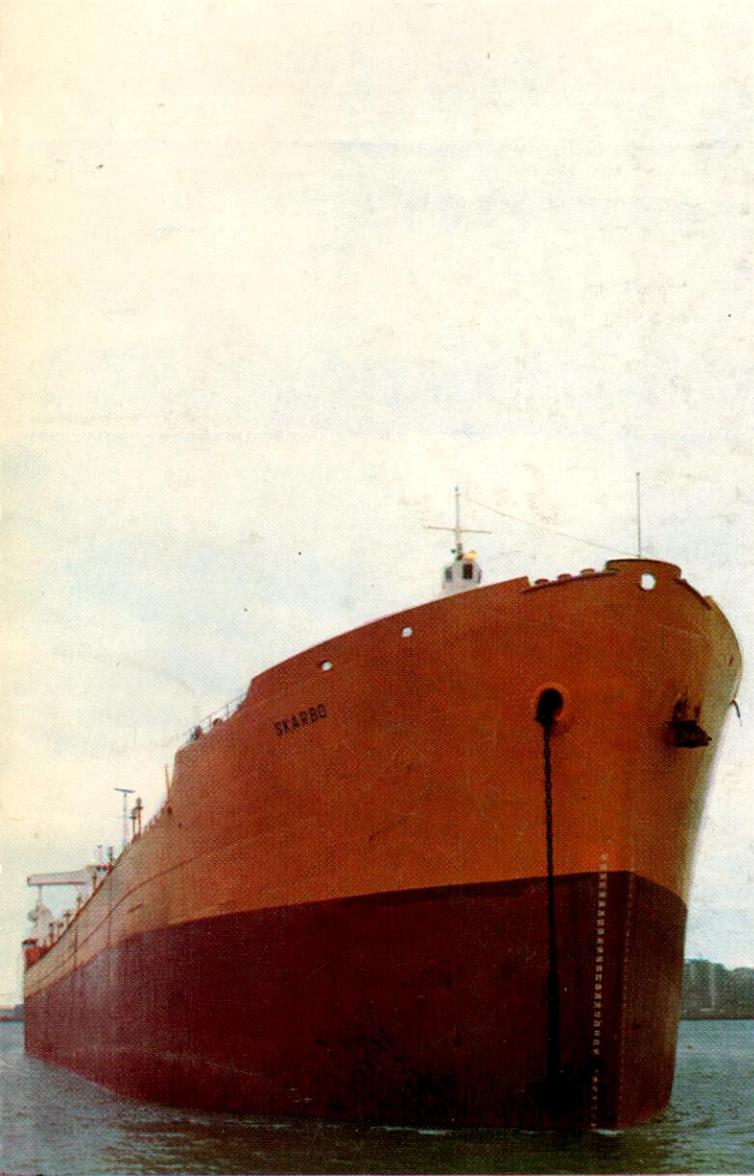


AÑO XLIII - NUM. 484  
OCTUBRE 1975

# Ingeniería Naval



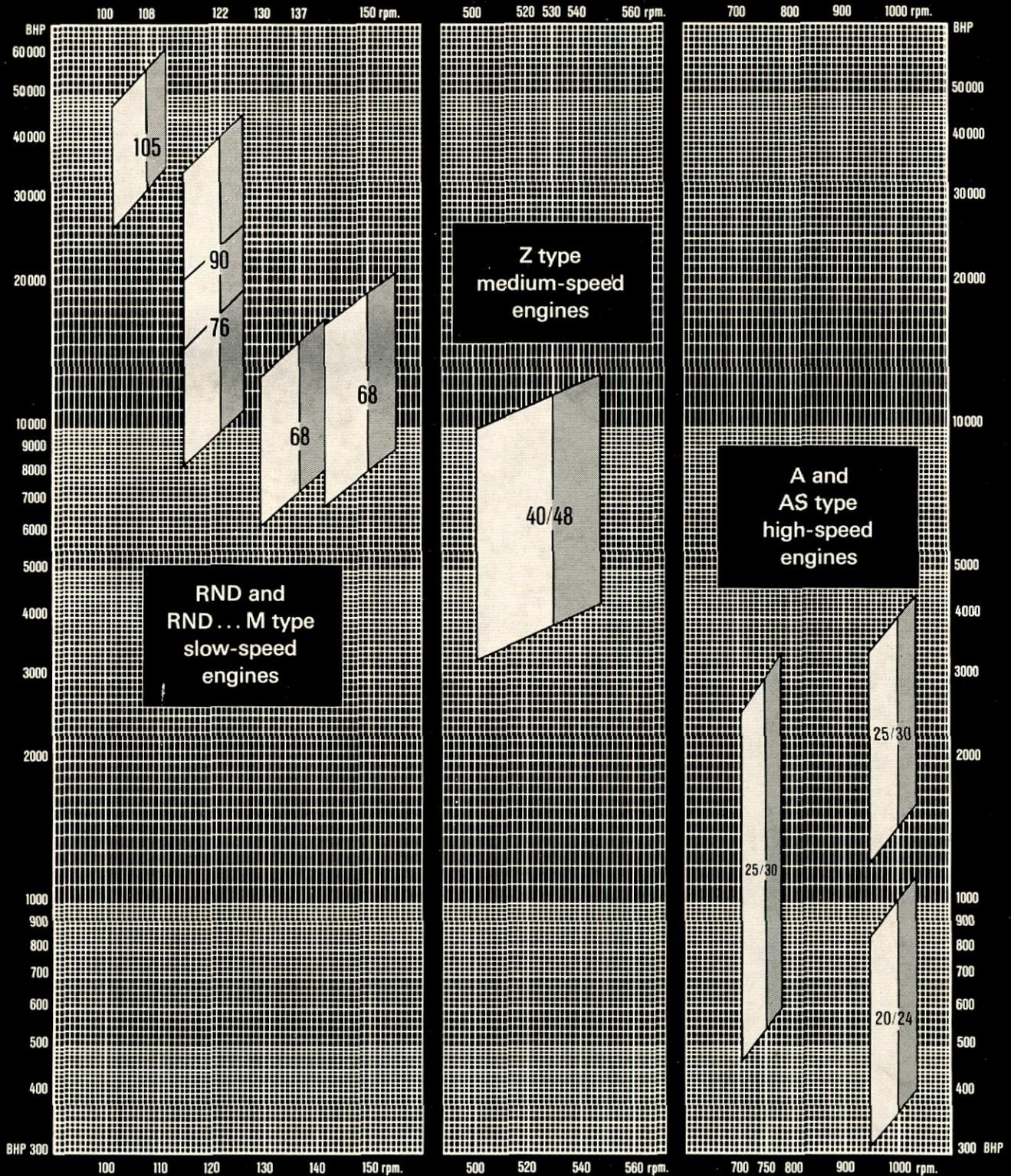
**ASTILLEROS DE SANTANDER, S. A.**

**Construcción, reparación y transformación naval**

El Astillero (Santander) — Apartado 10 — Telegramas: ASTANDER — Teléfono 20 — Teléx ASTILLERO: 35810-ASSA E  
Telex MADRID: 27690-ASTIL E

# SULZER

Our Diesel Engine Programme covers  
a Power Range from 345 to 55200 BHP



The diagrams show the power ranges between 85 and 100% of the maximum continuous rating — according to the propeller law. An occasional overload of 10% can be sustained for 1 hour with a minimum interval of 12 hours.

## SULZER®

Sulzer Brothers Limited  
CH-8401 Winterthur, Switzerland  
Dept. Diesel Engines  
and Marine Installations

Sulzer Hermanos-Escher Wyss S. A.  
Apartado 14 291  
Madrid 14  
España

# fusibles...

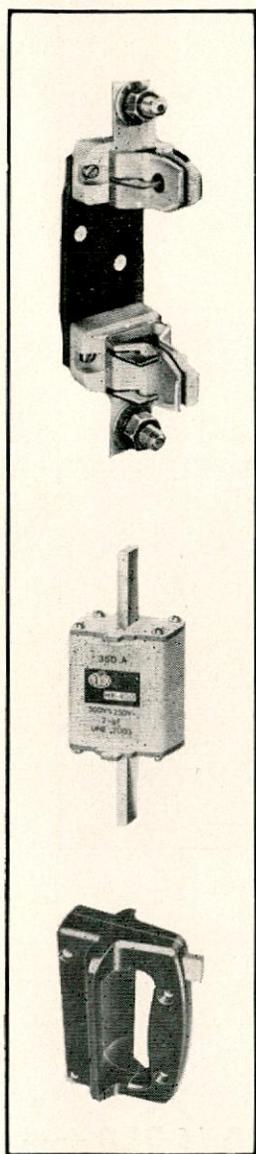
la más completa gama del mercado

ofrecida por **metron, s.a.**

Cortacircuitos  
modelo cuchilla A.C.R.

## Serie H

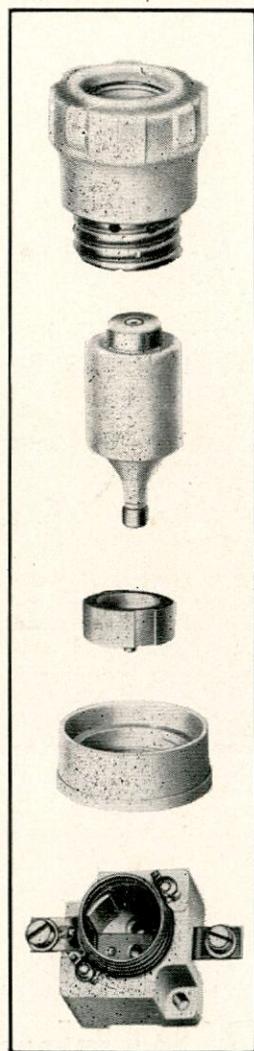
16 ÷ 1000 A, 500V  
100 kA



Cortacircuitos de  
rosca "ZED"

## Serie D

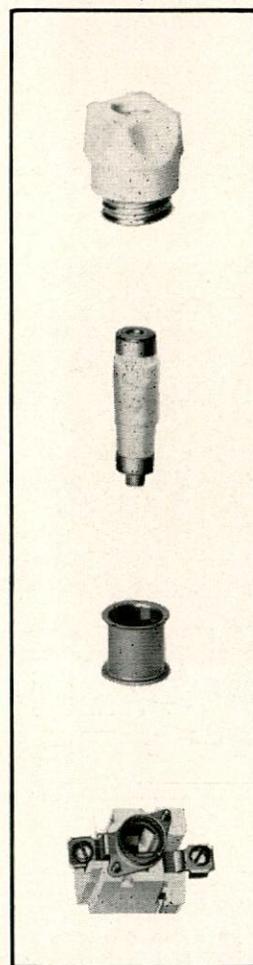
2 ÷ 200 A, 500 V



Cortacircuitos de  
rosca "NEOZED"® Lindner

## Serie DO

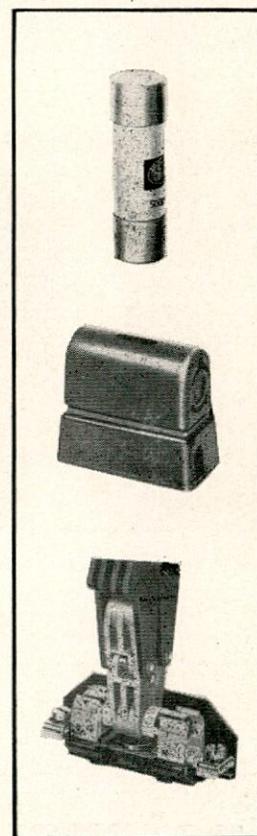
2 ÷ 100 A, 380 V



Cortacircuitos  
cilíndricos "PER"

## Serie C

2 ÷ 80 A, 500 V

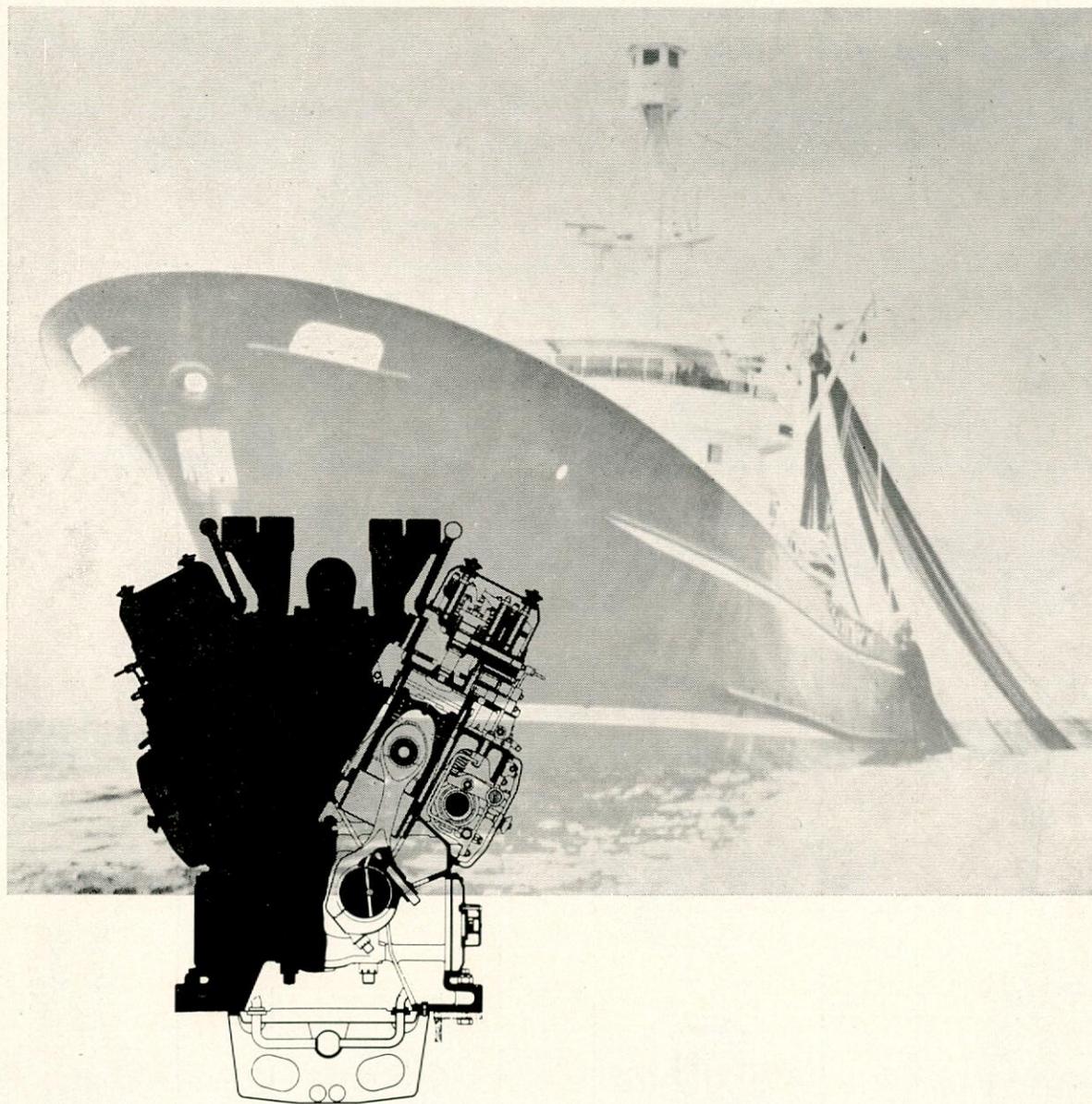


BARCELONA (12). Menéndez Pelayo, 220. Tel. 228 17 08 (10 líneas)  
Telex 52.253 MTRON E

Delegaciones en Barcelona, Madrid, Bilbao, Sevilla, Valladolid y Vigo

# MOTORES PROPULSORES

## AESA-SULZER AS-25|30



potencias 1.000 a 4.000 bhp. a 750/1.000 rpm.

