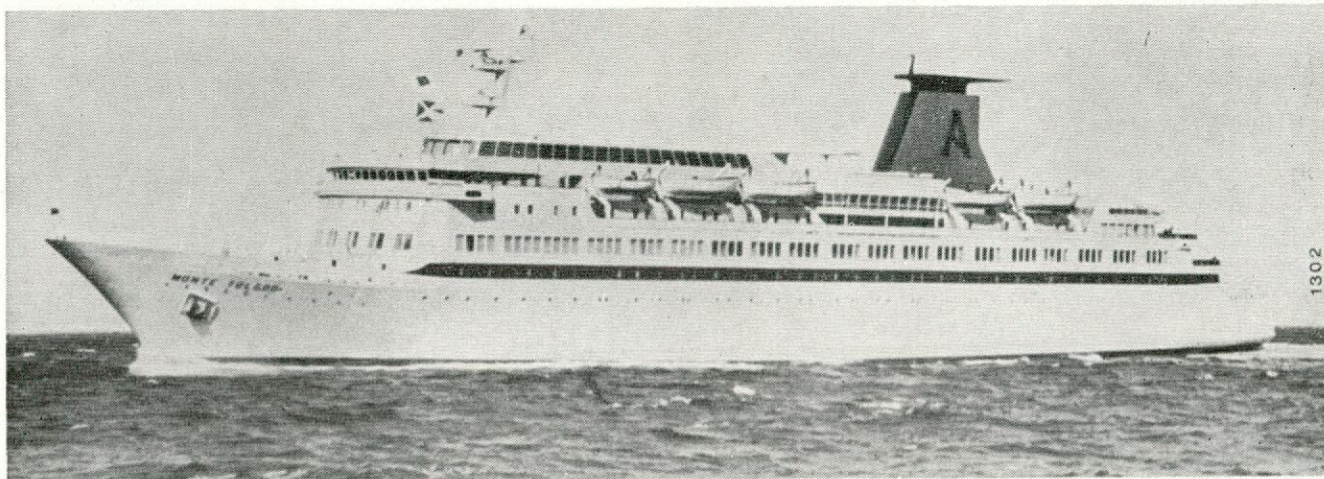
PROYECTO Y CONSTRUCCION DE BUQUES DE TODOS LOS TIPOS HASTA 22.000 TRB

- |                     |                          |  |
|---------------------|--------------------------|--|
| ● Pasaje            | ● Frigoríficos           | ● Reparación de buques y maquinaria  |
| ● Pasaje y carga    | ● Transporte de G. P. L. | ● Diques flotantes de 8.000 Tons. en Valencia y 6.000 (J. O. P.) y 4.000 Tons. en Barcelona (Fuerza ascensional) |
| ● Carga seca        | ● Madereros              |  |
| ● Petroleros        | ● Dragas                 |  |
| ● Transbordadores   | ● Ganguiles              |  |
| ● Buques especiales | ● Etc., etc.             |  |

OFICINAS CENTRALES: ALCALA, 73 - TEL. 2268605/06/07 - TELEX 43892 UNALE-E - MADRID-9

ASTILLEROS Y TALLERES DE VALENCIA  
 APARTADO 229 - TELEFONO 3230830  
 TELEX 62877 UNALE

TALLERES NUEVO VULCANO  
 APARTADO 141 - BARCELONA - TEL. 319 42 00  
 TELEX 52030 UNALE



# ASTILLEROS DEL CANTABRICO Y DE RIERA S.A.

Apartado 391 — Gijón

Teléfono (985) 320150

Telex: 87353



B / CEMENTERO "INDALO"

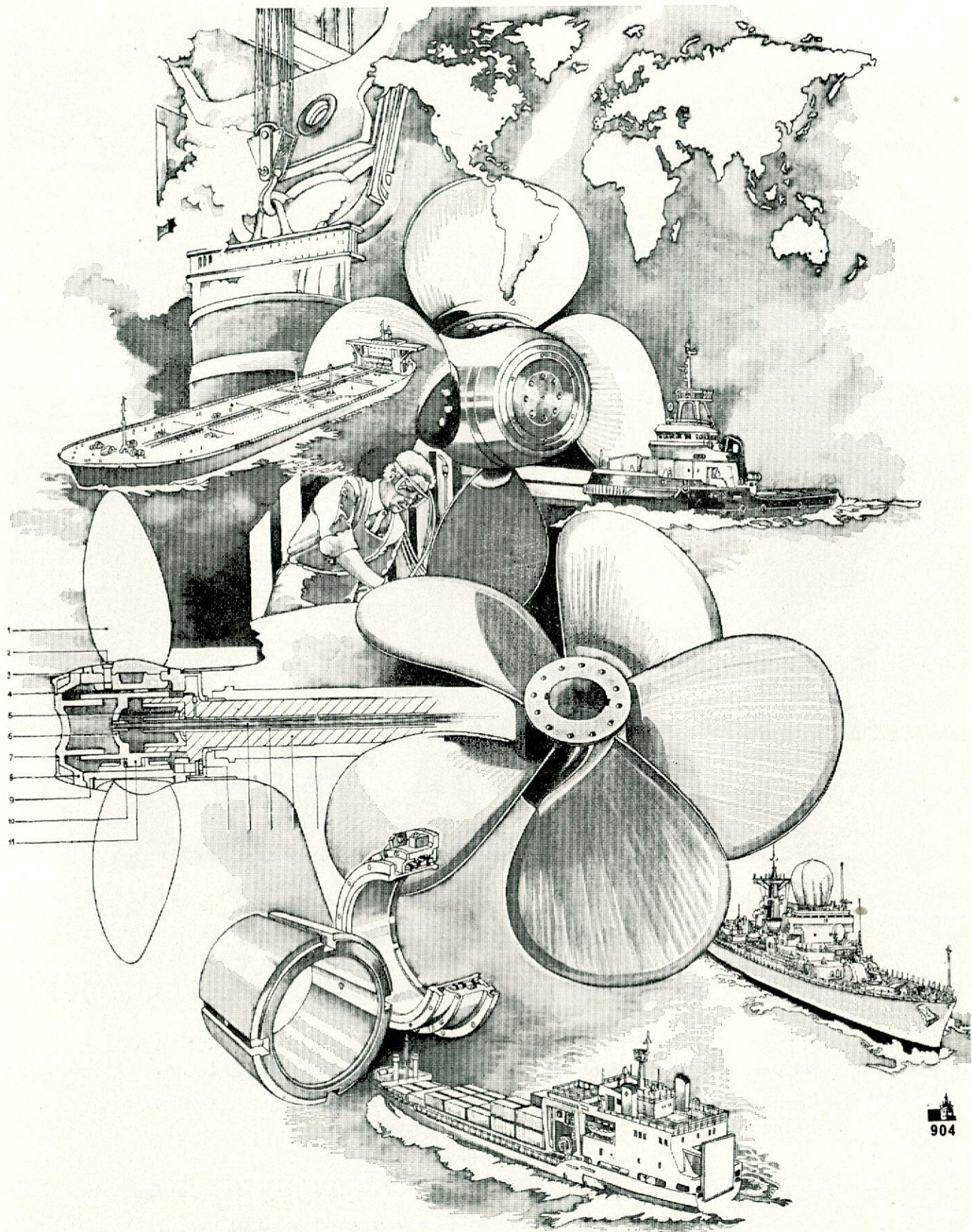
## NUEVAS CONSTRUCCIONES

Hasta 125 mts. de eslora

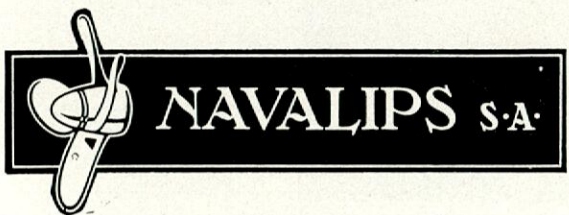
**BUQUES TANQUES-QUIMICOS, CEMENTEROS,  
ASFALTEROS, FERRYS,  
PORTACONTENEDORES,  
BULK-CARRIERS, ETC.**

**REPARACIONES EN GENERAL**

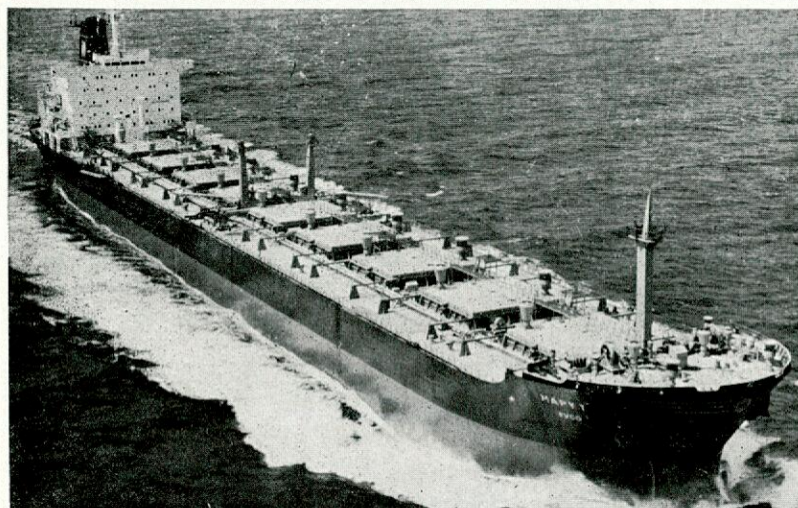
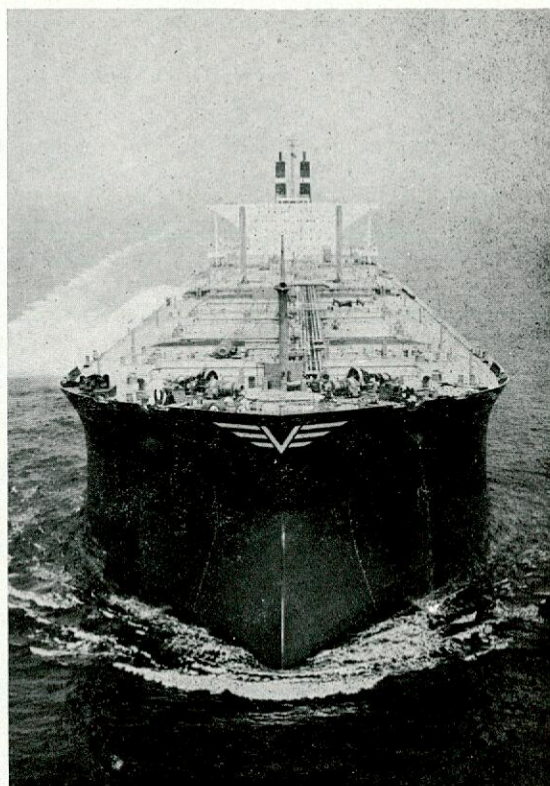
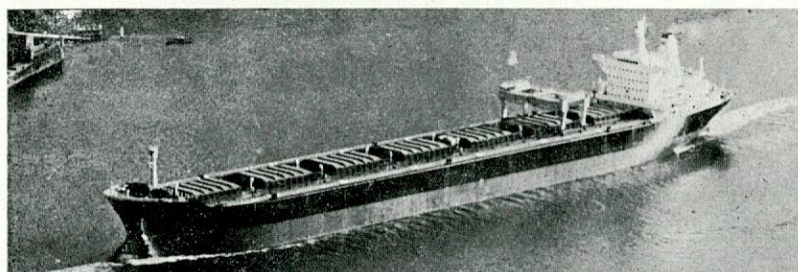
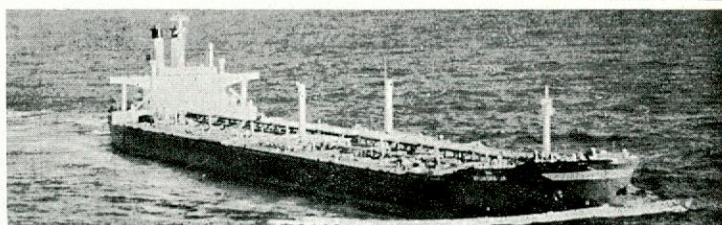
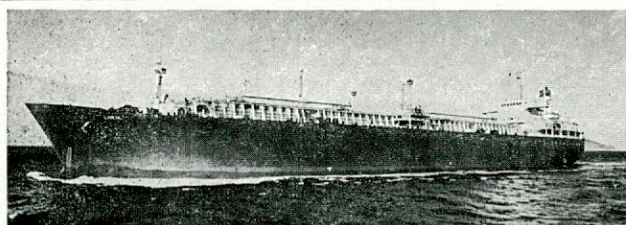




904



**CADIZ** • GIta. Zona Franca, 1  
Teléfs.: 23 58 08/09 • Telex: 76032 • Teleg. NAVALIPS  
**SANTANDER** • Avda. Alm. Carrero Blanco, n. 3  
Teléfs.: 25 08 58 / 62 • MALIAÑO (Santander)



# ASTANO

## CONSTRUCCION Y REPARACION NAVAL

Nuestra producción está actualmente orientada a la construcción de petroleros de 80.000 t.p.m. y carboneros de 144/166.000 t.p.m.

También construimos petroleros de cualquier tamaño, cargueros, bulkcarriers, O.B.O., plataformas offshore, etc.

ASTILLEROS Y TALLERES DEL NOROESTE, S.A.



**ASTILLERO:**  
EL FERROL DEL CAUDILLO  
(LA CORUÑA)  
TEL. 34 07 00  
TELEG. ASTANO - FERROL  
TELEX.: 85507

**OFICINA EN MADRID:**  
GENERAL PERON, 29  
MADRID - 20  
TEL.: 455 49 00  
TELEX.: 27608 - E



ORGANO OFICIAL DE LA ASOCIACION DE  
INGENIEROS NAVALES DE ESPAÑA

FUNDADOR:

† Aureo Fernández Avila, Ingeniero Naval.

DIRECTOR:

Luis de Mazarredo Beutel, Ingeniero Naval.

COMITE ASESOR:

Fernando Casas Blanco, Ingeniero Naval.

Francisco García Revuelta, Ingeniero Naval.

Angel Garriga Herrero, Ingeniero Naval.

Gerardo Polo Sánchez, Ingeniero Naval.

Ricardo Rodríguez Muro, Ingeniero Naval.

DIRECCION Y ADMINISTRACION

Domicilio: Avda. del Arco de la Victoria, s/n.  
(Edificio Escuela T. S. de Ingenieros Navales). Ciudad Universitaria.  
Madrid-3.

Dirección postal: Apartado 457.

Teléfs. } 244 06 70  
          } 244 08 07 (\*)

SUSCRIPCION ANUAL

España y Portugal .....	1.700 pesetas
Países hispanoamericanos ....	2.300 »
Demás países .....	2.500 »
Precio del ejemplar .....	175 »

NOTAS

No se devuelven los originales. Los autores son directamente responsables de sus trabajos. Se permite la reproducción de nuestros artículos indicando su procedencia.

PUBLICACION MENSUAL

ISSN 0020 - 1073

Depósito legal: M. 51 - 1958

Gráficas San Martín. Norte, 12. Madrid-8

INDICE DE MATERIAS

Págs.

Artículos Técnicos

Energía, buques y puertos, por J. B. Parga .....	126
Contribución al estudio del tratamiento de combustibles residuales degradados para motores marinos, por J. de Paz Balmaseda y A. Amaro Villegas .....	129
Interacción de los modos de transporte, por Eduardo Martínez-Abarca Unturbe .....	140

Noticias

BARCOS

Fuerte demanda de plataformas petrolíferas .....	150
Buques de serie .....	150

ASTILLEROS

Actividad de los astilleros nacionales durante el mes de febrero de 1981 .....	150
El mercado de nuevas construcciones .....	151
Nuevas estadísticas del Lloyd's .....	151
Posible peligro amarillo .....	152
Estudio sobre la construcción naval del futuro en Japón .....	152
Japón: Guía para la diversificación productiva de las empresas subcontratistas del sector naval .....	152
Plan de expansión de la industria naval coreana .....	153
El empleo en los astilleros norteamericanos .....	153
Propuesta laboral de British Shipbuilders .....	153
Contratos de buques pesqueros para los astilleros nacionales.	153
Perspectivas para Japón .....	154

TRAFICO MARITIMO

Dudas sobre las transformaciones .....	154
Evolución del tonelaje amarrado .....	154
Es posible el ahorro de energía .....	154
Petroleros en espera de carga .....	155

REUNIONES Y CONFERENCIAS

Simposios organizados por la AINE .....	155
XXI Sesiones Técnicas de la AINE .....	155
Conferencia de don Felipe Lafita .....	155
LXXV Aniversario del Instituto de la Ingeniería de España .....	155
La obra viva del buque. Su conservación y pintado .....	156
Mesa redonda sobre ahorro energético en el transporte marítimo .....	158

VARIOS

Nueva versión del Sistema FORAN .....	159
Bibliografía.—Abril 1981.—46. Propulsión (incluye cavitación, aunque no sea en el propulsor, sino en la carena) .....	160

Portada

Atunero-congelador construido por Astilleros de Huelva, S. A.

# ENERGIA, BUQUES Y PUERTOS (\*)

Por J. B. Parga  
Dr. Ing. Naval

La Asociación de Ingenieros Navales de España, que me honro en presidir, consecuente con una de sus principales finalidades, ha venido realizando, aparte de las dos Sesiones Técnicas que celebra anualmente, una serie de simposios y conferencias sobre temas de actualidad, ya que la realidad de nuestra profesión y de otras profesiones y actividades conexas con la construcción naval, como la industria naviera y la de fabricación de maquinaria y equipos para buques, es esencialmente cambiante y lo ha sido, sobre todo, en estos últimos años, como si quisiera contradecir la fama de conservadurismo que más o menos, y a veces con razón, les eran características.

Hoy tenemos la satisfacción de inaugurar este Simposio sobre el carbón en sus diversas facetas e incidencias: fuente de energía, combustible para la propulsión, transporte marítimo, manejo y puertos y terminales de carga y descarga. Es un simposio que podríamos calificar de «camp», empleando ese término tan al uso, ya que supone la vuelta a una fuente de energía, un combustible y un granel que dio nombre a toda una época. El carbón, a raíz de la última guerra mundial, fue siendo sustituido por otras fuentes de energía, como los hidrocarburos, el gas natural y, más recientemente, la fisión nuclear. Pero fue sobre todo el petróleo, el «oro negro», quien desbancó al «king coal», que ahora vuelve por sus fueros, provocando una verdadera revolución y muchas y variadas expectativas.

Nos honran hoy con su presencia, al aceptar nuestra invitación, destacadas personalidades que presentarán diversos trabajos a lo largo de las tres sesiones en que se ha dividido el Simposio. A todos nuestro agradecimiento por su inapreciable contribución y a nuestros huéspedes extranjeros, además, nuestra cordial bienvenida y el deseo de una grata estancia en España.

Aquí podría terminar esta introducción o presentación, pero me voy a permitir robarles a ustedes unos minutos glosando algunos aspectos curiosos en relación con el tema que nos ocupa.

En los EE. UU. de América existe desde hace años la Fundación Charles Fort, cuyo creador, Charles Hoy Fort, fue un notable personaje dedicado a clasificar y analizar hechos y sucesos extraños. Un verdadero coleccionista de lo insólito y escriba de milagros. Yo quisiera ahora referirme a hechos similares en el entorno de la temática de este Simposio.

En el campo de la previsión los ingleses suelen decir que «forecasting is a difficult task, specially when dealing with future». También inglés es Oscar Wilde, autor del siguiente diálogo que ya cité en otra ocasión: «Me resulta absolutamente imposible recordar nada de lo que va a suceder», dice un personaje. «Mala memoria la que sólo funciona hacia atrás», contesta su interlocutor.

Conocer el futuro es imposible, salvo para aquellos que estén en posesión de la Divina Revelación. No obstante, a veces hay personas, pocas, que sí saben lo que va a suceder en cuestiones tan importantes como la energía y sus precios. No son, sin embargo, aquellas personas quienes preparan los incontables estudios de futuro, por lo menos en temas como el que nos ocupa.

La revolución de la energía, otros la llaman crisis, hizo explosión a finales de 1973, pero tuvo en realidad su inicio formal en 1971 y, a mi juicio, se conocía, o al menos algunos sabían lo que iba a suceder, en 1967/68, una época, los felices 60, en que todo parecía ir sobre ruedas propulsado y dirigido por la teoría de crecimiento indefinido con petróleo abundante y barato. Sería muy largo enumerar aquí los incontables estudios de demanda de energía, y en concreto de petróleo, formulados por organismos internacionales, organizaciones privadas y compañías petrolíferas. Voy a citar el caso de la OCDE, cuyas previsiones de consumo de petróleo para Europa y Japón a cinco años resultaban erróneas por márgenes tan disparatados como el 50 o el 60 por 100. En cambio, para Estados Unidos los márgenes de error eran de un 40 ó 30 por 100, ahora optimistas por no haber tenido en cuenta la creciente influencia del gas natural, cuyo consumo —me estoy refiriendo a EE. UU.— creció en los años 60 a un ritmo muy superior al previsto. Baste citar que el OIL REPORT 1973 (creo que es el de 1973) decía textualmente: «Las previsiones de este organismo (OCDE), así como las de otras organizaciones privadas, y también las de las compañías petrolíferas, han resultado salvajemente (sic) erróneas. Y todo hace suponer que esta tónica seguirá prevaleciendo en el futuro.» Huelgan comentarios ante tamaña confesión de parte; pero hay hechos aún más curiosos.

El 17 de mayo de 1974 se reunía en Bruselas el CEBLS con el SAJ (siglas de Council of EEC Builders of Large Ships y de Shipbuilders Association of Japan, respectivamente). El objeto era examinar conjuntamente, a la luz de la nueva situación, las previsiones de tráfico marítimo de petróleo y productos elaboradas por CEBLS y SAJ en 1973, base imprescindible para las previsiones de oferta y demanda de grandes buques. Las referidas previsiones estaban hechas (terminadas) en septiembre de 1973, respectivamente, noviembre de 1973 y enero de 1974 y cubrían los horizontes de 1980 y 1985. Se basaban en la situación llamada pre-octubre de 1973. Se dan en la tabla siguiente las correspondientes a 1980 (valores medios), que se comparan con los datos de Fearnley & Egers (Review 1980):

	CEBLS	SAJ	Estadíst.
Tráfico internacional petróleo + productos (ton.) ...	2.670	3.002	1.665
Tráfico internacional en toneladas $\times$ milla $\times 10^{-9}$ ...	15.129	20.775	9.570
Flota necesaria en millones de TPM ...	318	443	260

Las cifras no casan bien entre sí porque las distancias medias estimadas por CEBLS y SAJ eran sensiblemente distintas, pero sobre todo chocan los 318 millones de TPM de flota necesaria, según CEBLS, para 15.129 toneladas  $\times$  milla  $\times 10^{-9}$  con los 260 millones de TPM de flota activa en 1980 para las 9.570 toneladas  $\times$  milla  $\times 10^{-9}$ . Debo aclarar que la cifra de 260 millones de TPM la he deducido de otras publicaciones anteriores de F. & E. comparando criterios y actualizando. Por otro lado, el concepto de flota activa hoy es muy distinto del existente

(\*) Conferencia inaugural del Simposio sobre buques a carbón, transporte marítimo de carbón y puertos depósito de carbón o combinados.

en 1973, cuando nadie imaginaba la drástica reducción de productividad debida al «slow steaming», a los cargamentos parciales, a las cargas y descargas en varios puertos, a los largos tiempos de espera y, en fin, al deterioro que, en general, ha sufrido la productividad en estos últimos años.

Aquí destaca el enorme error de apreciación, que, repito, se basaba en la situación pre-octubre de 1973. Pero lo notable no es eso. Lo notable es el contenido del Anexo al Memorandum de la citada reunión de Bruselas, muy breve y que con el título «Some Additional Remarks to the Report of the Working Group Market Forecasts», dice, teniendo ya en cuenta la situación real en mayo de 1974: «Hemos recibido cierta información de carácter personal, según la cual los expertos de la OCDE son de la opinión de que en 1980 las importaciones de petróleo de los países miembros de la OCDE serán probablemente del mismo orden que la media de 1973 y 1974 y, en consecuencia, la flota necesaria será de, aproximadamente, 250 millones de TPM.» Si comparamos con la estadística ya existente para 1980 esa información de carácter personal, nos encontramos con que el augurio de aquellos expertos (de la OCDE) se ha cumplido con asombrosa exactitud, que contrasta con los errores salvajes y su probable repetición. Esto nos induce a pensar que hay expertos mucho más «educados» que otros o bien memorias que no saben mirar hacia adelante y que son más bien indiscretas, mientras que otras, más discretas y con mejor «vista», permanecen en la sombra.

El precio del crudo en 1967, según la revista «Fortune» (1 de septiembre de 1967), era el siguiente (Representative Crude Oil f. o. b. Price):

USA (East Texas) ... ..	3.10 \$/bbl
Canadá (Redwater) ... ..	2.42 »
Venezuela (La Salina) ... ..	2.27 »
Libia (Marsa El Brega) ... ..	2.21 »
Golfo Pérsico (Mina Al Ahmadi) ... ..	1.59 »

Estos eran los «posted prices», pero sabemos que en el Pérsico, por ejemplo, el crudo llegó a venderse más barato, hasta 1.20 \$/bbl.

En estas condiciones resulta extraño que una serie de compañías petrolíferas decidan en 1968 y 1969 lanzarse a fondo en la explotación de los yacimientos del Mar del Norte y de Alaska, con inversiones enormes y una pérdida aparentemente asegurada en dichas explotaciones, ya que el coste del crudo del Mar del Norte se cifraba en 8-10 \$/bbl y en 12-14 \$/bbl el de Alaska. Esta realidad tan simple nos induce a pensar que alguien calculaba, y calculaba bien, que para cuando los crudos del Mar del Norte y de Alaska empezasen a fluir, los precios del 68 serían sólo un recuerdo. Y, efectivamente, en 1974 el precio del crudo había saltado a 14-15 \$/bbl. El ex presidente Nixon afirma en su libro «The Real War» (1980) que los responsables de la disparatada subida del precio del petróleo fueron los países miembros de la OPEC, y más concretamente de la OAPEC. Pudiera ser, pero pudiera más bien no ser.

«The Oil Crisis. This Time the Wolf is Here». Este es el título de un interesante artículo de James E. Akins, director de la Oficina de Energía y Combustibles del Departamento de Estado de los Estados Unidos, publicado en «Foreign Affairs» y reproducido en «Petroleum Intelligence Weekly» de 26 de marzo de 1973. Cita dos previsiones de consumo de petróleo en 1980: la de Walter J. Levy en «Oil Power» («Foreign Affairs» julio 1971), que estimaba un consumo de 1.050 MT en Estados Unidos, 1.150 MT en Europa Occidental y 500 MT en Japón, y la del propio Departamento de Estado (1972), con consumos estimados de 1.200 MT en Estados Unidos, 1.400 MT en Europa Occidental, 700 MT en Japón y 950 MT el resto del mundo, con exclusión de Rusia y China. Esta previsión estimaba para 1980 un precio del crudo de 4.50 \$/bbl FOB Golfo Pérsico, estimación que, según el articulista, fue considerada más provocativa que las de consumos. El artículo es muy interesante por sus profundas ironías y escepticismo y, sobre todo, porque denuncia abiertamente que se oculta deliberadamente la verdad o, al menos, lo que se piensa. Aparte de anécdotas curiosas como la de un famoso economista (no da el nombre) que cuan-

do se descubrió petróleo en Prudhoe Bay afirmó enfáticamente que desde aquel momento histórico el centro de gravedad del petróleo del mundo había pasado para siempre del Pérsico a Alaska.

Las reservas comprobadas de petróleo es otra buena piedra de toque. Se cifran hoy estas reservas a nivel mundial en 80.000/90.000 millones de toneladas, más o menos las mismas que en 1973. Pero si nos atenemos a la definición de reservas comprobadas, que es «la cantidad de petróleo recuperable con la técnica y tecnología actuales, a los precios corrientes de mercado», uno piensa que deberían haber sufrido un notable incremento por el simple hecho de haberse multiplicado por 15 ó 20 los precios de mercado pre octubre 1973. Por otro lado, todos sabemos que las grandes reservas de crudo convencional están en Oriente Medio, y también que los hallazgos de petróleo guardan proporción con las perforaciones. Sin embargo, se puede comprobar que a lo largo de los años 70 el número de perforaciones en Oriente Medio comparado con Estados Unidos está en la relación aproximada de 1:25.

Se nos dice ahora que el petróleo se acaba. ¿Es fiable tal aserto? Recordemos lo que decía Akins. Se dice lo que conviene, no la verdad. Nadie aparentaba pensar a principios de los 70 que el petróleo pudiera acabarse, y menos aún que los precios pudieran subir sensiblemente respecto a los existentes entonces. Sin embargo, esto no tenía un mínimo de lógica, o por mejor decir, no era coherente. En cambio ahora no hace uno más que oír que el petróleo se termina, se extingue, y comprueba, no sin cierto estupor, que las reservas comprobadas, cuya definición se mantiene, permanecen estables. Y hasta ahora sólo he hablado o me he referido al petróleo convencional, incluidos, claro es, los yacimientos «off-shore».

El petróleo sintético, también llamado eufemísticamente «alternative sources of energy», terminología que induce a confusión, está integrado por los crudos pesados o «heavy oils», las arenas bituminosas o «tar sands», las pizarras bituminosas «oil shale» y el derivado u obtenido del carbón, el verdadero petróleo sintético o «synn crude». Mejor sería llamarles petróleos no convencionales para mejor entendernos. Según ciertas informaciones, las reservas estimadas de «heavy oil» sólo en el cinturón del Orinoco, el llamado «Orinoco Belt», se cifran en unos 240.000 MT, y su coste de extracción es menos de 10 \$/bbl. Las reservas de arenas bituminosas en Alberta son considerables. Las de pizarras, sólo en Estados Unidos, se cifran en unos 400.000 MT, de las que serían recuperables entre 40.000 y 60.000 MT. En fin, las de carbón, sólo en Estados Unidos, son prácticamente ilimitadas, suficientes para nosotros, para nuestros hijos y para los hijos de nuestros hijos. Ciertamente que este petróleo no convencional requiere para la extracción un consumo de energía sensiblemente superior al convencional, que existen problemas ecológicos (pizarras y carbón) y que su coste es elevado. Pero ¿cómo de elevado? Según diversas informaciones, el coste del petróleo extraído del carbón, de las arenas o de las pizarras (ya hemos dado el del «heavy oil») oscila entre los 25 \$/bbl y los 30 \$/bbl. Por otro lado, sabemos que en toda fabricación, según el procedimiento, y ahora me refiero al «synn crude», pueden darse de repente bajas de costes de producción espectaculares, mientras que las alzas son muy raras. Se nos dice, por otro lado, que el tiempo necesario para la puesta en funcionamiento de las plantas de producción requeridas es muy largo, de diez a quince años. Y, por último, y como predicción optimista, se aventura la cifra de un 1,6 por 100 como contribución de estos crudos no convencionales a la producción total de energía en 1990.

Bien. Vamos con el carbón, que es a fin de cuentas y entre otras cosas el tema de este Simposio.

El procedimiento de obtención de hidrocarburos por hidrogenación a partir del carbón se descubrió en 1913, y la primera planta piloto se puso en marcha en 1923. En 1937, Hitler inició la construcción de dos plantas industriales, que entraron en producción en 1938. En 1944, Alemania producía 7 MT de gasolina partiendo del carbón en 15 plantas distribuidas por todo el país, y fue en 1944 cuando se descubrió un nuevo procedimiento que mejoraba el rendimiento en un 50 por 100, procedimiento que se ha perdido y ha dado origen a una película titulada «La Fórmula». En 1980, Estados Unidos se llevó de Alemania

a todos los técnicos que trabajaron en aquellas fábricas, la mayoría jubilados y pensionistas que no habían soñado en tal viaje. Y hoy funcionan en Africa del Sur dos grandes plantas y está a punto de entrar en servicio una tercera de gran capacidad. Convendría, pues, preguntarse cuál y cómo va a ser el futuro del carbón, ya que, como el petróleo, puede transportarse, o podría transportarse crudo o «refinado».

La crisis energética que hoy padece el mundo se achaca a la subida del precio del petróleo. Podría, sin embargo, argumentarse que tal subida ha sido una sabia medida además de una medida necesaria, por dolorosa que pueda resultar, especialmente para los países subdesarrollados y en vías de desarrollo, a quienes se debería ayudar en aras de esa solidaridad de la que tanto se habla. Por lo menos los que dicen ser amigos. España, Brasil, Portugal y algunos más se encuentran en tal situación.