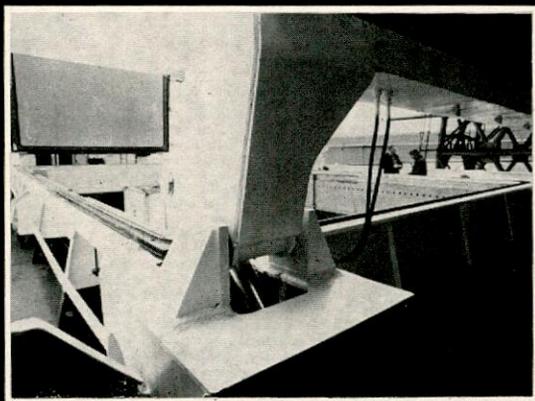
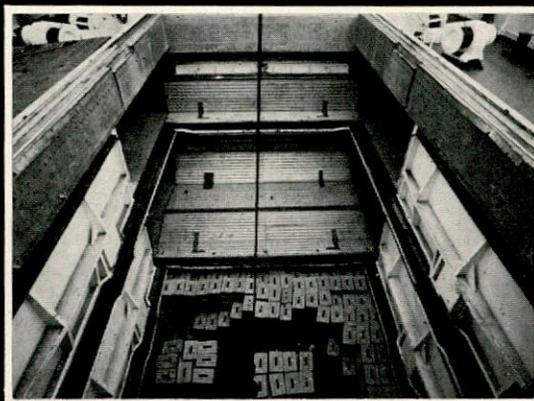
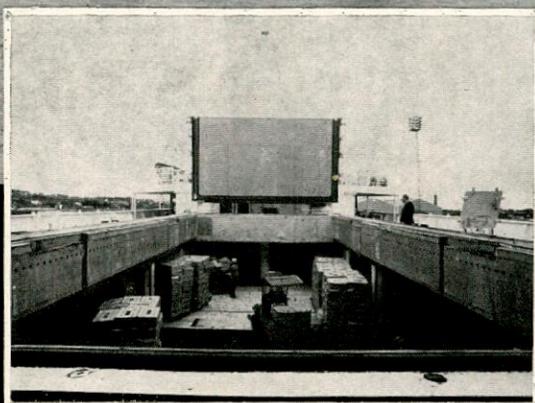
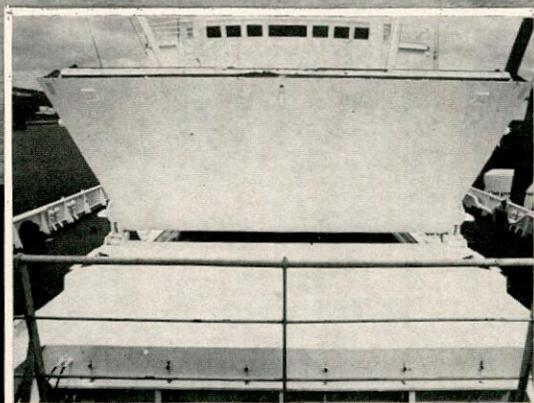
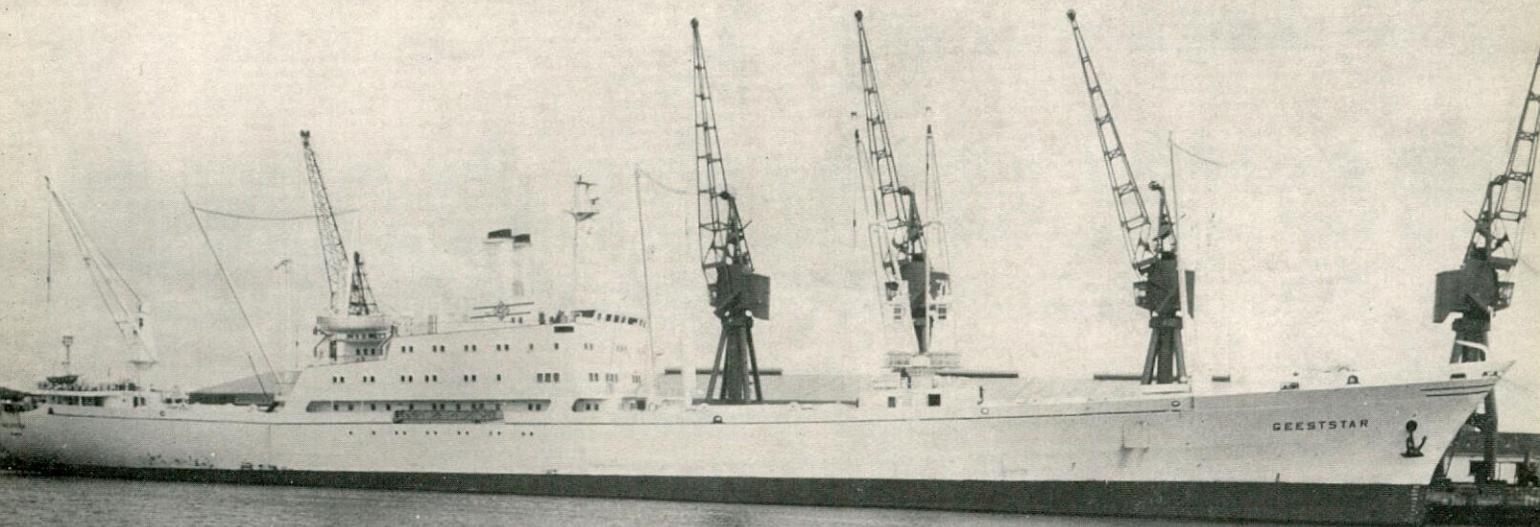
132 BIS



**ASTILLEROS ESPAÑOLES, S.A.**

DIRECCION COMERCIAL:  
PADILLA, 17 - MADRID-6

Fabricados en FACTORIA de BILBAO



## MacGregor have the experience- and the answers

Designed to keep the cold in while getting the cargo out, the multi-folding hatchcovers and flush tweendecks of Geeststar are another example of a MacGregor solution to a particular problem.

Our success in meeting the challenge posed by specific require-

ments has established our position as world leaders. MacGregor hatchcovers, ramps, platforms, elevators and cargo handling equipment have been installed on some 14,000 ships of all flags.

Benefit from our experience—plan your vessel the MacGregor way.

**MacGREGOR**  
Cargo transfer and access equipment

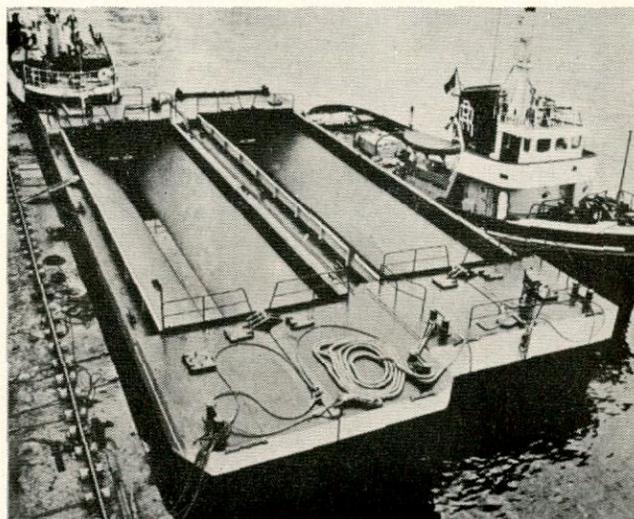
---

# TALLERES

# NUEVO VULCANO

DE LA UNION NAVAL DE LEVANTE, S. A.

REPARACION  
DE BUQUES DE  
TODO TIPO



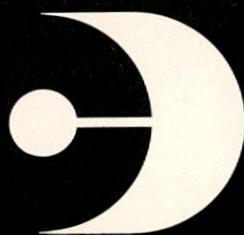
- dique flotante de 4.000 TPM
- 600 m.l. de atraque

## CONSTRUCCION DE ARTEFACTOS Y EQUIPOS FLOTANTES PARA PUERTOS

- remolcadores
- pontonas y gabarras
- pesqueros
- cargueros
- dragas y grúas
- ganguiles hidráulicos



# BUQUES GNL / GPL



## CRINAVIS

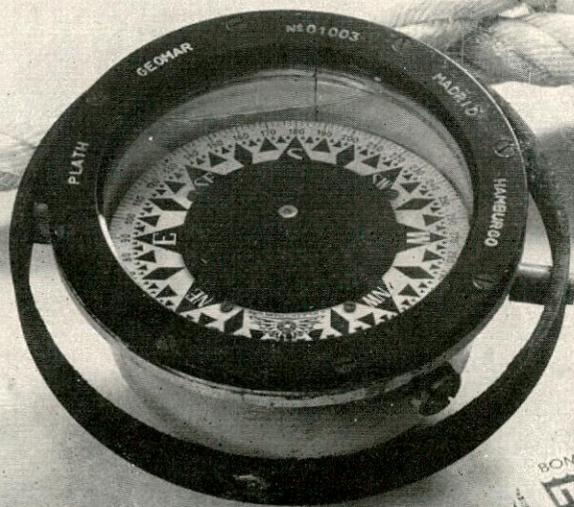
El primer astillero del mundo  
para buques transporte  
de gases licuados  
y de alta tecnología.

### CRINAVIS

SISTEMAS NAVALES Y CRIOGENICOS, S.A.

Guzmán el Bueno 133 - Madrid / Telf. 253 37 01  
Avda. del Triunfo 56 - Las Arenas / Telf. 463 64 00

# en la mar, **ITUR**, también es muy importante



Única empresa  
fabricante de bombas  
que ha obtenido el  
Trofeo Internacional  
a la Calidad

Porque ITUR, además de ofrecer bombas de calidad inmejorable, presenta la más amplia gama del mercado para prestar cada uno de los siguientes servicios en cualquier buque:

**Lubricación del motor principal, trasiego de combustibles, refrigeración por agua salada o dulce del motor principal.**

**Achique de sentinas, lastre, baldeo y contraincendios.**

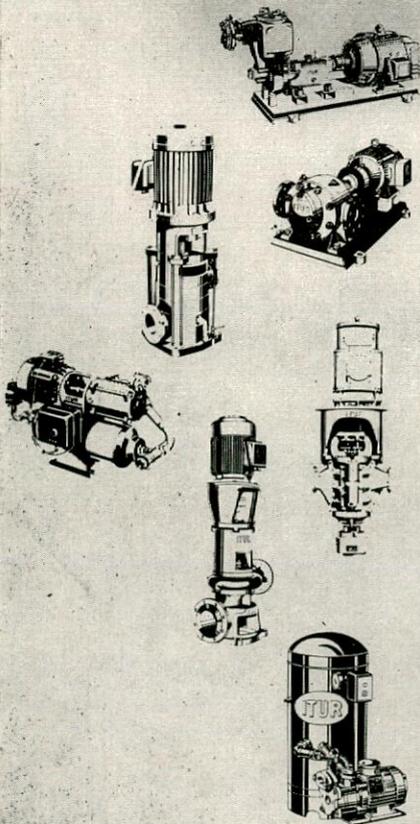
**Limpieza del parque de pesca, circulación de viveros y salmuera, bombeo de vísceras y residuos de pescados.**

**Equipos hidróforos de agua a presión, salada o dulce.**

**Servicios de calefacción y de aire acondicionado.**

Por eso, si Ud. tiene problemas navales de bombeo, sean cuales fueren ¿por qué no nos consulta?

**ITUR: la fidelidad de una bomba**



**BOMBAS**  
**ITUR**

Solicite más amplia información a su proveedor habitual o al fabricante:

**MANUFACTURAS  
ARANZABAL, S. A.**

Apartado, 41 - Teléfono 851345 (10 líneas)  
Telégramas: ITUR - Telex: 36335 - ARANZ-E  
ZARAUZ (Guipúzcoa) España

Representantes y servicio post-venta en todo el país

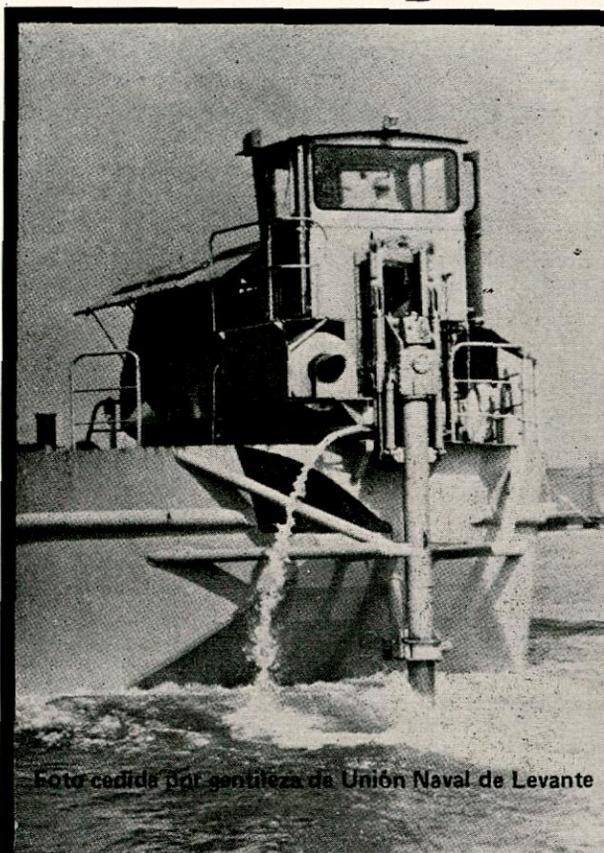
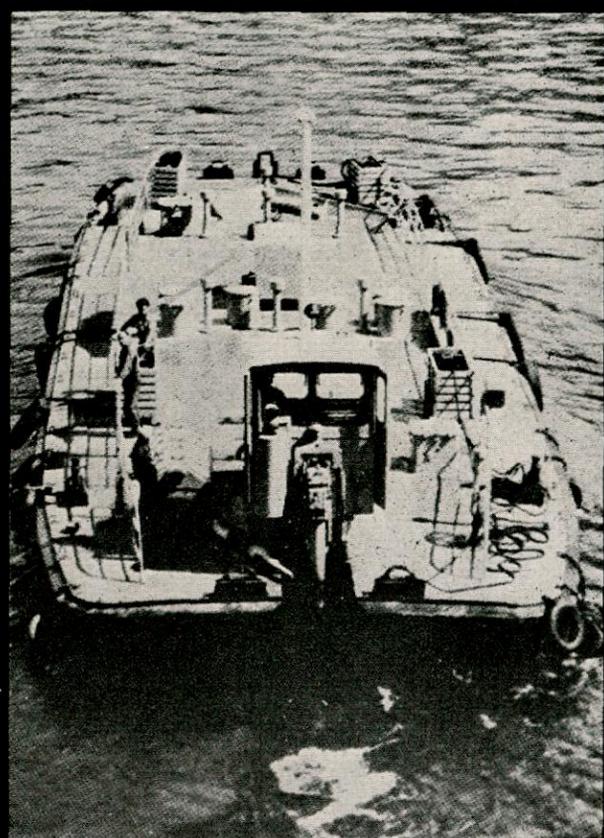


Foto cedida por gentileza de Unión Naval de Levante



un sistema de gobierno y propulsión que surca todos los ríos, lagos y mares conocidos. Sus imitadores son la mejor prueba de que la perfección de los equipos SCHOTTEL originales es inigualable.



Foto cedida por gentileza de Dragados y Construcciones

**W H.&O. WILMER SA**

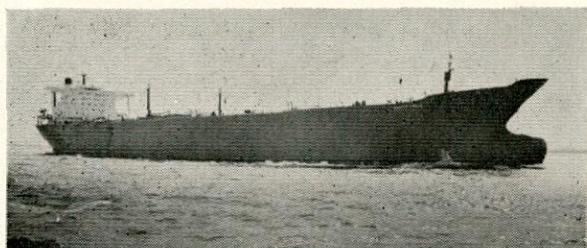
C/ Arquitecto Gaudí, 2 - MADRID-16 - Tels. 458 22 16 y 250 57 04 -

Tgr. Wilmerimport Madrid - Telex 27448

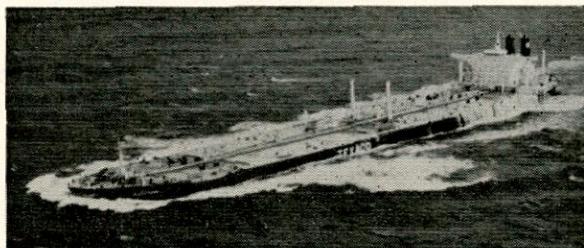
# NAVALIPS

**PROYECTO, CONSTRUCCION Y REPARACION  
DE HELICES MARINAS DE TODO TIPO,  
TAMAÑO Y MATERIAL.**

**HELICES DE PASO CONTROLABLE TIPO LIPS  
DE CUALQUIER POTENCIA.**



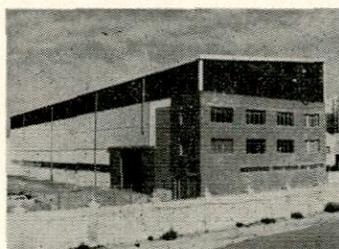
Buque "AMOCO EUROPA" de 230.000 T. P. M. construido por ASTILLEROS ESPAÑOLES, S. A. para "Amoco Carrier Co."



Buque "TEXACO SPAIN" de 274.075 T. P. M. construido por ASTANO para la Compania TEXACO.



Fábrica de Cádiz



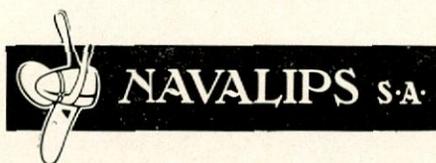
Nuevo taller de Hélices de Paso Controlable de Cádiz



Factoría de Maliaño (Santander)

El grupo LIPS del que NAVALIPS forma parte, tiene factorías en Holanda, Bélgica, Francia, Italia, Alemania, U. S. A., Canadá, Japón, Australia, Grecia y Portugal.

Esto supone una extensa red de talleres donde atender al cliente por personal especializado.



## TALLERES:

### CADIZ:

Fabricación de hélices de de cualquier tamaño y tipo.  
Hélices de paso controlable de cualquier potencia.  
Reparación de hélices.  
Glorieta Zona Franca, 1 - CADIZ  
Teléfonos: 23 58 08/09  
Telex: 76032  
Telegramas: NAVALIPS

### SANTANDER:

Fabricación de hélices hasta 8 Tons.  
Reparación de hélices.  
Avda. Alm. Carrero Blanco, s/n.  
Teléfonos: 25 08 58/62  
MALIAÑO (Santander)



# La Naturaleza creó el mar. Cockerill está ayudando a dominarlo.

Cockerill es un motor marino de reciente introducción en España.

Su nombre, no.

Su nombre ha dado ya muchas veces la vuelta al mundo por mar.

Igual que sus motores. Y ya están instalados aquí también.

Su tecnología de vanguardia y sus características ampliamente comprobadas de rendimiento y fiabilidad;

el alto grado de perfección en su montaje y construcción y el riguroso control de calidad a que son sometidos, han hecho de ellos uno de los mejores motores marinos.

Su gama de potencias cubre de 1.500 a 4.000 HP. a 1.000 r.p.m.

en potencia continua.

La red de Bases de Finanzauto le garantiza

un servicio total de asistencia pre y post-venta.

Cockerill piensa en el mañana y continuamente se esfuerza por progresar. Junto con usted.

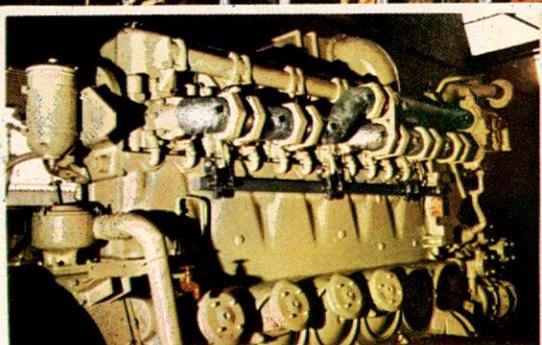
Por renovarse e ir por delante de las exigencias y necesidades del futuro.

Cockerill domina en el mar.

Y le ayuda a usted.



F-27-75



motores marinos

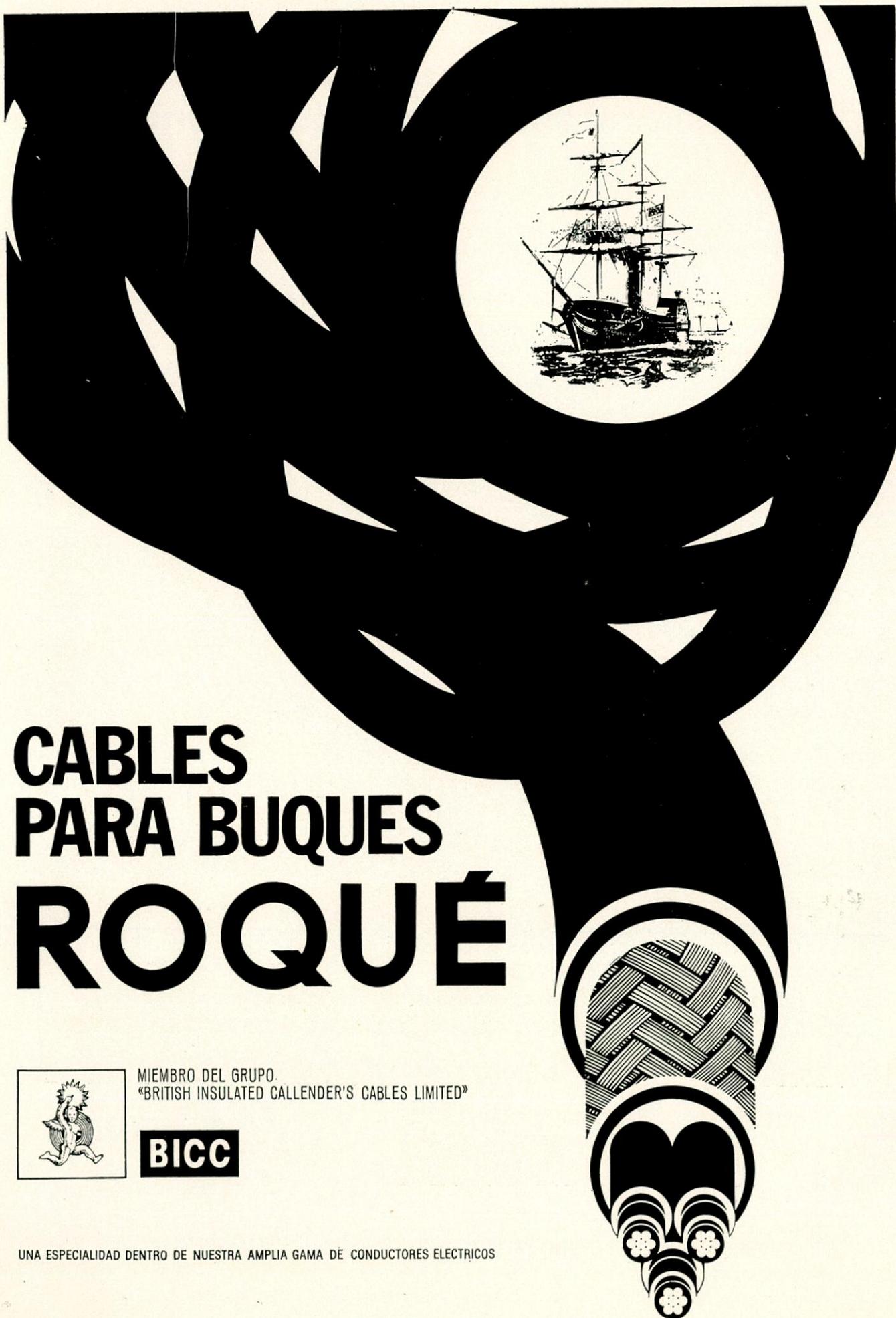
**COCKERILL**



**FINANZAUTO**

CENTRAL: Doctor Esquerdo, 136  
Teléf. 433 05 00 (15 líneas) MADRID-7

ARGANDA · CATALUÑA · LEVANTE  
SEVILLA · NORTE · ASTURIAS  
TENERIFE · LAS PALMAS · ZARAGOZA  
MALAGA



# CABLES PARA BUQUES ROQUÉ



MIEMBRO DEL GRUPO.  
"BRITISH INSULATED CALLENDER'S CABLES LIMITED"

**BICC**

UNA ESPECIALIDAD DENTRO DE NUESTRA AMPLIA GAMA DE CONDUCTORES ELECTRICOS



**TALLERES URBASA, S. A.**  
MAQUINARIA E INSTALACIONES DE  
ELEVACION Y TRANSPORTE - MANUTENCION



## **GRUAS PARA ASTILLERO DE PLUMA RIGIDA O ARTICULADA**

**GRUAS PUENTE Y DE PORTICO CON VIGA MAGNETICA**, para manejo de chapas y perfiles, en parques de materiales, líneas de corte, talleres, etc. **GRUAS DE ABORDO** con cuchara o gancho. **GRUAS PARA SALAS DE MAQUINAS**.

## **GRUAS PARA PUERTOS**

**PORTICOS DESCARGADORES** de gran capacidad. **INSTALACIONES PARA CARGA Y DESCARGA DE BUQUES**. **GRUAS PARA MANEJO DE CONTAINERS**. Cucharas autoprensoras, mecánicas y electrohidráulicas.

**DIVISION MANUTENCION Y TRANSPORTE**. Instalaciones y componetes para: PUERTOS. INDUSTRIA Y SIDERURGIA. FERTILIZANTES. CEMENTOS, MINERIA, CANTERAS, ETC.

**DIVISION GRUAS**: SIDERURGICAS. PUERTOS Y ASTILLEROS. CENTRALES ELECTRICAS, HIDRAULICAS, TERMICAS Y NUCLEARES. INDUSTRIA EN GENERAL.

# **TALLERES URBASA, S. A.**

Apartado 945 - BILBAO

C/ San Vicente - EDIFICIO ALBIA, 6.º planta - Teléfono 24 82 05\* - Teleg. URBASA - Telex 32327 - URBASA-E

# CANAL DE EXPERIENCIAS HIDRODINAMICAS

## EL PARDO

(MADRID)

- ENSAYOS CON MODELOS A ESCALA REDUCIDA
- PROYECTOS DE FORMAS DE BUQUES
- PROYECTOS DE HELICES, TOBERAS, QUILLAS DE BALANCE, APENDICES, ETC.

EL CANAL HA REALIZADO MAS DE 6000 ENSAYOS, DESDE SU CREACION EN 1934.

### CANAL PARA ENSAYOS

(dimensiones principales)

LONGITUD: 320 m.

ANCHURA: 12,5 m.

PROFUNDIDAD: 6,5 m.

### TUNEL DE CAVITACION

LONGITUD ZONA OBSERVACION: 4,7 m

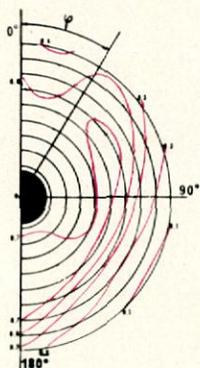
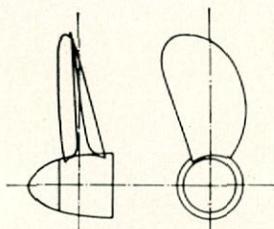
SECCION RECTA 0,9 m. x 0,9 m.

VELOCIDAD MAXIMA DEL AGUA: 10 m/s.

## SERIE SISTEMATICA DE HELICES

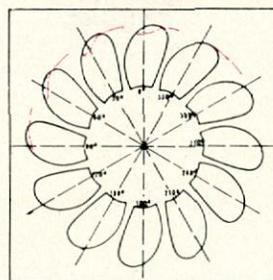
BUQUE PETROLERO DE 172.000 t.p.m.

Turbina de 32.000 shp a 86 rpm.  
 Nº de palas: 6  
 Diametro: 8,30 m  
 $A_e/A_0 = 0,75$   
 $H/D = 0,778$

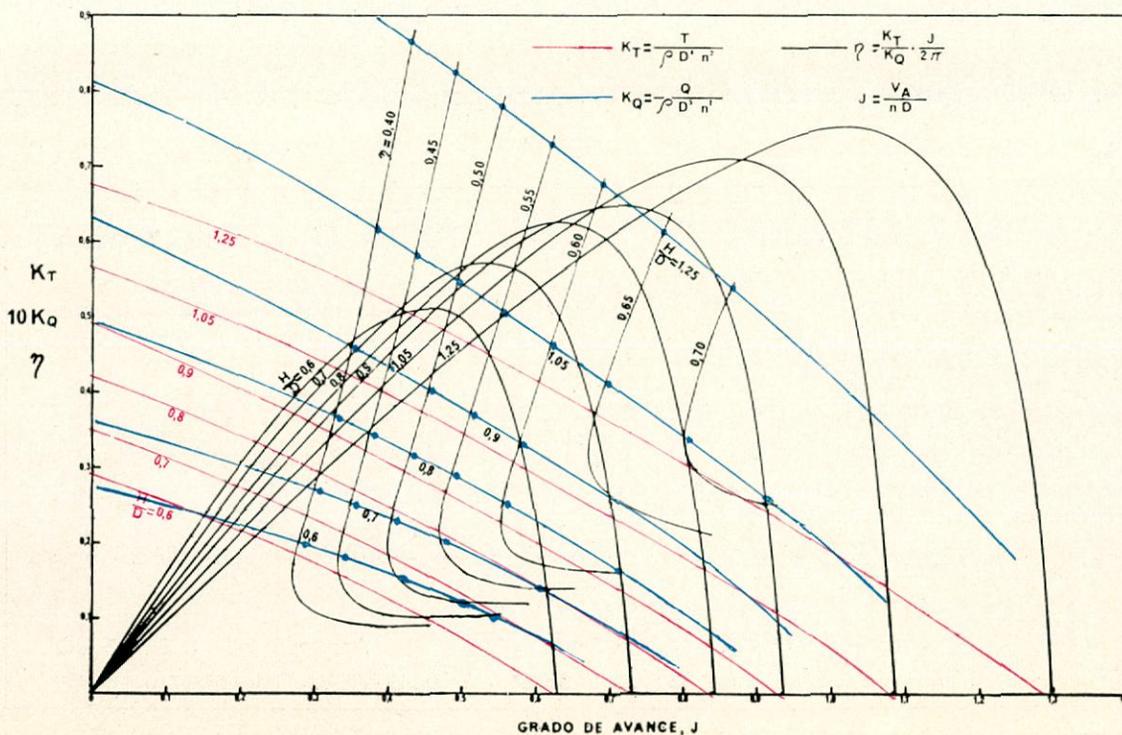
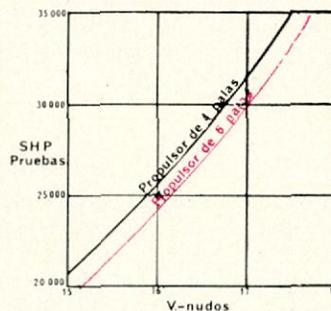


Curvas isoestela

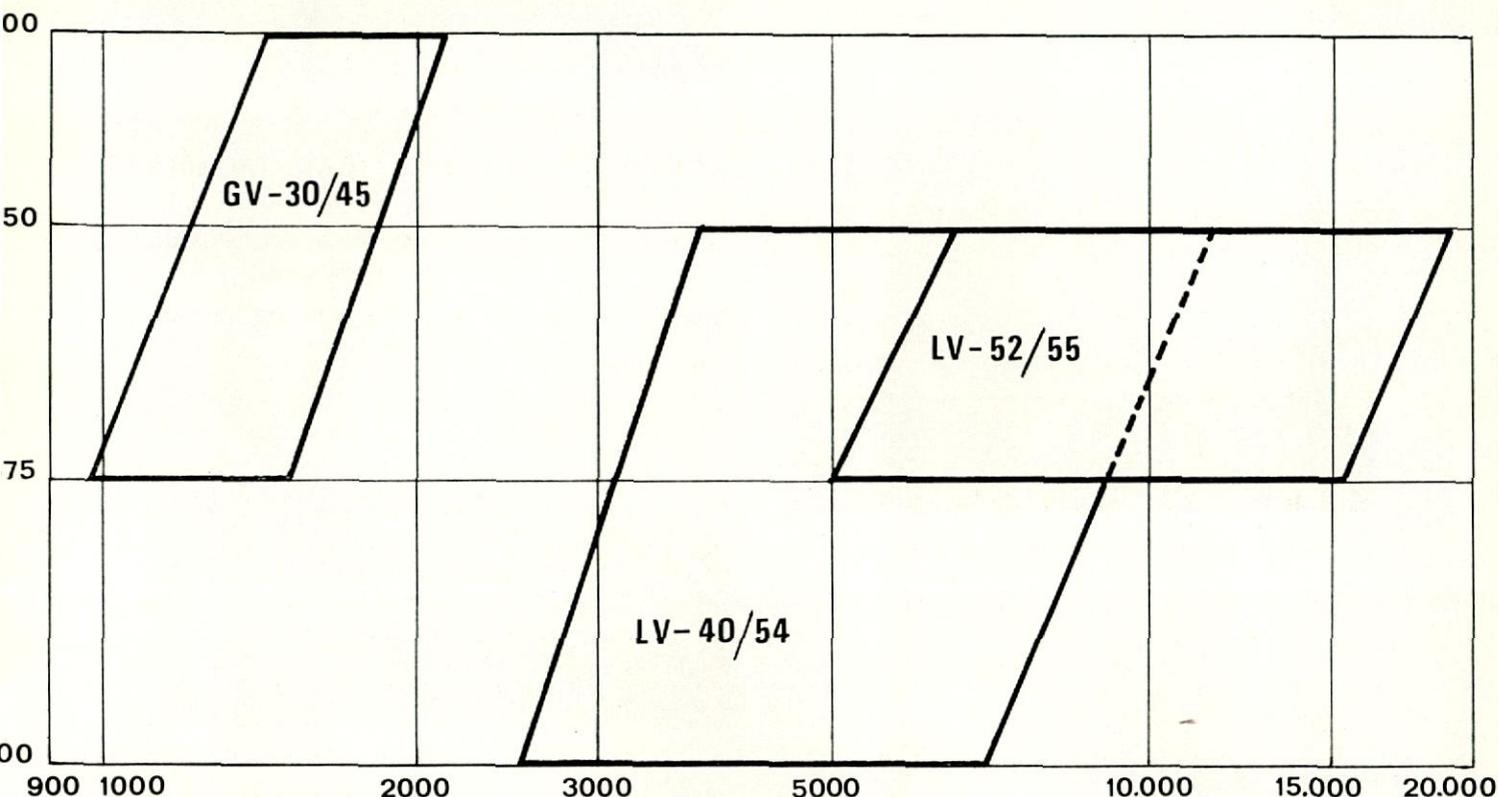
El Canal de El Pardo ha desarrollado el tipo C-6 de propulsor, especialmente apropiado para buques llenos de una helice.  
 Las características de estos propulsores son muy favorables, tanto en rendimiento, como desde el punto de vista de evitar la cavitacion.