Uno se inclina a pensar que la subida del precio del petróleo fue acertada y en cierta medida necesaria, o si se quiere, impenable. De lo contrario, era más que probable un colapso por agotamiento del petróleo convencional-convencional, como el café-café. Por otro lado, si el oro seguía siendo, como así sucede, el patrón del sistema monetario y el dólar la divisa internacional, base de los acuerdos de Bretton Woods, base a su vez del desarrollo de los años 50 y 60, no se podía seguir igual después de los Smithsonian Agreements de 1971, en donde desaparecían la paridad oro-dólar y la convertibilidad dólar-oro, al mismo tiempo que el país emisor de la valuta internacional perdía la autosuficiencia energética ruidosamente, país que a su vez era y es cabeza del mundo occidental. No había, pues, más remedio, o parece que no lo hubo, que «activar», y nunca mejor empleada esta palabra, las enormes reservas de energía no convencional que tiene Estados Unidos en pizarras y, sobre todo, en carbón. Activo, el del carbón, que se revalorizaba o regularizaba por doble vía, respaldando así al dólar con el respaldo de hoy que es la energía y, sobre todo, la energía exportable. La transición era difícil y peligrosa para Estados Unidos, y así lo dije en las conferencias que pronuncié en El Ferrol del Caudillo y aquí, en Madrid, en mayo del año pasado, quizá porque se tardó demasiado en lanzar el petróleo al alza. Hoy parece que el peligro está conjurado por lo que a Estados Unidos respecta, pero la, por lo visto, inesperada fortaleza del dólar crea ahora nuevos y graves problemas en la decadente Europa Occidental. No así en el Japón, en donde, además, la penuria de recursos energéticos es mucho más acusada que en Europa.

El carbón, indudablemente, vuelve después de un largo confinamiento sufrido en beneficio del petróleo, sin hablar de la gran batalla librada entre la petroquímica y la carboquímica. Y vuelve en un mano a mano con el petróleo, porque éste se había mantenido artificialmente bajo de precio por conveniencia de algunos, mientras ahora sucede lo contrario. Lo que sí convendría tener en cuenta es que la estructura del mercado, las formas de utilización del carbón, bien directamente, bien como base para obtener hidrocarburos, y, por tanto, el tipo y tamaño de los buques necesarios o cuya demanda es consecuencia del nuevo papel carbón pudieran ser algo distintos de lo que ahora se cree. Esto enlaza con el futuro juego del petróleo, sobre todo por lo que respecta a su precio o, si se quiere, la tasa de inflación de su precio. A lo mejor no va a subir tanto ni al ritmo que hoy se oye por ahí, y no por nada, sino porque cuando subió, antes no se oyó nada en tal sentido. Y fueron dos buenas tacadas, una en el 74 y la otra en el 79. En cambio, el precio del oro sí que avisó. Históricamente, y adelantándose siempre a los acontecimientos, existe una constante entre el petróleo y el oro, que es la de 20 bbl la onza. Si nos fijamos en este indicador, el precio del petróleo debería ser tal día como hoy de 25 \$/bbl, que se parece mucho, y yo no sé si será casualidad o coincidencia, al precio o coste del crudo no convencional, excluidos los «heavy oils». Otra cosa es lo que cueste en España, pongamos por caso, en donde el continuo deterioro de su economía durante estos últimos años y la acelerada depreciación de la peseta, si no otras cosas, nos hagan volver a la diligencia, salvo que encontrásemos petróleo u otra fuente de energía. Sucede, sin embargo, que para encontrar es menester buscar, lo cual cuesta siempre algo, en este caso dinero,

que hubiese sido, pero no es, una buena razón para ese déficit presupuestario del que tanto se ha hablado estos días.

Parece claro que en el futuro el consumo de carbón aumentará bastante, pero ya no es tan claro, o no lo parece, que se constriña tanto como hoy se dice el consumo de petróleo y sus derivados, que algunos podrían provenir directamente del carbón. Por tanto, los tráficos marítimos tendrán incidencias quizá no bien previstas, lo cual incidirá en las flotas necesarias y en los puertos.

A finales de los años 60 tuvo lugar en España una cierta polémica en torno a los llamados puertos-depósito, en principio para petróleo y más tarde para graneles secos, que luego se amplió a los llamados combinados; o sea, puertos-depósito para petróleo crudo, carbón y mineral de hierro. No voy a entrar en detalles sobre lo que sucedió entonces, que ya lo hice en otras ocasiones, pero sí conviene decir que había más transparencia que ahora, aunque pueda parecer paradójico. Yo formé parte de una comisión auspiciada por el entonces Instituto de Ingenieros Civiles de España, con José María Lucía, actual gerente de Ensidesa, y Modesto Viguera, que sigue donde estaba, y que redactó un informe titulado «Transporte Marítimo de Mercancías a Granel», que fue entregado tal día como hoy hace once años. Las conclusiones rezaban así:

«Se cree que es conveniente para la economía del país, y tiene grandes posibilidades en el tráfico de crudos y graneles secos, como carbón y mineral de hierro, el establecimiento de un puerto-depósito combinado para crudos y los dichos graneles secos en las rías de Pontevedra y Arosa por considerar que estas rías son las que reúnen mejores condiciones naturales y geográficas, mayor seguridad y mayores ventajas desde el punto de vista de la explotación, así como mínimo coste de las inversiones necesarias para un tráfico anual dado.»

De haber hecho aquel puerto, y sólo por el concepto de aumento de valor del almacén como consecuencia de las subidas del petróleo, se hubiesen ganado cerca de 2.000 millones de dólares. Vivir para ver.

La controversia llegó a las Cortes Españolas, que en 1971 promulgaban una ley que regulaba la convocatoria de un concurso para la construcción y explotación de un puerto de graneles en Arosa, ley que creo no ha sido derogada. No sé si en los actuales proyectos de puertos distribuidores de carbón se ha tenido en cuenta esta circunstancia.

A mí me parece, en todo caso, que convendría no perder de vista o dedicar alguna atención a temas como los siguientes:

- Viajes en lastre de los buques para cargas a granel, que son hoy una carga mucho más pesada que entonces por obra y gracia del precio del combustible.
- Futuro de los OBOS, no los ore/oil, cuyo desarrollo en virtud de sus posibilidades, de su menor precio relativo comparados con los petroleros puros y con los bulkcarriers respecto a hace sólo tres años puede deparar sorpresas. El tamaño, que es o ha sido hasta ahora moderado, podría aumentar sensiblemente.
- Tráfico de crudos y estructura del mismo. Es y seguirá siendo el más importante entre los graneles. Detalle importante es el hecho de darse una relación entre el precio y el coste del crudo FOB Golfo Pérsico de más de 30 a 1, circunstancia singularísima que, a efectos de la economía de escala en el transporte, cambia por completo las cosas según sea el comprador o el vendedor el transportista.
- La nueva incidencia del carbón, cuyo papel hay que prever acertadamente.
- Algún que otro punto que siempre se escapa o se deja en la recámara.

Yo estuve estos días observando y combinando las varillas de este abanico y me pareció que las conclusiones de aquel informe entregado en febrero de 1970 tienen ahora mayores validez y soporte que entonces. Y termino, porque la memoria se fatiga cuando trabaja hacia adelante al ver que el futuro y el pasado son como los dos lados de un espejo que siempre es el mismo.

# II CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL

Lisboa, noviembre 1980

## Contribución al estudio del tratamiento de combustibles residuales degradados para motores marinos

J. de Paz Balmaseda. Dr. Ing. Naval.

A. Amaro Villegas. Ing. Téc. Aeronáutico.

### RESUMEN

El continuo aumento del coste del crudo y las notables diferencias en demanda y precio de las diversas fracciones de su destilación, están obligando a la utilización de métodos de fraccionamiento que aumentan el porcentaje de destilados a costa de un apreciable empeoramiento de la calidad de los combustibles residuales.

Este deterioro de calidad, que ha planteado ya en algunos casos problemas serios en motores marinos, hace necesaria una revisión completa de los criterios de proyecto y dimensionamiento de las plantas de tratamiento de combustibles a bordo.

### INDICE

0. OBSERVACIONES GENERALES.
1. EVOLUCION DE LOS COMBUSTIBLES RESIDUALES.
  - 1.1. Antecedentes.
  - 1.2. Situación actual.
  - 1.3. Futuro previsible.
2. CARACTERISTICAS DEL LGF.
  - 2.1. Agua y contaminantes sólidos.
  - 2.2. Estabilidad e incompatibilidades.
  - 2.3. Densidad y viscosidad.
3. REQUERIMIENTOS DEL TRATAMIENTO.
4. ESQUEMAS TIPICOS DE INSTALACION.
  - 4.1. Fuel-oil convencional (SRF).
  - 4.2. Fuel-oil degradado (LGF).
  - 4.3. Diferencias fundamentales.
5. CONCLUSIONES.
6. BIBLIOGRAFIA.
0. OBSERVACIONES PRELIMINARES

A lo largo de este trabajo se repiten necesariamente palabras como «destilado», «residuo» o «fuel-oil», cuyo significado es, en general, impreciso y muchas veces equívoco.

Con el único objeto de evitar confusiones, y sin pretender que la nomenclatura usada sea la más ortodoxa, hemos preferido designar a los combustibles pesados con

### SUMMARY

The ever increasing costs of crude oil and the noticeable differences in demand and price of its different distillation fractions are leading to the extensive use of cracking methods which increase the percentage of distillates at the expense of deteriorating the quality of the residual heavy fuel.

This decrease in quality has already originated some serious troubles in marine diesel engines, and it is consequently advisable to reconsiderate completely the design and sizing of the fuel treatment plants on board.

sus iniciales inglesas más comunes. Debe entenderse, por tanto, que con HFO (Heavy Fuel-Oil) designamos los combustibles pesados residuales en general, y dentro de ellos, con SRF (Straight Run Fuel) a los procedentes de destilaciones atmosféricas y/o bajo vacío y con LGF (Low Grade Fuel) a los que incorporan residuos de cracking térmico y/o catalítico.

En cuanto a la amplia gama de fracciones y subproductos que se obtienen en una refinería hemos agrupado todos ellos para mayor claridad en tres grandes grupos: gasolinas, destilados medios y fuel-oil, ya que a los efectos que nos interesan una subdivisión más completa complicaría innecesariamente la exposición.

Los números que aparecen intercalados en el texto se refieren a las figuras si van entre paréntesis o a la bibliografía relacionada al final del trabajo si van entre corchetes.

1. EVOLUCION DE LOS COMBUSTIBLES RESIDUALES
  - 1.1. Antecedentes.

Aunque el objeto de este trabajo no es analizar los procesos de destilación de crudos de petróleo, es inevitable referirse a ellos, aunque sea someramente, para poder entender la evolución de la calidad de los combustibles residuales.

El crudo que se extrae de los pozos es una compleja mezcla de hidrocarburos que sin los procesos posteriores de refinado tendría bien poca utilidad. En esta mezcla predominan los alcanos y cicloalcanos, con relaciones variables entre contenidos de hidrógeno y carbono, según la longitud de sus cadenas.

En los procesos de fraccionamiento interesa, en términos generales, separar de la mezcla los componentes o grupos de componentes de cadenas más cortas, ya que

son los más fácilmente combustibles y de mayor poder calorífico, al ser en ellos alta la relación hidrógeno/carbono.

A finales del siglo pasado se iniciaron los primeros procesos rudimentarios de destilación con el objeto de obtener del crudo, mediante calentamiento, las fracciones líquidas más volátiles, que son las que tenían aplicación inmediata para su uso en lámparas domésticas. Una vez realizada esta destilación, en la que se perdían las fases gaseosas, quedaba un residuo menos volátil que suponía probablemente más del 75 por 100 del crudo procesado. Este residuo era entonces no sólo no aprovechable, sino muy probablemente un estorbo para los refinadores [1].

La lógica disminución de la demanda de keroseno, provocada por la aparición de la iluminación eléctrica, quedó sobradamente absorbida por el simultáneo desarrollo del motor de explosión y sus aplicaciones inmediatas, especialmente el automóvil. El perfeccionamiento y aumento de potencia de los motores diesel, la aparición y expansión posterior del transporte aéreo y la rápida industrialización de Norteamérica y Europa Occidental han sido los factores fundamentales que han hecho que la demanda de combustibles ligeros haya ido en continuo aumento desde primeros de siglo hasta hoy, con excepciones coyunturales en algunos países muy poco significativas.

Este aumento de demanda de destilados, por una parte, y la necesidad de buscar aplicación a los excedentes de residuo de la destilación, por otra, provocaron el desarrollo —lento, pero ininterrumpido— de métodos de fraccionamiento cada vez más perfectos, aunque inicialmente basados siempre en el concepto de separar los diversos grupos de componentes por diferencia de puntos de ebullición entre ellos.

El proceso de calentamiento del crudo a presión atmosférica alcanzó pronto su límite operacional, ya que las fracciones más pesadas había que calentarlas a más de 340° C para alcanzar su punto de ebullición, con el consiguiente riesgo de carbonización. El paso siguiente fue la introducción de destilación bajo vacío, con lo que con mucho menor calentamiento, y por tanto sin riesgo de carbonización, se podrían separar nuevamente fracciones ligeras del residuo de la destilación atmosférica.

Estos dos procesos básicos —destilación atmosférica y destilación bajo vacío— son los que se han usado, y se siguen usando, en prácticamente todas las refinerías.

Refiriéndonos al esquema de la figura 1, el crudo sufre un fraccionamiento atmosférico del que se obtiene una larga gama de destilados y un residuo, que a su vez sufre una nueva destilación bajo vacío que genera nuevos destilados y otro residuo más pesado [2]. La mezcla de los residuos con una pequeña parte de fracciones ligeras para disminuir su viscosidad es el fuel-oil pesado o residual (HFO). Este fuel-oil es de calidad aceptable en términos generales y es frecuente referirse a él como «straight run fuel» (SRF).

Se consigue de esta forma obtener en números redondos un 60 por 100 de productos ligeros y un 40 por 100 de HFO [2] y [3], reparto que ya a partir de los años cuarenta tampoco era el que reflejaba el mercado, ya que mientras la demanda —y el precio— de destilados ligeros seguía en aumento continuo, el HFO tenía un crecimiento de demanda menor y, ciertamente, un precio muy inferior.

Ya antes de esas fechas se conocía el fraccionamiento de cadenas largas de hidrocarburos por calentamiento a alta presión, con lo que era viable técnicamente la obtención de hidrocarburos de cadenas cortas calentando el residuo de la destilación. El procedimiento, esquematizado en la figura 2, se industrializó con toda rapidez en Estados Unidos y se utilizó algún tiempo después también en las refinerías europeas. El HFO residual se calienta a temperaturas entre 450 y 730° C y a presiones entre 3 y 50 atmósferas [4]. Las reacciones que se producen son complicadas y aquí queda fuera de lugar detallarlas, pero el resultado es la fractura de algunas uniones entre átomos de carbono en las cadenas abiertas y

— Destilados  
— Residuos

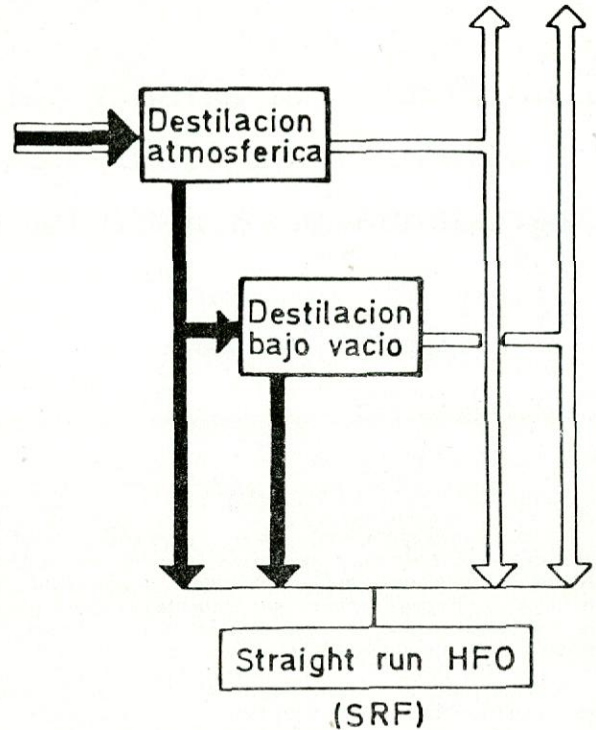


Figura 1.

—en mucho menor grado— en cadenas cíclicas. Se obtiene, por consiguiente, una nueva partida de destilados y un nuevo residuo, rico en hidrocarburos aromáticos, naftenos y polímeros de alto peso molecular generados durante el proceso. Este residuo se mezcla con los de destilación, y el HFO resultante tiene, en conjunto, menor poder calorífico que el SRF por el incremento de la relación carbono/hidrógeno y su mayor contenido de sólidos. Su viscosidad se ajusta mezclándolo a su vez con parte de los destilados obtenidos.

Dentro de los procesos de cracking térmico, en uso hoy en todo el mundo, se hace a veces distinción entre el cracking ligero («visbreaking»), que se realiza entre 3-20 atmósferas y 450-510° C, y el cracking térmico propiamente dicho, que se realiza a mayor presión (20-50 atmósferas) y temperatura (510-730° C) [4]. En cualquier caso se obtiene como fracción ligera un destilado similar al gas-oil, pero de color más oscuro y olor más fuerte.

Este gas-oil, aunque no es residuo, es todavía fraccionable por contener un apreciable porcentaje de olefinas y naftenos. El proceso se realiza mediante calentamiento (460-520° C) a presión poco superior a la atmosférica (1-2 atm) y en presencia de un catalizador que se compone básicamente de óxidos de aluminio y silicio.

Por destilación de la mezcla fraccionada se obtienen destilados muy ligeros, equivalentes a la gasolina, y un nuevo residuo de muy baja calidad, pese a su viscosidad relativamente baja, con alto contenido de asfaltenos, carbón libre, aromáticos y partículas de catalizador.

La mezcla de este residuo con todos los anteriores da origen al fuel-oil residual degradado al que vamos a referirnos y cuyo uso en motores diesel marinos no ha hecho más que empezar, siendo previsible la generalización de su uso a corto plazo.

Con la utilización conjunta de estos cuatro procesos básicos puede llegar a obtenerse del crudo un 75/80 por 100 de destilados y un 20/25 por 100 de residuos [2], estructura de producción mucho más acorde con la de la demanda.



Destilados  
 Residuos

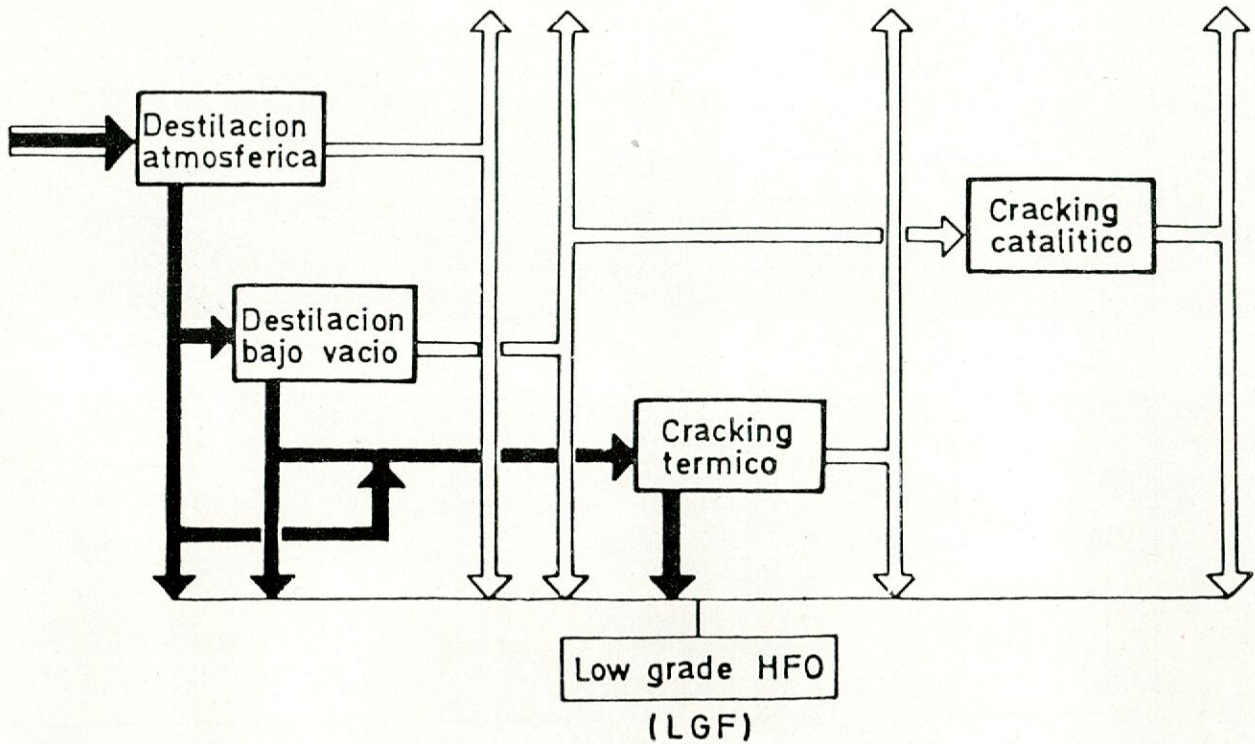


Figura 2.

1.2. Situación actual

La utilización en refinerías de los sistemas fundamentales expuestos de fraccionamiento de crudos está regida en último término por razonamientos puramente económicos. Se trata, en resumen, de maximizar la diferencia entre el valor total de venta de las diversas fracciones y la suma de costes del crudo procesado y del proceso en sí. La simplicidad del planteamiento no presupone la de la solución, ya que los tres factores están fuertemente influenciados por factores difícilmente controlables. El valor total de venta depende, naturalmente, del precio de cada fracción, que a su vez es función de sus respectivas demandas; estas funciones no son fáciles de expresar, ya que las demandas y los precios pueden estar afectados por circunstancias particulares de cada nación, circunstancias que rara vez son cuantificables; lo mismo sucede en gran medida con los costes del crudo y del proceso.

Como consecuencia de todo lo anterior, la estructura de las refinerías es diferente en cada área geográfica, y particularmente en las dos principales: Norteamérica y Europa Occidental. En Norteamérica, entre los años 1964 y 1974, la evolución de demanda de los tres grupos principales de fracciones [4] puede verse en la figura 3. Se observa inmediatamente que aproximadamente la mitad de la demanda total es de gasolinas, lo que obligó hace ya años a las refinerías norteamericanas a utilizar los procesos de fraccionamiento térmico y catalítico, gracias a los cuales puede llegar a obtenerse una distribución de fracciones como la indicada en la misma figura.

En el caso de Europa Occidental [4] la situación en ese mismo periodo es la representada en la figura 4. Comparándola con la anterior se desprende que la demanda de fuel-oil pesado en Europa es notablemente mayor que en Norteamérica, mientras que la de gasolinas es muy inferior. Como consecuencia, en Europa no ha sido tan urgente la adopción de métodos de fraccionamiento, lo cual ha redundado en beneficio de los consumidores de HFO, ya que éste ha sido hasta hoy de calidad aceptable. En Norteamérica, por el contrario, el escaso porcentaje de HFO obtenido del crudo hace que se concentren

en él todos los residuos de baja calidad térmica, aparte de sólidos, agua, carbón libre y —eventualmente— partículas de catalizador. Se concluye que tiene que ser necesariamente de peor calidad el HFO norteamericano que el europeo, conclusión que corroboran —en términos generales— tanto los fabricantes de motores como los armadores de buques.

La comparación de características medias del HFO norteamericano con el del resto del mundo [4] en 1980 puede resumirse en la siguiente tabla:

	EE. UU.	Resto del mundo
Peso específico (° API)	14/17	14/17
Viscosidad (mm <sup>2</sup> /s a 100° C) ... ..	360	250/1200
Azufre (% peso/peso) ...	2.5/2.7	2/5
CCR (% peso/peso) . . .	15	10/12
MNI ... ..	14/18	6/14
Cenizas (% peso/peso).	0.11/0.13	0.05/0.15
Vanadio (ppm) ... ..	400/500	100/150

Como puede comprobarse, el residuo CONRADSON y el índice MNI (Modified Naphta Insolubles) —que corresponde aproximadamente al contenido de asfaltenos— son apreciablemente más altos en el HFO americano, así como el contenido de vanadio.

A partir de 1974 se inicia un fuerte encarecimiento progresivo del crudo y se introduce con ello un factor distorsionante en el esquema económico de las refinerías europeas, ya que al encarecerse la materia prima en forma rápida es necesario adoptar —con la misma rapidez— métodos que permitan incrementar el porcentaje de productos caros (gasolinas) y demanda constante o creciente a costa de disminuir el porcentaje de productos baratos (HFO) y demanda estancada o decreciente. La tecno-

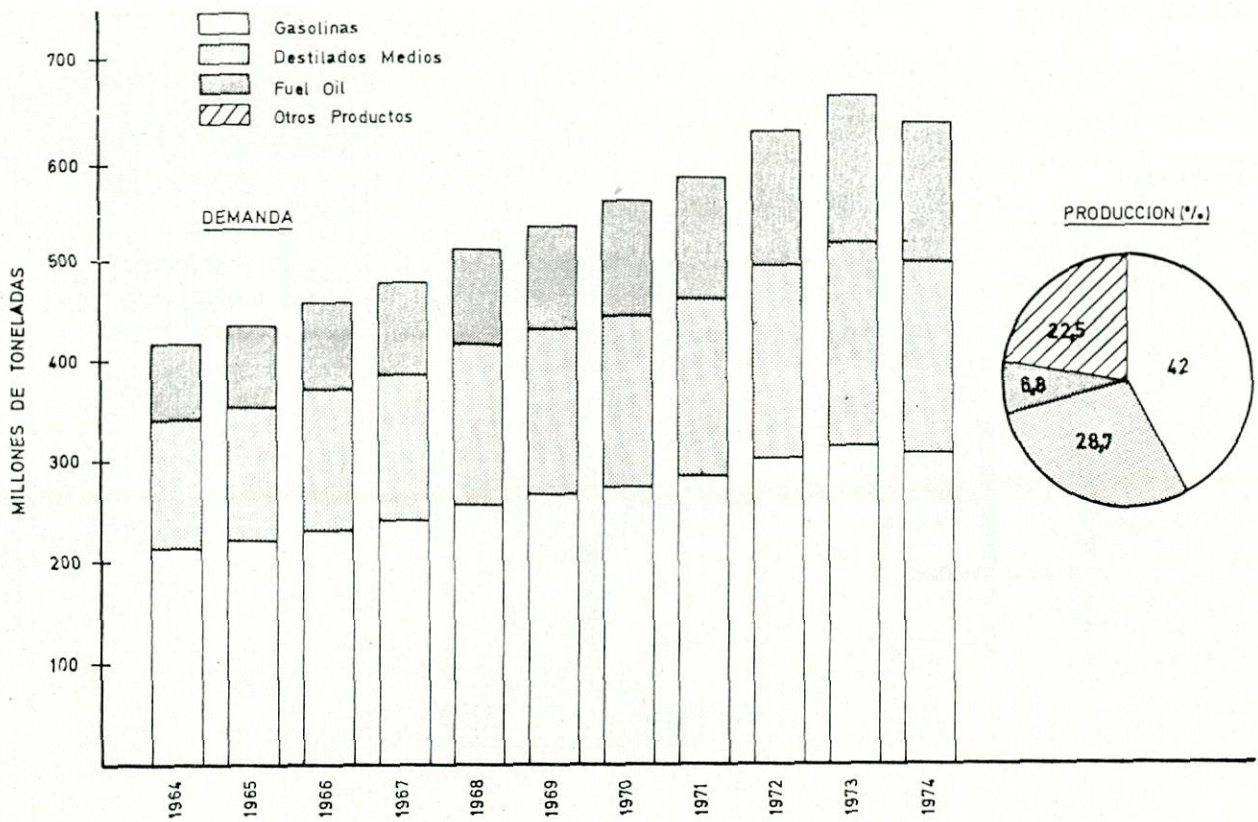


Figura 3.

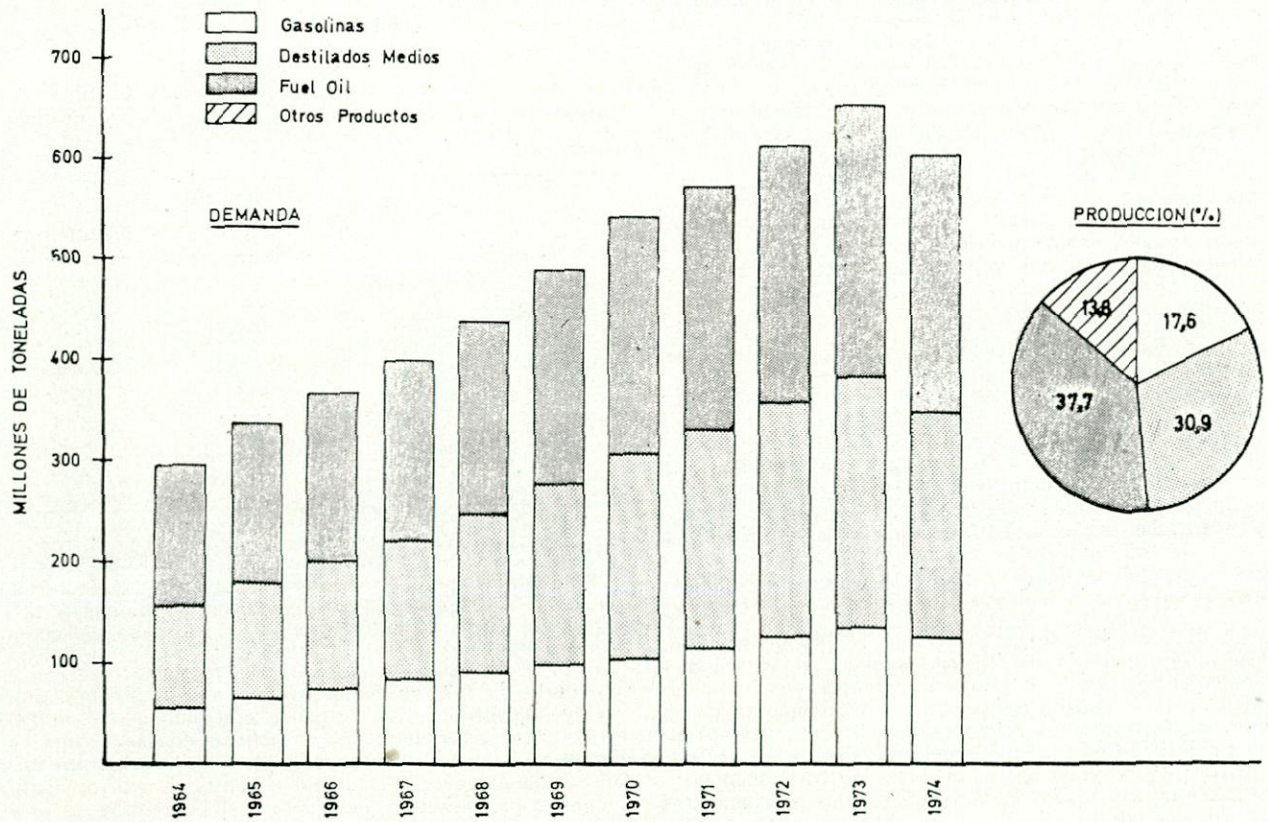


Figura 4.

logía necesaria para ello ya estaba desarrollada en Estados Unidos, con lo que en el intervalo 1974-1980 la adaptación de las refinerías europeas al sistema de fraccionamientos térmicos y catalíticos fue mucho más rápida de lo que las previsiones de 1974 hacían esperar.

La situación actual puede, por tanto, resumirse en que en Europa Occidental están ya en funcionamiento refinerías que incorporan el proceso de cracking catalítico (FCC) y que el empeoramiento de los HFO europeos está empezando a ser perceptible, mientras que los HFO americanos mantienen aproximadamente constante su calidad, aunque en un nivel notablemente inferior todavía al de Europa Occidental.

### 1.3. Futuro previsible

La adopción en prácticamente todas las refinerías europeas del sistema de cracking catalítico se completará previsiblemente en un plazo corto, no mayor de cuatro o cinco años. En el caso concreto de España el programa de refinerías que incorporan el proceso FCC, propuesto por el Ministerio de Industria y suscrito por los sectores afectados, es el siguiente:

Compañía	Localización	Capacidad
Petroliber ... ..	La Coruña	1.200.000 T/año
Enpetrol ... ..	Puertollano	1.200.000 T/año
Enpetrol ... ..	Cartagena	1.200.000 T/año
Petromed ... ..	Castellón	700.000 T/año
Cepsa ... ..	Algeciras	1.200.000 T/año
E. R. T. ... ..	Huelva	600.000 T/año

La puesta en marcha de estas unidades será entre 1983 y 1984, y cuando estén en funcionamiento se prevé conseguir una reducción de 3,8 millones de toneladas anuales de crudos a importar sin alterar la oferta de las fracciones de mayor demanda.