Cavitacion, cara de succion



# motores semirrápidos **M·A·N** en España



Los motores semirrápidos **M·A·N** en los tipos GV 30/45, a 514 r.p.m., y L-V 40/54 y L-V 52/55, a 450 r.p.m., construidos en España bajo licencia, cubren la gama de potencias entre 1.470 y 18.990 CV., permitiendo cualquier tipo de combinación hasta llegar a las mayores potencias exigidas. **M·A·N** ha diseñado sus motores ofreciendo la máxima potencia en el menor espacio, con la calidad y experiencia avalada por 5.450.000 CV. construidos por **M·A·N** y sus licenciados.

**PASCH Y CIA S.A.**

**BILBAO**

Alameda de Recalde, 30

**MADRID**

Capitán Haya, 9

**BARCELONA**

Tusset, 8-10

**GIJON**

General Mola, 52

**M·A·N**

Licenciados: E. N. Bazán y La Maquinista

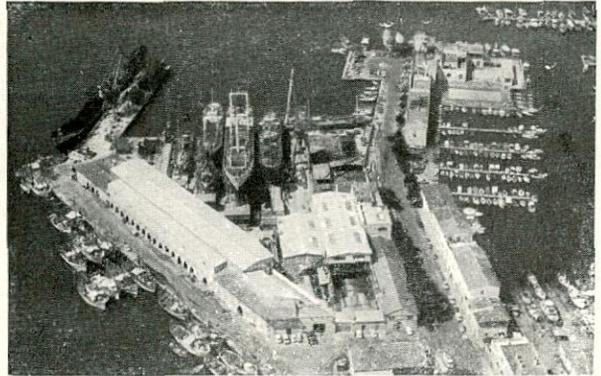


# Astilleros de Mallorca, S. A.

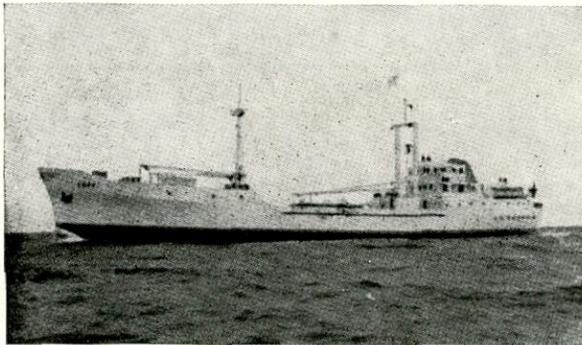
PROYECTO, CONSTRUCCION Y REPARACION DE BUQUES

ESPECIALISTAS EN BUQUES  
FRIGORIFICOS-CONGELADORES,  
BUTANEROS, PESQUEROS  
Y CARGUEROS DE TODOS TIPOS

Material flotante para puertos



Panorámica de los Astilleros.

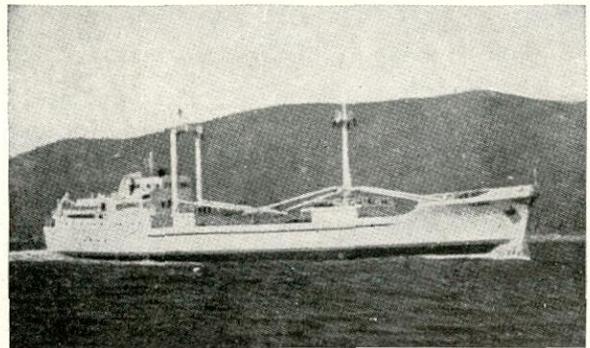


«LUGO». Frigorífico congelador de 60.000 m<sup>3</sup>. pies<sup>3</sup>

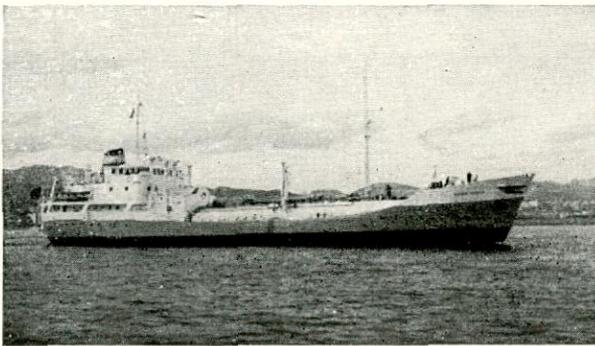
CONSTRUCCIONES METALICAS, TALLERES  
DE MAQUINARIA Y CARPINTERIA

1.200 m<sup>2</sup> de zona de prefabricación. Servida  
por grúa pórtico de 25 tons.

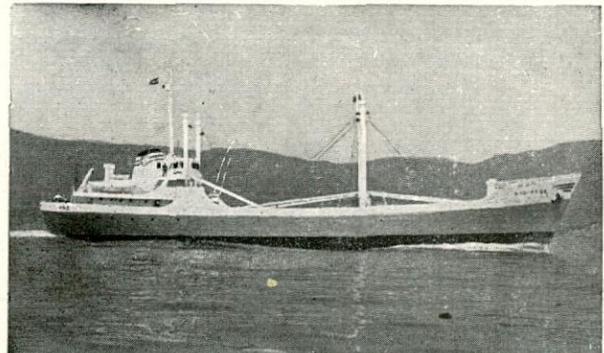
Muelle de Armamento con 200 m. de atraque  
y grúa pórtico de 20 tons.



«CORUÑA» Frigorífico de 60.000 m<sup>3</sup>. pies<sup>3</sup>



«RAMON BIOSCA». Buque butanero.



«SALINERO». Costero de 1.600 Tons. de P. M.

## CUADRO GRADAS VARADERO:

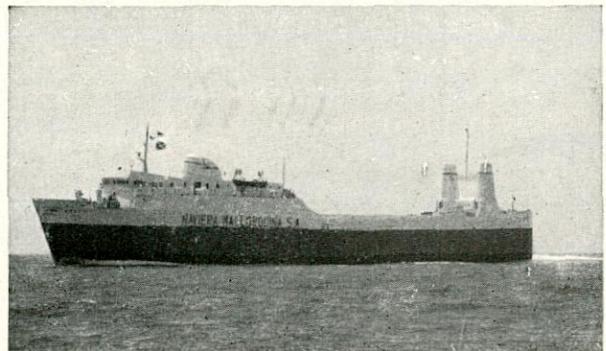
- I y II hasta 87 m. eslora y 1.700 tons. de peso.
- III hasta 74 m. eslora y 800 tons. de peso.
- IV hasta 60 m. eslora y 400 tons. de peso.

## PALMA DE MALLORCA

Contramuelle-Mollet, 9

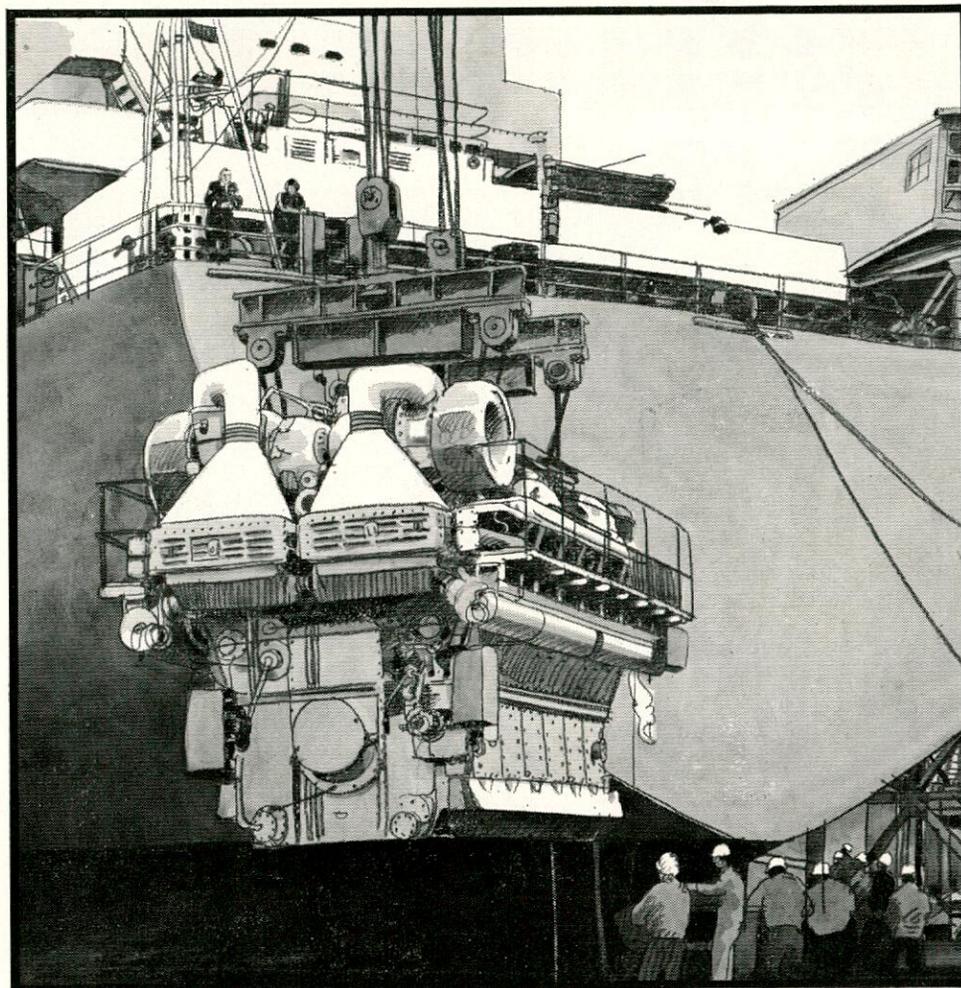
Teléfono 21 06 45 - Telegramas ASMASA

Telex 68579



«CALA D'OR». Roll-on/Roll-off.

# ¿ Quién le va a demostrar que los motores diesel de velocidad media son económicos?



SWD puede probarlo ya que dispone de una gran cantidad de cálculos operacionales para apoyar sus argumentos.

¿Cuáles son éstos?

En primer lugar y antes de nada: gastos considerablemente más bajos de compra del motor y del buque. En segundo lugar: bajos costos de funcionamiento por CV inglés. En tercer lugar: mayor capacidad de carga rentable, gracias a la construcción compacta del motor. En cuarto lugar: economía del coste de mano de obra, gracias a las amplias posibilidades de automatismo. En quinto lugar: reducción de los gastos de mantenimiento, gracias a los grandes intervalos entre revisiones.

Los bajos costos de combustible son de agradecer a dos factores: los motores SWD de velocidad media están desarrollados especialmente para fuel-oil pesado, en tanto que el régimen de la hélice puede adaptarse de forma ideal al tipo de buque.

SWD, es una empresa que continuamente se esfuerza por lograr unos motores de la máxima eficacia en lo que respecta a un bajo costo de funcionamiento. Y que siempre está dispuesta a probar todos sus argumentos con ayuda de unos convincentes ejemplos prácticos.

TM410/TM620:  
3.500 - 36.000 CV. ingl.  
Motores auxiliares:  
450 - 1.500 CV. ingl.

## SWD se lo demuestra. Cuando usted desee.

Bilbao, España,  
Artecalle 2, 2 dcha,  
las Arenas,  
Tel. 044 - 634302,  
Télex 32438

Apartado 4196,  
Amsterdam, Holanda,  
Tel. (020) 52 03 911,  
Télex 14321,  
Telegr: storwerkdiesel

STORK-WERKSPoor DIESEL



# Nuestros técnicos no paran, para que su máquina no se pare

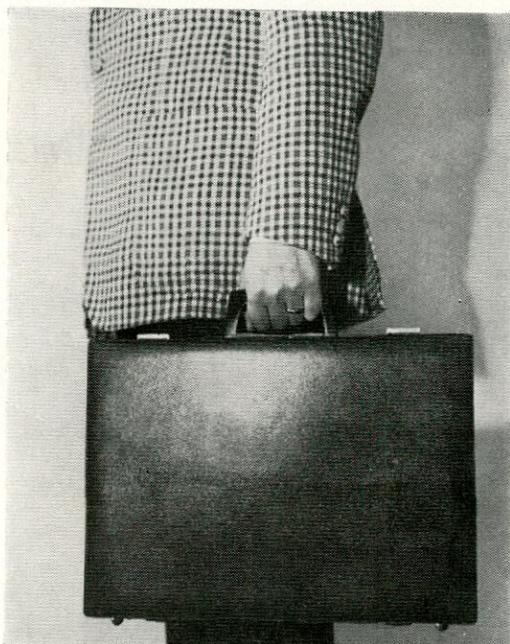
No nos conformamos con reunir los elementos de transmisión más avanzados del mundo.

No nos conformamos con vendérselos, y se acabó.

Creemos que nuestro trabajo no puede ni debe acabar ahí.

Antes está el estudio del problema, la búsqueda de la solución más rentable. Después está la asistencia, la asesoría, la información, la presencia siempre activa de una empresa que entiende como responsabilidad suya, todas las funciones que en una máquina dependen de los mecanismos de transmisión.

En Martín Azcue ponemos a su disposición, con cualquier pieza que le vendemos, con cualquier polea, cualquier correa, cualquier acoplamiento, variador de velocidad, reductor, embrague, freno neumático... toda la asistencia técnica que esa pieza puede necesitar. Toda la experiencia de marcas internacionales como TEXROPE, INDAR, TURBOFLEX, KLEBER, WICHITA, RICHARD. Todo, con tal de que no se pare una máquina, por culpa nuestra.



**TEXROPE** correas, poleas, variadores, etc.

**TURBOFLEX** acoplamientos metálicos flexibles

**Indar** variadores de velocidad

**WICHITA** embragues y frenos neumáticos

**RICHARD** reductores

**Kleber** correas planas



VALE POR  
UNA SOLUCION  
A UN PROBLEMA  
DE TRANSMISION

Nos comprometemos, desde este momento, a asesorarle de una manera eficaz y rápida sobre cualquier tema de transmisión que usted nos plantee. Con cualquier producto o con cualquier información. Envíenos este cupón con un problema de transmisión dentro.