En otros países europeos, y con escasos desfases de tiempo, la tendencia es la misma. En otros términos, el deterioro de la calidad del HFO en Europa se acelerará, salvo que —cosa poco probable— el residuo de las unidades de FCC no se incorpore al HFO de los procesos anteriores.

Otro aspecto a considerar que tendrá importancia creciente a medio plazo es la utilización como materia prima para cracking de crudos cada vez más pesados que hasta hace poco tiempo no era rentable extraer y que dan origen a un HFO también de baja calidad. En Estados Unidos en concreto están ya en producción pozos de crudo pesado en California y Texas. Los problemas que plantea su extracción son importantes, ya que se requiere —por su alta viscosidad— un calentamiento con vapor a alta presión que requiere grandes cantidades de energía. Como cifra media orientativa baste señalar que un tercio del equivalente energético del crudo extraído se consume en el proceso de extracción. A pesar de ello diversas compañías están interesadas en esta materia prima, y en concreto Shell Oil está ya procesando crudos pesados a razón de 85.000 barriles diarios, utilizando métodos adecuados de fraccionamiento.

Si el procedimiento se generaliza, y todo hace pensar que sí, el equilibrio geopolítico del petróleo se verá a plazo medio notablemente alterado, ya que las mayores reservas de crudo pesado conocidas hasta el momento se encuentran en Venezuela (642.000 millones de barriles) y Estados Unidos (29.000 millones de barriles), pero la tecnología necesaria para su destilación está hoy casi exclusivamente desarrollada en Estados Unidos.

El resultado de la utilización de crudos pesados, a efectos de calidad del HFO, es asimismo un manifiesto deterioro de ésta, ya que el empeoramiento de calidad de la materia prima reduce, lógicamente, la del residuo.

Están en desarrollo [4], y utilización en algunos casos, otros procesos de fraccionamiento en presencia de hidrógeno (hydrocracking), que tienen, entre otras ventajas, la de poder actuar sobre moléculas muy pesadas y producir destilados muy ligeros con bajo contenido de azufre y residuos reciclables, que, en general, no se incorporan al HFO. Los inconvenientes principales del hydrocracking son la alta inversión requerida y el alto consumo de hidrógenos. Es necesario además eliminar los asfaltenos de la materia prima antes del proceso.

Se puede resumir [2] [3] el futuro próximo (1980-1990) del HFO, en lo que se refiere a su calidad, indicando que tiende a aumentar su viscosidad, su densidad, su contenido en sólidos, su contenido en hidrocarburos muy pesados, su contenido en agua, su emulsionabilidad y su inestabilidad, mientras que disminuirá su poder calorífico.

De todo lo anterior se desprende que los fabricantes de motores y los de equipos de purificación de combustibles —por no citar más que dos sectores afectados— necesitan adaptar sus productos y/o procesos a este inevitable empeoramiento progresivo.

## 2. CARACTERISTICAS DEL LGF

Antes de exponer las características más importantes del LGF conviene recordar que la escala de deterioro del HFO es continua y no existe una diferenciación física clara y terminante que permita asegurar cuándo nos encontramos ante un SRF o un LGF. Habría para ello que hacer análisis completos, que no siempre es posible realizar a bordo.

Desde luego, debe tenerse presente que el mero conocimiento de la viscosidad de un combustible no permite, en modo alguno, concluir si es degradado o no, y lo mismo sucede con su densidad. Ambos factores siguen siendo valiosos y su conocimiento es deseable, pero no definen por sí solos la calidad del combustible con la suficiente precisión.

### 2.1. Agua y contaminantes sólidos

La presencia de agua libre y disuelta en el HFO es un problema conocido y que se presenta igual en los fueles convencionales que en los degradados. No es posible dar cifras medias de contenido, ya que puede ser muy variable.

La procedencia del agua en el HFO a bordo puede ser de la propia estación de bombeo en tierra, de humedad condensada en los tanques, de fugas en los serpentines de calentamiento o del uso alternado de tanques mixtos lastre/combustible.

El agua libre puede ser decantable o estar emulsionada, según el tamaño medio de gotas. En el caso de gotas relativamente grandes ( $\geq 200 \mu\text{m}$ ) puede resultar útil una decantación estática previa al tratamiento, aunque, salvo que se permitan tiempos de decantación muy largos, el efecto de sedimentación suele ser pequeño y en algunos casos inexistente [5].

Las gotas de tamaño pequeño ( $\leq 10 \mu\text{m}$ ) se mantienen en suspensión formando una emulsión difícilmente decantable estáticamente. Estas gotas de agua están revestidas de hidrocarburos asfálticos, que confieren a la emulsión una alta estabilidad, impidiendo su aglomeración. Dado que en el LGF el contenido de asfaltenos es notablemente más alto que en el SRF, puede decirse que tanto la facilidad de formación de emulsiones como su estabilidad, una vez formadas, crecen con la degradación de HFO.

En relación con este problema, y al diseñar las plantas de tratamiento, hay que tener en cuenta la posibilidad de fraccionamiento de las gotas de agua libre. Cualquier proceso que aumente la turbulencia del flujo de combustible (bombas, válvulas, reducciones, etc.) acarrea, en mayor o menor grado, la disgregación de las partículas

grandes de agua en otras muchas más pequeñas, con lo que se aumenta la cantidad de emulsión no decantable.

Finalmente, y en lo que se refiere al agua disuelta, es, como máximo, del orden de 500 ppm a 100° C, y en general no plantea problemas, dado lo exiguo de la cifra. La solubilidad del agua en HFO crece con la temperatura y con el contenido de cadenas aromáticas. Dado que estas últimas son difíciles de fraccionar, su concentración en el LGF es en general apreciable, por lo que el contenido total de agua disuelta crece con la degradación del fuel-oil.

El caso de los contaminantes sólidos se puede estudiar con más precisión, aunque tampoco pueden darse cifras medias aplicables a todos los casos. A título de ejemplo, un fuel-oil de Aruba [4] tiene una distribución de sólidos —determinados con contador Coulter— como la indicada en la figura 5. Se observa que todos los sólidos están en la gama de tamaños de 2-100 micrómetros, siendo los más abundantes los de alrededor de 10 micrómetros. En el caso del LGF esta distribución se altera apreciablemente, ya que los residuos de catalizador que se arrastran están en la gama de tamaños 20-150 µm, con un tamaño medio de partícula de alrededor de 70 µm.

Con ello aumenta la cantidad de sólidos a eliminar en

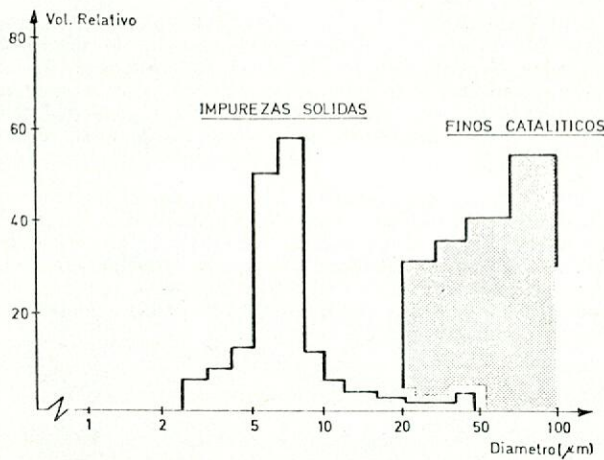


Figura 5.

el tratamiento del fuel y, lo que es más grave, de partículas de catalizador con una densidad aparente baja, a pesar de ser óxidos ( $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ) de densidad real alta. Ello se debe a que son partículas muy porosas, lo que dificulta su separación incluso aunque su tamaño sea comparativamente grande.

2.2. Inestabilidad e incompatibilidades

El desarrollo y uso generalizado de los sistemas de cracking hizo aparecer un problema imprevisto, que ocasionalmente ha producido graves trastornos a bordo: la inestabilidad del fuel-oil. En ciertas condiciones el HFO puede descomponerse, produciendo una alta cantidad de precipitado orgánico y dificultando extremadamente su bombeo, tratamiento y combustión.

Los mecanismos químicos que provocan el fenómeno no están todavía enteramente claros, pero la teoría más extendida y aceptada indica que el riesgo de precipitaciones anormales crece con el peso molecular medio del residuo y disminuye al crecer el contenido en éste de cadenas aromáticas.

Estos factores deben tenerse en cuenta en la adición de destilados a los residuos para obtener HFO, ya que la mezcla puede dar origen a un fuel inestable si los destilados no tienen suficiente contenido en aromáticos. Un ejemplo típico [4] de mezcla residuo/destilado incompatible es el de la figura 6. El porcentaje de lodos decantables crece al aumentar el porcentaje de destilado, alcanza un máximo alrededor del 50/50 por 100 y decrece hasta cero para porcentajes crecientes de destilado. Lo mismo puede suceder al mezclarse en un tanque a bordo combustibles de distinto origen. El comienzo de la precipitación no siempre es instantáneo al producirse la mezcla; pueden pasar a veces horas hasta que se inicia, lo que hace recomendable disponer de tanques separados para distintos fueles, o al menos asegurarse que los que vayan al mismo tanque sean demostradamente compatibles.

El comportamiento de una mezcla compatible, como son siempre los SRF, respondería a una línea prácticamente horizontal.

El problema de combustibles inestables o incompatibles está directamente relacionado con el contenido de asfaltenos precipitables.

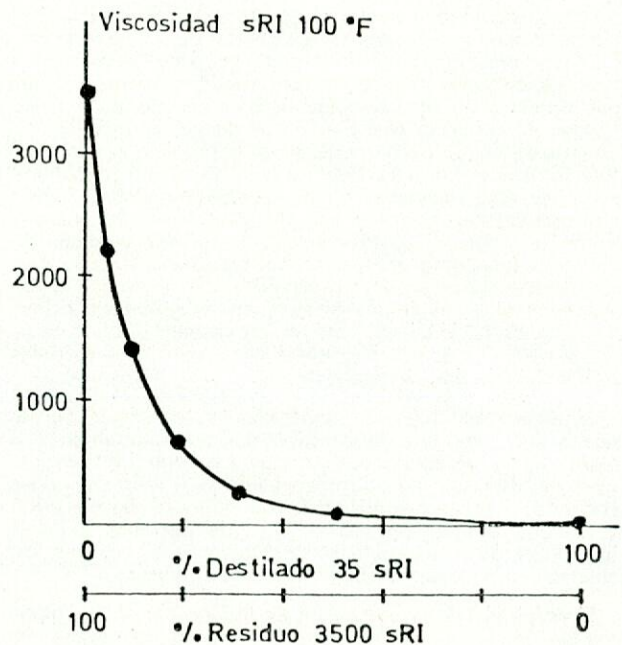
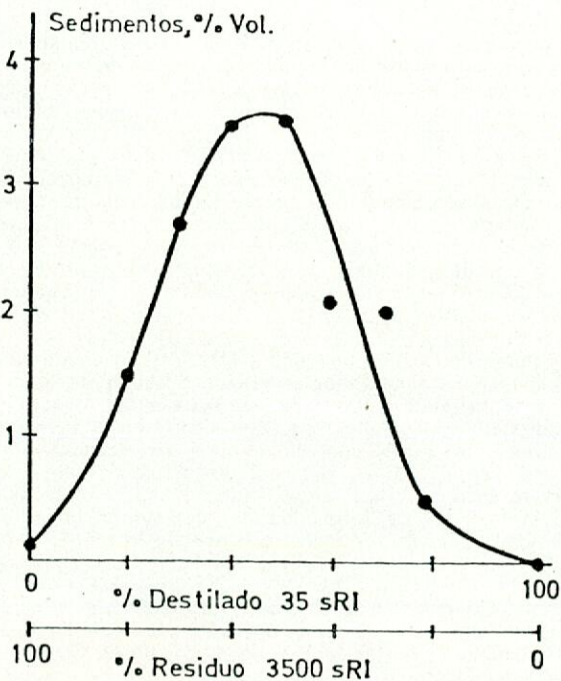


Figura 6.

El índice MNI (Modified Naphta Insolubles) es un razonable indicador del contenido. En muestras tomadas en las zonas más importantes de toma de combustible marino este índice es máximo en el Caribe y Venezuela, alto en U. S. A., especialmente en la costa oeste, y bajo —en general— en Europa y Oriente Medio. Puede comprobarse en la tabla de características citadas en 1.2 que el HFO americano tiene un índice MNI mínimo igual al máximo europeo, lo que hace necesario, como primera medida de precaución, evitar en lo posible la mezcla de HFO tomado en el Caribe, Venezuela o U. S. A. con el tomado en Europa.

### 2.3. Densidad y viscosidad

De lo expuesto antes sobre el origen del LGF resulta fácil deducir que, a medida que el HFO va incorporando mayor porcentaje de residuos de cracking, va aumentando de densidad, debido precisamente a la creciente presencia de compuestos orgánicos pesados no fraccionables. La gama actual de densidades del HFO va desde 0.840 T/m<sup>3</sup> (Australia, Kuwait) a 0.998 T/m<sup>3</sup> (California, Brasil), y es de prever que en un futuro ya muy próximo se utilicen combustibles residuales más pesados que el agua.

La densidad por sí sola no determina la calidad de un combustible [8] [9], aunque en lo que sí influye, y de forma decisiva, es en su proceso de purificación centrífuga, ya que la eliminación del agua libre requiere que exista entre ésta y el combustible una diferencia de densidades del orden de, como mínimo, 0,01 gr/cm<sup>3</sup>. No existe problema con los sólidos, ya que éstos tienen, en general, densidades bastante más altas.

La viscosidad es también un factor importante a considerar, siendo su gama en HFO marino muy amplia, ya que se extiende desde 200 hasta 6.000 ScRI a 100° F. Ha sido, y sigue siendo, un indicador fundamental, ya que hasta ahora la calidad —y el precio— del combustible marino se fijaba fundamentalmente por su viscosidad [8]. Este único dato permitía hacerse una idea suficientemente aproximada de la calidad del HFO. Con la aparición del LGF deja de ser válido este sistema de evaluación. La viscosidad por sí sola indica, como ya hemos dicho, muy poco —a veces nada— sobre las dificultades de tratamiento y combustión del fuel. Existen fueles relativamente ligeros de peor comportamiento que otros muy pesados.

Sin embargo, el conocimiento de la viscosidad sigue siendo necesario para determinar la temperatura de centrifugación y el caudal admisible es una centrifugadora de tamaño prefijado, así como para el dimensionamiento de bombas y accesorios del circuito de combustible.

### 3. REQUERIMIENTOS DEL TRATAMIENTO

De lo expuesto anteriormente se deduce que el tratamiento centrífugo del combustible degradado requiere un mayor cuidado que el del convencional. Así como en este último el único problema es el dimensionamiento de las centrifugadoras y su instalación, en el caso del LGF el proyecto es el de una planta completa, de la que las centrifugadoras forman parte sustancial, pero ya no única. Es necesario comprobar, para evitar problemas graves con el buque en servicio, todo el circuito de combustible, desde los tanques de almacenamiento al de servicio diario.

En el apartado siguiente veremos los requerimientos de la instalación, ocupándonos ahora de las centrifugadoras, su dimensionamiento y su sistema de operación.

En lo que se refiere al líquido de entrada, las diferencias fundamentales entre centrifugar SRF o LGF son que este último es más denso, eventualmente más viscoso y con mayor contenido de sólidos, parte de ellos de baja densidad aparente y más abrasivos.

Sin entrar en detalles teóricos que no hacen al caso, y que ya han sido expuestos por extenso en otros trabajos [10] [11], el aumento de la densidad del líquido en proceso dificulta la eliminación de todos los contaminantes, y muy especialmente del agua, ya que su diferencia

de densidad con el LGF es muy pequeña. El aumento de la viscosidad también influye negativamente en el proceso, lo cual supone que para alcanzar con LGF el mismo grado de limpieza que hasta hoy se ha considerado suficiente con SRF, es necesario aumentar los tiempos de decantación o, en otras palabras, reducir el caudal de trabajo de las máquinas.

Esta reducción de caudal no responde a fórmulas sencillas y es necesario determinarla en cada caso a partir de los datos de consumo del motor principal y la definición lo más exacta posible del combustible a utilizar.

Los fabricantes de centrifugadoras disponen —o deben disponer— de tablas de capacidades específicas para LGF, que son apreciablemente distintas de las de SRF incluso para la misma viscosidad. Estas tablas están basadas en experimentación a bordo complementada con consideraciones teóricas.

Es importante, sin embargo, tener en cuenta que la disminución de capacidad de tratamiento al pasar de SRF a LGF depende, entre otros factores, de la densidad del sólido en consideración. Si se pretende en ambos casos eliminar, por ejemplo, partículas metálicas pesadas, la disminución de capacidad de tratamiento sería muy pequeña, al no variar sustancialmente la diferencia de densidades entre el sólido y el HFO. Si el sólido tiene una densidad de 7 gr/cm<sup>3</sup>, en el caso de SRF ( $\rho = 0,95$  gr/cm<sup>3</sup>) la diferencia es 6,05 gr/cm<sup>3</sup> y en el de LGF ( $\rho = 0,99$  gr/cm<sup>3</sup>) 6,01 gr/cm<sup>3</sup>, es decir, un 99 por 100 de la inicial. Aun cuando este porcentaje no corresponde exactamente al de caudales, es un indicador suficiente para una primera orientación. A medida que desciende la densidad de impurezas a eliminar la situación empeora; en el caso concreto del agua ( $\rho = 1,00$  gr/cm<sup>3</sup>) las diferencias anteriores son 0,05 gr/cm<sup>3</sup> y 0,01 gr/cm<sup>3</sup>, siendo la segunda en este caso un 20 por 100 de la primera.

Entre estos dos casos límite es la experimentación a bordo la que puede resolver la relación real de caudales en la misma centrifugadora entre uno y otro tipo de combustible. Este porcentaje oscila, en líneas generales, entre el 60 y el 75 por 100, suponiendo siempre la misma viscosidad en los dos HFO. Es recomendable en cualquier caso que sea el fabricante de la centrifugadora el que determine y aconseje el caudal exacto de tratamiento.

En cuanto al sistema de trabajo, mientras que con SRF es suficiente con centrifugación en una sola etapa, con LGF es conveniente, sin excepciones, hacerlo en dos. La primera centrifugadora se opera como purificadora y elimina el agua y los sólidos. La segunda, idéntica a la primera en tamaño, se opera como clarificadora para eliminar solamente sólidos. Surge de nuevo al llegar a este punto la inevitable comparación de eficiencias entre los sistemas de centrifugación en serie y paralelo. Siguen existiendo en muchos casos dudas sobre si para centrifugar un caudal de HFO predefinido Q es mejor utilizar dos máquinas en paralelo trabajando cada una a Q/2 l/h. o dos máquinas en serie, ambas a Q l/h.

La respuesta teórica es muy compleja, pero puede resumirse diciendo que si lo que se pretende es eliminar partículas lo más pequeñas posible, es mejor en paralelo, pero si, como es normal en aplicaciones marinas, la intención es asegurar que el líquido quede exento de partículas que puedan dañar los inyectores o las bombas, es mejor en serie, y éste es el sistema que se aconseja emplear con LGF. Nada impide, sin embargo, trabajar con dos grupos en paralelo, cada uno de los cuales trabaje a su vez en serie con dos máquinas. De hecho este último sistema es el que se debe utilizar en buques con potencia de motor alta, ya que la instalación de una sola serie haría necesario un tamaño de centrifugadora grande y daría mucha menos flexibilidad a la planta.

### 4. ESQUEMAS TIPICOS DE INSTALACION

#### 4.1. HFO convencional (SRF)

Aunque existen instalaciones muy diferentes de purificación de SRF en función de la viscosidad y contenido

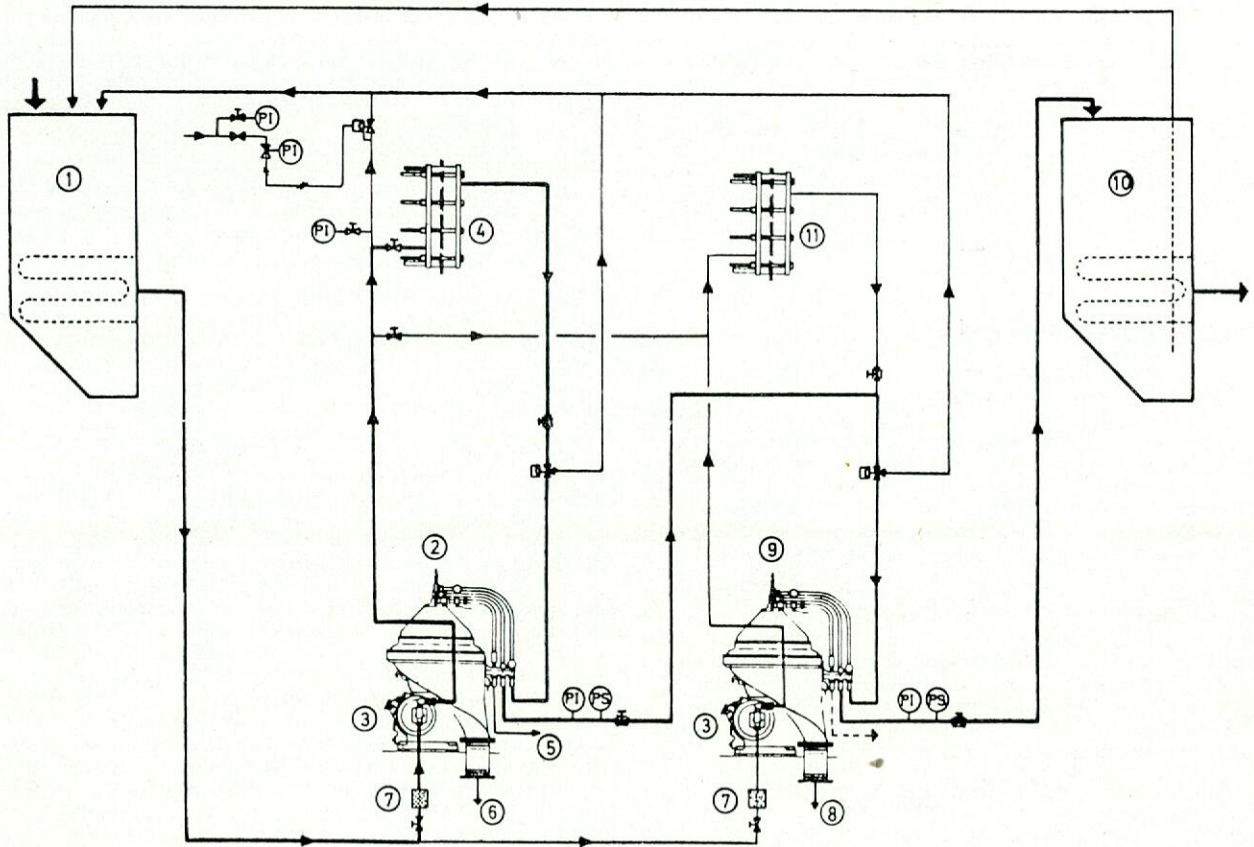


Figura 7.

en agua y sólidos, todas ellas presentan características comunes. Una instalación media típica es la de la figura 7.

La purificación de combustible se efectúa en dos centrifugadoras normalmente idénticas, de tamaño adecuado al consumo del MP. Ambas centrifugadoras son habitualmente de eyección automática de sólidos y preferiblemente automatizadas, de forma que efectúen la descarga sin intervención humana cada cierto período de tiempo.

Prescindiendo de elementos auxiliares y de control, la instalación se reduce en suma a un tanque de recepción (1), del que aspira la primera centrifugadora (2) a través de un filtro de malla gruesa (7), utilizando la propia bomba de engranajes (3) incorporada a la máquina. La bomba envía el combustible a un calentador (4), que puede ser eléctrico para caudales pequeños, o —preferiblemente— de vapor. En este calentador el combustible eleva su temperatura hasta los 90 a 95° C requeridos para su centrifugación, retornando al rotor de la máquina, en la que se separan el agua y los contaminantes líquidos pesados (5) y los sólidos (6). La centrifugadora descarga el combustible purificado mediante su propia bomba, enviándolo a la segunda centrifugadora (9), donde se realiza una nueva separación de sólidos solamente (8). La bomba de descarga de esta segunda centrifugadora envía finalmente el combustible al tanque de servicio diario (10).

Esta instalación permite utilizar solamente la segunda centrifugadora y dejar la primera como respeto, si la calidad del SRF lo permite y el dimensionamiento de las máquinas es suficiente para ello. En estos casos funciona sólo la centrifugadora (9), montada como purificadora con su calentador (11), realizándose la purificación en una sola etapa.

El esquema indicado tiene otras variantes, también muy usadas, en las que las dos centrifugadoras trabajan en paralelo o bien están dispuestas para trabajar en serie o paralelo abriendo o cerrando determinadas válvulas.

4.2. HFO degradado (LGF)

La instalación que se recomienda utilizar en este caso responde en términos generales al esquema de la figura 8, cuyas diferencias aparentes con el visto antes para SRF no son grandes.

El tanque de almacenamiento (1) dispone de sensores de nivel de combustible (2) y agua y sedimentos (3) conectados, respectivamente, a la bomba de alimentación y la válvula de drenaje. El tanque dispone, igual que en el caso anterior, de calefacción termostática (14), que regula el flujo del medio calefactor al serpentín del tanque.

Una bomba independiente de desplazamiento positivo (4) aspira el combustible a través de un filtro de malla gruesa (5), enviándolo a un calentador (6), preferiblemente de vapor, que debe controlar la temperatura de salida del combustible con una precisión mínima de 2° C, regulando para ello adecuadamente (7) el flujo de vapor.

La primera etapa de centrifugación se realiza en una máquina autolimpiante, en la que se descargan agua contaminante (9) en forma continua y sólidos (10) en forma intermitente. El combustible pasa a continuación a una segunda etapa de centrifugado (11) en una máquina idéntica a la primera, en la que se separan los sólidos que puedan quedar en el LGF incluso después de su primer centrifugado. De esta segunda fase se pasa ya al tanque de servicio, equipado asimismo con sensores de temperatura (14) y agua o lodos (3).

4.3. Diferencias fundamentales

Como puede verse en los dos esquemas anteriores, existe a primera vista escasa diferencia entre el tratamiento de SRF y LGF. Analizando en detalle el proceso se ve, sin embargo, que el concepto es diferente, ya que en el tratamiento de SRF se presta atención casi exclusiva a las centrifugadoras, mientras que en el tratamien-

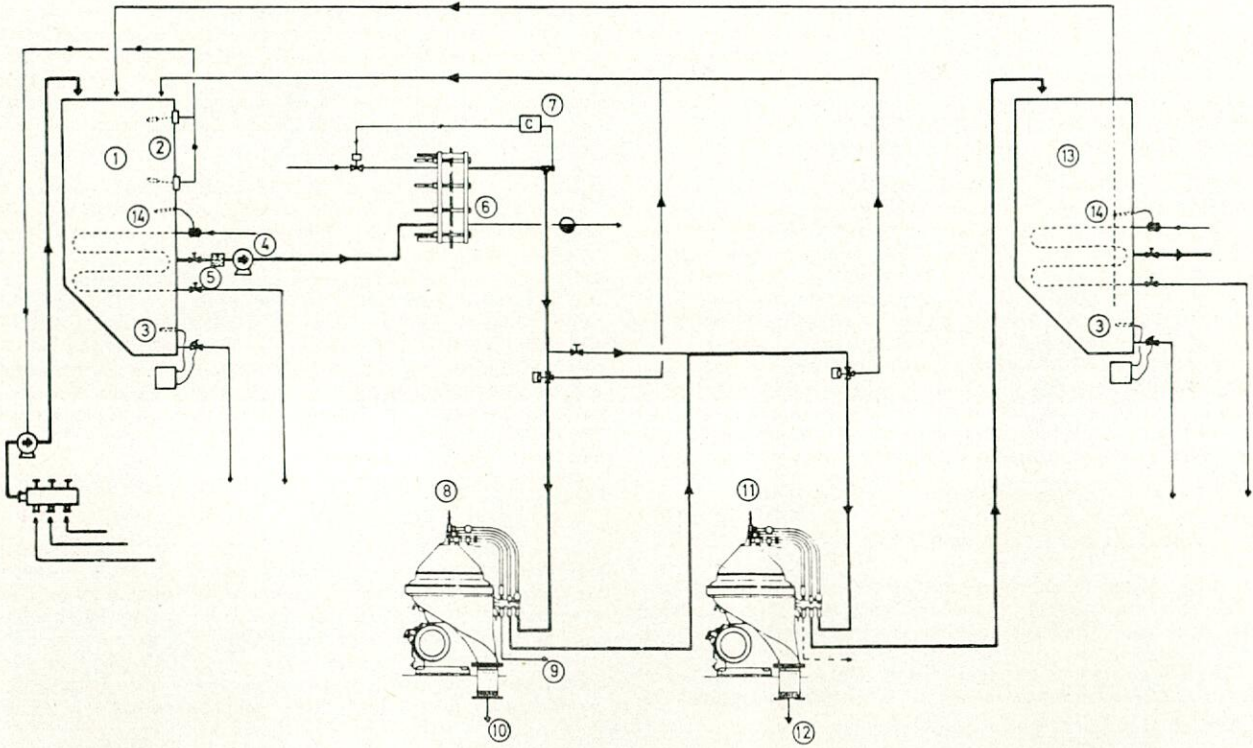


Figura 8.

to de LGF hay que —además de hacer un dimensionamiento correcto de éstas— estudiar todo el circuito de combustible.

Las diferencias básicas entre ambos casos, que son las que deben tenerse en cuenta al realizar el proyecto del buque, son las que se detallan a continuación, ordenadas por precedencia en el circuito más que por su importancia.

a) Recepción de combustible

a-1) Se preverá, siempre que sea posible, almacenar combustible de diferente origen en tanques independientes. El problema no es fácil, pero debe asegurarse al menos que los HFO probadamente incompatibles no vayan nunca al mismo tanque. Las consecuencias de no respetar este requerimiento pueden ser, como hemos visto, riesgo de precipitaciones asfálticas de gran volumen, con las dificultades inmediatas de bombeo, filtrado, centrifugado y combustión del HFO.

a-2) El tanque o tanques deben proyectarse con fondo colector equipado con una válvula de drenaje conectada a sensores de nivel de agua, de forma que al producirse suficiente decantación de fases acuosas se descarguen automáticamente éstas. Es conveniente también disponer sensores de nivel de combustible en la parte superior del tanque, conectados a la bomba de alimentación. De no seguirse estas recomendaciones la temperatura de aspiración del combustible puede sufrir alteraciones notables que alteran la eficiencia de su centrifugación entre otros inconvenientes.

a-3) Los tanques de recepción deben disponer de calefacción suficiente para mantener el combustible entre 50 y 70° C. Calentarlo menos dificultaría su bombeo posterior y requeriría mayor salto térmico antes de centrifugar, mientras que calentarlo más puede provocar en un LGF eventualmente inestable oxidaciones e incluso originar precipitaciones.

b) Alimentación a centrifugadoras

b-1) La alimentación se hará siempre con bombas de tornillo o equivalentes dimensionadas en correspondencia

con el caudal de centrifugación o ligeramente por exceso. En ningún caso debe regularse el caudal mediante estrangulaciones en la descarga o aspiración.

El objeto de estas recomendaciones es evitar la formación de emulsiones estables, riesgo que es alto con LGF, y que provoca inmediatamente la imposibilidad de eliminar el agua contaminante.

b-2) Las bombas aspiran del tanque a través de filtros dobles de malla. La misión de éstos es simplemente evitar el acceso a las bombas o las separadoras de partículas grandes.

b-3) El combustible debe calentarse a  $98 \pm 2^\circ \text{C}$ , siendo el control de temperatura un factor de gran importancia en el tratamiento del LGF. Bajar de  $96^\circ \text{C}$  supone aumentar la viscosidad y dificultar el tratamiento centrifugo. Subir de  $100^\circ \text{C}$  no es tampoco conveniente por posibles evaporaciones de agua que pueden acarrear la rotura del cierre hidráulico en las separadoras.

El control de temperatura es mucho más fácil de realizar en calentadoras de vapor que en los eléctricos, ya que los primeros permiten una modulación continua de vapor, mientras que en los segundos esta regulación hay que hacerla en forma discreta por conexión/desconexión de resistencias y tiene menor precisión en cualquier caso.

Utilizando calentadores a vapor, la forma normal de controlar la temperatura del combustible es mediante un sensor a la salida del calentador, conectado a una caja de control que actúa sobre una válvula neumática de entrada de vapor.

b-4) El combustible caliente dispone de un circuito de retorno al tanque de almacenamiento cuando la presión, o el caudal, son excesivos en la alimentación de la máquina.

c) Centrifugación

c-1) Purificación (primera etapa). El combustible pasa a la primera centrifugadora, montada como purificadora (eliminación simultánea de agua y sólidos), cuyo dimensionamiento debe haberse hecho en función del caudal a tratar, utilizando la tabla específica de capacidades con LGF del fabricante correspondiente.

La máquina puede —debe— estar automatizada para realizar las descargas por sí sola y preferiblemente ser de un tipo que permita realizar éstas sin interrumpir la alimentación de HFO. En cualquier caso debe evitarse la utilización de máquinas no autolimpiantes o autolimpiantes con poca capacidad de retención de lodos. El intervalo entre descargas de éstos no debe exceder de una hora.

c-2) Clarificación (segunda etapa). La primera centrifugadora envía el LGF a la segunda etapa de limpieza, que se realiza en una máquina idéntica a la anterior, pero montada como clarificadora. Esta segunda etapa actúa eliminando sólidos fundamentalmente, y principalmente aquellos que quedan de los límites operacionales de la primera; es decir, los de tamaño comprendido entre su límite de sensibilidad (~ 0.4 micras) y su diámetro crítico (~ 2 micras). Por otra parte, esta segunda máquina cumple dos misiones adicionales de cierta importancia, ya que sirve como seguridad de la primera en caso de rotura del cierre hidráulico en ésta y —además— puede operarse como purificadora en caso de avería de la primera.

d) Almacenamiento de combustible

d-1) Antes de pasar el combustible a la segunda centrifugadora el posible exceso de éste se envía al tanque de aspiración mediante el mismo circuito citado en b-4).

d-2) Tanque de servicio diario. Debe ser proyectado con los mismos requerimientos que el de recepción, detallados en a).

d-3) Circuito de retorno. Es conveniente la instalación de una línea de retorno que aspire de la parte baja del tanque de servicio y lo envíe, cuando así se estime conveniente, al tanque de almacenamiento. Esta disposición permite purificar el combustible en forma continua incluso cuando no hay consumo en los motores principales.

5. CONCLUSIONES

Parece fuera de dudas que el deterioro de calidad de los combustibles pesados marinos seguirá en aumento [8] a corto y medio plazo, bien por la utilización de métodos de fraccionamiento cada vez más complejos, bien por la utilización como materia prima de crudos cada vez peores o —lo más probable— por ambas razones.

El tratamiento de estos combustibles antes de su entrada al motor es un proceso ineludible si se quiere utilizar éste en unas condiciones aceptables, y así lo exigen explícitamente los principales fabricantes [6] [7]. En este trabajo nos hemos referido exclusivamente al proceso de tratamiento centrífugo por ser el de uso más general-

zado y no existir alternativas de suficiente fiabilidad. No es éste lugar de exponer en detalle la comparación de otros sistemas (homogenización, filtrado) con el de centrifugación, pero las conclusiones a favor de este último son claras en todas las experiencias realizadas por fabricantes de motores y entidades de investigación independientes [5] [6] [7].

Un factor a considerar y que debe tenerse en cuenta en la planta de tratamiento es la correcta regulación de las centrifugadoras. Las diferencias que pueden presentarse en las condiciones operacionales del motor principal según el ajuste del disco de gravedad, caudal y viscosidad del combustible que se esté centrifugando son muy notables. Reproducimos [7], por su indudable interés, dos gráficos (figs. 9 y 10) correspondientes a dos motores Sulzer del tipo indicado en las primeras figuras, en los que puede comprobarse la variación de la velocidad de desgaste en función del ajuste de separadoras. En el primero, después de 2.400 horas de funcionamiento del motor con las centrifugadoras desajustadas se corrigieron éstas. El decrecimiento de la velocidad de desgaste es patente.

El segundo gráfico corresponde a un sistema de tuberías inadecuado, que no permitía una evacuación correcta de lodos. La velocidad de desgaste es inicialmente alta, y a partir del momento en que se bloquean las salidas de lodos y el rotor deja de purificar correctamente esta velocidad aumenta todavía más. A las 5.640 horas de funcionamiento se corrigió la instalación y las velocidades de desgaste decrecieron hasta valores normales.

En el caso de buques de nueva construcción, el proyecto debe ya incorporar una planta adecuadamente diseñada y dimensionada cuando se vaya a utilizar fuel degradado, siguiendo las recomendaciones expuestas. Es conveniente someter el esquema de combustible a bordo a la consideración del fabricante del equipo de tratamiento centrífugo, en el bien entendido de que no se pretende con ello suplir al proyectista del buque, que es, en definitiva, el responsable final, sino incorporar al circuito todas aquellas pequeñas mejoras que tiendan a un mejor resultado del tratamiento.

En el caso de buques en servicio que se vean o vayan a ver obligados a quemar combustible degradado no puede, en general, pensarse en un replanteamiento del sistema de centrifugación. Lo que sí es posible es adoptar a bordo las medidas básicas que permitan al menos minimizar el riesgo para el motor propulsor. Estas medidas son:

- Eliminar las bombas de engranajes de las centrifugadoras, intercalando en el circuito una bomba de desplazamiento positivo.

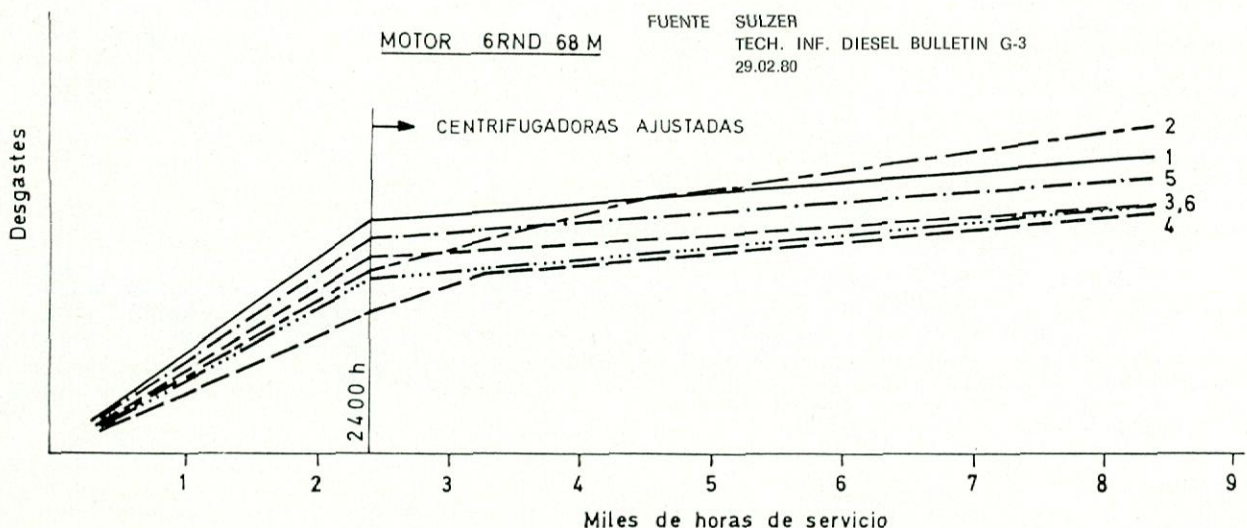


Figura 9.



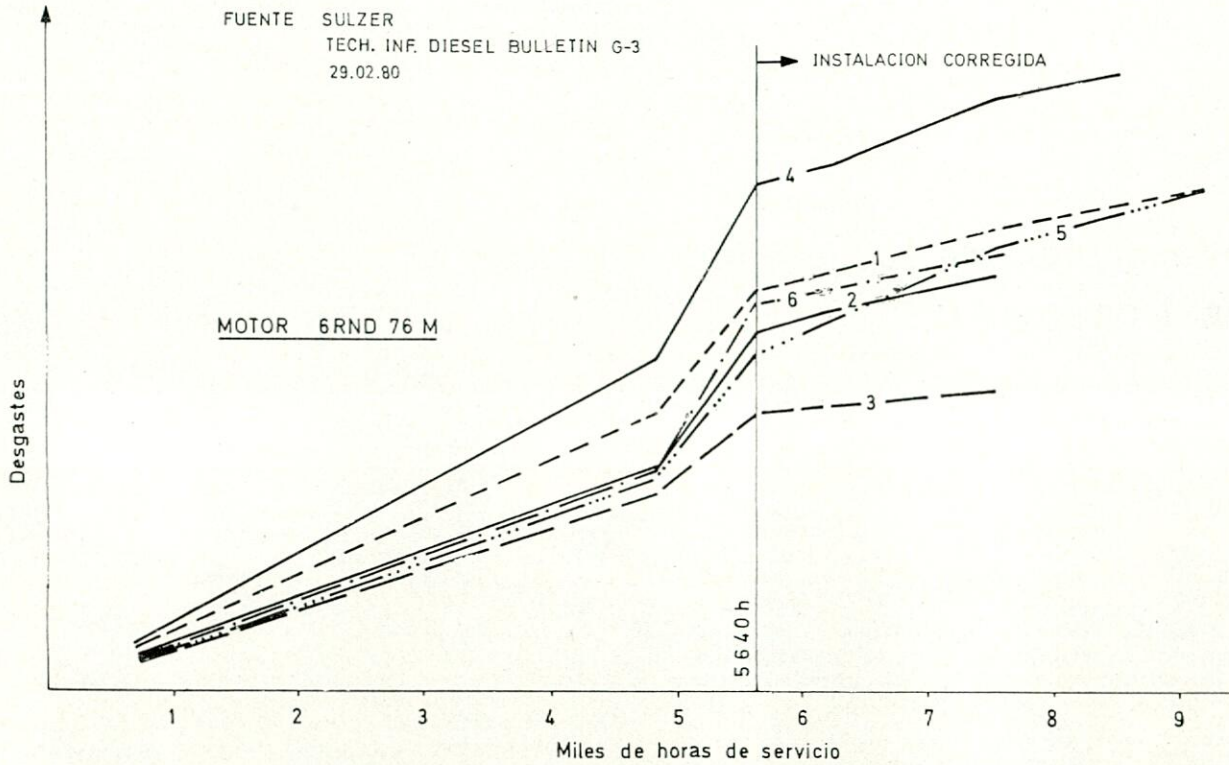


Figura 10.

- Utilizar, si las hay, todas las centrifugadoras de respeto como segunda etapa de sus correspondientes principales.
- Asegurarse de que el calentamiento de fuel-oil se realiza a  $98 \pm 2^\circ \text{C}$ , cambiando el calentador si es preciso e incorporando, si no la hay, instrumentación de control de temperatura de suficiente sensibilidad.
- Eliminar el circuito de combustible en la medida de lo posible, estrechamientos, codos, válvulas u obstrucciones para evitar la formación de emulsiones.
- Reducir el caudal de trabajo de las centrifugadoras en un 30 por 100, salvo instrucciones más concretas del fabricante.
- Acortar los intervalos de descarga a no más de una hora.

Estas recomendaciones pueden permitir a un buque en servicio trabajar con LGF cuando no se produzcan otros fenómenos, como precipitación de asfaltenos, y suponiendo siempre que las centrifugadoras están correctamente manejadas, aunque, naturalmente, la forma ideal de solucionar el problema es una revisión, y reforma si procede, completa del circuito de combustible, que queda a criterio en última instancia del armador.

6. BIBLIOGRAFIA

1. J. A. COWDEROY y C. L. BAILEY: «Heavy fuel oils for medium speed diesel engines». Londres, 1964.
2. S. SVENSSON y B. von SCHULTZ: «The pretreatment and cleaning of modern low grade heavy fuel oils». Londres, 1980.
3. «Recommendations for pretreatment and cleaning of heavy fuel oil». Alfa-Laval Reference Group Meeting. Helsinki, 1980.
4. «Fuel oil qualities». NTN Research Project. Subproject 1. Sentralinstitutt for Industriell Forskning. Oslo, 1977.
5. «Mechanical and thermal fuel oil treatment». NTN Research Project. Subproject 2. Norges Tekniske Hogskole. Trondheim, 1977.
6. «Operation on heavy residual fuels». Burmeister & Wain. Boletín Técnico.
7. «Technical information, Diesel Bulletin». Sulzer. Winterthur, 1980.
8. D. HALL: «Necesidad de mejores especificaciones de los combustibles». Revista de Información Elcano. Madrid, 1980.
9. S. GRAF: «El motor diesel. La calidad del combustible y su tratamiento». Simposio de la A. I. N. E. Madrid, 1980.
10. J. DE PAZ: «Sensibility threshold of disc centrifuges». Symposium de la Société Belge de Filtration. Amberes, 1978.
11. J. DE PAZ: «Tratamiento centrifugo de aceites lubricantes marinos». II Congreso Iberoamericano de Ingeniería Naval. Sevilla, 1978. «Ingeniería Naval», agosto 1978.

# Interacción de los modos de transporte

Eduardo Martínez-Abarca Unturbe. Dr. Ing. Naval (\*).

## RESUMEN

El transporte multimodal ha relacionado íntimamente el transporte terrestre y marítimo. Se producen unas interacciones muy claras entre ambos, siendo el marítimo el que más facilidad tiene de adaptación.

En definitiva, hay que aceptar que es preciso estudiar el conjunto, aportando una mayor coordinación y cooperación. Como las variables de un transporte multimodal son muy numerosas y los cálculos complejos, resulta recomendable la utilización de un modelo de evaluación con ordenador. Esto permite explorar suficientes alternativas para adoptar decisiones fundadas. Un estudio particularizado puede aportar criterios de racionalización que mejoren el conjunto.

En resumen, la interacción de los modos de transporte debe fomentar la consideración de la cadena en su totalidad.

## INDICE

0. INTRODUCCION.
  - 0.1. Definiciones.
  - 0.2. Limitaciones.
  - 0.3. Historia.
  - 0.4. Campo de aplicación.
1. INTERACCION TIERRA/MAR.
  - 1.1. Generalidades.
  - 1.2. Influencia del transporte terrestre en el marítimo.
  - 1.3. Influencia del transporte marítimo en el terrestre.
  - 1.4. Los puertos.
  - 1.5. Conclusiones.
2. EL TRANSPORTE MULTIMODAL.
  - 2.1. Presentación.
  - 2.2. Modelo de evaluación.
  - 2.3. Casos concretos.
3. PROBLEMAS Y RECOMENDACIONES.
  - 3.1. Problemas del transporte multimodal.
  - 3.2. Recomendaciones para el transporte multimodal.
  - 3.3. Conclusión.
4. REFERENCIAS.

## 0. INTRODUCCION

### 0.1. Definiciones

Se denominan «modos de transporte» a las diferentes formas básicas en que una mercancía puede ser transportada. Entiendo, a su vez, por «formas básicas» aquellas que utilizan medios de transporte distintos y que exigen tecnologías claramente diferenciadas.

De una forma simple puede decirse que los modos de transporte son: el terrestre por carretera, el terrestre por ferrocarril, el marítimo y el aéreo.

En realidad, la cuestión es un poco más complicada, ya que algunas veces dentro de estos modos fundamentales de transporte se utilizan tecnologías tan distintas que puede hablarse de diferentes modos de transporte.

Cuando el transporte se considera en una forma global, utilizando modos distintos, recibe muy diferentes nombres, tales como combinado, integral, intermodal, transmodal, multimodal, polimodal o multiforme. La denominación más en uso es la de transporte intermodal, consecuencia, sin duda, de la traducción directa del inglés, pero a mi juicio no es la más correcta, ya que sugiere más la conexión entre modos que el conjunto de los distintos modos implicados. Parece más correcto hablar de transporte combinado, multiforme o multimodal. Como creo recomendable utilizar el concepto de «modo» de transporte, para mí la denominación más idónea es la última.

### 0.2. Limitaciones

A la vista de las definiciones anteriores, el estudio general de la «Interacción de los modos de transporte» nos llevaría a temas muy alejados de los que en este Congreso deben tratarse. Por otra parte, mis conocimientos tampoco recomiendan incursiones en campos ajenos a mi profesión.

Voy a limitarme a tratar de la interacción entre los diferentes modos de transporte, siempre que uno de ellos sea el marítimo; es decir, que excluyo obviamente el transporte aéreo y el transporte multimodal terrestre, o sea, el carretera-ferrocarril.

Quizá para compensar de esta reducción de campo quiero dar algo más de profundidad al trabajo, no estudiando simplemente las acciones mutuas que se derivan de los diversos modos de transporte, sino mencionando también los problemas del transporte multimodal y la forma de evaluarlos y, al menos, de paliarlos.

### 0.3. Historia

El concepto de transporte multimodal nace como consecuencia del uso de la unidad de carga, y aunque podría

(\*) Subdirector general de SENER, SISTEMAS MARINOS, S. A.

considerarse como tal el ánfora o el tonel, vamos a olvidarnos de los fenicios y centrarnos fundamentalmente en la segunda mitad de este siglo.

Las unidades de carga más características son los contenedores, las paletas, las unidades rodantes y las barcasas embarcables. Sólo mencionaré los principios del transporte de estas unidades de carga, pues aunque su historia es muy corta cronológicamente, su desarrollo es demasiado intenso para tratar de estudiarlo en profundidad dentro de espacios razonables.

Las primeras operaciones con contenedores se hicieron en Estados Unidos por la Sealand en 1957 y por Matson Navigation Company en 1958, utilizando buques convertidos. Fue sólo a mediados de los 60 cuando cobraron una rápida expansión los buques especialmente diseñados como portacontenedores. En 1969, OCL ponía en servicio un buque para transporte de 1.300 TEU, y en 1972 se alcanzaban ya las 2.500 TEU.

Las paletas tienen un origen en tiempo parecido al antes mencionado, siendo Fred Olsen el paladín de este sistema. Ha tenido también un notable desarrollo esta unidad de carga, que ha podido trascender más por su más fácil implantación.

Las unidades rodantes son las que tienen un origen más remoto. British Railways movía vagones de ferrocarril en buques en 1926, y Seatrain transportaba trenes enteros en 1926. Sin embargo, hay que reconocer a Atlantic Steam Navigation la actual idea de los buques ro-ro en 1946. En los 60 se desarrolló este tipo de transporte, inicialmente sólo para pequeñas distancias y en la actualidad constituye uno de los tipos específicos de transporte de mayor éxito.

Los buques portabarcasas han sido los últimos en salir al mercado. En 1969, Central Gulf SS Corp. construyó el primero. El desarrollo de este sistema no ha sido tan espectacular como los otros.

Estos sistemas abrieron la posibilidad del transporte multimodal. En 1967, el U. S. National Committee organizó un simposio en el que por primera vez apareció la palabra «transmodalism» y en el que se analizaron los problemas del transporte integral. La aplicación inicial de este término se limitaba a los contenedores, pero hoy día está mucho más generalizado.

Mucho se ha escrito desde entonces sobre esto, pero para cerrar el tema histórico sólo mencionaré que este mismo año se ha firmado en Génova el Convenio sobre Transporte Multiforme, que ha sido suscrito por 85 países.

#### 0.4. Campo de aplicación

Está claro que cualquier mercancía se transporta de forma diferente según sea el medio utilizado. Se podría, pues, hablar del transporte multimodal del petróleo, pongo por caso, pero la acepción que se ha dado a este transporte lleva implícita la utilización de medios comunes de contención que dan una continuidad al transporte y manejo de la carga. En definitiva, estamos hablando de las unidades de carga en una forma más o menos amplia.

Por otra parte, quiero analizar aquí la «interacción» de los modos de transporte, y en el caso de graneles no puede hablarse propiamente de tal, ya que estas cargas se acomodan muy fácilmente a cada modo, sin que cada uno de ellos influya apenas en el otro.

De todas formas trataré de darle la mayor amplitud al tema, sin olvidar algunos ejemplos, menos espectaculares que los ya citados, pero que dan una mayor heterogeneidad e interés al asunto, estudiando alguno correspondiente a mercancías a granel.

### 1. INTERACCION TIERRA/MAR

#### 1.1. Generalidades

Con las limitaciones que se han impuesto precedentemente, las interacciones que es preciso estudiar son las

que se producen entre los transportes terrestres y marítimos.

Como vamos a ver a continuación, son enormes las interacciones que se producen entre estos dos modos de transporte, pero no debemos olvidar algunos ejemplos de interacción tierra-tierra y mar-mar.

Cuando hablo de la interacción tierra-tierra me refiero a lo que podríamos denominar el «efecto de espejo» en un transporte multimodal. Este se produce como consecuencia de la simetría que normalmente existe en este transporte, ya que la primera y tercera fases son terrestres, mientras que la intermedia es marítima. Al utilizar, lógicamente, la misma unidad de carga durante todo el transporte, el modo correspondiente a la primera fase está condicionado de alguna forma al de la última.

Por regla general, la carga unitizada ha sido concebida y propulsada por los países más desarrollados. Además, hay un gran porcentaje de productos elaborados en este tipo de mercancía, por lo que hay un flujo, al menos originario, de transporte de los países más industrializados a los menos desarrollados. Es evidente, por tanto, que el «efecto de espejo» a que antes me refería es casi unidireccional; es decir, los países en vías de desarrollo tienen que mejorar su infraestructura para completar el ciclo de transporte. Está clara, por tanto, la interacción tierra-tierra.

También puede citarse algún ejemplo de interacción mar-mar. Es el caso de los contenedores transportados en los grandes buques característicos hasta un puerto de distribución y reembarcados en buques ro-ro, que funcionan así como «feeder». Los dos sistemas de transporte son totalmente distintos, pero ligados por la unidad de carga que está condicionando a ambos.

Este último ejemplo es además interesante porque en él el buque ro-ro desfigura la «imagen reflejada», siguiendo todavía con el símil del espejo, ya que convierte al contenedor «prematadamente» en carga rodante. De todas formas, el contenedor hace su segundo viaje terrestre siempre como carga rodante, por lo que realmente no hay interacción importante en la infraestructura del transporte terrestre, sino más bien en las instalaciones portuarias, como más adelante comentaré.

Cabría aún citar la interacción río-mar. El más claro ejemplo son los buques portabarcasas. En definitiva, el río es una fase intermedia entre la tierra y el mar, pero en este caso son los puertos los que están condicionando el transporte.

Aparte de estas interacciones citadas, que casi son anecdóticas, donde más claramente se aprecia la interacción es entre los modos tierra y mar, que trato en los dos apartados siguientes. La aportación de datos y casos podría ser de tal magnitud que me veo precisado a abreviar drásticamente. Las consecuencias de la adaptación a bordo de los elementos que hay que transportar por tierra constituyen el tema de numerosos trabajos e incluso se dedican congresos específicos completos a buques como los portacontenedores o ro-ro, que son algunos de los ejemplos más claros de buques involucrados en el transporte multimodal. Me limitaré, por tanto, a enumerar los rasgos más claros de influencia.

#### 1.2. Influencia del transporte terrestre en el marítimo

En el apartado 0.3 se han citado tres tipos de buques de los más característicos dedicados al transporte de unidades de carga: buques portacontenedores, buques para carga paletizada y buques roll-on/roll-off. Voy a dedicar un epígrafe a cada uno de estos buques y otro a un conjunto de casos menos brillantes, pero que ayudan a dar una perspectiva más completa y heterogénea.

No voy a caer en la tentación de hacer juicios comparativos entre las diferentes soluciones. Ha habido y hay aún mucha subjetividad y ardor en la discusión, y cuando esto ocurre se pierde parte de la razón y es difícil espigar criterios razonables. Sólo diré a este respecto que mi posición es más bien ecléctica. No creo que haya pa-

naceas universales que anulen las otras soluciones. Hay casos claros que hacen recomendable un tipo determinado de buque, pero hay otros muchos en que la elección sólo puede realizarse después de un detallado estudio compartivo técnico-económico. Mi experiencia personal en este tema es que los resultados de tales estudios son algunas veces sorprendentes y nada intuitivos.

### 1.2.1. Buques portacontenedores

Este es uno de los casos en que la influencia del transporte terrestre es más notoria.

El contenedor es una unidad nacida en tierra y transportada por carretera en los Estados Unidos, antes de pensar en su transporte marítimo. Las dimensiones de los contenedores están fijadas por su origen. Refiriéndonos a los buques propiamente portacontenedores, es evidente que sus dimensiones están sujetas a la modularización. La manga útil de bodegas, la eslora de las mismas y su puntal son múltiplos de las dimensiones equivalentes de los contenedores, más los huelgos operativos correspondientes. Los aumentos de las tres dimensiones principales de los buques portacontenedores son discontinuos para aprovechar la estiba de contenedores.

De las tres dimensiones del contenedor estandarizado, la única que no ha tenido nunca cambios ha sido la anchura de 8', porque ésta es la admisible para el transporte terrestre americano. Es curioso considerar que en Europa hubiese sido mucho más conveniente adoptar 2,50 metros de anchura, admisible en las carreteras europeas, pues se hubiesen aprovechado mejor los camiones y hubiese permitido la mejor carga de paletas en su interior. Para los buques hubiese sido indiferente aceptar una u otra anchura.

Hoy en día la infraestructura que se ha desarrollado como consecuencia de los contenedores ha llegado al «punto de no retorno» y es prácticamente imposible hacer cambios en cosas tan sustanciales como la anchura del contenedor.

En cambio, la altura, que inicialmente se había adoptado de 8', está inclinándose hacia 8'6", con la consiguiente influencia en el puntal de los buques, precisamente porque los transportistas terrestres americanos han comprobado que este aumento es admisible y que mejora la utilización de los camiones. Esta dimensión es la que puede cambiarse con mayor facilidad, introduciendo el menor número de trastornos consecuentes. Es uno de los más claros casos de acción del transporte terrestre sobre el marítimo.

La longitud de los contenedores es la característica variable. Los 35' iniciales de la Sealand fueron adoptados porque era la máxima longitud permisible entonces en los transportes terrestres americanos. Cuando la reglamentación admitió allí llegar a 40', se cambió la longitud del contenedor. Los buques siguieron estos cambios introduciendo, naturalmente, modificaciones importantes en el dimensionamiento de sus bodegas.

El contenedor de 20' es de mejor utilización en Europa por el trazado en general más sinuoso de sus carreteras. Otra vez el transporte terrestre imponiendo normas que deben ser aceptadas por los buques. La estandarización de 40' y 20' es más lógica, al permitir más fácilmente la estiba alternativa de ambos tipos, pero no sólo a bordo, sino también en tierra.

Hasta ahora, cuando hemos hablado de la interacción tierra/mar del contenedor, nos hemos referido al transporte por carretera. ¿Y el ferrocarril? En este caso concreto el ferrocarril ha encajado fácilmente el contenedor, pues en definitiva se le abarataba el material de transporte, pero realmente no ha impuesto ninguna condición, sino que más bien ha aceptado las del transporte por carretera. No hay, pues, ninguna interacción ferrocarril/buque en este tipo de carga.

He mencionado hasta ahora sólo las consecuencias de dimensionamiento del buque por adoptar el contenedor como unidad de transporte. Hay otras muchas que simplemente enumero:

- Tamaño modularizado de escotillas.
- Proyecto de escotillas para resistir la carga sobre ellas de los contenedores.
- Estructura característica de doble casco para conseguir la adecuada resistencia longitudinal, transversal y torsional.
- Estructura de doble fondo para apoyo de esquinas de contenedores.
- Altura de superestructura para conseguir visibilidad desde el puente de gobierno.
- Guías especiales en bodegas para estiba de contenedores.
- Medios de carga (cuando se instalan) adecuados para manejo de los contenedores.
- Formas especiales de casco para mejor aprovechamiento de espacios verticales de carga.
- Gran velocidad como consecuencia del rápido ciclo requerido de transporte. Esto es especialmente importante cuando se transportan contenedores refrigerados.
- Condiciones especiales y críticas de estabilidad.
- Instalaciones especiales para contenedores refrigerados.

Muchas de estas observaciones son válidas también cuando nos referimos a buques convencionales dedicados al transporte de contenedores.

Hay otra clara interacción del transporte terrestre en el marítimo, como consecuencia del contenedor, que es más difícil de detectar físicamente, pero que es de una gran importancia. Me refiero al cambio de estructura de los tráficos tradicionales, hasta el punto de modificar básicamente las vías marítimas de comunicación preexistentes.

### 1.2.2. Buques para carga paletizada

Esta unidad de carga presenta unas características también muy particulares que, proviniendo del transporte terrestre, influyen grandemente en los buques. Sin embargo, siendo las dimensiones en planta muy inferiores a las de los contenedores, la influencia en fijación de manga y eslora de bodegas es mucho menor. Se da además la circunstancia de que la estiba de las paletas no está condicionada a direcciones fijas, lo que permite girar las mismas 90° cuando es necesario, buscando el mejor aprovechamiento del área en planta disponible.

La altura, en cambio, de la paleta es fundamental y condiciona totalmente las alturas netas de espacios de carga. Si éstas no se estudian convenientemente, las pérdidas de volumen pueden llegar a ser superiores al 30 por 100.

Otro elemento que afecta decisivamente al proyecto del buque es el medio de estiba utilizado dentro de éste. Normalmente se manejan las paletas con carretillas, para las que hay que prever su libre circulación.

Sin embargo, lo que ha revolucionado más algunos de los conceptos tradicionales de la tecnología naval ha sido las facilidades necesarias para la carga y descarga.

A continuación enumero algunas de las características que es preciso tener en cuenta al proyectar un buque cuando se quiere transportar en él paletas:

- Alturas de espacios de carga reducidas (entre 1,9 y 2 metros de altura neta).
- Número de cubiertas de acuerdo con el puntal resultante de lo antes indicado.
- Estructura de cubiertas que reduzca al mínimo la diferencia entre alturas netas útiles y el puntal bruto correspondiente, sin que haya elementos que estorben a la circulación de carretillas.

- Cubiertas despejadas por su cara superior, sin brazolas de escotillas ni chapas de margen inclinadas y procurando reducir los obstáculos como tuberías, ventilaciones, escalas, etc.
- Espesores de cubierta adecuados para el uso de carretillas.
- Comunicación horizontal de espacios de carga sin brazolas.
- Trazado de cubiertas sin brusca ni arrufo.
- Formas adecuadas para conseguir superficies de cubiertas máximas.
- Puertas de costado amplias para las operaciones «truck-to-truck». Estas pueden simplemente afectar al costado del buque o incluso puede extenderse la abertura hasta hacer desaparecer la cubierta en una anchura transversal de aproximadamente tres metros y una longitud de cinco metros para hacer trabajar dos carretillas simultáneamente. Este «atentado» contra las siempre protegidas e intocables chapas de cinta y trancanil fue difícil de aceptar.
- Ascensores interiores de paletas.
- Reducción de volumen de cámara de máquinas para ganar volumen de carga utilizando motores rápidos.

### 1.2.3. Buques roll-on/roll-off

Este es uno de los tipos de buques más revolucionario en su concepción de los últimos tiempos. Sin embargo, es curioso pensar que su principio básico de movimientos horizontales, es decir, sin tener que trabajar contra la gravedad, no haya sido desarrollado hasta hace bien poco tiempo. La integridad lateral del casco ha primado, hasta que las puertas de popa, proa y costado han llegado a dar suficiente seguridad.

La influencia del transporte terrestre es evidente; es como meter la carretera a bordo. Los buques ro-ro están obligados a estar atentos a los cambios que se introducen en los tipos de vehículos terrestres, pues les afectan decisivamente. Es muy corriente que un ro-ro, durante su vida, tenga que sufrir más de una transformación por esta causa.

Son varios los tipos diferenciados de buques ro-ro, según los tráficos y tamaños, pero aquí sólo mencionaré las características generales que son consecuencia o vienen influidas por el transporte terrestre.

Hay otras muchas observaciones a tener en cuenta en un ro-ro, que son consecuencia más de las instalaciones portuarias que del transporte terrestre. Haremos alusión a este tipo de interacciones en otro apartado posterior.

Las más características influencias del transporte terrestre son:

- Manga útil como un múltiplo de las anchuras de los vehículos a transportar, más los huelgos previstos. Esto, como en el caso de los portacontenedores, supone aumentos discontinuos de la manga del buque.
- Manga útil para prever la evolución de los vehículos en el interior. En el caso de los semi-remolques esto supone superar los 25 metros de manga.
- Puntales netos de los espacios de carga en función de los vehículos a transportar.
- Estructuras características de cubiertas con grandes vanos, sin apoyos intermedios, con máximo ahorro de altura de entorpecimiento; en definitiva, las estructuras de parrilla.
- Rampas externas de acceso de todos los tipos, tamaños, situaciones, resistencia y medios de accionamiento. Este es uno de los elementos más sensibles del buque por la diversidad de vehículos y condiciones portuarias.