Nombre \_\_\_\_\_

Empresa \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_

Teléfono \_\_\_\_\_



Martín azcue

Soluciones de todo el mundo  
para el mundo de la transmisión

Avda. S. el Sabio, 29 - Tel. 457200 - Telex 36238 - S. Sebastián

**ESTA PIEZA  
HACE EL  
NUMERO**

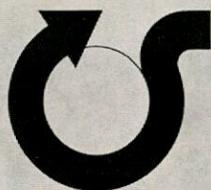
**10.000**



DE UN  
PEDIDO TOTAL  
DE 12.195 CON  
DESTINO A LOS  
BUQUES 288/289/291  
QUE «COMPAGNIE

GENERALE  
MARITIME» (PARIS)  
CONSTRUYE  
EN CHANTIERS  
DE FRANCE  
DUNKERQUE

**AGRADECEMOS A TODOS NUESTROS CLIENTES LA  
CONFIANZA QUE NOS OTORGAN CON SUS PEDIDOS**



**INTER**

EQUIPOS NAVALES, S. A.

CALLE DE FERRAZ, 2 - SEGUNDO IZQUIERDA  
TELEFONOS: 247 94 00 - 247 94 09 - 242 47 34  
TELEX: 22864 RETNI E - 43848 INEN E  
TELEGRAMAS: INTENASA  
MADRID 8

**SISTEMAS PARA LA CONTAINERIZACION**

*Un aviso importante de HAGENUK para compañías navieras, astilleros, ingenieros de navegación y propietarios de barcos pesqueros.*

# Made in Germany. Made for Spain.

Desde hace más de 50 años HAGENUK trabaja en electrónica naval y es uno de los fabricantes de mayor experiencia del mundo.

Más de 8.000 barcos, que navegan en todos los mares del mundo, utilizan equipos de radiocomunicación, telégrafos electromecánicos, indicadores del timón o instalaciones de intercomunicación de HAGENUK

Prueba convincente de su eficacia y confiabilidad. HAGENUK ha contribuido de esta manera para mantener en alto la buena reputación de "made in Germany".

Ustedes conocen nuestros telégrafos electromecánicos, indicadores del timón e instalaciones de intercomunicación. Un número creciente de barcos españoles se están equipando con estas instalaciones.

Ello prueba que la calidad siempre se impone.

HAGENUK ha adaptado ahora su programa de equipos de radiocomunicación especialmente a las disposiciones españolas de admisión. Estos equipos ya han sido aprobados.

HAGENUK fabrica equipos de radiocomunicación según diseño:

del sistema completo al aparato individual: transmisores y receptores para servicio normal y de emergencia en la gama de ondas medias, críticas y cortas así como equipos de FM y equipos especiales para barcos de todos los tamaños.

El sistema de unidades normalizadas garantiza la adaptación de los equipos hasta el más mínimo detalle. Esta técnica permite la rápida instalación y el fácil mantenimiento por el HAGENUK RADIO SERVICE con representantes en todo el mundo.



Teléfonos para barcos

Telégrafo electromecánico

Indicador del timón

Teléfonos para camarotes

Instalaciones de intercomunicación

Equipos de radiocomunicación

*Representativos para el programa HAGENUK  
de equipos de radiocomunicación:*

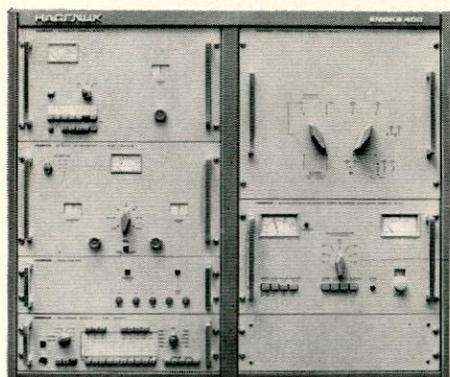
## Radio teléfono EGT 200



Radioteléfono de ondas críticas con canales C 30 de recepción y transmisión, potencia de salida: 200 watos gama de frecuencia: 1.6 - 4.2 mHz transistorizado hasta la escala final,

servicio de batería: 12/24 V, construídos para el empleo en balandros, barcos costeros, transbordadores, barcos oficiales así como yates de motor y de vela. Admitidos en España.

## Equipos sistema HAGENUK



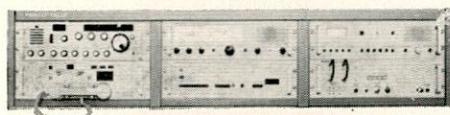
Los equipos sistema HAGENUK, por ejemplo, el sistema 400 o el sistema 2000, son unidades de equipo completas apropiadas para todas las gamas de frecuencia y modos de operación del servicio de radio marítimo, inclusive la telegrafía, el servicio telex y la telefonía en la gama de ondas medias, críticas y cortas así como en la gama de FM.

Todos los equipos se ajustan a las disposiciones internacionales para el servicio de radio marítimo.

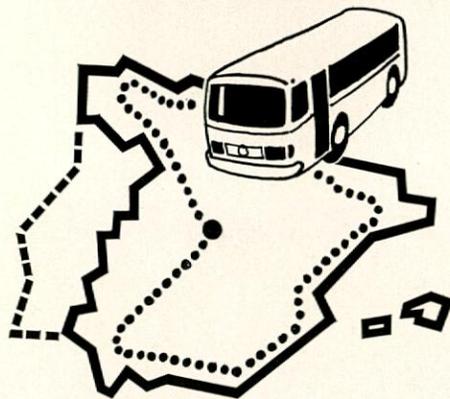
Operación sencilla. La forma, el color y la disposición de los elementos de operación son el resultado de amplias series de pruebas.

La construcción preve ampliaciones, por ejemplo, la incorporación de varios receptores, etc.

Informaciones más detalladas les facilitarán nuestras representaciones españolas o directamente HAGENUK de Kiel.



## HAGENUK viene a España:



del 16 de octubre de 1.975 al 12 de diciembre de 1.975 el autobus de exposición de HAGENUK hace una gira por España. Con ello, ofreceremos a todos los interesados la oportunidad de conocer y hacerse demostrar nuestros equipos en su versión original. Nuestras representaciones les informarán cuando el autobus se encuentra en su proximidad.

Dos casas españolas de excelente reputación representan a HAGENUK en España:

en el sector de la técnica de operación de barcos e instalaciones de intercomunicación la casa

**Fritz, Representaciones Técnicas, Plaza de España 6-1, Cartagena, Tel. 500260. Telex 67177 cbina.**

en el sector de instalaciones de telecomunicación la casa **Fisna S.A., Calle Eraso, 36, ó Apartado de Correos 20.050, Madrid 28, Tel. 2450385 y 2453033.**

**Made in Germany. Made for Spain.**

# HAGENUK

vormals Neufeldt und Kuhnke GmbH, 23 Kiel, Westring 431, Postf. 11 49, República Federal de Alemania.

# BUREAU

1828



# VERITAS

1975

- Registro Internacional de Clasificación de Buques y Aeronaves.
- Inspección de materiales y maquinaria.
- Control de construcciones inmobiliarias.
- Laboratorio y equipos de control no destructivos.

Oficina Central para España:  
Doctor Fleming, 31, 1.º  
Madrid-16  
Teléfono 250 33 00  
Telex 22665  
Dirección Telegráfica: EFEVERITAS

#### OFICINAS MAS IMPORTANTES EN:

##### **BILBAO**

Gran Vía, 63, Dpto. 6  
BILBAO-11  
Teléf. 41 82 50  
» 41 82 54  
» 41 82 58

##### **BARCELONA**

París, 211, 4.º  
BARCELONA-8  
Teléf. 228 53 03  
» 217 92 44

##### **CADIZ**

Ana de Viya, 7  
CADIZ  
Teléf. 23 71 08  
» 23 71 09  
» 23 72 03

##### **LA CORUÑA**

Avda. de Arteljo, 20  
LA CORUÑA  
Teléf. 25 25 50  
» 25 25 54  
» 25 25 58

##### **MADRID**

Pinar, 8  
MADRID-6  
Teléf. 261 92 05

SAN SEBASTIAN  
SANTANDER  
BEASAIN  
IRUN

VALENCIA  
CARTAGENA  
TARRAGONA  
ZARAGOZA

SEVILLA  
MALAGA  
HUELVA  
ALMERIA  
GRANADA  
LAS PALMAS

VIGO  
GIJON  
EL FERROL DEL  
CAUDILLO  
LEON

VALLADOLID  
ALCAZAR DE  
SAN JUAN  
BURGOS

ADORAS DE  
**DILATACION**  
LATERAL

sencillas  
eficaces  
resistentes

**PARA TODA CLASE DE TUBOS**



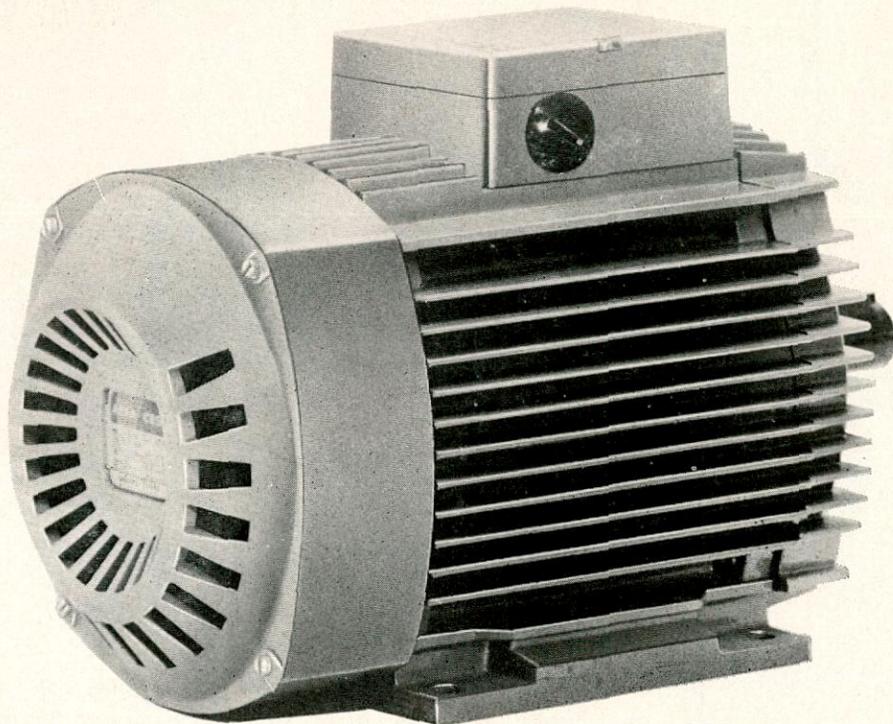
**ONDAS**  
COMPENSADORAS DE  
**DILATACION**  
AXIAL O LATERAL

EN ACERO AL CARBONO O  
EN ACERO INOXIDABLE

S.M.M.P.-E

**LA MAQUINISTA DE LEVANTE**

# 1 millón de motores ASEA en el mercado español



**MH** Motor de aleación ligera

Hace 10 años, ASEA se anticipó al futuro fabricando en España los motores MH de aleación ligera. Un nuevo concepto en motores eléctricos de corriente alterna, aplicando nuevas técnicas de diseño y fabricación. El mercado nos ha dado la razón, ya que más de 1 millón de motores MH están funcionando en España.

El motor ASEA se ha impuesto por sus cualidades y ventajas:

- Técnica ASEA
- Peso muy reducido
- Diseño atractivo
- Construido con aleación ligera altamente resistente.
- Protegido contra la corrosión (tratamiento BA-SEAL desarrollado por ASEA)
- Servicio ASEA

ASEA Eléctrica, S. A. comercializa en España todos los productos del grupo ASEA, incluyendo los fabricados en Sabadell por ASEA/CES, otra compañía perteneciente al grupo ASEA.

La gama de productos fabricados en España es principalmente:

- Motores de corriente alterna
- Motores freno
- Motores de corriente continua
- Rectificadores y convertidores estáticos para regulación de velocidad.
- Armarios de distribución y centros de control de motores.

# ASEA

Departamento de Productos Standard

ASEA ELECTRICA, S. A. - Alcarria, 3. Coslada - Madrid

Delegaciones: Madrid, Barcelona, Bilbao, Sevilla, Valencia, Zaragoza,  
San Sebastián, Pontevedra, Las Palmas

# el campeón de los pesos ligeros



- Inmensa energía contenida en un cuerpo pequeño y de poco peso.
- Rapidísima.
- Capaz para el trabajo a grandes presiones.
- Rendimiento sobresaliente.
- Resistente a duros ataques (por ejemplo, grandes cargas sobre el eje y puntas altas de presión y velocidad).
- Eterna.

Legio Séptima S.A.

## Bombas y Motores Hidráulicos serie F11-C

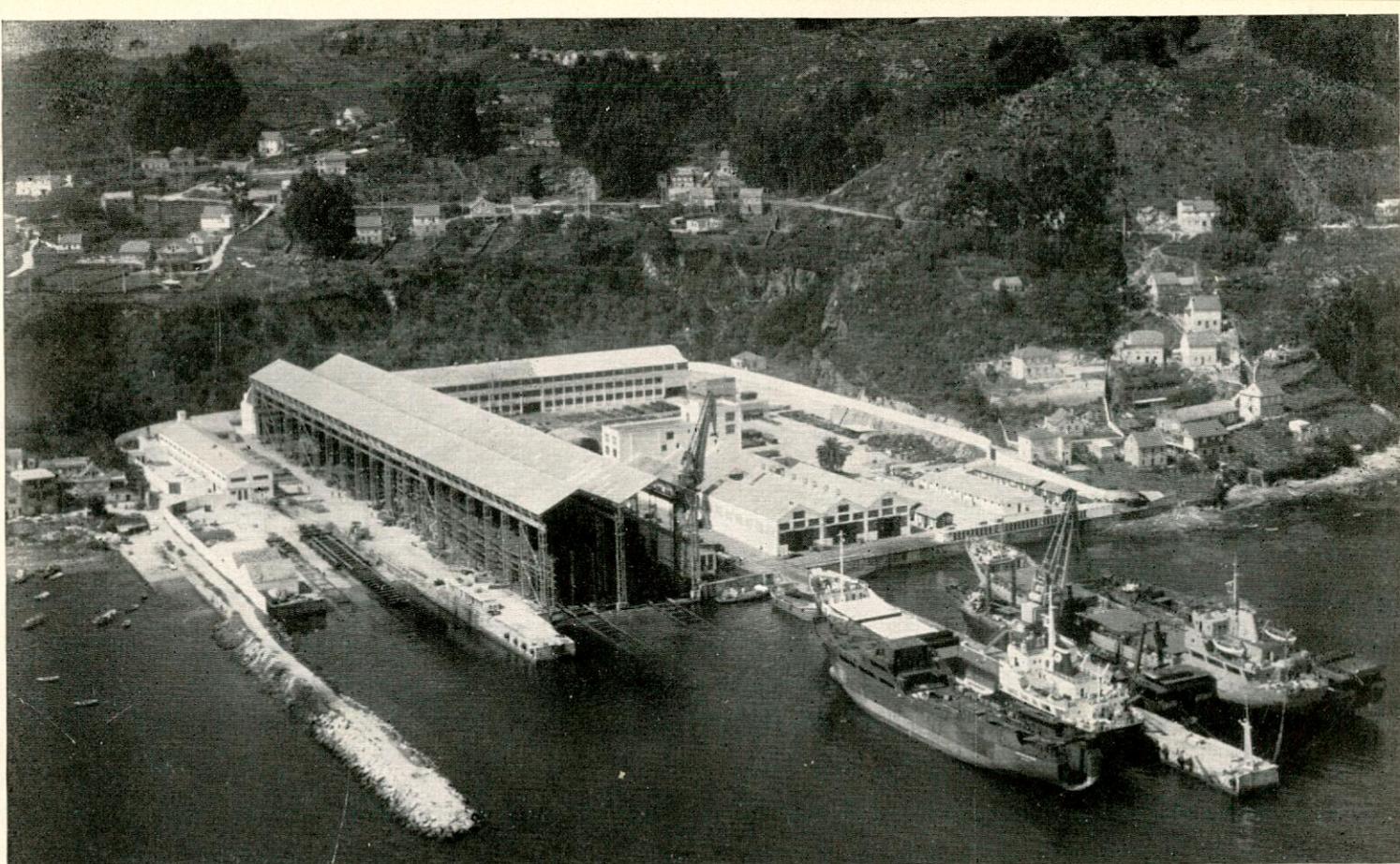
**VOLVO**  
**HIDRAULICA**

**VOLVO HIDRAULICA, S.A.**

c/. Dr. Fleming, n.º 56 - Madrid-16

Teléfonos: 457 32 56 y 457 33 29

Telex: 23296



# ASTILLEROS CONSTRUCCIONES, S. A.



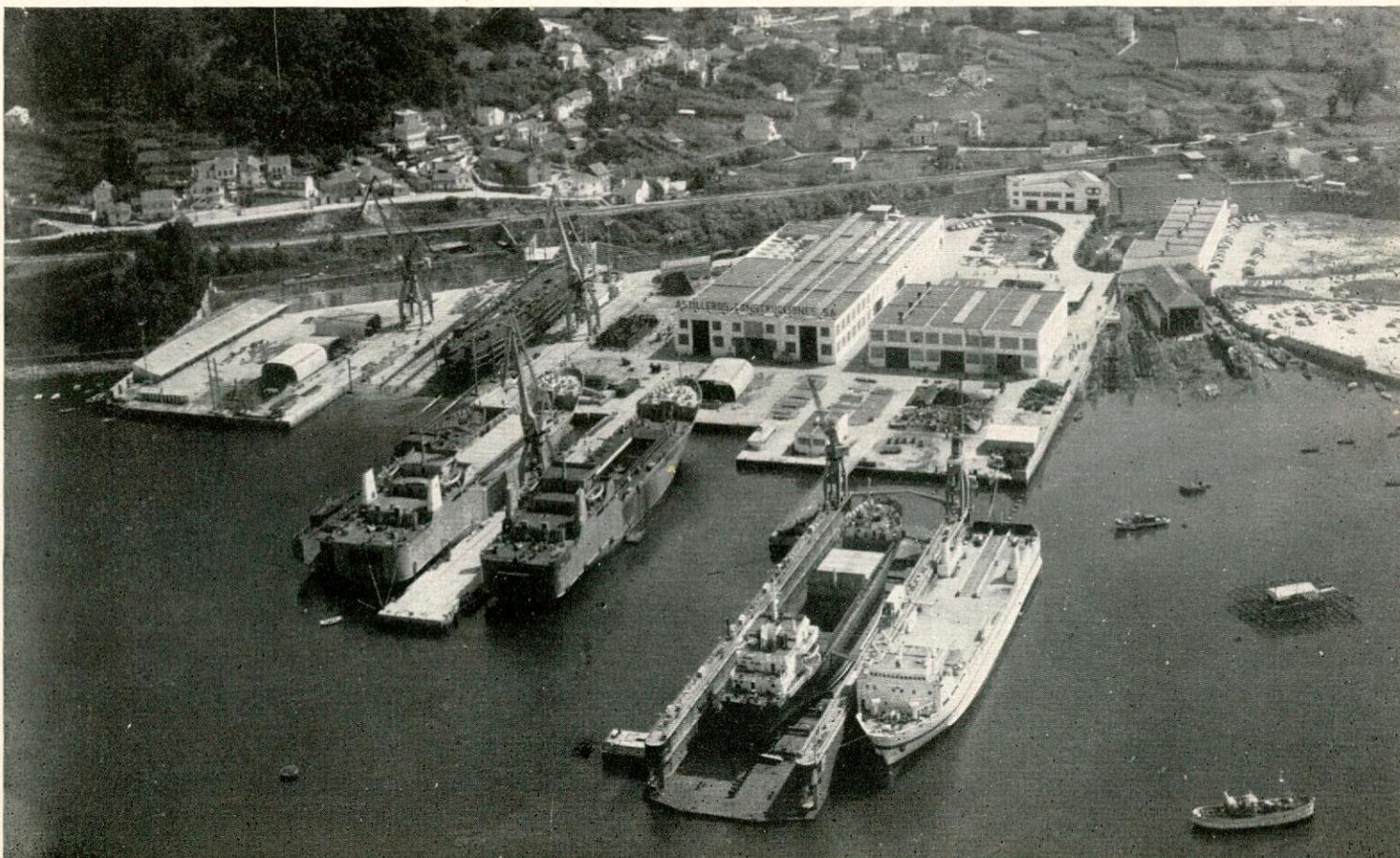
Construcción y reparación de buques

Factorías en Meira y Ríos

VIGO (España)

Apartados 56 y 402  
Velázquez Moreno, 9

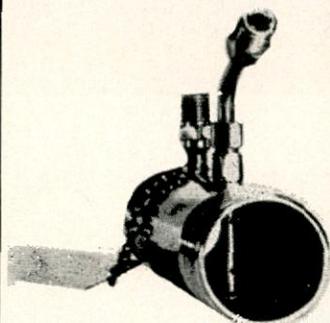
Teléfonos 22 69 00\* y 22 47 00\*  
Telex 83004. Telegramas: ASCON



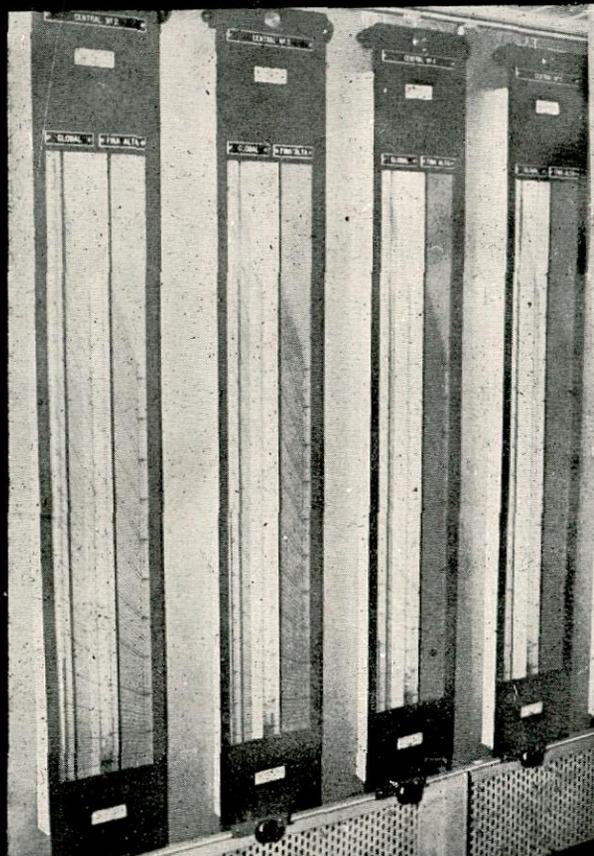
# INSTRUMENTACION NAVAL



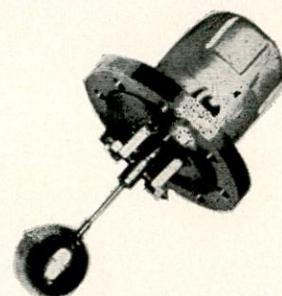
## AUXITROL



medidor de caudal.  
ANNUBAR



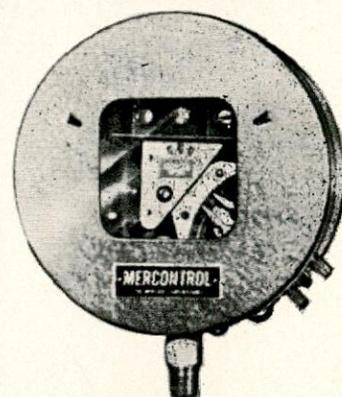
indicador de nivel ISOSCALE  
para líquidos de densidad  
variable



interruptores de nivel  
NIVOTROL



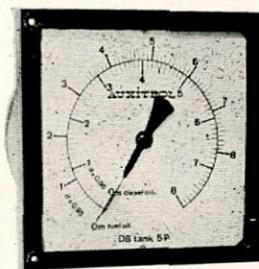
contactores alarma  
de caudal PEECO



presostatos y termostatos  
MERCROID



anunciadores  
de alarma  
AUTO MALARM



indicador  
de nivel  
CERMAT  
para tanques  
de carga

Instrumentos de regulación y control de nivel, temperatura, caudal, presión, densidad, viscosidad, anunciadores de alarma, etc. Indicación de calado escora y asiento. Nivel en tanques combustible y de lastre

A su servicio para consultas técnicas en:

**AUXITROL**  
**IBERICO S.A.**

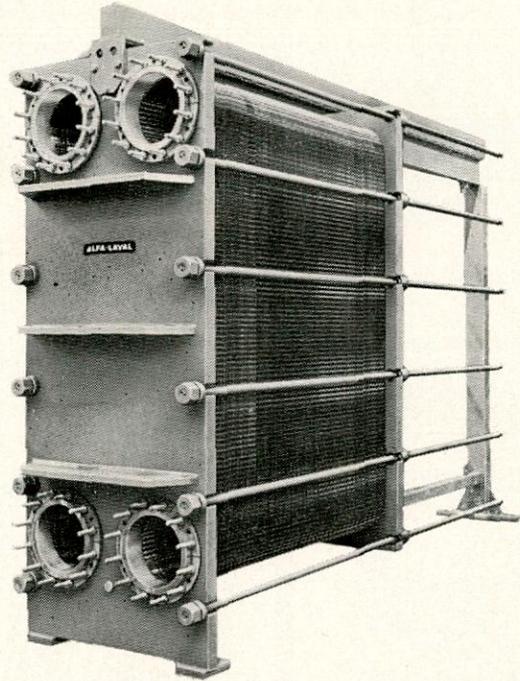
c/. Caucho, s/n. Polígono Industrial de Torrejón de Ardoz (Madrid).  
Teléfonos 675 23 50/54.

# LANZAMIENTO AL MAR CON EXITO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CENTRALIZADO.

Este es el Enfriador de Titanio ALFA-LAVAL A-30, un nuevo intercambiador de calor de placas, de alta capacidad, para sistemas de enfriamiento centralizado de plantas propulsoras marinas.

El objeto del enfriamiento centralizado es reducir el sistema de agua salada a bordo a una instalación con un solo enfriador, un juego de bombas y filtros y un corto sistema de tuberías.

Este sistema enfría un circuito cerrado de agua dulce que a su vez refrigera todos los equipos del buque que sean necesarios. El riesgo de corrosión queda virtualmente eliminado, lo que permite incluir en el sistema de refrigeración, materiales no resistentes a la corrosión y por lo tanto de menor coste.



El Intercambiador ALFA-LAVAL A-30 reúne todas las cualidades necesarias para esta función:

- Las superficies de transmisión de calor construidas completamente en Titanio eliminan los problemas de corrosión.
- Es posible tratar caudales de hasta 1.000 m<sup>3</sup>/h.
- El nuevo diseño con una configuración de placas absolutamente flexibles produce un equilibrio óptimo entre la caída de presión y la capacidad de transmisión de calor.
- Existe un prototipo trabajando a bordo de un buque en forma continua desde Abril de 1972 con resultados absolutamente satisfactorios.
- Existen unidades trabajando desde hace dos años en más de 100 instalaciones industriales en puntos situados a la orilla del mar, trabajando con aguas mucho más contaminadas que la del mar abierto, sin que se haya presentado ningún problema de corrosión.

Solicite información detallada sobre el Enfriador de Titanio ALFA-LAVAL A-30 y sobre su forma de trabajo en sistemas de enfriamiento centralizado.

**ALFA-LAVAL**

ALFA-LAVAL, S. A.

Antonio de Cabezón, 27 MADRID-34

Teléfonos: 734 68 00 - 734 04 00

# KRUPP y ERICSSON

## Dos grandes empresas internacionales:

 **KAE**  
**KRUPP ATLAS ELEKTRONIC**

Fabricantes de una gama completa de equipos y sistemas electrónicos de ayuda a la navegación marítima.

**UME**  
**United Marine Electronics A/S**

Nacida de la fusión de las divisiones de radiocomunicaciones navales de ELEKTRISK BUREAU (miembro del grupo Ericsson) y NERA A/S.

Responsabilizan en ESPAÑA, para la comercialización, asistencia técnica y servicio post-venta de sus equipos y sistemas electrónicos, a la Sociedad:

**PCP**

**ELECTRONICA APLICADA, S. A.**

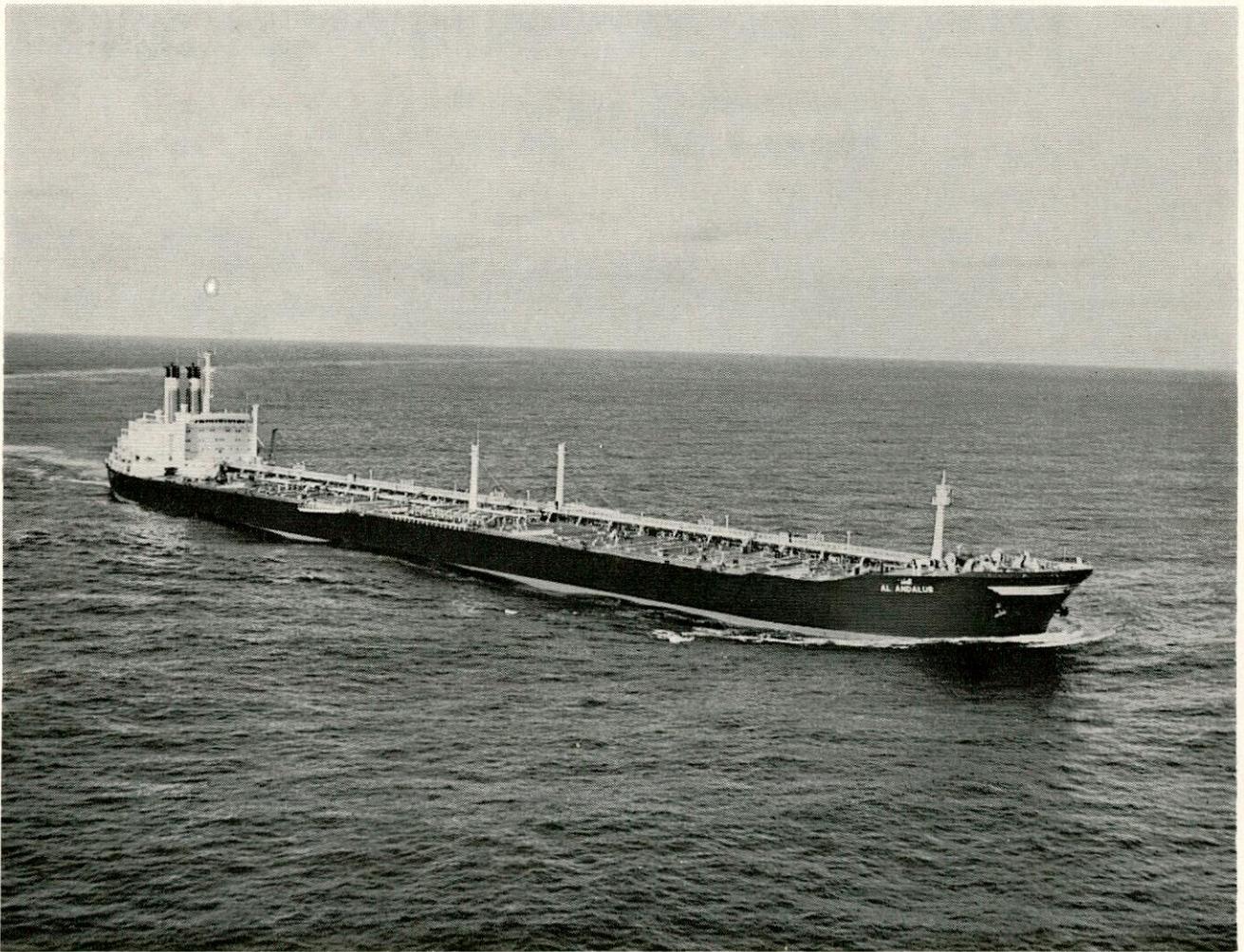
**SISTEMAS Y SERVICIOS ELECTRONICOS**

Goya, 39 - Madrid-1 - España - Telex: 23239 PCP.E - Teléfono: 401 44 58  
Laboratorio y Fabrica: Ibiza, 5 - Madrid-28 - Teléfonos: 274 76 47 y 274 77 16  
Dirección Telegráfica: PCPESA

DELEGACIONES REGIONALES Y SERVICIOS DE ASISTENCIA TECNICA EN TODO EL LITORAL

# ASTANO

**CONSTRUCCION DE BUQUES**  
**hasta 450.000 t.p.m.**



**Astilleros y Talleres del Noroeste, S. A.**

**OFICINA CENTRAL:**

GENERAL PERON, 29 - MADRID-20  
TELEFONO: 455 49 00  
TELEGRAMAS: ASTANO-MADRID



**ASTILLERO:**

EL FERROL DEL CAUDILLO  
TELEFONO: 34 07 00  
TELEGRAMAS: ASTANO-FERROL

PARA UNA RAPIDA RESPUESTA: TELEX 27608-E



**ORGANO OFICIAL DE LA ASOCIACION  
DE INGENIEROS NAVALES**

**FUNDADOR:**

**Aureo Fernández Avila,** Ingeniero Naval.

**DIRECTOR:**

**Luis de Mazarredo Beutel,** Ingeniero Naval.

**COMITE ASESOR**

**Francisco García Revuelta,** Ingeniero Naval.

**Angel Garriga Herrero,** Ingeniero Naval.

**José Manuel de Puelles Benítez,** Ingeniero Naval.

**Ricardo Rodríguez Muro,** Ingeniero Naval.

**DIRECCION Y ADMINISTRACION**

Domicilio: Avda. del Arco del Triunfo, s/n.  
(Edificio Escuela T. S. de Ingenie-  
ros Navales). Madrid-3.