- Rampas interiores fijas o móviles con una geometría y resistencia totalmente condicionadas por los vehículos.
- Montacargas de dimensiones y capacidad de elevación muy variables.
- Cámara de máquinas de altura muy reducida con motores rápidos y complicados guardacalores para permitir la circulación horizontal.
- Cubiertas colgantes o plegables para un doble servicio de transporte de coches o trailers.
- Cubiertas escantillonadas para cargas puntuales cada vez mayores.
- Dispositivos de trincado de utilización práctica y flexible.

### 1.2.4. Otros casos de influencia del transporte terrestre en el marítimo

— Los buques polivalentes, o como más comúnmente se les llama, «multipropósito», según una horrible y literal traducción, pueden ser considerados de algún modo influenciados por el transporte terrestre. Algunos de sus dispositivos especiales están concebidos para la más fácil recepción de unidades de carga impuestas por el transporte terrestre. Como son muchos los tipos de buques y dispositivos en uso, no considero conveniente por menorizar la cuestión.

— Las nuevas unidades de carga LUF (Lifting unit frame) son más bien una consecuencia de los problemas de carga y descarga y, por tanto, de los puertos. Sin embargo, no hay que olvidar que tales unidades se forman estando cuatro contenedores en dos capas y que éstos constituyen la más característica unidad de transporte por carretera. La consecuencia es que estos buques hay que concebirlos para recibir y transportar estas unidades de hasta 100 toneladas, cinco metros de anchura y seis metros de altura.

— El transporte de grandes componentes de la industria es un reto para el transporte multimodal. En este caso, tanto el transporte terrestre como el marítimo son «víctimas» de las necesidades, aunque en definitiva quien impone las limitaciones a los componentes es el transporte terrestre. El buque se limita a adecuarse a lo que le venga por carretera.

Dos tipos diferentes de soluciones se han utilizado: la del embarque vertical y la del horizontal.

El embarque vertical lleva consigo fundamentalmente el montaje de una pluma, grúa o dispositivo más o menos complicado de elevación en constante aumento, hasta el punto de no atreverme a mencionar el más potente por no quedarme anticuado inmediatamente. Además de estos dispositivos de elevación hay que contar en el buque con tanques de escora, elementos de apoyo en el muelle en algunos casos, etc.

El embarque horizontal o sistema so-so (slide on/slide off) supone la carga sobre cubierta utilizando imadas, siendo necesarios también algunos dispositivos especiales, tanques de escora, o más bien de compensación, etc.

— El transporte de cemento nos da un curioso ejemplo de interacción, que se presenta también en el transporte de algunos otros graneles áridos.

Como es sabido, el cemento se distribuye ensacado o a granel. El consumo de cemento a granel ha crecido de forma espectacular en las recientes décadas. El transporte marítimo del cemento a granel se ha abierto paso en los últimos quince años. Para justificar este desarrollo basta citar que un transporte que incluya 250 millas por mar, más 50 kilómetros por carretera, cuesta del orden del 25 por 100 del transporte entre los mismos puntos por carretera y del 50 por 100 del transporte por ferrocarril. El transporte multimodal tiene un claro, e incluso diría antiguo, ejemplo en el cemento.

¿Cuáles son las interacciones de los modos de transporte en este caso?

Generalmente, cuando se utiliza el transporte marítimo del cemento a granel, la fábrica correspondiente está bastante próxima al mar. En este caso el primer modo de transporte es el del cemento fluidificado por canaletas o impulsado neumáticamente por tuberías. El buque recibe este cemento a granel y debe acondicionarse para estibar y para eliminar el aire sobrante.

Un hecho de gran importancia en este caso es el de que el transporte de distribución terrestre, es decir, la fase final, se beneficia también de la recepción del cemento a granel. Esto permite un fácil almacenamiento y la posibilidad de una distribución mixta a granel y ensacado. La interacción tierra-mar procede de las conveniencias de los dos transportes terrestres, aunque más fundamentalmente del segundo, pero, a diferencia de otros casos, las decisiones son tomadas como consecuencia del estudio del transporte total. En este caso no puede decirse literalmente que el buque tiene que adaptarse al medio de transporte terrestre original. Más bien el buque es un eslabón de la cadena, que ha sido estudiada en su conjunto. Es un claro ejemplo de lo que es un transporte multimodal y cómo deben estudiarse sus problemas.

No voy a entrar en las características de los buques cementeros, que son realmente peculiares y consecuencia de la adaptación a la recepción, transporte y descarga del cemento a granel, pues ya presenté un trabajo monográfico sobre este tema en el Congreso de Ingeniería Naval de 1968 y, aunque ya han pasado bastantes años, las ideas básicas siguen siendo válidas.

Relacionado con el mismo transporte hay un tema muy específico, pero que incide en lo que antes comentaba respecto a la influencia de la segunda parte del transporte terrestre. Cuando los puertos de distribución son numerosos y faltos de infraestructura de silos e instalaciones de ensacado, parece que la distribución en sacos es más recomendable, sobre todo teniendo en cuenta que normalmente se presentan las condiciones mencionadas en áreas poco desarrolladas, en las que el consumo de cemento a granel está muy limitado o incluso no existe.

La solución inmediata a este planteamiento es el transporte del cemento ensacado, lo cual no deja de ser una interacción tierra-mar. Pero lo que ahora quiero comentar es algo más particular. Se trata de la instalación de ensacadoras a bordo.

Este es un ejemplo técnicamente curioso, cuyo resultado y adopción está sujeto a numerosas condiciones comerciales e incluso políticas. Por tanto, no pueden generalizarse las conclusiones, aunque aclaré que no tengo experiencia en estas instalaciones, ya que en los casos estudiados resultaba desaconsejable su adopción. La ensacadora podría funcionar durante la navegación, con los inconvenientes operativos para esta maquinaria y con los aún mayores del problema de la doble estiba a prever del cemento a granel y ensacado. La otra solución de ensacar sólo en puerto lleva consigo la instalación de una maquinaria de bastante importancia para no alargar excesivamente la estancia en puerto, y en estas condiciones los aspectos económicos priman desfavorablemente.

No obstante, en aquellos casos en el que el resultado de un estudio fuera positivo, estaríamos ante una clara acción de la distribución terrestre sobre el buque.

### 1.3. Influencia del transporte marítimo en el terrestre

Hay un efecto muy claro sobre el transporte terrestre de destino de las unidades de carga que vienen transportadas en los buques, aunque no sea una influencia directa del transporte marítimo en el terrestre. Como ya he comentado en el apartado 1.1. al referirme al ya reiterado «efecto de espejo», el transporte terrestre en destino no es más que el reflejo del correspondiente en origen. El buque no es, pues, el originario de las condiciones de transporte en destino.

Si excluimos, lógicamente, estas interacciones reflejas, la cantidad e importancia de las influencias que ahora

comento son realmente escasas. Estoy seguro de que una caza sistemática dentro del enorme campo del tráfico marítimo permitirá presentar más ejemplos de los que después se citan, pero puedo asegurar que he puesto el mismo empeño para detectar las acciones tierra-mar y mar-tierra.

Aquí van las «piezas cobradas»:

— La altura de las paletas viene generalmente fijada por las características mecánicas de la carga apilada correspondiente. Sin embargo, al tener los espacios de carga en el buque unas alturas mínimas compatibles con una lógica facilidad de paso y manejo, pueden las paletas quedar a alturas inferiores a las netas a bordo, con lo que la pérdida de volumen útil sería elevada. En este caso debe aumentarse la altura de la paleta para aproximarse a la permitida por el buque, cambiando si es preciso las características de los elementos que forman la paleta. El transporte terrestre viene entonces influido por la nueva altura marcada por el buque. Es más corriente que el buque se acomode a la altura de la paleta, como se ha mencionado en el apartado anterior, pero el caso expuesto es realmente un ejemplo de lo contrario.

— Se adopta prácticamente de forma general el cálculo de la estructura de los contenedores, suponiendo un apilado en nueve capas. Esta es una condición impuesta por los grandes buques portacontenedores. No podemos decir que afecte directamente al transporte terrestre, pero sí a esa unidad de carga que proviene de él.

— Cuando un transporte multimodal incluye un transporte marítimo largo, y además el buque utilizado es especial, el peso del coste del flete es evidentemente muy alto, dentro del coste total del transporte. En estos casos la posibilidad de la influencia marítima es mayor.

Tal es el caso de buques frigoríficos o refrigerados que transportan mercancías perecederas a través del Atlántico, pongo por caso. La unidad originaria de carga es una caja de reducidas dimensiones si la comparamos con las grandes unidades ya mencionadas. Estas cargas suelen cubicar bastante, es decir, que la capacidad de transporte del buque se mide por su volumen. En estas circunstancias el aprovechamiento volumétrico de las bodegas es primordial. Cuanto más pequeña sea la unidad de carga, mejor se aprovecha el volumen de bodegas, por lo que la consecuencia es el transporte marítimo en cajas sueltas, sin formar unidades mayores que facilitarían el manejo y transporte terrestre. Esta solución viene, en muchos casos, favorecida por el hecho de que en origen las facilidades de manejo de grandes unidades no son muy grandes, pero no cabe duda de la influencia que los buques ejercen sobre este transporte.

— Se puede citar aquí otra vez el caso del transporte del cemento. El transporte marítimo del cemento a granel y su carga y descarga resulta más barato claramente que el transporte ensacado. Normalmente el hinterland de distribución del cemento desde el puerto de descarga no es muy extenso, por lo que el transporte terrestre de distribución no tiene mucho peso en el conjunto. Estas consideraciones favorecen la idea de distribución terrestre a granel.

### 1.4. Los puertos

Los puertos no forman parte de ninguno de los dos transportes, terrestre y marítimo, por lo que su influencia no puede encajarse dentro de la interacción de los modos de transporte, pero siendo el eslabón entre ambos merece la pena dedicarle un apartado.

Los puertos, en realidad, se han visto involucrados en el transporte multimodal, teniendo que desarrollar una tecnología propia de manejo de las unidades de carga.

La infraestructura portuaria, aun siendo muy costosa, tiene una característica puntual, que le confiere una mayor adaptabilidad. Con un ejemplo queda más claro. Si se decidiese aumentar sustancialmente el tamaño de los contenedores, la red viaria terrestre sufriría un impacto de gravísimas consecuencias. Por otra parte, sería nece-

sario construir nuevos buques adaptados a las nuevas unidades. La modificación portuaria sería la instalación de una nueva grúa en cada una de las cabeceras de línea, si es que se utiliza la carga y descarga vertical y poco más.

Me he referido realmente a los aspectos de instalaciones portuarias. En cambio, los puertos, como obra marítima, presentan una mayor rigidez de respuesta.

En este sentido está claro que las planificaciones se hacen a largo plazo, previendo los buques que harán uso del puerto. Durante la vigencia de las obras marítimas realizadas serán los buques los que tienen que adaptarse a los puertos. Por el contrario, las instalaciones portuarias pueden adecuarse más fácilmente a las exigencias del transporte marítimo y terrestre.

El transporte multimodal o, más concretamente, los sistemas de unidades de carga conllevan la concentración del tráfico en puertos y terminales, requiriendo un desarrollo paralelo de accesos y vías de comunicación terrestres para evitar las congestiones.

Hay una estrecha relación entre desarrollo del país y puertos. Los países más industrializados, que suelen ser cabecera de transportes multimodales, tienen puertos desarrollados que permiten cualquier solución de transporte, pero ésta exige a su vez en el país receptor una infraestructura portuaria adecuada al medio elegido. Estamos, una vez más, ante el «efecto de espejo», aplicado en esta ocasión a los puertos. Cuando el país receptor es también industrializado, no hay problema alguno, pero cuando no lo es hay que escoger un tipo de transporte adecuado a ambas cabeceras.

En este sentido, los buques ro-ro tienen una mayor adaptabilidad, pues las instalaciones portuarias requeridas son más simples que las necesarias para contenedores, por ejemplo. Esta simplicidad ha sido también usada para descongestionar puertos sometidos a tráfico más rígidos o para distribuir unidades de carga desde puertos bien dotados a otros menos equipados.

Mucho puede escribirse respecto a la influencia de los buques en los puertos, ya que, como hemos citado anteriormente, éstos se proyectan para aquéllos, pero también pueden citarse numerosos ejemplos de cómo los puertos influyen directamente en los buques. No me referiré a las limitaciones evidentes, como, por ejemplo, el calado. Podemos citar:

- Rampas de buques ro-ro.
- Puertas de costado para puertos con marea.
- Manga máxima de portacontenedores.
- Rampas, puertas y bodegas para unidades LUF.
- Instalaciones de descarga especiales (cemento, LPG, LNG, etc.).

## 1.5. Conclusiones

Se deduce de cuanto antecede que las interacciones tierra-mar son, como era lógico presumir, muy grandes y en algunos casos las influencias son recíprocas, mediando también los puertos en su condición de nexos.

No obstante, es evidente que el transporte marítimo está mucho más influenciado por el terrestre que el terrestre por el marítimo. Este fenómeno es cada vez más acusado por la creciente tendencia del transporte puerta a puerta en vez del antiguo puerto a puerto, o lo que es prácticamente igual, por el desarrollo de las unidades de carga.

El resultado de todo ello es un reto al tráfico marítimo y como consecuencia a la tecnología naval, que se han visto forzados, especialmente en los dos últimos decenios, a afrontar y a resolver una gran cantidad de nuevos problemas y han demostrado un dinamismo imaginativo que evidentemente no habían derrochado con anterioridad. Sin embargo, el transporte terrestre no ha tenido un desarrollo tan espectacular en su tecnología; es decir, que dentro del transporte multimodal, el marítimo ha

aportado muchas más innovaciones y avances que el terrestre.

Pueden aducirse fácilmente varias causas que influyen en este desigual desarrollo tecnológico, pero creo que cabe citar tres que no son tan intuitivas:

- La lenta evolución de la tecnología naval de unas pocas décadas atrás.
- La gran libertad de proyecto que brinda el mar.
- La mayor ductilidad de la infraestructura portuaria, directamente influida por los cambios de tecnología naval, que la de la infraestructura viaria terrestre.

En definitiva, el buque ha demostrado una gran adaptabilidad a la carga, definida fundamentalmente por el transporte terrestre.

## 2. EL TRANSPORTE MULTIMODAL

### 2.1. Presentación

En el apartado 0.1 se ha definido ya el transporte multimodal y también hemos indicado en el apartado 0.2 su relación con las unidades de carga.

Se habla de la revolución de las unidades de carga en el transporte marítimo e incluso ha sido comparada con la provocada por la adopción del vapor o del motor en la construcción naval. Quizá nos falta aún perspectiva para juzgar esto con objetividad, pero no cabe duda que la evolución ha sido impresionante y rápida; es decir, que al menos el término revolución está justificado.

En un transporte multimodal lo más importante no es estudiar las interacciones para saber quién es el causante originario de un efecto. Lo importante realmente es conocer estas interacciones para resolver el problema conjunto para mejorar el transporte concebido integralmente.

Son muchos los planteamientos y las circunstancias que rodean un transporte multimodal y son, por tanto, muchas también las soluciones. Insisto en lo que ya indiqué de que no hay soluciones generales; hay lugar para todos. Lo que es preciso es encontrar en cada caso la solución integral que mejor resuelva cada problema. Debemos olvidar la organización de cada modo independientemente del resto.

¿Cómo se ha llegado a esta nueva situación?

El origen del transporte multimodal lo encontramos en los Estados Unidos sin salir del transporte terrestre, integrando en un solo concepto las operaciones de un contenedor de puerta a puerta. Después el transportista por carretera «se aventuró en el mar», debiendo entonces controlar los contenedores en todo su recorrido. Fueron realmente los armadores los promotores de los contenedores en Europa. En definitiva, querían cerrar el ciclo. El armador se convierte en transportista total, entrando en campos colindantes al suyo específico, como, por ejemplo: operación de puertos y terminales, almacenaje, transporte por carretera, etc. Para darse cuenta de la importancia de todas las operaciones que no son transporte marítimo, bastante decir que, como media, un contenedor está menos de la mitad de su vida en el mar.

En muchas ocasiones no maneja una sola entidad todas las actividades, pero al menos éstas se consorcian o coordinan tratando de conseguir los mejores resultados para el conjunto.

La unitización surgió realmente para resolver el problema de las congestiones y los retrasos, junto con los problemas directamente derivados de los aumentos de coste de trabajo, que llevaron a costes de manejo verdaderamente prohibitivos. Como el aumento de los costes de fletes no resultaba viable, hubo que ingeniárselas buscando soluciones que disminuyeran el coste del trabajo a costa de mayores inversiones; o sea, trasladando el problema a los aspectos financieros.

El transporte multimodal se basa en las unidades de carga, pero ¿qué unidades de carga son las más adecuadas? ¿Cómo manejarlas? ¿Cómo escoger las características más idóneas de cada medio de transporte? ¿Qué itinerarios son preferibles?

La respuesta a estas preguntas y a otras muchas que surgen al tratar de resolver un problema tan complejo se encuentran si se hace una evaluación sistemática de las alternativas.

**2.2. Modelo de evaluación**

Para hacer una evaluación sistemática de un problema que tiene gran cantidad de datos, alternativas y resultados es necesario desarrollar un modelo para ordenador que ofrece velocidad de cálculo, gran capacidad de almacenamiento de datos y manipulación compleja de los mismos.

El modelo debe simular el tráfico mediante la definición de una red de actividades de transporte y comercialización incluso, partiendo de diferentes puntos interiores de origen, diferentes puertos de origen, diferentes puertos de destino y, por último, diferentes puntos interiores de destino. Se trata de optimizar el flujo total de la red investigando el coste total del sistema de transporte.

Uno de los conceptos que introduce mayor complejidad es la exploración de las redes de transporte, definiendo las mismas de manera flexible y rápida mediante parámetros y variables.

El modelo matemático de evaluación que se describe a continuación es bastante flexible en cuanto a su aplicación, pero no lo suficiente para admitir cualquier planteamiento. La variedad de éstos es tal que la realización de un modelo realmente universal conduciría a complejísimos programas, entrada y salida de datos y elaboración. Un caso real seguramente no utilizaría partes importantes y muy probablemente exigiría de todos modos alguna adaptación. Mi experiencia en este tema es que no se ha

podido aprovechar al 100 por 100 un modelo de transporte para otro caso aun similar.

El modelo tiene en cuenta una serie de restricciones y limitaciones que se imponen a cada persona, tales como cantidades de origen de cada punto, cantidades de recepción en cada punto, flujos máximo y mínimo para las distintas actividades, etc.

El proceso matemático de optimización de la red está basado en el algoritmo de investigación operativa conocido como «out of Kilter».

El modelo se ha construido de forma que en sucesivos procesos de una red se pueda variar de manera individual los costes asociados a una actividad o incluso realizar una variación paramétrica de todos los costes de un determinado tipo.

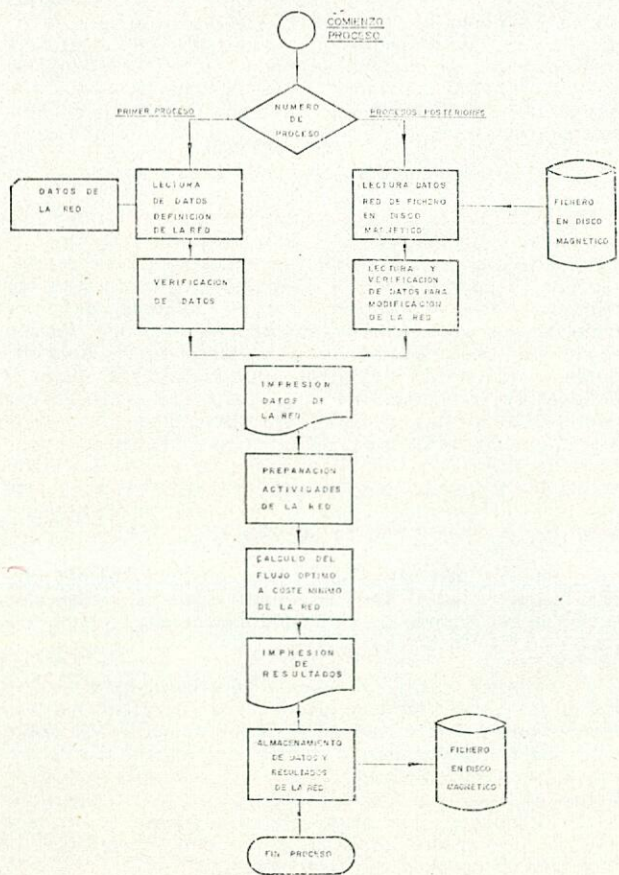
En la figura se muestra el organigrama del flujo del modelo.

Aparte de programas auxiliares de menor entidad, los principales son los siguientes:

- Programa principal de control.
- Lectura y verificación de datos de la red.
- Lectura y verificación de datos para actualización de la red.
- Lectura de datos generales de una red y control del número de procesos.
- Impresión de primera página y cabeceras de página.
- Cálculo del coste del transporte por carretera.
- Impresión de datos de la red.
- Preparación de datos para el algoritmo «out of Kilter».
- Cálculo del flujo óptimo a costo mínimo de una red de actividades de acuerdo con el algoritmo «out of Kilter».
- Búsqueda de actividades fuera de orden de la red.
- Búsqueda de una cadena entre dos nodos de la red.
- Etiquetado de los nodos conectados a uno dado.
- Cambio de flujo en una cadena de actividades.
- Cálculo del incremento de los precios duales de los nodos.
- Impresión de resultados.
- Almacenamiento de datos y resultados de la red en un fichero en disco magnético. Lectura de datos de la red desde el fichero.

Los datos de entrada para el modelo de transporte son los siguientes:

- A) Descripción de la red, unidad de flujo utilizada, flujo máximo por defecto para una actividad y valor por defecto para el coste de manipulación.
- B) Cantidades de carga disponibles en puntos de origen en unidades de flujo.
- C) Descripción de los puertos de origen y costes asociados a cada uno de ellos: coste de formación de las unidades de carga, coste de transporte de las unidades de carga al puerto de origen y coste manipulación de unidades de carga en puerto de origen.
- D) Descripción de los puertos de destino y costes asociados: coste manipulación de unidades de carga hasta entrega al receptor y coste subsistema receptor.
- E) Descripción de los centros de destino y costes asociados: coste del receptor.
- F) Definición de las actividades que van de puerto de origen a puerto de destino, incluyendo flujos mínimos y máximos y costes asociados: coste del transporte en buque.





G) Definición de las actividades que van de puertos de destino a centros de destino y costes asociados: coste de estiba de la carga en el medio de transporte terrestre.

Factor de corrección para considerar el grado de aprovechamiento de la capacidad total de transporte terrestre.

El modelo permite optimizar sistemas de transporte de hasta 5.000 actividades, aunque en los procesos realizados el máximo número de actividades analizadas ha sido de alrededor de 2.500.

Los resultados que se obtienen después de realizada la optimización del flujo a coste mínimo en una red de transporte son los siguientes:

A) Flujo (optimizado) desde cada punto de origen a los distintos puertos de origen.

B) Para cada puerto de origen, el flujo desde dicho puerto a los distintos puertos de destino (cuando existe flujo). También se obtiene el coste de la actividad por unidad de flujo y el coste total de la actividad de transporte. Asimismo se obtienen los resultados totales desde cada puerto de origen.

C) Para cada puerto de destino, el flujo hasta dicho puerto desde los distintos puertos de origen (cuando existe flujo). También se obtiene el costo de la actividad (equivalente al punto B) por unidad de flujo, el coste total de la actividad de transporte, así como los resultados totales para cada puerto de destino (flujo total y coste total).

D) Coste total del sistema expedidor entre puertos de origen y puertos de destino y número de unidades de flujo transportadas.

E) Para cada puerto de destino, el flujo desde dicho puerto hasta los distintos puntos de destino (cuando existe flujo). Asimismo se obtiene el coste de la actividad por unidad de flujo y el coste total de la actividad, así como el flujo total y coste total para todas las actividades que parten de dicho puerto.

F) Para cada punto de destino, el flujo hasta dicho punto desde los distintos puertos de destino (cuando existe flujo). También se calcula el coste de la actividad por unidad de flujo (equivalente al punto E) y el coste total de todas las actividades que llegan a ese punto de destino.

G) Coste total del sistema receptor, así como el número de unidades de flujo transportadas.

H) Coste total y coste por unidad de flujo de los sistemas expedidor y receptor, así como para el sistema total.

I) Opcionalmente se pueden obtener las salidas descritas en los puntos C y E, pero para todas las actividades de la red, incluyendo aquellas actividades a las que el modelo ha asignado un flujo cero al realizar la optimización del flujo de toda la red.

El disponer de los costes de estas actividades no óptimas permite realizar comparaciones cuando se precisa desviarse del flujo óptimo por otros condicionantes.

### 2.3. Casos concretos

Se citan a continuación algunos casos concretos que se presentan realmente en los transportes multimodales y otros teóricos que han sido investigados con el modelo antes descrito. De estos casos se deducen experiencias que muestran el largo camino que queda por recorrer y las grandes mejoras que pueden conseguirse dedicando atención a la racionalización y al estudio global.

Es muy corriente el hecho de que unidades de carga que forman parte de un transporte multimodal se deshagan totalmente en el puerto de destino. El motivo puede ser la inspección de los elementos que constituyen la unidad o bien la constitución de unidades de carga

menores para facilitar la comercialización. Puedo citar algún caso concreto en el que el grado de aprovechamiento de las unidades de carga iniciales durante el transporte se reduce al 25 por 100. En estos casos estamos convirtiendo el transporte en lo que podríamos llamar puerta-puerto.

El transporte terrestre por carretera tiene unos parámetros de coste muy distintos a los del transporte marítimo. El coste se establece en función exclusivamente de la distancia para cada tipo de camión, pero no del peso o volumen realmente transportado. Esto produce unas distorsiones notables y diría que hasta curiosas.

Las unidades de carga grandes, como, por ejemplo, los contenedores, ocupan por empacho un camión, pero no aprovechan toda su capacidad de transporte. Si se manejan unidades pequeñas, su estiba en el camión puede ser mucho más compacta, transportando, en definitiva, más carga.

Esto conduce a la siguiente situación, aparentemente absurda:

Supongamos un contenedor que transporta en su interior unidades pequeñas de carga; cajas, por ejemplo. Si este contenedor es descargado del buque y transportado por carretera se ahorran operaciones en puerto, pero está pagando un transporte terrestre caro referido al kilo de mercancía. Si, en cambio, el contenedor es vaciado en puerto y se cargan los camiones caja a caja, las operaciones en puerto son más caras, pero el transporte en camión es más barato por kilo de mercancía.

De esta forma, cuando la distribución terrestre a recorrer no es grande y, por tanto, el coste de esta fase no tiene gran peso, las ventajas del contenedor son claras, pero para grandes distancias por carretera el ahorro, cuando se carga en cajas, en este transporte es mayor que el coste de manipulación en puerto, y resulta que el contenedor, líder y pionero del transporte unitizado terrestre, es batido, precisamente cuando éste tiene mayor importancia, por una unidad de carga mucho más primitiva.

Esto es aplicable también a otras unidades de carga, como la paleta, pero cuanto más pequeña es la unidad, menor es la diferencia de aprovechamiento del camión y, por tanto, menor también el efecto mencionado. También se hacen menores las diferencias cuanto más alta es la densidad de la carga; es decir, cuanto mejor se aprovecha la capacidad de transporte en peso del contenedor o unidad de carga en general.

Utilizando el modelo antes descrito se han hecho numerosas exploraciones para un transporte multimodal utilizando diversas unidades de carga. Estas unidades de carga a su vez podrían estar constituidas por cajas de dos densidades distintas. Algunas de las conclusiones concretas relacionadas con lo que acabamos de comentar son las siguientes:

- Descargando en un puerto paletas, resulta más interesante mantener estas unidades de carga mientras la distancia no sobrepase 320 kilómetros, mientras que en caso contrario es preferible deshacer las paletas, transportando caja a caja la mercancía. En otro puerto en que los costes portuarios son menores, las diferencias de transporte terrestre son más acusadas y ya resulta entonces preferible deshacer las paletas para distancias terrestres superiores a 120 kilómetros.
- Descargando en un puerto paletas de un peso de 665 kilogramos/unidad, resulta recomendable deshacer en el puerto la paleta para un recorrido terrestre de 300 kilómetros. En cambio, con un peso de 785 kilogramos/unidad, conservando el mismo número de cajas, es decir, aumentando la densidad de carga en un 18 por 100, resulta preferible no deshacer la paleta para la misma distancia antes mencionada.
- El mismo aumento de densidad o disminución del factor de estiba aplicado al transporte global hace que de la situación inicial sin optimizar, en que prác-

ticamente todas las unidades de carga se deshacen en puerto, se pase a la contraria, en que prácticamente sea preferible siempre mantener la unidad de carga hasta destino.

- Estudiando el transporte total con contenedores cargados de paletas, es preferible mantener los contenedores para distancias inferiores a 400 kilómetros, mientras que para superiores se recomienda hacer el transporte terrestre con paletas, deshaciendo los contenedores en puerto.

Estas cifras mencionadas no pueden generalizarse, pues están muy directamente influenciadas por el resto de las condiciones del transporte multimodal, como hemos visto en uno de los ejemplos expuestos, pero sí dan idea de la variación de resultados con las condiciones impuestas.

Otro ejemplo curioso dentro del transporte multimodal es la batalla que mantiene en navegación de altura los portacontenedores con los buques ro-ro, especialmente preparados para estos tráficos. En conjunto está clara la preponderancia de los primeros, pero aunque no se ha llegado a las cotas que los defensores de los ro-ro pretendían conseguir, no cabe duda que han obtenido algunos logros importantes. Esto viene a incidir en lo que se ha dicho precedentemente de la gran variedad de condicionamientos y la multiplicidad de soluciones, sin que una de ellas pueda pretender una hegemonía absoluta.

Una de las principales ventajas del sistema ro-ro es su versatilidad de descarga sin requerir instalaciones complicadas. Esto es especialmente importante para tráficos entre países con grados de desarrollo muy diferentes. La otra gran ventaja es la gran diversidad de cargas que pueden transportar, y ciñéndonos sólo a los contenedores, éstos pueden tener cualquier longitud; es decir, que los buques ro-ro exigen una estandarización mucho menos rígida.

El transporte de semi-remolques hace también la competencia a los contenedores, basándose fundamentalmente en su mejor aprovechamiento volumétrico en su transporte por carretera.

El transporte del cemento representa un caso concreto muy claro de transporte multimodal, pero sólo quiero citarlo aquí, pues ya se ha expuesto bastante sobre este particular en el apartado 1.2.

### 3. PROBLEMAS Y RECOMENDACIONES

#### 3.1. Problemas del transporte multimodal

En realidad, a lo largo de los apartados precedentes se han ido ya perfilando algunos de los problemas del transporte multimodal; entre otros, cabe recordar:

- Diferencia de desarrollo del país expedidor y del receptor.
- Insuficiencia de estandarización de las unidades de carga.
- Infraestructuras complejas para manejo en puerto de las unidades de carga.
- Gran rigidez de normas en el transporte terrestre.
- Falta de normalización efectiva de los medios portuarios de carga y descarga de elementos rodantes.
- Aumento progresivo de tamaño y peso de los grandes componentes de la industria.
- Concentración y congestión de puertos especializados.
- Adopción de nuevas actividades de los transportistas.
- Falta de aprovechamiento de los medios de transporte por las unidades de carga.
- Mal aprovechamiento de contenedores con paletas standard.
- Falta de coordinación de los diferentes modos de transporte.

A pesar de la ya crecida extensión de esta lista quedan aún por añadir problemas muy importantes:

- La burocracia no ha seguido el ritmo del transporte multimodal, suponiendo un gravísimo freno a su desarrollo. Aquí están incluidos los problemas legales, aduaneros, de responsabilidad, de seguros, etc. Los problemas técnicos han sido resueltos con gran anticipación a los burocráticos.
- La inspección de las unidades de carga, tanto en el despacho como en la recepción, supone con gran frecuencia deshacer la unidad o, al menos, entorpecer claramente su itinerario.
- El desarrollo de tecnologías que reduzcan la mano de obra de las manipulaciones portuarias encuentran siempre la oposición laboral correspondiente.

#### 3.2. Recomendaciones para el transporte multimodal

He tenido buen cuidado de no titular este apartado «Soluciones a los problemas del transporte multimodal». Creo que hubiera sido demasiado triunfalista. En realidad, lo que se pretende es sugerir medidas que traten de paliar los numerosos problemas existentes. No siempre son aplicables todas estas recomendaciones ni su efectividad es igual en todos los casos, pero entiendo que, entre el conjunto que a continuación se menciona, algo podría aplicarse en beneficio de una mejora de la situación.