Dirección postal: Apartado 457.

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

**SUSCRIPCION ANUAL**

<b>España y Portugal .....</b>	<b>800 pesetas</b>
<b>Países hispanoamericanos .....</b>	<b>900 »</b>
<b>Demás países .....</b>	<b>1.200 »</b>
<b>Precio del ejemplar .....</b>	<b>80 »</b>

**NOTAS**

No se devuelven los originales. Los autores son direc-  
tamente responsables de sus trabajos. Se permite la  
reproducción de nuestros artículos indicando su pro-  
cedencia.

**PUBLICACION MENSUAL**

Depósito legal: M. 51 - 1958  
Gráficas San Martín. Norte, 12. Madrid-8.

**INDICE DE MATERIAS**

Págs.

**Artículos Técnicos**

Plataformas marinas móviles, por <b>O. Röhl</b> ... ..	520
La explotación de los yacimientos submarinos de petróleo, por <b>José Marco Fayren, Andrés Casas Vicente y Eduardo Pineda González</b> ... ..	533
Proyecto, inspección y reparación de plataformas offshore, por <b>G. P. Smedley</b> ... ..	554
Buques de suministro a plataformas de perforación, por <b>Juan José Azpiroz Azpiroz</b> ... ..	568
Casa submarina para inmersiones a saturación, por <b>Andrés Mora Cañadilla y José Antonio Gil Martínez</b> ... ..	587

**Noticias**

**BARCOS**

Construcción de cuatro buques de suministro ... ..	596
Nuevo buque universal ... ..	597
Buque para transporte de cargas pesadas ... ..	598
Buques de serie ... ..	600
Proyecto de un buque LNG gigante ... ..	600

**ASTILLEROS**

Actividad de los astilleros nacionales durante los meses de ju- lio y agosto ... ..	600
Reparación y conversión del mineralero «SKARBO» ... ..	604
Posible pedido de Rusia a astilleros japoneses ... ..	605

**VIDA PROFESIONAL**

Concurso-oposición para ingreso en el Cuerpo de Ingenieros Na- vales ... ..	605
Coloquio sobre Oceanografía ... ..	605
Normas UNE ... ..	595
Bibliografía.—Octubre 1975.—43. El casco como estructura (re- sistencia estructural y vibraciones) ... ..	606

**Portada**

Reparación y conversión del mineralero «SKARBO», realizadas por As-  
tilleros de Santander, S. A.

# PLATAFORMAS MARINAS MOVILES (\*)

Por O. Röhl (\*\*)

El mar ha sido para el hombre, durante muchos siglos, un obstáculo más o menos temible, superado por embarcaciones que —aunque de tipos infinitamente variados— tenían en común la meta de llegar al destino lo más pronto posible. La excepción, muy antigua también, se debió a las necesidades de alimentación: La pesca fue siempre y seguirá siendo una de las profesiones más radicales y peligrosas, a pesar de los avances tecnológicos de los últimos diez años. Desde hace unos 30 ó 35 años, otra necesidad fundamental ha forzado al hombre a avanzar hacia el mar: La extracción de hidrocarburos, cuya importancia para el abastecimiento de energía creció enormemente, en este plazo de tiempo, se extendió continuamente de la costa al mar abierto, empezando con profundidades de pocos metros hasta alcanzar en la actualidad aproximadamente los 200 metros. En el futuro podemos esperar un desarrollo semejante en cuanto a la producción marina de minerales y otras materias primas.

Son interesantes y ya bastante detallados los datos referentes a los depósitos submarinos de petróleo y gas, los que, como se sabe, generalmente se encuentran mezclados.

De los 360 millones de kilómetros cuadrados de superficie de mar, aproximadamente un 10 por 100 cubre profundidades de menos de 300 metros, o sea, aquellas regiones alcanzables con la técnica de hoy. Un 55 por 100 de esta parte consiste en terreno sedimentario, es decir, teóricamente prospectivo. Para una cuarta parte de esta región han sido extendidos derechos de prospección y un 15 por 100 ha sido explorado.

No vamos a detenernos demasiado con estadísticas, pero conviene formarse una idea del volumen de la producción y de la relativa importancia del porcentaje marino de esta producción. La figura 1 demuestra el rápido crecimiento de este porcentaje, al que debemos la actual importancia de los artefactos a tratar en lo que sigue. Frente a las costas de más de 30 países se han producido, en el año pasado, unos 560 millones de toneladas de petróleo, un 20 por 100 de la producción total. Un desarrollo semejante ha empezado hace poco en Europa, especialmente en el Mar del Norte: En 1973, 2 de los 22 millones de toneladas producidas salieron del mar (y estas 22 representaban solamente un 3 por 100 del consumo); para

1985 se estima una producción de 280 millones de toneladas, que podrían ser un 55 por 100 del consumo (fig. 1). En cuanto al gas, la situación europea es mejor: En 1974, un 96 por 100 del consumo fue producido aquí mismo.

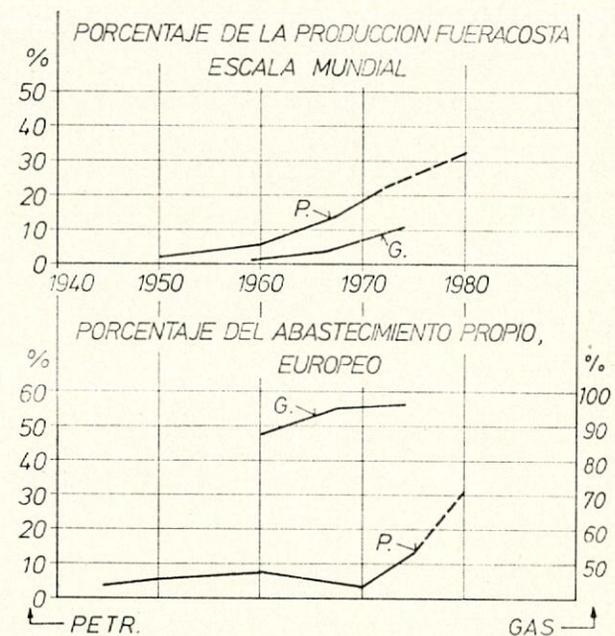


Fig. 1.—Producción de petróleo y gas. Porcentaje de la producción fueracosta y abastecimiento propio europeo.

Más de la mitad de los depósitos estimados, es decir, 1.100 billares de metros cúbicos, se encuentran en territorios británicos.

Echemos un vistazo también al Mar Mediterráneo: Producción de petróleo en escala comercial existe frente a las costas de España y Túnez, algo también en Sicilia. Gas se ha encontrado en el Adriático, en Grecia, Libia y Egipto. El campo de Amposta, el mayor de los desarrollados hasta ahora ha producido en 1974 aproximadamente 6.000 toneladas diarias, con 60 m. de profundidad de agua. El campo cercano, de Tarraco, fue explorado en 1971 y, por menor tamaño, no fue considerado "comercial" entonces. Típicamente, con el aumento de precios que se ha producido entretanto, se ha decidido explotar el depósito.

Hemos llegado a hablar del dinero. Los costes en conexión con la búsqueda y producción de hidrocarburos, minerales, etc., en ambiente marino son verdaderamente gigantescos. Se estima que hasta 1980, las inversiones en el Mar del Norte, por ejemplo, alcan-

(\*) Conferencia pronunciada en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, de Madrid, el pasado mes de abril.

(\*\*) Germanischer Lloyd. Hamburgo.

zarán entre 50 y 60 miles de millones de dólares (especialmente, 26.000 millones entre 1975 y 1985). Para perforaciones de exploración hay que contar con 700.000 a 1.200.000 pesetas por día, incluido el arrendamiento de la plataforma y dependiendo de su tamaño y tipo. El coste absoluto depende mucho, naturalmente, de las condiciones ambientales y del tiempo necesario para completar una perforación. En consecuencia, es de suma importancia la elección óptima del tipo de plataforma, aunque muchas veces las circunstancias obligan a emplear una plataforma que por casualidad esté disponible. En vista de esta restricción —la escasez de plataformas— el problema de elección prácticamente se reduce a la observación de los factores

- Profundidad de agua
- Condiciones del mar y de la atmósfera
- Profundidad de perforación y condiciones del suelo

(mientras que otros factores, por ejemplo, la distancia a tierra o más bien del puerto y la capacidad para almacenamiento de materiales de consumo, influyen en el equipo auxiliar). En la figura 2 he tratado de mostrar la aplicabilidad de varios tipos de embarcación o plataforma, en los diversos campos de activi-

dad marina aparte de las tradicionales, ya mencionadas, es decir, el transporte y la pesca. Aunque principalmente pensamos en la perforación en búsqueda de petróleo y gas, no olvidemos que hay otros trabajos de creciente importancia a efectuar en el mar, especialmente en las regiones costeras. Es interesante constatar en la figura citada que el buque, incluyendo sus diferentes formas especiales, parece seguir siendo la forma más versátil y comúnmente adecuada.

Volviendo al campo especial de la perforación, y refiriéndonos al primero de los factores antedichos, la profundidad de agua, nos encontramos más o menos con los tipos de construcción mostrados en la figura 3; esta sucesión representa también el desarrollo cronológico de la técnica perforadora marina: Al principio y en aguas costeras poco profundas, es decir, de hasta ~ 15 metros, se emplearon plataformas fijas o pontones sujetos entre pilares, usando métodos ya más o menos conocidos por la industria petrolífera en lagos y lagunas. Mejor movilidad y resistencia estructural ofrecían, luego, las plataformas, móviles a base de flotación propia, sumergibles y apoyadas en el fondo del mar en condición de trabajo. La primera plataforma de este tipo —“Breton 40”— fue construida en 1949. El número de estas plataformas construido no es muy grande, para pro-

USO , EMPLEO	TIPO :				
	BUQUE	PLATAF. LEVADIZA	SEMI - SUMERGIBLE	BOYA	PLATAF. FIJA
OBRAS DE CONSTRUCCION	●	●			
PERFORACION (PETROLEO , GAS)	●	●	●		●
PRODUCCION (PETROLEO , GAS)		○			●
EXTRACCION DE MINERALES	●	○	○		
ALMACENAMIENTO (PETROLEO)	○			○	●
CONSTRUCCION / COLOCACION DE TUBERIAS	●	○	●		
TAREAS CIENTIFICAS, MEDICIONES	●	○	○	●	●
● - BIEN ADECUADO      ○ - POSIBLE					

Fig. 2.—Posibilidades de empleo para los tipos de construcciones.

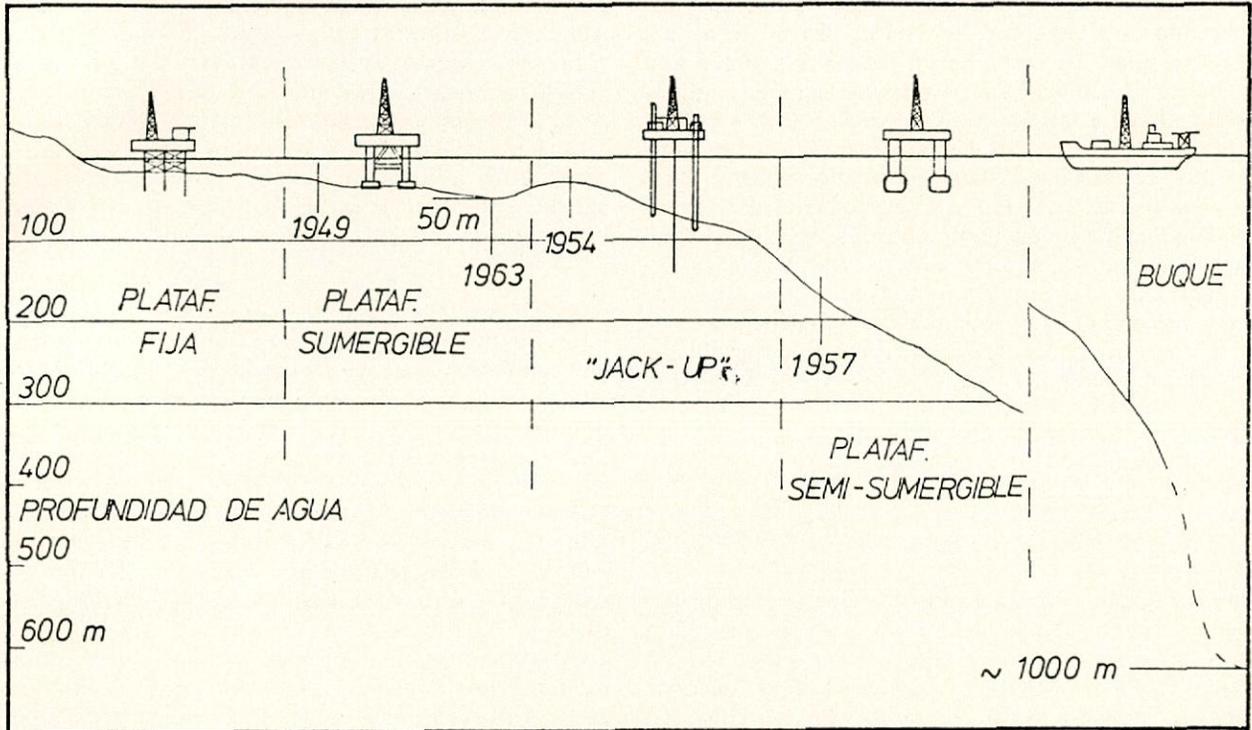


Fig. 3.—Tipos de plataformas y profundidad de agua.

fundidades de agua que alcanzan 50 m. en pocos casos y en la mayoría de ellos no pasan de 25 metros. La profundidad de perforado es de 15.000 a 30.000 pies una profundidad normal.

El siguiente paso en la evolución fueron las plataformas levadizas, llamadas "Jack-Up", construidas en número mencionable desde aproximadamente la mitad de los años "50" y empleadas en profundidades de agua hasta más de 100 m. Desde 1965 se trabaja en profundidades de 300 pies (90 m.), aunque también hoy día siguen construyéndose "Jack-Up's" para aguas poco profundas, es decir, alrededor de 30 m. En todo el mundo, unas 140 plataformas levadizas de este tipo están en servicio o en construcción.

Dentro del grupo de las plataformas, para perforaciones de exploración, la forma más reciente es el tipo semi-sumergible, que ya no se apoya en el fondo y consigue la flotabilidad necesaria por medio de cuerpos de empuje, sumergidos en posición de trabajo y a flote en condición de traslado. Ya desde 1957, la profundidad típica de empleo es de 180 metros, mientras que algunos diseños recientes —como el tipo "Aker H 3" y las plataformas construidas en Vigo (Offshore Company y Penrod)— podrán trabajar en 300 metros de profundidad.

Según noticias recientes están en construcción 163 plataformas y buques de perforación, entre estos 65 semi-sumergibles, 60 "Jack-Up's" y 38 buques (en servicio un total de 250).

En cuanto a la obra de perforación, es importante mencionar que un paso decisivo en el desarrollo técnico, efectuado en la segunda mitad de los años "50", fue la introducción de sistemas de telemando, que permiten prescindir de buzos. Hasta entonces, era necesario conducir el tubo conductor, a través del

cual se introduce la tubería de perforación, y que lleva en su cabeza los dispositivos de cierre y seguridad para el caso de encontrarse con gas o petróleo, a un nivel encima de la superficie del agua. (Así se sigue explorando, también hoy día, con las plataformas levadizas.)