Por la esencia misma del transporte multimodal, la primera recomendación es la de la consideración del conjunto de los modos de transporte, como en todo a optimizar. Hay que escoger la unidad de carga adecuada, los puertos de carga y descarga, los itinerarios terrestres, los buques más idóneos, los medios de transporte terrestre, las operaciones de manejo y, en definitiva, todos los numerosos elementos de la cadena que nos esté permitido elegir. Cuando el número de variables es apreciable, como suele ocurrir con frecuencia, la solución idónea para explorar las alternativas es la elaboración de un modelo de evaluación, como ya se indicó en apartados precedentes. Este nos permitirá adoptar decisiones con pleno conocimiento de causa para mejorar, en definitiva, el transporte total.

Las mejoras que se deducen de un estudio global de este tipo pueden llegar a ahorros del coste total del transporte superiores al 7 por 100, y me estoy refiriendo a un caso real. Evidentemente, los ahorros son tanto mayores cuanto más grados de libertad tengamos y cuanto menos integrados se hayan desarrollado las diversas actividades de cada fase.

Sólo el hecho de una racionalización de actividades puede dar resultados espectaculares. No olvidemos que a una situación real se llega como consecuencia de rutinas, que pueden ser superadas en muchas ocasiones, y casi siempre como una superposición de actividades independientemente adoptadas.

La estandarización de los elementos que participan en el transporte supone claramente una ventaja, en especial en lo que se refiere a unidades de carga y a instalaciones portuarias. Aquí no cabe más que fomentar la realización de reuniones monográficas, con la inclusión de los diversos intereses involucrados.

No soy partidario, sin embargo, de una estandarización a ultranza, que llevaría consigo una rigidez excesiva. Hay que dar también posibilidad a la flexibilidad de soluciones. Con un ejemplo aclararé lo que indico.

En un tráfico complejo estudiado se estaban utilizando tres diferentes tipos de unidades de carga. El sólo hecho de utilizar una cualquiera de ellas exclusivamente suponía ahorros totales entre el 0,8 y el 2,3 por 100. Sin embargo, la utilización de dos de las unidades de forma óptima conducía a ahorros muy superiores a los mencionados.

Otro tipo de medidas sobre los que el transportista tiene una influencia indirecta es el que se refiere a la simplificación burocrática y aduanera. Es una dura batalla que ya se está librando y de la que ya se han obtenido al-

# THERE ARE MANY MEANS OF ACCESS



Certainly this is one form of access  
but it would not make an ideal  
hatch cover for a ship.

Over the past 20 years we have  
demonstrated our ability to design  
efficient ships' access systems.

Of course we can help you.

## ASCARGO

We design, manufacture  
and supply a complete  
range of ships' cargo  
access and transfer  
systems.

HATCH COVERS, RAMPS, WATERTIGHT DOORS,  
CARGO LIFTS, MOVEABLE DECKS, etc.

All with the backing of our team of  
professional marine engineers.



# ASCARGO

Gran Vía, 89 - Bilbao, 11 (Spain)  
Tel.: (94) 442 17 83 - 442 25 49 - 442 26 82 - 441 47 00  
Telex: 33751 - 32049 Zubic E  
Cables: ASCARGO, Bilbao



ASCARGO, S. A., member of the CONSULPORT GROUP

gunos triunfos recientemente, como el mencionado Convenio sobre Transporte Multiforme.

El fomento de organizaciones mixtas, cooperaciones y alianzas entre los distintos participantes del transporte multimodal facilitará la obtención de mejores resultados, precisamente en los aspectos hasta ahora mencionados.

La inspección y control de las mercancías contenidas en unidades de carga debe realizarse sin impedimento para el transporte fluido de las mismas. Si se trata de contenedores o trailers, las inspecciones deben evidentemente hacerse en origen y destino y no obligar, por esta razón, a deshacer la unidad en puerto. En el caso de paletas, la estiba de los elementos que la constituyen debe ser tal que todos ellos sean accesibles desde el exterior.

Otro factor a tener en cuenta para mejorar el transporte multimodal es acomodar la unidad de carga y la unidad de venta; es decir, conviene buscar o crear compradores interesados en unidades de carga completas. Cuando esto no sea posible, habrá que escoger una unidad de carga menor para evitar que se deshaga una unidad antes de finalizar el ciclo por razones de comercialización.

El aprovechamiento racional de los medios de transporte, tanto marítimo como terrestre, tiene una gran repercusión en la eficacia del conjunto. Pueden estudiarse las siguientes medidas concretas:

- Mejorar la densidad aparente de las unidades de carga mediante un estudio detallado de lo que podríamos llamar «microestiba» de los elementos que se integren en la unidad. En alguna ocasión esto origina una modificación de especificaciones de envases que suponen un cierto encarecimiento, pero que, con casi total seguridad, está compensado con el ahorro del transporte en todos los modos correspondientes.
- Estudiar la posibilidad de aumentar la altura de las unidades de carga. Esto se refiere, naturalmente, al caso de unidades sin altura fija, como es la paleta. Las alturas de paletas vienen fijadas en algunas ocasiones por razones de resistencia a su propio peso, desaprovechando la altura disponible a bordo. Como en el caso anterior, una mejora de las características de los envases puede suponer ahorros importantes. Puede ser necesario en este caso mejorar también el zunchado de las paletas o incluso sustituirlo por lo que se denomina enfardado, que es una operación ligeramente más cara que el zunchado, pero con mejores condiciones para evitar el aplastamiento.
- Mejorar la utilización de los camiones que transportan contenedores, incrementando la carga de aquéllos. Para ello puede ser incluso rentable deshacer algún contenedor en puerto de destino para distribuir su mercancía en camiones cargados ya con un contenedor, pero que están aún lejos de su carga máxima. Esta solución es bastante heterodoxa, pero puede dar buenos resultados.

La utilización de paletas en el interior de los contenedores mejora las operaciones de carga de éstos, pero ya hemos indicado que las normalizaciones de ambos no favorecen precisamente este hecho, pues el aprovechamiento volumétrico es malo. La solución de su adecuación debe afectar lógicamente a la paleta, que es mucho más flexible. No parece, sin embargo, conveniente tratar de cambiar las dimensiones standard de éstas si pretendemos aprovecharlas para un tráfico de retorno. La solución lógica en estos casos es adoptar la paleta desechable, es decir, sin retorno. El caso conviene ser estudiado sin desdeñar ningún aspecto, como, por ejemplo, la liberación que supone para el armador dejarse de preocupar del control de las paletas una vez utilizadas.

Las paletas desechables tienen otra utilidad cuando constituyen el medio básico de transporte. La total flexibilidad de dimensiones permite adaptarse mejor a las dimensiones de los envases que constituyen la paleta o

bien aprovechar mejor volumétricamente el vehículo de transporte terrestre.

Los problemas portuarios laborales creados por la disminución de la mano de obra por la utilización de unidades de carga deberían enfocarse en el sentido de un desplazamiento de las necesidades de mano de obra hacia el origen y destino de las unidades de carga.

### 3.3. Conclusiones

La interacción más clara entre los modos de transporte terrestre y marítimo es la conveniencia del estudio conjunto de ambos. En este estudio hay que considerar los problemas de cada fase de transporte considerada como una parte del transporte multimodal. ¿Puede haber ejemplo más claro de interacción que el que se produce entre los eslabones de una cadena? Unamos bien estos eslabones y estudiemos el comportamiento de la cadena completa.

Esto exige una mentalidad abierta a la cooperación, al estudio sistemático de situaciones complejas y a la resolución de nuevos problemas tecnológicos.

### 4. REFERENCIAS

- GERARDO POLO: «El empleo de buques convencionales en el transporte de cargas paletizadas: Consideraciones técnicas y económicas».
- MALCOLM HODD: «Ro-ro, an industry on the move».
- GERARDO POLO: «Aspectos básicos del proyecto y explotación de buques para carga paletizada, desde el punto de vista naviero».
- M. MARKUSSEN y T. BERGLI: «Comparison of three different transport Systems».
- «... and after the container-comes LUF?» Handling Technology.
- «Ro-ro standards overlooked?» Standards ICHCA.
- R. F. GIBNEY: «Deepsea-there's a time and a place for ro-ro».
- «Suitability and compatibility at the interface point. Containerisation International».
- G. BEYER: «Les trafics conteneurisés français».
- ROBERT E. SUNKEL: «Intramodalism vs. Intermodalism».
- R. H. JACQUINET: «El manejo de la carga general en el transporte marítimo».
- R. P. HOLUBOWICZ: «Integration of transport».
- B. ORDMAN: «The effect of ships on ports».
- G. E. MARLIN: «Les transports maritimes para conteneurs de denrées périssables sous regime du froid».
- P. BRIARD: «L'evolution du cargo-roulier».
- «El container en el ferrocarril». ICHCA.
- A. GONZALEZ ISLA: «Instalación conjunta de transportes combinados para grandes unidades de carga».
- «El transporte en contenedores en los años 80. Estimación de la demanda mundial de contenedores». Cargo System.
- «Decade of Container Development Paves Way for Growth of Multimodal Transport». Panel discussion. Shipping and trade news.
- A. DE SOUZA CONTINHO: «Economía dos transporte marítimo».
- S. BUHIGAS: «Líneas regulares y transporte intermodal».
- S. SORENSEN: «The Philosophy of the Unit Load».
- S. SORENSEN: «Ship's design and the influence of the unit load system».
- S. SORENSEN: «Side ports in cargo handling».
- M. D. McNICOL: «An operator's views and experiences».
- S. GILMAN: «Perspectives the competitive efficiency of roll-on/roll-off».
- Estudio sobre unidades de carga a utilizar en el transporte de plátanos desde Canarias a la Península y Baleares. Referencia interna de Sener, Sistemas Marinos, S. A. Encargo de la Comisión Regional del Plátano.
- Estudio de transporte marítimo de cemento. Referencia interna de Sener, Técnica Industrial y Naval, S. A. Encargo de Hornos Ibéricos, S. A.
- E. MARTINEZ-ABARCA y A. DIAZ: «El transporte marítimo de cemento a granel».

## BARCOS

### FUERTE DEMANDA DE PLATAFORMAS PETROLIFERAS

La demanda de plataformas petrolíferas, en alza a lo largo del pasado año, se mantiene muy fuerte en los primeros meses de 1981, bajo el impulso de un crecimiento inusitado de los niveles de fletes.

Por lo que se refiere a las plataformas semisumergibles, la situación del mercado es la mejor de los últimos veinte años. Al término del pasado año, prácticamente todas las plataformas disponibles se encontraban en operación por primera vez en el último quinquenio. Solamente dos años atrás los fletes de este tipo de unidades alcanzaron su más bajo nivel, 20.000 dólares/día, mientras que en la actualidad se cotizan a razón de 75.000 a 100.000 dólares/día. Esta situación se ha traducido en una fuerte demanda de nuevas unidades: cerca de 40 en construcción en todo el mundo a comienzos del presente año.

Por lo que concierne a las plataformas jack-up, la situación es, si cabe, más optimista. El pasado año se encargaron 128 nuevas unidades, superando el récord de pedidos de 1979, que fue de 112. Y a pesar de que en 1980 fueron entregadas 50 unidades, el sector registró pleno empleo, con fletes récord en muchos casos.

De las 128 unidades encargadas en 1980, 28 correspondían a profundidades de 150 pies o inferiores, confirmando la creciente demanda de unidades para aguas poco profundas. Una vez más el grueso de los pedidos (75) se centró en la gama de los 250 y 300 pies.

Los fletes de plataformas jack-up vienen ascendiendo sin interrupción en el último quinquenio, con incrementos entre el 150 y el 300 por 100, especialmente elevados en las categorías inferiores a los 200 pies.

### BUQUES DE SERIE

Los astilleros japoneses han firmado recientemente varios contratos que ponen de manifiesto la aparición de nuevos tipos de buques de graneleros estándar adaptados especialmente al mercado actual y cuyas características esenciales son un calado reducido y un motor que pueda consumir fuel de mala calidad.

Los astilleros Sasebo proponen un granelero de 45.000 TPM y 26.000 TRB, dotado de cuatro grúas de 20 toneladas y propulsado por un motor B&W, tipo 6L67GFCA, de 13.100 HP, que permite una velocidad de 15 nudos. El coste de este buque es del orden de cinco mil millones de yens.

Los astilleros Hitachi proponen, por su parte, un granelero Panamax de 61.000 TPM y 31.000 TRB, del tipo «Mark-II», cuyas características principales son las siguientes: eslora, 215 m.; manga, 32,2 m.; puntal, 17,8 m., y calado, 12,4 m. Están dotados de un motor Hitachi-B&W, tipo 7L67GFCA, de una potencia de 12.000 HP, que permite alcanzar una velocidad de 14,5 nudos. El motor puede estar alimentado por fuels de densidad variable, llegando hasta 6.000° Red. La velocidad del motor se ha reducido voluntariamente a fin de disminuir su consumo y el diámetro de la hélice se ha aumentado en proporciones importantes.

Los astilleros Nippon Kokan proponen un nuevo granelero estándar de 35.000 TPM, cuyo calado es particularmente reducido para permitir el acceso a la mayor parte de los puertos del mundo. La concepción de los paneles de la bodega permite, por otra parte, la carga de productos pesados o de unidades de carga. La manga se ha aumentado para poder reducir el calado y limitar el peso del casco. Las características principales de estos buques

son las siguientes: eslora, 167 m.; manga, 29,5 m.; puntal, 14,8 m., y calado, 10,5 m. Está propulsado por un motor Sulzer, tipo 6RLB66, de 11.850 BHP, que permite alcanzar una velocidad de 15,1 nudos.

Los astilleros japoneses habían conocido éxitos importantes con los buques estándares más o menos sofisticados, de los cuales los más célebres son, sin duda, los «Future», «Freedom» y «Friendship», desarrollados por IHI. Están convencidos de que su futuro se encuentra en la construcción de largas series de buques sencillos, lo que no excluye el recurso a soluciones sofisticadas en materia de propulsión o de proyecto del casco.

## ASTILLEROS

### ACTIVIDAD DE LOS ASTILLEROS NACIONALES DURANTE EL MES DE FEBRERO DE 1981

#### NUEVOS CONTRATOS

**Astilleros Españoles. Factoría de Olaveaga.**—Con Biscay Marine Cargo Corp. y Coral Sea Maritime Corp., de Grecia, para la construcción de dos graneleros de 20.500 TRB y 35.000 TPM. Irán propulsados por un motor Aesa/B&W, tipo 5L67GFCA, de 10.900 BHP a 123 r. p. m. cada uno.

**Astilleros Españoles. Factoría de Sestao.**—Con Hillwood Shipping y Bryan Shipping, de Liberia, para la construcción de dos graneleros de 23.352 TRB y 44.000 TPM. Irán propulsados por un motor Aesa/B&W, tipo 6L67GFCA, de 13.100 BHP a 123 r. p. m. cada uno.

**Astilleros Españoles. Factoría de Sevilla.**—Con Swift Ocean Maritime Corp. y Alder Shipping Co., Ltd., de Grecia, para la construcción de dos graneleros de 20.487 TRB y 35.000 TPM. Irán propulsados por un motor Aesa/B&W, tipo 6L67GFCA, de 13.100 BHP a 123 r. p. m. cada uno.

**Astilleros Españoles. Factoría de Puerto Real.**—Con Ultramar Madrid, Ltd., y Ultramar Puerto Real, Ltd., de Liberia, para la construcción de dos OBOs de 44.000 TRB y 76.000 TPM. Irán propulsados por un motor Aesa/B&W, tipo 5K90GFC, de 15.200 BHP a 109 r. p. m. cada uno.

#### BOTADURAS

**Astilleros del Atlántico.**—Carguero «LOS MOLINUCOS», de 3.300 TRB y 6.000 TPM, que se construye para Naviera de Cantabria, S. A. Irá propulsado por un motor Barreras/Deutz, tipo RBV12M-350, de 4.400 BHP a 430 r. p. m.

**Astilleros de Huelva.**—Roll-on/roll-off frigorífico «EL TERCERO», de 1.500 TRB y 1.960 TPM, que se construye para Cía. Madrileña de Navegación, S. A. Irá propulsado por un motor Echevarría/B&W, tipo 14V23LU, de 2.030 BHP a 800 r. p. m.

**Astilleros y Talleres Celaya.**—Portacontenedores celular «ILLA DE ONS», de 600 TRB y 1.700 TPM, que se construye para Naviera Ons, S. A. Irá propulsado por un motor Waukesha, tipo L5792DSIM, de 1.776 BHP a 1.215 r. p. m.

**Sociedad Metalúrgica Duro Felguera.**—Transporte de automóviles «CAR-IÑIGO», de 1.425 TRB y 1.750 TPM, que se construye para Internacional Roll-on/Roll-off, S. A. (INTERROLL). Irá propulsado por un motor Bazán/Man, tipo 6L40/54, de 3.750 BHP a 450 r. p. m.

**Tomás Ruiz de Velasco.**—LPG de 2.100 TRB y 3.000 TPM, que se construye para Tomás Ruiz de Velasco, S. A. Irá propulsado por un motor Echevarría/B&W, tipo 18V23L, de 2.610 BHP a 800 r. p. m.

**Astilleros y Varaderos de Tarragona.**—Remolcador «DRIS-SA», de 169 TRB y 82 TPM, que se construye para Remolques y Navegación, S. A. (REYSER). Irá propulsado por un motor Echevarría/B&W de 2.030 BHP a 800 r. p. m.

**Construcciones Navales P. Freire.**—Transporte de automóviles «IMOLA», de 960 TRB y 1.300 TPM, que se construye para Navicar, S. A. Irá propulsado por un motor Barreras/Deutz, tipo SBV6M-540, de 3.300 BHP a 630 r. p. m.

**ENTREGAS**

**Astilleros Españoles. Factoría de Olaveaga.**—Carguero polivalente «ANTONIO MACHADO» a Marítima de Cementos y Graneles, S. A. Las características principales del buque son: 9.633 TRB y 15.736 TPM; eslora total, 144 m.; eslora entre perpendiculares, 134 m.; manga, 21,4 m.; puntal, 12,2 m., y calado, 8,945 m. La capacidad de bodegas es de 22.191 m<sup>3</sup>. Va propulsado por un motor Aesa/B&W, tipo 8K45GFC, de 7.050 BHP a 227 r. p. m., que le proporciona al buque una velocidad en pruebas de 15,21 nudos.

**Astilleros de Huelva.**—Portacontenedores «HILDE DEL MAR» a S. B. C. Container Lines, S. A. Las características principales del buque son: 2.637 TRB y 5.428 TPM; eslora total, 127,17 m.; eslora entre perpendiculares, 116,82 metros; manga, 15,782 m.; puntal, 9,2/7 m., y calado, 6,462 metros. Tiene una capacidad para 357 contenedores. Va propulsado por un motor Bazán/Man, tipo 12V40/54, de 7.500 BHP a 450 r. p. m.

**Unión Naval de Levante. Factoría de Barcelona.**—Remolcador «PAU CASALS» a S. A. de Remolcadores. Las características principales del buque son: 129 TRB y 60 TPM; eslora total, 26,5 m.; eslora entre perpendiculares, 23 m.; manga, 7,5 m.; puntal, 3,1 m., y calado, 2,4 m. T. P. F. = 15 Tm. Va propulsado por dos motores Baudouin/Interdiesel, tipo DNP12, de 600 BHP a 1.800 r. p. m. cada uno.

**EL MERCADO DE NUEVAS CONSTRUCCIONES**

En el último informe mensual de los agentes R. S. Platou A/S se señala que, aunque el número de peticiones de ofertas formales recibidas en los astilleros para la construcción de nuevos buques ha disminuido rápidamente, y que este mercado tiende a la inactividad, el interés por los graneleros se ha mantenido, habiéndose firmado numerosos contratos. Los más recientes tratan sobre graneleros de 35.000/45.000 TPM, habiéndose encargado la mayor parte de ellos a Japón y algunos a España, del tipo Panamax o superiores. Bajo el título del nuevo programa nacional los astilleros japoneses han recibido el pedido de cinco transportes de carbón/mineral de 200.000 TPM, de tres buques de este tipo de 130.000/140.000 TPM y de otros dos o tres de 90.000 TPM. La mayor parte de los nuevos contratos de buques Panamax se los han repartido entre Japón y Corea del Sur, aunque un astillero danés ha conseguido hacerse con un lugar en este mercado.

Se han contratado tres OBO's: uno de 50.000 TPM en Suecia y dos de 150.000 TPM en Corea. Un armador noruego ha contratado en Japón un granelero de 45.000 TPM y otro sueco ha contratado en Noruega un transporte de productos químicos de 33.000 TPM.

**NUEVAS ESTADISTICAS DEL LLOYD'S**

En el informe anual correspondiente al año 1980 publicado por el Lloyd's Register of Shipping figuran una serie de comentarios generales sobre la evolución de la flota mundial y de los distintos parámetros de la construcción naval, y se analiza también la situación de los diversos países europeos y de Japón. A continuación se reproducen, por su interés, los cuadros relativos a nuevos pedidos y entregas anuales, reparto de los nuevos pedidos en porcentaje por años y principales países constructores y la programación de entregas de la cartera mundial de pedidos.

**Cuadro 1**

**NUEVOS PEDIDOS Y ENTREGAS ANUALES**

AÑO	Millones de TRB	
	Nuevos pedidos	Entregas
1971	29,64	24,39
1972	30,36	26,75
1973	73,60	30,41
1974	28,37	33,54
1975	13,79	34,20
1976	12,94	33,92
1977	11,09	27,53
1978	8,03	18,19
1979	16,84	14,29
1980	19,00	13,00

**Cuadro 2**

**REPARTO DE NUEVOS PEDIDOS, EN PORCENTAJE**

AÑO	Japón	Europa Occidental	Resto del mundo
1974	38,42	39,46	22,12
1975	49,25	21,87	28,88
1976	56,01	23,69	20,30
1977	52,13	27,16	20,71
1978	43,25	25,95	30,80
1979	49,47	27,43	23,10
1980	52,66	24,39	22,95

**Cuadro 3**

**PROGRAMACION DE ENTREGAS DE LA CARTERA MUNDIAL DE PEDIDOS**

(Millones de TRB)

	AÑO DE ENTREGA				Total	Flota mundial en 1-7-80
	1981	1982	1983	1984 y posterior		
Petroleros	5,70	3,38	0,73	0,02	9,83	175,00
Mineraleros y graneleros	6,87	5,30	1,24	0,07	13,48	83,35
Combinados	0,85	0,70	0,22	—	1,77	26,24
Portacontenedores	0,47	0,50	0,01	—	0,98	11,27
Cargueros	1,64	0,53	0,11	—	2,28	81,29
Buques especializados	1,53	1,13	0,42	0,34	3,42	9,64
Cartera de pedidos al 31 de diciembre 1980.	19,04	12,17	2,99	0,43	34,63	419,91

Cuadro 4

NUEVOS PEDIDOS COLOCADOS EN LOS PRINCIPALES PAISES CONSTRUCTORES, EN PORCENTAJE

PAISES CONSTRUCTORES	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Japón ... ..	49,2	56,0	52,1	43,3	49,5	52,7
Corea del Sur ... ..	3,7	2,5	5,7	3,7	6,2	9,0
España ... ..	3,3	6,3	2,1	2,4	4,4	5,2
China - Taiwan ... ..	0,3	1,1	1,8	3,5	2,6	3,7
Estados Unidos ... ..	4,9	5,0	1,3	5,0	2,8	3,4
Reino Unido ... ..	0,6	3,2	3,9	1,9	1,4	2,7
Alemania Federal ... ..	5,2	2,4	3,3	3,6	4,4	2,2
Dinamarca ... ..	2,8	1,3	1,3	2,6	2,3	2,1
Yugoslavia ... ..	1,7	1,9	2,2	2,0	2,8	1,7
Francia ... ..	2,3	0,2	0,1	1,4	1,5	1,7
Noruega ... ..	1,9	0,8	4,8	1,0	2,1	1,7
Italia ... ..	1,3	1,9	0,6	2,7	1,0	1,6
Finlandia ... ..	0,8	0,9	0,2	1,5	1,6	1,5
Suecia ... ..	0,6	2,5	4,7	5,2	1,7	1,5
Rumania ... ..	—	—	—	0,8	0,3	1,3
Holanda ... ..	0,5	1,1	2,7	2,0	0,7	1,2
Resto del mundo ... ..	20,9	12,9	13,2	17,4	14,7	6,8
Mundo ... ..	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
T. R. B. ... ..	13.792.882	12.936.660	11.091.103	8.025.679	16.843.354	18.969.044

#### POSIBLE PELIGRO AMARILLO

Varios importantes contratos de armadores occidentales con astilleros de la República Popular China llaman poderosamente la atención de los expertos occidentales en estas últimas semanas, quienes hablan ya del «peligro amarillo» para la construcción naval europea y mundial.

Los armadores alemanes, con base en Hamburgo, Oldendorff y Doehle, han encargado sendos graneleros-portacontenedores, de 12.400 TPM, al astillero de Zhonghua (Shanghai) de la China Corporation of Shipbuilding Industry (CCSI). El precio de cada buque se estima en torno a los 20 millones de marcos, un tercio por debajo de la mejor oferta recibida de astilleros alemanes.

Otro importante armador alemán, Schulz & Clemmesen, ha anunciado haber contratado con el mismo astillero tres cargueros polivalentes de 4.400 TPM y se tienen noticias de que varios armadores del mismo país negocian con astilleros chinos contratos semejantes. Recordemos, por último, que el pasado mes la CCSI anunció haber contratado para Wheelock Maritime International dos graneleros de 27.000 TPM para entrega en 1983.

El verdadero potencial constructor de los astilleros chinos es difícil de evaluar ante la escasez de datos y estadísticas sobre la industria naval del país. China posee más de 70 astilleros con 200.000 hombres, si bien una gran parte se dedica a la construcción de buques para tráfico costero y de navegación fluvial interior. La producción conocida en los últimos años ha oscilado en torno a las 250.000 toneladas compensadas, cifra que no incluye la mayor parte de la producción destinada a los citados tráfico.

#### ESTUDIO SOBRE LA CONSTRUCCION NAVAL DEL FUTURO EN JAPON

La Asociación de Constructores Navales de Japón (SAJ), recogiendo la propuesta realizada por Mr. H. Shinto, de I. H. I., ha anunciado la puesta en marcha de un estudio sobre la construcción naval del futuro que permita acometer a su debido tiempo la necesaria renovación tecnológica de la industria naval japonesa.

En los próximos meses SAJ someterá a la consideración de sus empresas asociadas diversos temas, que deberán servir para centrar el debate en torno al contenido del programa de investigación. Este se iniciará en abril de 1982 y será coordinado por Mr. M. Kinoshita, vicepresidente de SAJ y director del Comité Tecnológico de la Asociación.

En opinión de Mr. Kinoshita, la investigación deberá girar en torno a dos aspectos fundamentales:

- Nuevos métodos de producción: los expertos de SAJ consideran que la industria naval es uno de los sectores industriales japoneses en que los métodos productivos han evolucionado con mayor lentitud. Se impone una mayor tecnificación y racionalización del proceso productivo y de su gestión con objeto de elevar la competitividad de la industria naval japonesa, pero también de mejorar el ambiente laboral y el atractivo del sector para mano de obra cualificada.
- Nuevos tipos de buques: paralelamente deberá abordarse en profundidad la investigación sobre nuevos tipos de buques que respondan apropiadamente a las nuevas exigencias del transporte marítimo. En especial la automatización en general y la mejora en el rendimiento y economía de los sistemas de propulsión ofrecen amplio campo para importantes avances en los próximos años.

#### JAPON: GUIA PARA LA DIVERSIFICACION PRODUCTIVA DE LAS EMPRESAS SUBCONTRATISTAS DEL SECTOR NAVAL

El Departamento de Construcción Naval del Ministerio de Transportes ha difundido recientemente entre las empresas subcontratistas del mencionado sector una «Guía para la Diversificación Productiva». El informe tiene por objeto atenuar las graves consecuencias que para las citadas empresas ha tenido la reestructuración de la industria naval japonesa.

La citada «Guía» analiza cinco ramas básicas de diversificación, cuya adecuación para cada empresa dependerá de la formación específica de la propia mano de obra, su capacidad para incorporarse competitivamente a tal actividad y la posibilidad de generar demanda y beneficios marginales. Las cinco ramas analizadas son:

- Estructuras metálicas terrestres. Aparece como el sector más prometedor y apropiado para empresas con larga experiencia subcontratista en la industria naval: puentes, diques y esclusas, tanques, etc.
- Equipos para prevención y lucha contra la contaminación marina.
- Construcción de estructuras flotantes: plantas industriales, unidades para trabajos offshore, instalaciones especiales para cultivos marinos, etc.



- Reparación de contenedores: actividad en alza que no precisa tecnología especial.
- Reparación y desguace de buques: en este caso se trataría más bien de integrar las empresas interesadas en grupos ya existentes, reforzando su estructura.

#### PLAN DE EXPANSION DE LA INDUSTRIA NAVAL COREANA

En el curso de una reciente conferencia de prensa, el director general de la Asociación de Constructores Navales de Corea del Sur, Mr. J. W. Chang, ha expuesto los planes de expansión de la industria naval coreana durante el próximo quinquenio:

- La industria naval coreana alcanzará a partir del próximo año una capacidad de producción anual de cuatro millones de TRB; esto es, 1,2 millones de TRB más que su actual capacidad.
- Esta expansión descansará fundamentalmente en la entrada en operación del nuevo astillero de Daewoo, con un dique con capacidad para construir buques de hasta un millón de TPM. El Gobierno coreano ya ha prometido su apoyo financiero a la segunda fase del proyecto Daewoo, que incluye la construcción de un dique para fabricación de buques de hasta 300.000 TPM y de otro dique de reparaciones de buques de hasta 500.000 TPM.
- Asimismo las compañías Hyundai y Samsung han confirmado el apoyo gubernamental a sus proyectos de ampliación de instalaciones, que incluyen, en el caso de la segunda, la construcción de un dique de reparaciones de buques de hasta 150.000 TPM.
- Por su parte, el Gobierno coreano ha establecido un objetivo de exportación naval para el año 1986, cifrado en 5.400 millones de dólares, merced a la producción de un 10 por 100 del total mundial en términos de tonelaje de registro bruto.

Indudablemente, los objetivos del Gobierno coreano superan ampliamente las posibilidades de los planes de expansión de capacidad conocidos y parecen sorprendentes a la luz de la situación presente y evolución previsible del mercado.

#### EL EMPLEO EN LOS ASTILLEROS NORTEAMERICANOS

De acuerdo con un reciente informe del Departamento de Comercio de Estados Unidos, 20.000 trabajadores de los astilleros del país podrían perder su empleo en el curso del presente año. Esta situación afectaría fundamentalmente al sector de construcción civil, mientras que el Departamento de Comercio pronostica un ligero incremento de la construcción militar y la reparación naval en general, incapaz en cualquier caso de compensar el descenso de actividad en la producción de buques mercantes.

La publicación del citado informe ha venido a añadir leña al fuego de las reacciones de protesta surgidas en el sector a raíz del anuncio de la intención de la Administración norteamericana de congelar el vigente sistema de ayudas a título de Subsidio Diferencial de Construcción. La propuesta de la Administración Reagan al Congreso comprende la suspensión de la citada ayuda a los astilleros del país por un período de seis meses, susceptible de ulterior prórroga por un año más. Al propio tiempo se pretende recortar fuertemente el programa de financiación y garantías estatales de crédito naval.

La propuesta gubernamental no introduce modificaciones en el vigente sistema de Subsidios Diferenciales de Explotación, pero introduce incrementos sensibles en tasas de puertos y canales, así como reducciones en los fondos de investigación para el desarrollo naviero de la Maritime Administration.

En medios de la industria naval estadounidense se ha calificado la propuesta de la Administración Reagan como

intento deliberado de acabar con la construcción naval mercante del país, incapaz de hacer frente a la competencia internacional sin las ayudas derivadas del actual Subsidio Diferencial de Construcción, que permite cubrir hasta un 50 por 100 de los costes de producción.

#### PROPUESTA LABORAL DE BRITISH SHIPBUILDERS

La Confederation of Shipbuilding and Engineering Unions del Reino Unido ha rechazado la oferta salarial de British Shipbuilders, que se resume en un incremento del 5 por 100, ligado a incrementos análogos en la productividad del sector. Una segunda oferta, cercana al 7 por 100, podría ser sometida a la aprobación sindical en fecha próxima.

La oferta de British Shipbuilders comprende un programa de compromisos laborales cuyo centro de gravedad recae en la necesidad de compensar cualquier incremento salarial a través de reducciones en los costes productivos unitarios; esto es, fundamentalmente a través de mejoras en la productividad.

El programa de British Shipbuilders comprende los siguientes puntos:

- Limitación de las horas extras.
- Supresión de reclutamiento de nuevo personal.
- Transferencia de empleo entre astilleros.
- Esquema nacional de prácticas laborales que contemple la transferencia de empleo entre industrias conexas.
- Compromiso de supresión de huelgas.
- Esquema disciplinario nacional.
- Acuerdo sobre política de adiestramiento laboral.
- Acuerdo sobre control conjunto de la productividad.

Recordemos que en la actualidad British Shipbuilders y la Confederation of Shipbuilding and Engineering Unions negocian la suspensión de 2.600 puestos de trabajo en el sector, situación que British Shipbuilders achaca a los efectos derivados de la no introducción de cláusulas de productividad en el acuerdo salarial del pasado ejercicio.

#### CONTRATOS DE BUQUES PESQUEROS PARA LOS ASTILLEROS NACIONALES

En el transcurso de los últimos nueve meses la industria naval española ha obtenido un importante número de contratos de construcción de buques pesqueros para exportación, cuyo valor global asciende a unos 315 millones de dólares (cerca de 27.000 millones de pesetas al cambio actual).

Estos encargos se reparten entre once astilleros de Galicia, Asturias, País Vasco, Baleares y Andalucía, a los que proporcionan más de seis millones de horas de trabajo, equivalentes al empleo anual de 4.500 hombres en el sector. De ello se deriva asimismo la ocupación del orden de otros 12.000 hombres en industrias auxiliares conexas.

Los citados pedidos, ya en vigor o en avanzados trámites de formalización, se desglosan como sigue:

- 24 buques arrastreros de 37,80 metros de eslora total y unas 250 TRB, contratados por el Banco Nacional Pesquero y Portuario (BANPESCA) de México.
- 18 buques atuneros de unas 1.200 TRB cada unidad, contratados por diversas compañías mexicanas.
- 37 pesqueros de distintos tipos y tamaños (siete arrastreros congeladores de 29 y 53 metros de eslora, ocho arrastreros de fresco de 29 metros de eslora, 17 sardineros de 26 metros de eslora y cinco cerqueros/cañeros de 31 metros de eslora) para la República Popular de Angola.

El tonelaje de registro total se estima en torno a 35.000 TRB, equivalentes a unas 135.000 toneladas compensadas.

Este éxito de la exportación naval española supone un considerable alivio para un importante sector de astilleros nacionales y una estimable contribución a la corrección del grave desequilibrio que padece nuestra balanza comercial.

### PERSPECTIVAS PARA JAPON

Según un estudio realizado por la Fundación para la promoción de la industria japonesa de la construcción naval, los astilleros japoneses construirán en 1985 unos 6,4 millones de TRBC. Este estudio es una actualización del presentado al Consejo de Racionalización de la Industria Marítima y de la Construcción Naval en 1978, realizado a la luz de las últimas evoluciones políticas y económicas y de una reevaluación de las necesidades de transporte marítimo y de tonelaje nuevo.

Según este organismo, la construcción naval japonesa debe su posición actual a los esfuerzos realizados en materia de reducción de la capacidad, que han permitido mantener un nivel de actividad elevado. Si la producción de los astilleros japoneses durante 1979 y 1980 ha sido más elevada de lo previsto como consecuencia de las exportaciones de automóviles japoneses, por ejemplo, o de las importaciones de carbón, que han originado una demanda de tonelaje para buques de este tipo, no debe esperarse ninguna mejora sensible del mercado. Sin ninguna duda, en los próximos años debe haber modificaciones, principalmente en los tipos de buques solicitados, pero globalmente el nivel de actividad no debería aumentar y no hay lugar para revisar las estimaciones hechas anteriormente por el Consejo de Racionalización de la Industria Marítima y de la Construcción Naval.

La citada Fundación estima que la débil tasa de crecimiento de las economías no tiene como consecuencia una detención o una disminución de las necesidades de transporte y de tonelaje nuevo. De hecho, no es cuestión de reconsiderar las disminuciones de velocidad, que han contribuido ampliamente a limitar la oferta de transporte, y, por otra parte, los desguaces deberían acelerarse como consecuencia de la rápida obsolescencia de los petroleros de turbinas o que no está de acuerdo con las normas de la IMCO.

Por último, los autores del estudio estiman que el interés por los grandes buques no ha desaparecido y que será necesario construir de nuevo grandes petroleros a medida que se produzcan los desguaces de los VLCC de turbinas.

## TRAFICO MARITIMO

### DUDAS SOBRE LAS TRANSFORMACIONES

El profesor de ingeniería marítima del Instituto de Arquitectura Naval Webb ha recogido los resultados de un estudio encargado por la Administración marítima y el Centro Nacional de Investigaciones Marítimas de Estados Unidos sobre la sustitución de la propulsión con turbinas por motores diesel. Para su realización se ha consultado a veinte armadores bajo pabellón americano, que representan casi la mitad de los buques con motor diesel bajo dicho pabellón, sobre su postura con relación a la propulsión por motor diesel y los problemas planteados por su adopción en la Marina Mercante americana.

El estudio señala que el hecho de que la mayor parte de los astilleros americanos no tengan experiencia reciente en buques propulsados por motor no afecta, por sí solo, a la elección de los armadores americanos, que depende más de una comparación de los gastos de armamento y explotación.

La Administración marítima ha presentado otro estudio que demuestra que los armadores pueden obtener ventajas, dado el aumento de los precios de los combustibles, con el revestimiento con cupro-níquel de los cascos de sus buques, lo que proporciona una disminución de los gastos de combustible, así como de la duración de las operaciones de carenado e incluso de la potencia necesaria.

Antes del aumento de los precios de los combustibles dicho revestimiento era demasiado costoso con relación a las pinturas clásicas para ser considerado, pero después el estudio realizado por la Sun Ship Inc. para la Oficina de Investigación y Desarrollo de la Administración Marítima ha demostrado que se trata de una medida económica interesante. Para un buque portacontenedores dicho revestimiento costaría 3.400.000 dólares más que uno tradicional, y este coste suplementario podría ser recuperado especialmente gracias a la disminución del consumo de combustible.

La experiencia de los armadores de buques con motor diesel ha demostrado que el interés de la transformación de los buques actuales con turbinas no es evidente. El estudio estima que esta transformación difícilmente se justifica, pues su interés depende de elementos tales como la duración que resta de utilización del buque, el estado y la complejidad de la planta propulsora de turbinas, la posibilidad de las condiciones de financiación favorables y el nivel de competencia. La elección de la propulsión por motor diesel no ha tropezado con dificultades de financiación y el personal no ha planteado problemas, aunque su intención de asegurar el mantenimiento fuese dudosa. Desde el punto de vista del coste del mantenimiento, la propulsión con turbinas parece la mejor, seguida del motor diesel lento y después del motor diesel semirrápido.

El estudio sugiere la adopción de un índice de calidad del combustible más adecuado que la viscosidad y que tenga en cuenta particularmente la contaminación y el coste de combustible. Este índice debería ser aplicable en el plano internacional. El estudio recomienda también un mayor uso de técnicas extranjeras que deberían ser adaptadas a las necesidades de los buques americanos.

### EVOLUCION DEL TONELAJE AMARRADO

El Consejo General de los Armadores Británicos ha publicado su estadística del tonelaje amarrado en el mundo en fecha 31 de enero de 1981, observándose un aumento de 256.000 TPM con relación al mes anterior, y que se debe tanto al aumento del tonelaje petrolero amarrado (240.000 TPM) como al del tonelaje de los buques de carga seca (16.000 TPM). Los buques amarrados han pasado de 402, con 9.190.000 TPM, a 421, con 9.446.000 TPM. El tonelaje de los petroleros amarrados ha aumentado de 77 buques, con 7.021.000 TPM, a 81 buques, con 7.261.000 TPM. El tonelaje de los buques de carga seca ha pasado de 2.169.000 TPM a 2.185.000 TPM.

### ES POSIBLE EL AHORRO DE ENERGIA

El director del Instituto de Investigaciones Navales de Noruega, refiriéndose a un estudio sobre las posibilidades de ahorro de energía en la Marina Mercante, ha declarado que la factura que los armadores noruegos deben pagar anualmente por la compra de sus combustibles se eleva a un total de aproximadamente diez mil millones de coronas. En un futuro inmediato es posible reducir el consumo de combustible de la flota mercante noruega al menos en un 10 por 100, y a más largo plazo, en más de un 30 por 100, lo que corresponde, sobre la base del precio actual del petróleo, a tres mil millones de coronas.

Según el grupo de trabajo, encargado de este estudio por el Ministerio de Comercio el pasado verano, invirtiendo 400 millones de coronas en medidas de ahorro de energía sobre el 10 por 100 de la flota noruega, es posible economizar 143.000 toneladas de combustible, lo que corresponde a un ahorro de mil quinientos millones de coronas. Con pequeñas modificaciones en la maquinaria propulsora y en el casco es posible obtener en los buques antiguos un ahorro de combustible del 15 al 25 por 100 y en los buques nuevos este ahorro varía entre el 30 y el 40 por 100.

Este grupo de trabajo, del que forma parte el jefe de estudios de la Asociación de armadores de Noruega, ha propuesto que el Consejo de investigaciones científicas de Noruega abra un crédito de seis millones de coronas para la investigación de ahorro de energía desde 1982

a 1986 y que se dedique un crédito de 10 millones de coronas en 1982 y de 15 millones por año desde 1983 a 1986 para fomentar el ahorro de energía en el seno de las distintas navieras. El grupo ha propuesto igualmente que se mejore la formación de los profesores de las escuelas nacionales de náutica encargados de enseñar el arte de economizar energía y la apertura de un crédito anual de 400.000 coronas para estos efectos.

#### PETROLEROS EN ESPERA DE CARGA

La demanda actual de grandes petroleros, VLCC o ULCC, es tan pequeña que el número de estos buques en espera de carga en el Golfo Pérsico no deja de aumentar. Recientemente había 36 petroleros en espera de carga, que representaban un total de 9.400.000 TPM, a los que se unirán otros petroleros con un total de 7.100.000 TPM, por lo que el tonelaje en espera en el Golfo Pérsico debe alcanzar próximamente los 16 millones de toneladas.

El director general de Intertanko ha declarado que no están sorprendidos de esta situación y que a finales del pasado año habían enviado una circular a los propietarios de VLCC para comunicarles que el número de buques en espera en el Golfo Pérsico iba a aumentar considerablemente, por lo que sus previsiones han sido confirmadas. En breve plazo no hay apenas esperanza de una mejora de la situación y, por tanto, es necesario desgazar los VLCC con turbinas, cuya explotación no es económica. Durante el pasado año se desgazaron 26 petroleros de este tamaño, lo que es alentador, pero no suficiente para restablecer el equilibrio entre la oferta y la demanda de tonelaje. No hay que contentarse con esperar que los demás desguacen sus buques sin hacer nada uno mismo.

Sin embargo, tiene la esperanza de que, al poner en vigor este año, algunos países, una reglamentación más estricta sobre la seguridad de los petroleros, se fomenten las ventas para desguace.

## REUNIONES Y CONFERENCIAS

### SIMPOSIOS ORGANIZADOS POR LA AINE

La Asociación de Ingenieros Navales de España organiza un doble Simposio, que se celebrará en Madrid los días 25 y 26 del próximo mes de mayo sobre dos temas de la máxima actualidad.

El primero es consecuencia del Simposio recientemente celebrado sobre Buques a Carbón, Transporte Marítimo de Carbón y Puertos y versará sobre PUERTOS DEPOSITO PARA GRANELES (petróleo, carbón, mineral de hierro), ya sea simples o combinados —estaciones de recepción y distribución de dos o más graneles—, con un enfoque amplio, esto es, nacional e internacional. Se trata de una cuestión que fue polémica a finales de los años 60 y principio de los 70 y que hoy vuelve al primer plano de la actualidad de la mano del resurgimiento del tráfico de carbón.

El segundo tratará del ahorro de energía o, mejor, de la utilización más racional de la energía en el transporte marítimo, con dos vertientes perfectamente definidas: nuevos proyectos para nuevos buques y transformaciones en los buques existentes. El ahorro de energía en los buques es un aspecto importante de un concepto más amplio cual es el ahorro de energía en el transporte.

### XXI SESIONES TECNICAS DE LA AINE

Es de interés señalar que la Asociación de Ingenieros Navales de España tiene prevista la celebración, en colaboración con la Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, de sus XXI Sesiones Técnicas los días 12, 13 y 14 de noviembre en Zaragoza con el tema central: NAVEGACION FLUVIAL. POSIBILIDADES DE ESTA FORMA DE TRANSPORTE EN ESPAÑA. Como es sabido, el transporte fluvial tiene unos costes económicos, y sobre todo energéticos, sensiblemente inferiores a los del transporte por ferrocarril o por carretera.

### CONFERENCIA DE D. FELIPE LAFITA

El 25 de febrero pronunció en la Real Academia de Ciencias una conferencia, sobre «Ciencia y tecnología en la crisis económico-energética», el académico numerario de la misma don Felipe Lafita Babio

El conferenciante mostró la importancia de la ciencia y la técnica en la cultura actual, comentando que aunque en España la participación de los científicos y técnicos en la sociedad sea insuficiente, éstos tienen que jugar un papel muy importante en la solución de la crisis, que debe acometerse lo antes posible.

Expuso una panorámica de los recursos energéticos y las perspectivas que se ofrecen en la actualidad, resaltando la importancia que tiene la energía nuclear y la necesidad de contar con ella.

Desde un punto de vista de rendimiento, pueden analizarse las decisiones bien desde un punto de vista económico o por criterios técnico-energéticos. En cualquier caso, debe prescindirse de expresiones tales como conservación de la energía, que se da por supuesta, de acuerdo con el primer principio de la termodinámica, y relacionar la obtenida con la teóricamente utilizada.

Tampoco es correcto hablar de crisis de energía por cuanto siguen existiendo recursos energéticos abundantes, aun sin hablar de la fusión nuclear u otros sistemas que puedan utilizarse en el futuro para obtenerla. Se trata de una crisis económica y como tal hay que verla, adoptando las soluciones técnico-económicas oportunas.

Estos y otros puntos fueron desarrollados con amplitud y claridad en esta conferencia, que el autor desarrolló con un cierto espíritu de empresa, en el sentido de evaluar las acciones a emprender, de modo que las decisiones contribuyan a la prosperidad de aquélla, en este caso de la humanidad.

### LXXV ANIVERSARIO DEL INSTITUTO DE LA INGENIERIA DE ESPAÑA

El Instituto, que ha cumplido ya los setenta y cinco años de existencia, ha organizado con este motivo unas jornadas entre los días 9 y 12 de marzo.

En el primer día, y después de las palabras de apertura, pronunciadas por su presidente, don Augusto López Zuriaga, se trató el problema del agua, con la presentación de tres conferencias sobre los problemas que plantea como recurso, regulación y aprovechamiento por:

D. Filiberto López Cadenas de Llano, doctor ingeniero de Montes.

D. Clemente Sáenz Ridruejo, doctor ingeniero de Caminos.

D. Francisco de los Ríos Romero, doctor ingeniero agrónomo.

El día siguiente, 10 de marzo, se dedicó al tema «Sociedad y energía: pasado, presente y futuro», aspectos que fueron, respectivamente, expuestos por:

D. Amalio Saiz de Bustamante, doctor ingeniero naval.

D. José Luis Torá Galván, doctor ingeniero del ICAI.

D. José Luis Quílez Martínez de la Vega, doctor ingeniero de Minas.

El día 11 se trató de «Ingeniería, transportes y comunicaciones». Esta sesión, que fue presidida por el ministro del ramo, estuvo a cargo de los señores:

D. José Luis López Ruiz, doctor ingeniero aeronáutico.

D. Federico Sotomayor Gippini, doctor ingeniero industrial.

D. Antonio Rodríguez Rodríguez, doctor ingeniero de Telecomunicación.

Finalmente, el día 12 se celebró, bajo la presidencia del señor ministro de Administración Territorial, la sesión de clausura.

En dicha sesión pronunció una conferencia el excelentísimo señor don José María de Oriol y Urquijo, ex presidente de la Instituto de la Ingeniería de España, sobre «Evolución de la producción, transporte y distribución de energía eléctrica en los últimos cincuenta años».

A continuación se hizo entrega de los Títulos de Miembros de Honor a los excelentísimos señores:

- D. José María de Oriol y Urquijo.
- D. Salvador Serrats Urquiza.
- D. Félix Aranguren Sabas.
- D. Pedro García-Ormaechea y Casanovas (a título póstumo).
- D. Miguel Jerez Juan.

Con la que terminó la celebración de este aniversario. Las jornadas, que merecieron la Presidencia de Honor de Su Majestad el Rey, estuvieron atendidas por numerosos ingenieros. Al final de cada una de ellas se sirvieron copas, y los acompañamientos que hacen al caso, por cada grupo de Asociaciones a quienes se había reservado la jornada, y por el Instituto en el caso de la sesión de clausura.

**LA OBRA VIVA DEL BUQUE. SU CONSERVACION Y PINTADO**

Organizada por la Asociación de Navieros Españoles (ANAVE), se celebró recientemente una mesa redonda sobre el tema del encabezamiento. A continuación se da un breve resumen del objeto y contenido de las ponencias presentadas.

**Ciclo biológico de la incrustación marina,** por don Lorenzo Ginestá Bablebey, ingeniero químico.

El mar es el medio que mayor riqueza de vida presenta, con una extraordinaria diversidad de formas, que van desde las microscópicas bacterias que forman parte del plancton, hasta los grandes cetáceos.

Algunos de los organismos que viven en el mar son susceptibles de fijarse sobre estructuras artificiales, desarrollando colonias adultas sobre ellas y produciendo una serie de inconvenientes y perjuicios a las mencionadas estructuras, tales como incremento de la corrosión por reacciones bioquímicas, dificultad en el flujo por el interior de tuberías o desagües, disminución de la velocidad y aumento del consumo en buques, etc. A estos organismos se les conoce bajo la denominación general de «incrustación» o «fouling».

Las sustancias minerales disueltas en el agua, en su mayoría sales solubles, especialmente nitratos, nitritos y fosfatos, son incorporadas por las especies vegetales presentes en el plancton mediante fotosíntesis, para la cual se precisa la presencia del oxígeno y anhídrido carbónico, pasando a formar compuestos orgánicos reducidos. Aunque en el mar existen plantas macroscópicas, normalmente fijadas al fondo, que desarrollan también esta función, se encuentran restringidas a una estrecha zona litoral y su masa es reducida en comparación con las plantas microscópicas que constituyen el plancton vegetal o fitoplancton.

El fitoplancton sirve de alimento a los animales que integran el zooplancton, algunos de los cuales forman parte del plancton a lo largo de toda su existencia, mientras que otros permanecen en él sólo temporalmente, como sucede con muchas larvas, que cuando llegan al estado adulto se independizan. Este es el proceso que siguen la casi totalidad de organismos animales adherentes, que sufren profundas metamorfosis, pasando por sucesivos estados de desarrollo, en los que las diferencias morfológicas son tan pronunciadas que no es posible identificar el individuo adulto a partir de su larva.

Los organismos que constituyen la incrustación han de poseer una capacidad de adherencia suficiente como para poder fijarse en condiciones dinámicas adversas, ya que este proceso suele realizarse a poca profundidad, donde,

aunque la estructura esté fija o en reposo, el movimiento de las aguas es ostensible. Además, la adherencia debe ser suficientemente fuerte, en el caso específico de los buques, para que los organismos puedan crecer y desarrollarse sin que el movimiento relativo casco-agua los desprenda.

La incrustación no es, pues, un fenómeno aislado que se debe tan sólo a unos pocos organismos, sino que debe contemplarse como un fenómeno de conjunto producido por combinaciones muy heterogéneas de organismos que se interaccionan entre sí y que se comportan como tal conjunto según la composición y condiciones biológicas de toda la comunidad. De hecho, el fenómeno de la incrustación es lo suficientemente complejo como para que su estudio represente un ingente trabajo, en el que se avanza muy lentamente.

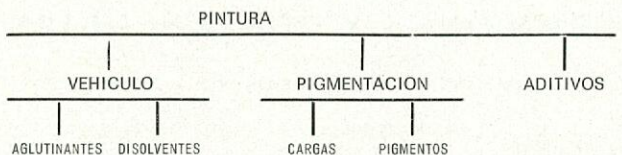
Las comunidades de organismos incrustantes presentan notables diferencias de unas aguas a otras, por lo que es muy difícil hacer predicciones o combatir el proceso por insuficiencia de datos y falta de reproductividad de los mismos.

El proceso de la incrustación se desarrolla casi exclusivamente cuando el buque está parado, y de manera preferente en el interior de los puertos, donde la concentración de organismos incrustantes es superior, debido a la poca renovación del agua y a la presencia de grandes cantidades de materias nutrientes.

**Principios y mecanismos de funcionamiento de las pinturas antiincrustantes,** por el mismo señor Ginestá.

Las pinturas antiincrustantes, al igual que todo tipo de pinturas, son productos líquidos que, al ser aplicados en capas finas sobre superficies adecuadamente preparadas, secan espontáneamente, formando una película consistente.

Los componentes básicos de las pinturas antiincrustantes son los que se indican en el siguiente esquema:



De todos ellos los más importantes son los aglutinantes, que definen la mayoría de las propiedades de la pintura, ya que establecen el sistema de formación de película y el posterior método de actuación de la misma, y los pigmentos tóxicos, que determinan la actividad de la pintura en cuestión.

Los organismos marinos deben ser atacados en estado de esporas o larvas (según se trate de vegetales o animales), en el momento en el que inician su aproximación o fijación al casco, que es cuando son más vulnerables. Para ello se recubre el casco con un revestimiento capaz de suministrar al agua la concentración necesaria de producto tóxico como para envolverlo en un manto letal, donde esporas y larvas perezcan antes de su fijación. Los organismos marinos no se «comen» la pintura antiincrustante, como se creía antiguamente, sino que mueren por acción de la toxicidad del agua que rodea al casco al alterar los tóxicos que ésta contiene sus funciones metabólicas.

Las exigencias en cuanto a la durabilidad de los antiincrustantes son cada vez mayores, debido a una serie de factores que todos conocemos perfectamente. Pero el problema de la incrustación y la lucha contra ella es enormemente complejo y comporta una muy laboriosa investigación. La dificultad principal de esta investigación estriba en que, por muchos ensayos que se hagan en el laboratorio y en paneles de pruebas, sólo la práctica del pintado de cascos de buques puede dar resultados lo suficientemente fiables.

Pero, desgraciadamente, los fabricantes de pinturas no poseemos buques, por lo que, cuando un producto sale

al mercado, a menudo no ha tenido la oportunidad de ser suficientemente ensayado y puede dar resultados contradictorios.

Esta situación sólo tiene una salida: la colaboración mutua entre armadores y fabricantes de pintura, ambos interesados en el mismo objetivo: la obtención de pinturas antiincrustantes cada vez más duraderas.

Pero no debemos perder de vista que, por mucho que investiguemos, nunca daremos con el producto milagroso que resuelva la papeleta de una vez por todas, porque la naturaleza es poderosa y va adaptándose e inmunizándose ante las nuevas situaciones creadas por el hombre, por lo que en este campo deberemos estar constantemente avanzando y trabajando y jamás podremos decir como un día Arquímedes de Siracusa: «Ya lo tenemos.»

**Rugosidad de la carena. Su influencia en la operación del buque,** por don Sergio Mantolan, capitán de la Marina Mercante.

Se trata de la rugosidad permanente de la carena, de su evolución a lo largo de la vida del buque y del coste de dicha rugosidad.

Con esto prácticamente queda hecho el esquema de la conferencia, pero antes de entrar en el tema el autor hizo algunas puntualizaciones:

En primer lugar dijo que en su opinión no se da al tratamiento de la carena la importancia que realmente tiene: ha de terminar la idea de que el barco entra en dique para ponerlo «bonito».

Con harta frecuencia vemos que la descripción de las obras de carena ocupan únicamente una página de una larga y minuciosa lista de obras y que, si las circunstancias son adversas, ni siquiera esta página se cumple. Si llueve, no va a quedarse el barco en dique toda la vida: se pinta, aunque las superficies estén húmedas o se sobrepase en mucho el punto de rocío. Si alguien ha dicho que el buque estará siete días en dique, hay que sacarlo de él porque ha de entrar otro; sin importar cómo se hace o deja de hacer el trabajo.

Señores, esta forma de carenar cuesta después muchísimo dinero al armador. Si no se cambia de mentalidad, nada de lo que se diga sobre el tema vale para nada. **HAY QUE DAR AL CARENADO LA IMPORTANCIA QUE VERDADERAMENTE TIENE.**

Las conclusiones a que llega el autor las resumió de la siguiente forma:

- La carena del buque en operación adquiere una macro-rugosidad accidental y una rugosidad permanente.
- La macro-rugosidad se elimina totalmente mediante el carenado y se retarda su reparación mediante las protecciones antiincrustantes.
- La lucha contra la rugosidad accidental normalmente no es compatible con la lucha contra la rugosidad permanente.
- La rugosidad permanente aumenta a un ritmo que oscila entre 20 y 100 micras anuales, según el tipo de mantenimiento que se efectúe en la carena.
- La penalidad o coste de la rugosidad de la carena, ya sea en mayores costes de combustibles o en pérdida de rendimiento del buque, es muy importante. Las cifras que se manejan y que no he expuesto por referirse a casos particulares son espectaculares.
- Para luchar contra la rugosidad de la carena tenemos a nuestro alcance tres acciones principales: chorreado, alargar períodos entre carenados y utilizar antiincrustantes del tipo autopulimentante.
- El mayor beneficio lo obtendremos por la acción de eliminar la rugosidad por medio del chorreado de la carena.
- Un beneficio adicional lo obtendremos al alargar el período entre carenados (disminuimos costes de operación y retardamos una fuente de rugosidad).

— Considerables beneficios los obtendremos por medio del uso de antiincrustantes del tipo autopulimentante.

— Por último, quiero resaltar que de los diversos estudios efectuados se deduce que cualquier inversión que se efectúe en esta línea, se justifica plenamente. Ahora bien, es necesario que la supervisión de la obra sea también meticulosa.

Dada la continua escalada de los precios del combustible, es indudable que algo hay que hacer. A este respecto las principales firmas fabricantes de pinturas manejan determinadas cifras al promocionar sus productos (especialmente los antiincrustantes autopulimentantes), cifras realmente espectaculares, que todos podemos comprobar, y para empezar no es desaconsejable proveernos de un historial ordenado de cada buque, especialmente en lo que respecta a potencia, consumo, velocidad y rugosidad.

**La investigación de los medios preventivos contra la corrosión e incrustaciones,** por don Joaquín de Espona, doctor ingeniero naval.

En la lucha contra la corrosión y contra las incrustaciones el hombre está librando una batalla más con la naturaleza. En la corrosión la naturaleza trata de devolver el acero, pongamos por caso, a su estado primitivo de óxido de hierro, que es de donde salió, después de aportar el hombre una energía para su transformación en aquel estado, incidiendo sobre la economía en costes de reposición del material destruido.

De análoga manera, los seres que pueblan las aguas marinas necesitan para su supervivencia fijarse sobre una superficie sólida y poder completar así su ciclo biológico, como antes hemos visto. Esa fijación en una superficie, si es la del casco de un buque, es perjudicial para la economía de la explotación del mismo, como también se ha dicho, por cuanto aumenta el consumo de combustible.

Aun siendo distintos los efectos que sobre la economía de la empresa tienen estos dos aspectos de la lucha contra la naturaleza, las soluciones a ambos problemas no se pueden desligar, ya que en unos casos el sistema de protección contra uno es la base sobre la que se asienta la protección contra el otro, cuando no las soluciones a uno y otro son antagónicas, o perturban a un tercero, como puede ser la contaminación de las aguas, lixiviación de materias tóxicas o del ambiente, polución de polvo en las factorías de construcción o reparación de buques, por el tratamiento de las superficies para la aplicación de las pinturas.

La investigación para buscar vías de solución a ambos problemas debe extenderse a todos los aspectos por ambos afectados, desde la preparación de las superficies hasta la aplicación de la última técnica de protección contra las incrustaciones, pasando por los sistemas de aplicación y mantenimiento de los recubrimientos, el estudio de la biología marina, los ensayos de influencia de la rugosidad del buque en la propulsión del mismo, la compatibilidad de los sistemas de protección, etc.

Mostró luego el autor una perspectiva de los medios que actualmente se están aplicando en esta lucha, las investigaciones que se están desarrollando, con mayor o menor éxito, con el mismo objetivo y, finalmente, una enumeración de los caminos hacia los que se dirigen las investigaciones futuras.

Entre los caminos que el autor propuso figura la creación de un banco de datos, en donde se recogieran las experiencias que han tenido los distintos armadores, sin distinción, de los fabricantes de pinturas o de los que las aplicaron. De esta forma, y mediante un tratamiento informático adecuado, podría darse respuesta a muchos interrogantes que tiene planteados hoy el naviero.

*Estas conferencias pueden solicitarse a: ANAVE. Plaza de la Lealtad, 4, 5.ª planta. Madrid-14.*

### MESA REDONDA SOBRE AHORRO ENERGETICO EN EL TRANSPORTE MARITIMO

Convocada por la Asociación de Navieros Españoles (ANAVE), se ha celebrado el día 31 de marzo una mesa redonda sobre los posibles ahorros de combustibles a bordo. Con gran asistencia, se presentaron ponencias por los señores don Víctor Sánchez Blanco, del Instituto de Estudios de Transportes y Comunicaciones; don José Luis López Polo, del Centro de Estudios Marítimos, S. A.; don Pascual O'Dogherty, director del Canal de El Pardo, y don José Manuel Poudereux Tejero, de AESA.

La iniciación de dicha mesa redonda fue presidida por el señor Rodríguez-Guerra, director general de la Marina Mercante, actuando después como moderador don Carlos Barreda para las dos primeras ponencias y don Miguel de Aldecoa para las otras dos.

El director general comentó la importancia que tiene actualmente el problema de la energía, comentando que el Gobierno está enormemente consciente del mismo, como manifestó el señor Calvo-Sotelo el día de la presentación de la investidura. Tendremos mucha suerte si en 1985 no se han duplicado los precios de la energía. Por lo que es primordial buscar nuevas formas de energía y conseguir el máximo ahorro de las actuales. Por ello la Administración está dispuesta a subvencionar programas de investigación y espera que en esta mesa redonda se aclaren aquellas tendencias a las que se deba dar preferencia, de modo que se puedan presentar conclusiones concretas.

Don Víctor Sánchez Blanco, ingeniero de Caminos, trató el tema de una manera general, exponiendo las diferencias existentes entre el transporte marítimo y otros consumidores de energía. El transporte, en su conjunto, consume el 21 por 100 de la energía en España, aumentándose este porcentaje si se considera el consumo del petróleo, que supone el 30 por 100 del total. El grupo más importante en este aspecto está formado por los automóviles privados, que consumen el 40 por 100 del conjunto de los medios de transporte. Es por ello el que el Instituto al que representa ha dedicado mayor atención a estos vehículos que a los que componen los demás grupos.

Por lo que se refiere al transporte marítimo, parece evidente que conviene fomentarlo, puesto que el consumo por tonelada transportada es menor que en los demás medios. Por otra parte, las primeras medidas que, lógicamente, se pueden adoptar, y que son las que se refieren al ahorro de combustible, tienen que tener en cuenta dos particularidades: que el naviero está más interesado que otros consumidores en este ahorro, debido a que esta partida supone un porcentaje mayor de los gastos totales en los barcos que en los demás vehículos, pero que, por otra parte, sus acciones están frenadas por una inercia a los cambios, que tiene su origen en la larga vida que tienen los barcos y en la magnitud del coste que suponen las modificaciones en barcos ya construidos.

La sustitución, que será fase siguiente, puede tener en este transporte mayor amplitud que en los demás, ya que ni siquiera es nueva en los barcos la aplicación de las energías eólica, nuclear o la procedente del carbón, algunas de las cuales son imposibles en los demás vehículos.

Don José Luis López Polo presentó un resumen del estudio que ha realizado por encargo del Instituto de Estudios de Transportes y Comunicaciones. Después de resaltar los dos incrementos importantes de precio (1973 y 1979) que ha experimentado el petróleo, observó que la reacción a estos hechos había sido muy débil, a pesar de la importancia que tienen, ya que han dado lugar a que en los barcos transoceánicos el combustible suponga más del 50 por 100 de los gastos totales.

Entiende que hay medidas de ahorro que pueden alcanzar del 10 al 12 por 100 que no exigen inversiones y debe ponerse atención en estudiar caso por caso las acciones a adoptar. Estima que en nuevos proyectos se puede llegar del 25 al 30 por 100 de ahorro sobre los barcos que navegan en la actualidad. Hizo después diversos comentarios sobre las transformaciones posibles, observando que el éxito de las mismas no dependía sólo del valor

que tenían por sí, sino de la racionalización y modernización que lógicamente les acompañará. Prestó atención a la generación de energía eléctrica por aprovechamiento de los gases de escape del motor principal o el acoplamiento al eje de cola e hizo diversos comentarios sobre la economía de escala, las hélices de bajas revoluciones, el alargamiento de los barcos y el empleo de las toberas.

Con respecto al futuro no dejó de citar el carbón ni la vela, que supone puede ser rentable dentro de cuatro o cinco años como propulsión auxiliar.

Finalmente dijo que tiene una importancia fundamental la forma de llevar el barco, tanto en lo que se refiere a velocidades y rutas como al mantenimiento y puesta a punto de las instalaciones.

La discusión fue conjunta para ambas ponencias, aunque prácticamente todas las intervenciones se refirieron a la última. Con motivo del generador del eje de cola (toma de fuerza) se trató de las hélices de palas orientables, que se consideraron por la mayoría de poco interés, excepto en aquellos casos en que el barco haya de navegar en regímenes muy diferentes. Por otra parte se estimó que la regulación electrónica de frecuencias era muy cara. Se discutió asimismo el límite por encima del cual interesa montar una caldereta de gases de escape, basándose en la idea que el generador que ésta alimenta proporcione la energía eléctrica que necesita el barco. Se manejaron cifras entre 7 y 14.000 caballos, dependiendo del tipo de motor, y estimándose que la inversión se podía amortizar en tres o cuatro años.

No se han considerado suficientemente las transformaciones posibles, cosa que debieran haber hecho los astilleros que se dedican a reparaciones ni otras soluciones que serían relativamente fáciles de realizar en barcos que se han pensado en una época en que el petróleo era tan barato que había bajado realmente de precio en relación a lo demás.

Volviendo a los propulsores, se observó que muchas de las medidas podían tener contraindicaciones, pero que la mejora del rendimiento del propulsor suponía siempre una mejora. Con este motivo se trató, además de las hélices de palas orientables, así como de las toberas, de los propulsores TVF, con los cuales se dijo que se podría llegar al 25 por 100 de ahorro en grandes petroleros y al 15 por 100 en barcos del tipo multipropósito.

Por último se trató con cierta extensión del problema del mantenimiento y del buen funcionamiento de la instalación, aclarándose las distinciones que había hecho el autor en relación con la prevención de averías y la conservación de las características de proyecto o iniciales de la planta y el hecho de que las tripulaciones tienen el deber de mantener las máquinas a punto.

Don Pascual O'Dogherty trató de la hidrodinámica en relación con el ahorro energético.

Estimó que antes del encarecimiento del petróleo existía un mercado de vendedores y los barcos se concebían de forma que en su construcción los astilleros pudieran obtener el mayor beneficio y, no teniéndose lo suficientemente en cuenta la economía de las compañías navieras, no se prestaba toda la atención que merecían los aspectos hidrodinámicos del proyecto. Existían varias cuestiones de interés en ese aspecto. Aparte la economía de escala y otras cuestiones ya tratadas por el señor López Polo, indicó la conveniencia de estudiar las medidas que convenía adoptar en cada caso, mejorando los anteproyectos que se pudieran presentar para ensayos.

Hizo referencia a la base de datos que ha desarrollado el Canal de El Pardo y las posibilidades que ésta ofrece para poder seleccionar las formas o juzgar la bondad de los resultados. Entre otros parámetros se utiliza en di-

cha base el coeficiente  $C_B = \frac{B}{L}$ , al que denominó pará-

metro andaluz, porque exagera, al multiplicar dos fracciones usuales, los efectos que producen cada una de ellas en las formas, ya que actúan en el mismo sentido. Entre los casos citados por el autor se refirió a los bul-

bos, que no convenía emplear cuando dicho coeficiente toma valores muy altos, para los que es preferible la proa cilíndrica, pero que son claramente ventajosos, en cambio, para valores menores. Trató asimismo de las toberas, que consideró eran muy convenientes para petroleros y, por supuesto, para arrastreros, en cuya aplicación se extendió, citando el ahorro que se conseguiría por su empleo durante las faenas de arrastre. Hizo asimismo comentarios sobre otros varios temas.

La última ponencia estuvo a cargo del señor Pondereux, versando sobre la utilización de los combustibles pesados y la puesta a punto de la instalación.

Después de indicar que esta ponencia había sido preparada con la colaboración de don Antonio Arévalo, comentó las cuestiones que se presentan en los distintos tipos de motores.

En los motores semirrápidos de cuatro tiempos se ha estado empleando gas-oil o diesel marino. Se piensa en la actualidad utilizar un fuel intermedio, lo que presupone una serie de modificaciones en el proyecto y materiales empleados en el motor, una reducción de carga en el mismo y mayor atención al mantenimiento. Conviene además prever la mayor ventilación en la cámara de máquinas y tratar el combustible y aceite mediante centrifugadoras, entre otras cosas.

Los motores de velocidad media pueden llegar a quemar combustibles hasta 3.500 S. Re., pero no parece recomendable hacerlo en la actualidad. Respecto a los motores lentos de dos tiempos, pueden quemar dicho combustible y se habla de llegar a los 6.000 S. Re., pero no deja de haber problemas en la válvula de escape en los motores en los que ésta existe y en otros lugares debido al contenido de asfaltenos y partículas de carbono, vanadio, etc.

Observó que con cierta frecuencia se imputan las averías a la mala calidad del fuel, siendo realmente debidas a una incorrecta utilización de los sistemas a bordo, particularmente a los destinados al tratamiento del combustible. Sería conveniente que las navieras, o al menos un grupo de ellas, hicieran análisis de algunas de las características del combustible que utilizan con el fin de tener información de aquellos que adquieren y proporcionar los datos necesarios para poder juzgar las causas de las anomalías del funcionamiento de los motores.

Respecto a la forma en que éstos funcionan, hay muchas señales o síntomas que pueden indicar si aquélla es o no correcta. En algunos casos es fácil diagnosticar, pero en otros, y habiendo tantas variables, las cosas no están claras. Por lo cual propone que se lleve a bordo un mini-ordenador, el cual, mediante los datos leídos por el personal de a bordo y un programa adecuado, pueda dar el diagnóstico y las medidas a adoptar.

Se discutieron ambas ponencias a la vez. Por lo que se refiere a la hidrodinámica, señaló un representante de astilleros que no porque el mercado fuese favorable a los constructores había sido abandonado su estudio en los años 60, citando ejemplos de ello. No se consideró, por otra parte, que tuviesen tantas ventajas las toberas en los grandes petroleros como las que se deducían de los ensayos en canal y que había que evitar la erosión producida en la tobera por la cavitación en la zona que barren las puntas de las palas. En este aspecto tienen ventaja las toberas situadas a proa de la hélice, como las propuestas por Mitsui y por AESA, en combinación esta última con hélices TVF. Se comentó asimismo los ahorros de energía que pueden obtenerse por reducción de los movimientos del buque, citándose el caso del «Shin Aitoku Maru», en el que los ahorros de energía han sido mayores que los previstos inicialmente como consecuencia del amortiguamiento a que dan lugar las velas de los movimientos del barco. En relación con este punto se citó los proyectos de investigación que tiene ASINAVE para el estudio de una posible reducción del consumo en servicio, teniendo en cuenta el aumento de la resistencia, que puede ser muy considerable por el hecho de navegar en mar agitada. Tanto para esto como para un estudio racio-

nal de los sistemas y puesta a punto de la instalación se requiere la colaboración de los armadores.

Suscitada esta última cuestión se discutió las posibilidades de empleo de un miniordenador, como se había propuesto en la última ponencia, aclarándose que no se trata de automatizar la toma de datos, sino de disponer de un auxiliar que permita diagnosticar con mayor facilidad y reunir los datos más significativos para poder estudiar tendencias y hacer un mantenimiento racional. Esto no supone dificultades para el personal de a bordo y permitiría un seguimiento del funcionamiento de la instalación, que se podría hacer en tierra.

Finalmente el señor Aldecoa, que actuaba de moderador, comentó que se habían enumerado una serie de medidas aplicables o no según los tipos de barcos y de servicio. Que para que éstos se aplicaran de la forma deseable era necesaria una mayor colaboración entre astilleros, navieras, constructores de equipos y centros de investigación. Aunque, se objetó, esta colaboración ya existía, era imprescindible incrementarla y escoger las cuestiones que tienen mayor interés para centrarse en ellas y plantearlas a la Administración para que ésta las apoye. Una selección de investigaciones en este campo existe ya en un subgrupo formado precisamente con ese objeto dentro de un programa de ahorro de energía iniciado por la Dirección General correspondiente en el Ministerio de Industria y Energía.

## VARIOS

### NUEVA VERSION DEL SISTEMA FORAN

SENERMAR ha lanzado una nueva versión del Sistema FORAN. Se trata de una versión interactiva que ha sido desarrollada no sólo para ordenadores grandes, como hasta ahora, sino también para mini-ordenadores, que se están introduciendo rápidamente en el mundo de los astilleros.

Esta nueva versión, que utiliza terminales gráficos interactivos, abre nuevas perspectivas, ya que puede ser usada con un equipo informático mucho más asequible. La construcción naval de hoy en día marcha muy claramente hacia una descentralización de la estructura de proceso de datos, instalando mini-ordenadores en sus departamentos técnico y de producción, lo que ahorra dinero y aumenta el rendimiento.

SENERMAR ha firmado ya un contrato para procesar el Sistema FORAN en un mini-ordenador PRIME-450, con el correspondiente equipo periférico de pantallas interactivas. Está previsto poder utilizar también otros mini-ordenadores.

Se han introducido grandes mejoras en ambas fases del Sistema: proyecto y producción. La generación directa de formas resulta extraordinariamente flexible, permitiendo por primera vez la definición interactiva de formas intrínsecamente corregidas partiendo de los datos básicos de proyecto que normalmente utilizan los proyectistas de buques.

En la fase de producción se ha introducido un nuevo módulo de definición de piezas que reemplaza a la programación de partes convencionales. Una nueva definición interactiva de elementos geométricos (GED) ha reemplazado al tradicional lenguaje geométrico de programación de partes y, al mismo tiempo, la definición de escotaduras estándar se ha mejorado con un nuevo generador de macros e inserción automática de escotaduras. Todo ello permite definir los elementos del acero estructural sin usar dibujos preliminares de las piezas. Un programador de partes puede ser entrenado en pocos días para realizar la definición de piezas.

Finalmente, se ha incorporado al sistema una nueva base de datos jerárquica, tridimensional y con acceso simultáneo a varios usuarios.

## BIBLIOGRAFIA.—Abril 1981

## 46. PROPULSION (INCLUYE CAVITACION, AUNQUE NO SEA EN EL PROPULSOR, SINO EN LA CARENA)

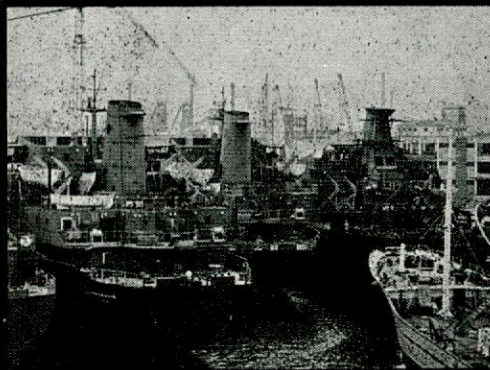
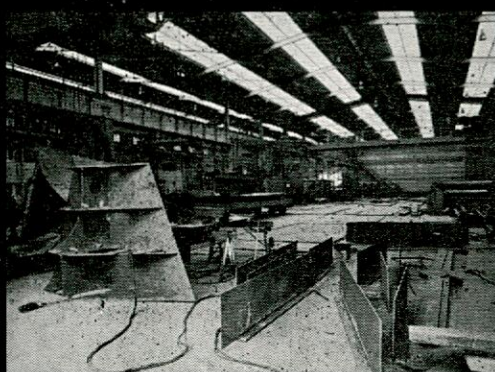
- 1.741. **Simulation of ship dynamics and propulsion systems.**  
I. Kazmi.  
«The British Ship Research Association». Report número 459, 1977.
- 1.742. **Computer-aided propeller preliminary design using the B-Series.**  
M. Triantafyllov.  
«Marine Technology». Octubre 1979.
- 1.743. **Influence of surface irregularities on cavitation performance.**  
R. Arndt y otros.  
«Journal of Ship Research». Septiembre 1979.
- 1.744. **Ducted propellers - design theory.**  
J. Minsaas.  
«Norges Skipforskningsinstitutt». Report R-77, 1978.
- 1.745. **Ducted propellers - computer program.**  
H. Slaattelid.  
«Norges Skipforskningsinstitutt». Report R-78, 1978.
- 1.746. **Developments in propulsion. A summary of papers during CIMAC 79.**  
«Schiff und Hafen». Julio 1979.
- 1.747. **Propeller blade pressure distribution due to loading and thickness effects.**  
S. Tsakonas.  
«Journal of Ship Research». Junio 1979.
- 1.748. **Hub-blade interaction in propellers strength.**  
G. Beek.  
«Symposium on Propellers. SNAME». Mayo 1978.
- 1.749. **The influence of propeller mean loads on propulsion shaft alignment.**  
L. Vassilopoulos.  
«Symposium on Propellers. SNAME». Mayo 1978.
- 1.750. **A brief note on linearized, unsteady, supercavitating flows.**  
J. Acosta.  
«Journal of Ship Research». Junio 1979.
- 1.751. **Vibratory forces on a simulated hull surface produced by transient propeller cavitation.**  
F. Lewis.  
«Journal of Ship Research». Junio 1978.
- 1.752. **On the existence of small-amplitude optimum hydrofoil propulsion.**  
J. Sparenberg.  
«Journal of Ship Research». Diciembre 1978.
- 1.753. **Report of propeller Committee.**  
«15.º ITTC. Symposium». 1978.
- 1.754. **Prediction of propeller induced ship vibration: some structural aspects.**  
A. Liepins.  
«International Shipbuilding Progress». Mayo 1978.
- 1.755. **Low frequency variation of the surface shape of tip region cavitation on marine propeller blades and corresponding disturbances on near by solid boundaries.**  
T. Sjøntvedt.  
«Det Norske Veritas». Núm. 95, 1976.
- 1.756. **Report of cavitation Committee.**  
«15.º ITTC. Symposium». 1978.
- 1.757. **A supercavitating hydrofoil with mechanical and jet flaps beneath a free surface.**  
T. Kida y otros.  
«Journal of Ship Research». Diciembre 1978.
- 1.758. **Cavitation erosion prevention by air injection.**  
E. Huse.  
«4.º Symposium on Ship Technology. SNAME». 1979.
- 1.759. **Resistance and propulsion of ships.**  
C. Kruppa.  
«International Symposium on Advances in Marine Technology». Junio 1979.
- 1.760. **Electro chemical machining of propellers (en ruso).**  
I. Kaufman.  
«Sudostroenie». Abril 1979.
- 1.761. **A computer program for calculation of cavitation extent and excitation forces for a propeller operating in non-uniform velocity field.**  
J. Szantyr.  
«International Shipbuilding Progress». Abril 1979.
- 1.762. **Propeller induced excitation forces and vibrations, cavitation noise and erosion.**  
E. Huse.  
«International Symposium on Advances in Marine Technology». Junio 1979.
- 1.763. **Ensayos de los materiales de construcción naval recientemente desarrollados más resistentes a la cavitación.**  
F. Erdmann.  
«Forschungszentrum des Deutschen Schiffbaus». Número 69, 1977.
- 1.764. **Un programa di calcolo per eliche navali moderatamente caricate basato sulla teoria dei fattori d'induzione.**  
B. Loggia.  
«Centro per gli Studi di Tecnica Navale». Julio 1978.
- 1.765. **Stato di avanzamento delle ricerche del «CETENA» sulla propulsione con eliche a bassi giri e grande diametro.**  
B. Loggia.  
«Centro per gli Studi di Tecnica Navale». Octubre 1978.
- 1.766. **On the optimum Wageningen B-Series propeller problem with cavitation-limiting restraint.**  
A. Markussen.  
«Journal of Ship Research». Junio 1979.
- 1.767. **Nonlinear stability analysis of pressure-loaded imperfect stiffened cylinders.**  
G. Simitzes.  
«Journal of Ship Research». Junio 1979.
- 1.768. **Oblíque water entry and exit of a fully ventilated foil.**  
D. Wang.  
«Journal of Ship Research». Marzo 1979.
- 1.769. **Metodologie di progetto e verifica dell'elica navale sviluppate ed utilizzate del CETENA.**  
B. Della y otros.  
«Centro per gli Studi di Tecnica Navale». Mayo 1979.
- 1.770. **On the reduction of propeller excitation by modifying the blade section shape.**  
C. Johnsson.  
«The Naval Architect». Mayo 1980.



# S. A. JULIANA

## CONSTRUCTORA GIJONESA

(Filial de Astilleros Españoles, S.A.)



**CONSTRUCCION** de todo tipo de buques  
hasta 15.000 Tons. PM.

**REPARACION** de buques  
hasta 25.000 Tons. PM.

**DIQUES SECOS** de 125 y 170 m.  
**DOS GRADAS** de 180 m.



S.A. JULIANA CONSTRUCTORA GIJONESA - GIJON  
Apartado 49 - Tel. 32 12 50 • Telex 87409 - JUNA-E  
Telegramas: JULIANA

# TERCERA CONFERENCIA INTERNACIONAL DE HIDRODINAMICA NUMERICA NAVAL

11-19 de junio de 1981  
PALAIS DES CONGRES, PARIS

En la presente Conferencia se presentarán algunos resultados recientes en el campo de los métodos numéricos para la solución de los problemas de Hidrodinámica Naval, además se presentarán las soluciones numéricas obtenidas para algunos de esos problemas.

Los principales temas que se tratarán son:  
los flujos o derrames en superficie libre  
(flujo permanente y no permanente),  
los flujos arremolinantes  
(generación y liberación de las capas de arremolinamiento)  
y los planos de sustentación.

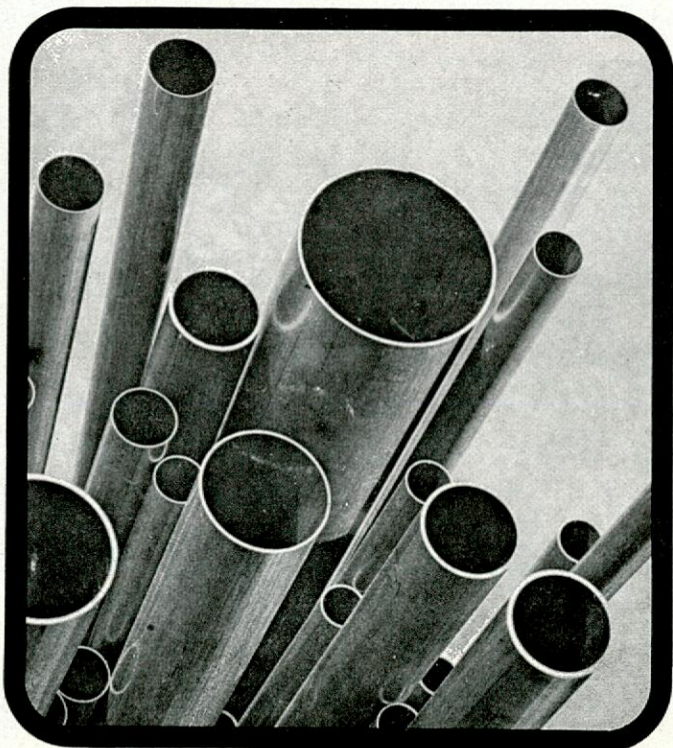
Para todo tipo de información,  
sirvase dirigirse a la Señora Christiane CHAMAUD,  
BASSIN D'ESSAIS DES CARENES,  
8, boulevard Victor, 75732 PARIS CEDEX 15, FRANCE.

- Tubos de latón especial para condensadores
- Tubos de cuproníquel
- Colectores solares

- Chapas, planchas, cintas de cobre y latón
- Tubos aletados de cobre
- Polítubos para instrumentación
- Racores
- Puestas a tierra
- Accesorios
- Aleaciones: Cobre, latón, cuproníquel (todo según normas internacionales)

TODA LA GAMA  
DE FABRICADOS DE NUESTRA ASOCIADA:  
**LA METALLI INDUSTRIALE, SpA.**

## CUPROMET ESPAÑOLA, S.A.



**Oficinas Centrales:**

Alcalá, 63 - Teléfono 225 89 10 - Madrid-14

**Delegación en Barcelona:**

Avenida del Generalísimo, 612 - Teléfono 239 69 26

**Delegación en Bilbao:**

Avenida del Ejército, 11, 4.ª planta - Departamento 14  
Teléfono 447 66 65 - Bilbao-14



## ELESA - 57:

Aceite sintético para lubricación de «COM-PRESORES» alternativos. **CINCO años de vida sin mantenimiento del compresor**, gracias a la ausencia absoluta de barros, depósitos carbonosos en válvulas, etc.

Reducción del 40 % en consumo y aire seco en la descarga.



**ELECTROFILM ESPAÑOLA, S. A.**

Teléf. 246 78 00 (7 líneas). Cables: Elasafilm. Madrid  
Télex: 42478 FILM E. C/. Conde de Vilches, 13  
Edificio ELESA. Madrid-28 (España)

**BARCELONA-5**

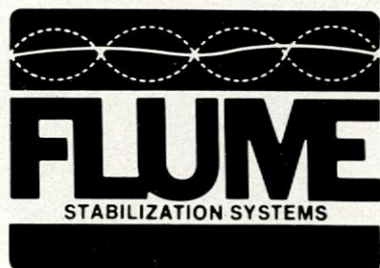
Edificio Pedro IV. C/. Pujadas, 77 y 79, 3.º, 3.º  
Teléfonos 309 14 50 y 309 17 16

# FLUME SAVES FUEL EASY AS

# 1

*Rolling increases  
resistance and  
fuel consumption*

For free fuel saving brochure, write:



**FLUME STABILIZATION SYSTEMS**

Suite 3000 One World Trade Center  
New York, New York 10048

# 2

*Bilge keels increase  
resistance and  
fuel consumption*

# 3

*The Flume Stabilization System  
reduces rolling more effectively  
than bilge keels, without loss of  
cubic or deadweight and provides  
substantial savings in fuel cost.*

**EMPRESA  
NACIONAL**

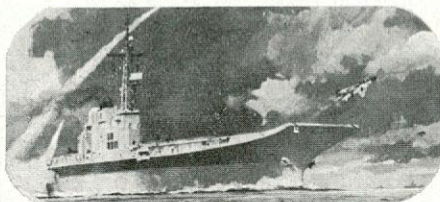
# BAZAN

**Más de dos siglos en construcción naval  
e industrias afines**

**CALIDAD TRADICIONAL  
IDEAS MODERNAS**

## **BUQUES de GUERRA**

Bazán. Nuestro nombre no cuenta toda la historia, puesto que es el nombre moderno de una antigua Compañía que ha estado trabajando continuamente en la construcción naval y actividades relacionadas con ella durante más de 200 años.



La actividad fundamental de Bazán es el diseño y construcción de buques de guerra, principalmente para la Armada Española, pero muchos países amigos de ultramar son testigos de nuestra reputación en este especializado campo.

Bazán también fabrica modernas armas navales, lo que nos permite ser el principal y único contratista en todos los casos.

Bazán, una respuesta apropiada a una buena política de compra.



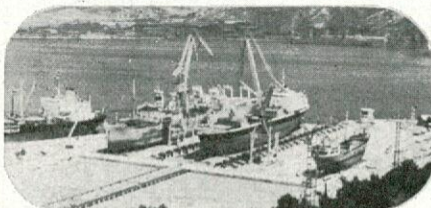
## **BUQUES MERCANTES REPARACIONES**

Otra línea importante de nuestra actividad es la construcción de buques mercantes. Esta actividad se creó para hacer mejor uso de nuestra capacidad de producción y principalmente a causa de nuestro alto desarrollo tecnológico y nivel de calidad.



Gradas y diques para construir buques de hasta 230.000 TPM y adecuados recursos de producción.

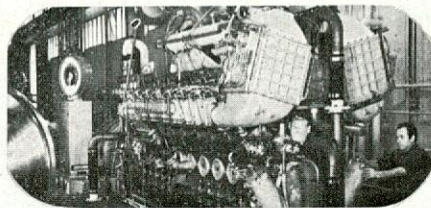
La reparación de buques es también una línea de actividad significativa en nuestras tres Factorías. Nuestra alta capacidad en este área radica en el elevado standard impuesto por las reparaciones de buques de guerra tanto para la Marina Española como para Marinas extranjeras amigas. Los buques mercantes que preparamos se benefician de esta gran experiencia y de la alta calidad que requieren los de guerra.



## **MOTORES Y TURBINAS**

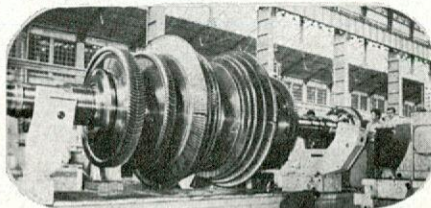
En 1942 la Factoría de Cartagena comenzó la fabricación de motores diesel Krupp y Sulzer. En la actualidad la actividad está concentrada principalmente en la producción de motores MAN y MTU y engranajes reductores Renk.

La capacidad de producción actual es de



250.000 BHP/año. Debido a los requerimientos de los trabajos para la Armada, la fabricación de turbinas de vapor se inició en la Factoría de El Ferrol en 1910, bajo licencia Parson. Actualmente, y debido a las nuevas tendencias en el mercado de turbinas para propulsión naval y para instalaciones terrestres, Bazán mantiene cooperación técnica y licencias con Westinghouse, Kawasaki, Mitsubishi, Kraftwerk Unión, General Electric y Foster Wheeler.

Bazán está entrando también en el campo de las turbinas de gas para uso naval y terrestre.



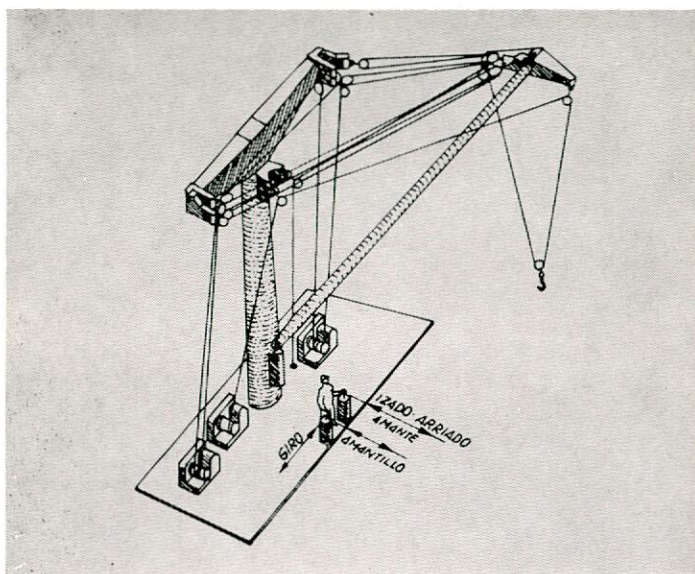
**OFICINA CENTRAL:**

**CASTELLANA, 55 - MADRID - 1  
TELEFONO 441 51 00 - TELEX 27480  
CABLES: BAZAN**

**FACTORIAS EN:**

**EL FERROL DEL CAUDILLO  
CARTAGENA  
SAN FERNANDO (CADIZ)**

# SISTEMAS GRUA-PLUMA R. HAUGEN



## SERVOMOTORES HIDRAULICOS PARA GOBIERNO DEL TIMON

Fabricación bajo licencia "HYDRAPILOT"

De 0,50 a 600 tonelámetros.

Servomotor rotativo de palas con soporte de timón incorporado. Accionado por grupos electrobombas y a mano, mando a distancia y piloto automático.

- Fabricación bajo diseño especial para cada buque.
- Aptos para todo tipo de cargas desde 5 a 100 Tons. y con amplias posibilidades de reaparejamiento para manejo de distintas cargas a diferentes velocidades.
- Especialmente indicados para manejo de contenedores, cargas pesadas y especiales, etc.

## MAQUINARIA HIDRAULICA PARA PESCA Y CUBIERTA

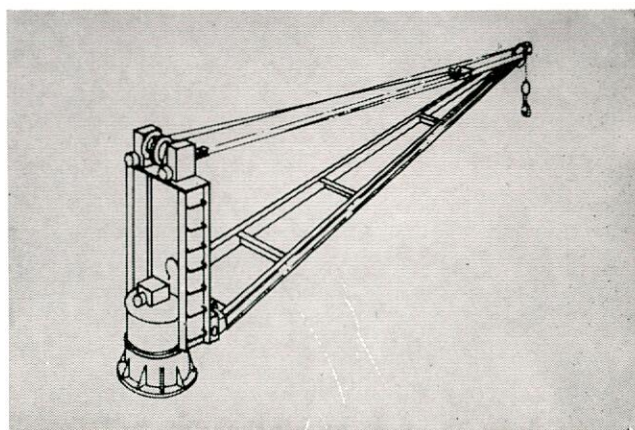
Fabricación bajo licencia "NORWINCH"

- Chigres de carga de 1 a 15 Tons.
- Chigres de ostas y amantillo.
- Molinetes para cadena hasta 130 mm.  $\varnothing$ . Horizontales y verticales. Monobloques y monoanclas, combinados o no con tambores de amarre.
- Estopores de cadena.
- Cabrestantes de popa y chigres espia en todas las potencias.
- Chigres para pesca de arrastre, cerco, pelágica, camaroneros y bajura en todas las potencias.
- Chigres remolque y para buques "Supply".
- Chigres de amarre (con o sin tensión constante) y de mangueras.
- Chigres oceanográficos para dragas y especiales para cualquier aplicación.
- Equipos de control remoto.

## PESCANTES PARA BOTES SALVAVIDAS Y GRUAS DE PROVISIONES

Fabricación bajo licencia "NORDAVIT"

- Pescantes tipo deslizante y de pivote, con chigre accionado por motor (fijo o portátil) eléctrico, neumático o hidráulico.
- Pescantes de brazo fijo de accionamiento manual o por chigre.
- Pescantes especiales para botes cerrados de particular uso en plataformas petrolíferas marinas, etcétera.
- Chigres para manejo de escalas reales.
- Grúas hidráulicas de provisiones desde 0,5 Tons. a 4 Tons., a 150 Kp/cm<sup>2</sup> de presión de trabajo. Alcance máximo de pluma 11 mts. Máximo ángulo de giro 350°.



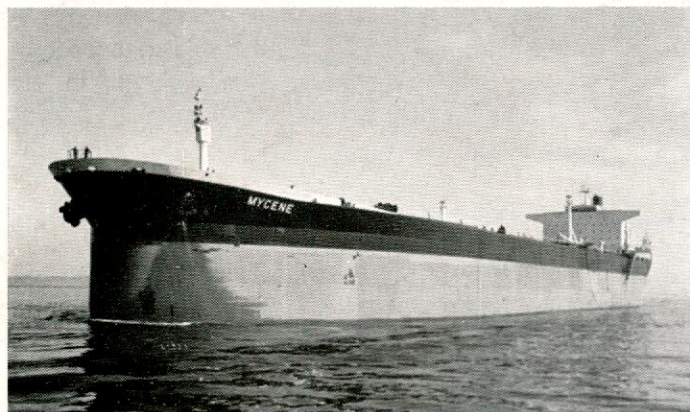
## TALLERES COHINA-A. NAVARRO, S.L.





# ASTILLEROS ESPAÑOLES, S.A.

## BUQUES



**CARGUEROS DE LINEA  
POLIVALENTES  
GRANELEROS  
MINERALEROS  
PETROLEROS DE CRUDO  
PETROLEROS DE PRODUCTOS  
OBOS  
CEMENTEROS**

**CEMENTEROS/GRANELEROS  
PORTACONTENEDORES  
ROLL-ON/ROLL-OFF  
ROLL-ON/ROLL-OFF Y  
LIFT-ON/LIFT-OFF  
FRIGORIFICOS  
LPG  
LNG**

**PESQUEROS  
REMOLCADORES Y  
EMBARCACIONES AUXILIARES  
BUQUES DE PASAJE,  
VELEROS Y YATES  
DIQUES FLOTANTES  
EQUIPOS DE DRAGADO  
INSTALACIONES FLOTANTES**

**SOLICITE INFORMACION A: ASTILLEROS ESPAÑOLES, S.A.**

OFICINAS CENTRALES: PADILLA, 17-MADRID-6-Apartado 815  
Teléfono 225 21 00/01-Telex 27690 Astil E-27648 Astil E-Telegramas ASTILLEROS-MADRID