La introducción de las plataformas semi-sumergibles sólo fue posible desplazando la cabeza del agujero de perforación al fondo del mar, realizándose la conexión con la plataforma mediante un sistema de "ascensor" ("Guide lines").

CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO Y DE DISEÑO.

Antes de mirar más detalladamente los tipos de plataformas mencionados, consideremos brevemente

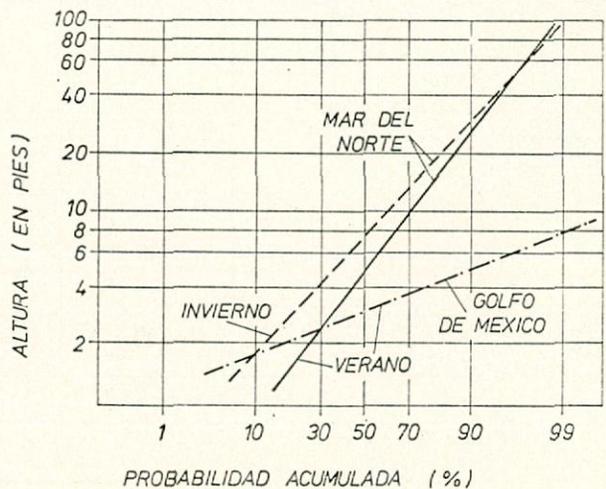


Fig. 4.—Altura de olas. Probabilidad de ocurrencia.

las condiciones ambientales y de servicio que en cada caso influyen en la selección y el diseño de la plataforma para un determinado campo de aplicación, o varios. Los datos ambientales normalmente requeridos comprenden:

- Profundidad de agua y cambios de marea;
- Estadísticas sobre la probabilidad de ocurrencia (altura, frecuencia y acaso dirección) de las olas (fig. 4);
- Velocidad y repartición de corrientes (fig. 5);
- Repartición de velocidad y dirección del viento;
- A veces, posible formación de hielo y existencia de temperaturas extremas.

En muchos casos, sin embargo, no existen datos exactos referentes al área de servicio prevista. Además, las compañías de perforación frecuentemente tratan de presentar un diseño como adecuado para una variedad de posibles zonas de trabajo. La consecuencia es concebir una plataforma para las peores condiciones posibles durante cierto plazo de tiempo (por ejemplo, 50 ó 100 años) en las áreas consideradas.

Con este fin, las Sociedades de Clasificación dan indicaciones generales en cuanto a las influencias principales (olas, corriente, viento) y las fuerzas ejercidas por ellos en ciertos elementos típicos —por ejemplo, tubos— de la plataforma. Diciendo esto ya he señalado las dos partes en que normalmente con-

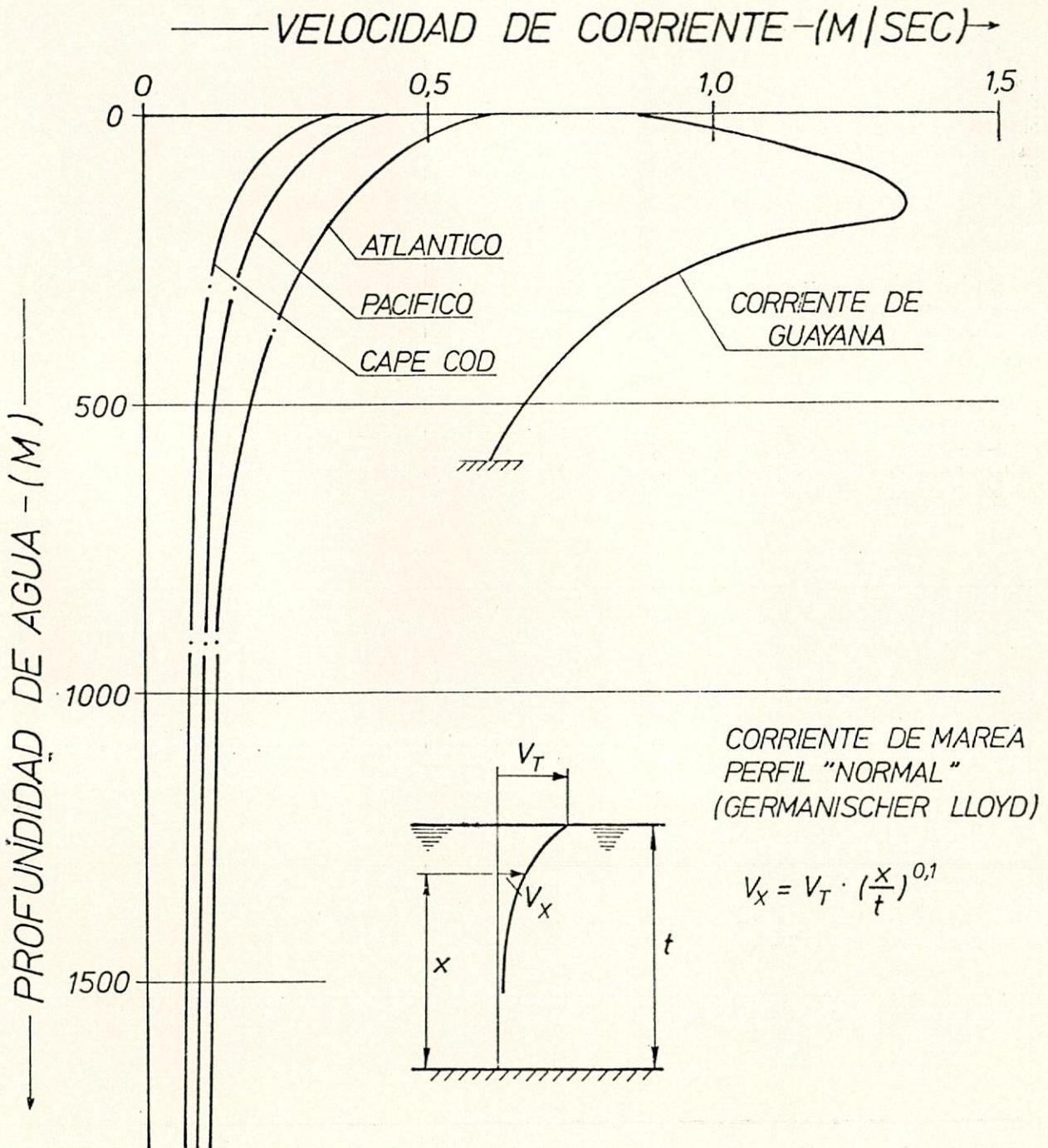


Fig. 5.—Velocidad de corriente. Perfil vertical.

siste el proceso de analizar los esfuerzos en la estructura:

a) Las reacciones hidrodinámicas (inglés: "hydrodynamic response"), comprendiendo el cálculo de las fuerzas originadas por la intemperie, gravedad, etc., y los movimientos; y

b) Las reacciones internas de la estructura, es decir, los esfuerzos y deformaciones.

Volveremos a estos asuntos más en detalle, al tratar de las plataformas semi-sumergibles; quisiera añadir aquí solamente que la práctica (diferente del normal diseño de la estructura de un buque) consiste en definir diferentes condiciones de carga (o de servicio) y agregar a éstas diferentes factores de seguridad, según la probabilidad y frecuencia de las cargas correspondientes (ver fig. 6, donde a vía de ejemplo se dan los nuevos requerimientos del G.L.). Esta "filosofía" de seguridad está relacionada estrechamente con la necesidad de efectuar cálculos de fatiga (o de durabilidad) para ciertos elementos complicados, como son, por ejemplo, uniones de tubos estructurales. Esta necesidad es debida, principalmente, a una condición de servicio también diferente en buques: la dificultad, y en muchos casos imposibilidad, de varar la plataforma en dique seco y examinar concienzudamente partes estructurales críticas.

Mencionemos finalmente un factor de diseño de suma importancia que, al contrario de los buques para transporte, influye en los cálculos estructurales y por ello es de cierto interés para la Sociedad Clasificadora: La suma o el porcentaje de tiempo inútil, perdido a consecuencia de traslado, temporal, averías o espera. Este tiempo —en inglés "Downtime"— depende mucho del comportamiento de la plataforma en las olas. Los cálculos ya mencionados dan, como se ha dicho, también resultados en cuanto a los mo-

vimientos, y además están a disposición los datos obtenidos de los ensayos de modelo, así que la entidad encargada de la supervisión tiene la posibilidad de juzgar cuáles son las condiciones "normales" de servicio y cuáles deben ser consideradas "excepcionales" en el sentido de los casos de carga de la figura 6. (La variedad de utilizaciones con los respectivos esfuerzos resultantes de ellas y de los efectos del ambiente con los que se debe contar en un lugar determinado, hizo imprescindible anotar junto a la marca de clase —como, por ejemplo, 100 A 4 "Plataforma levadiza de montaje"— los datos contenidos en las instrucciones de servicio, en vez del área de servicio comúnmente mencionada junto con la marca de clase de los buques. Las distintas posibilidades de combinar las cargas, aprovechando en cada caso el máximo esfuerzo total admisible, son nombradas en las instrucciones de servicio, permitiéndole al operador un uso más flexible que aquel que prevalece al determinar un cierto área de servicio.

Es necesario mencionar también que la tarea de comprobar la seguridad de una plataforma puede comprender también la evaluación de los esfuerzos producidos durante el montaje (en tierra o en el puerto), durante el tránsito y durante el proceso de levantamiento o descenso.

Después de estas observaciones generales, válidas más o menos para todas las plataformas, volvamos con algo más de detalle a los dos tipos principales de plataformas, cuyo campo de aplicación —en cuanto a la profundidad de agua— ya se ha indicado antes.

#### PLATAFORMAS LEVADIZAS.

La denominación "levadiza" (o auto-elevable), no describe, desde luego, muy bien lo que es típico de

CONDICION DE CARGA	VALORES $\sigma_E/\sigma_{ADM}$		
	TENSION COMPRESION FLEXION	ESFUERZOS COMPUESTOS	ESFUERZOS CORTANTES
1. SERVICIO NORMAL (INCL. CARGAS AMBIENTALES NORMALES)	1,67	1,43	2,90
2. CONDICIONES EXTRAORDINARIAS (INCL. CARGAS DE SERVICIO POSIBLES)	1,25	1,17	2,16
3. CONDICION CATASTROFICA	1,15	1,10	2,00

Fig. 6.—Factores de seguridad y condiciones de carga.

esta clase, cuya característica es la posibilidad de levantar fuera del agua a un pontón, que al mismo tiempo es la plataforma de trabajo, por medio de tres o más "patas" movilizadas que se apoyan en el suelo (mientras que en situación a flote, el pontón lleva las patas alzadas, como carga). Me parece interesante mencionar aquí que en algunos casos —como el de una plataforma para obras de construcción, construida para una compañía de Munich en el año pasado bajo nuestra inspección— la posibilidad de movimiento ha sido complementada en sentido horizontal, previendo la plataforma en dos partes, movilizadas una en relación a la otra, cada una con cuatro patas, con lo que se logra una plataforma "caminante".

¿Cuáles son las consideraciones esenciales en el diseño de este tipo de plataformas?

La plataforma misma, generalmente en forma de pontón, no siempre rectangular, contiene y soporta todo lo necesario para el servicio previsto, y no impone normalmente mayores problemas en cuanto al cálculo estructural y dimensionado, aparte, tal vez, de esfuerzos locales cerca de los soportes para las patas y las aberturas o pozos por donde éstas pasan.

El peso total del pontón puede pasar de las 10.000 toneladas, las dimensiones principales pueden ser 70 m. de eslora, 40 (hasta 60) m. de manga y hasta 10 m. de altura. Datos típicos en relación a tanques para materiales de consumo son: Para lodo y cemento, 6.000 pies cúbicos (aprox. 170 m<sup>3</sup>); combustible, 1.000 a 2.000 barriles (160 a 320 m<sup>3</sup>); agua para perforación, 800 a 2.000 m<sup>3</sup>; agua potable, 200 m<sup>3</sup>. Todo esto solamente para dar una idea, ya que naturalmente las necesidades de almacenamiento dependen de muchos factores (ya mencionados antes) como distancia de tierra o costas y posibilidades de transporte. Hay que prever acomodaciones para 50 a 100 hombres, según el tamaño de la plataforma.

En cubierta encontramos esencialmente: la torre de perforación con instalaciones adjuntas, como, por ejemplo, para almacenamiento y manejo de tubería; dos o tres grúas de aproximadamente 20 a 50 toneladas; las casillas para las instalaciones de elevación; y normalmente en posición elevada y algo hacia fuera, la plataforma para helicóptero. Existen principalmente dos sistemas de elevación:

a) El de De Long que trabaja con fuerza hidráulica o neumático-hidráulica, a base de fricción entre colchones y la pata, o usando elementos ("dientes") que se apoyan en una serie de planchas dobles soldadas a la pata. En todo caso este sistema trabaja de forma discontinua debido a la carrera limitada de los grupos de cilindros. Las patas deben ser de construcción cerrada, normalmente cilíndrica (véase como ejemplo la fig. 7, "Transocean N.º 1").

b) El sistema de elevación de la compañía Le Tourneau (uno de los principales constructores de plataformas levadizas) a base de motores eléctricos accionando piñones y con patas —normalmente de construcción de entramado— previstas con cremalleras, es un ejemplo del segundo sistema. La figura 8

muestra un ejemplo de esta clase, que forma la mayoría de las plataformas levadizas.

Investiguemos más en detalle las ya mencionadas patas, elemento crítico de estas plataformas. Además

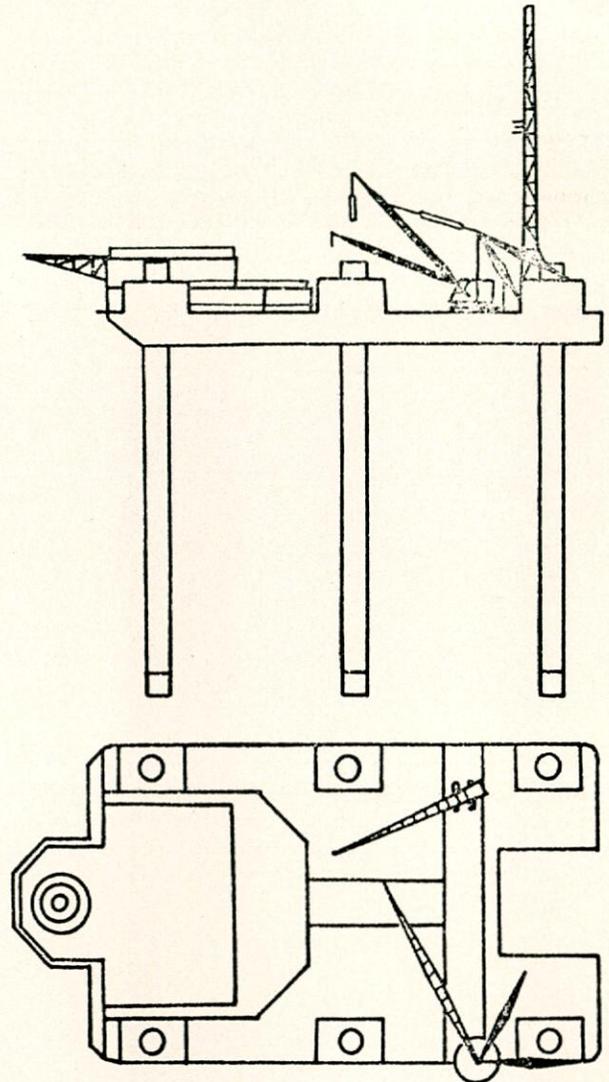


Fig. 7.—Plataforma levadiza «Transocean n.º 1». Patas de tipo cerrado.

de soportar el peso del pontón, deben resistir momentos flectores producidos por las fuerzas hidrodinámicas y por el viento, las primeras actuando solamente en las propias patas. La figura 9 muestra algunos de estos momentos (para la condición en trabajo y la condición poco antes de tocar suelo las patas). También puede ser crítico el momento producido en las patas alzadas, en condición de traslado, resultando necesario el desmontaje parcial de las mismas. Ya que una porción considerable de los esfuerzos se originan del momento flector  $M_3$  (fig. 9), es decir, de las fuerzas hidrodinámicas, la construcción de entramado significa también una reducción del peso a consecuencia de la reducción de las fuerzas. Una limitación para el uso de patas cilíndricas presentan además los esfuerzos combinados resultantes de la compresión y flexión, con el peligro de abollamiento, que crece con el diámetro:

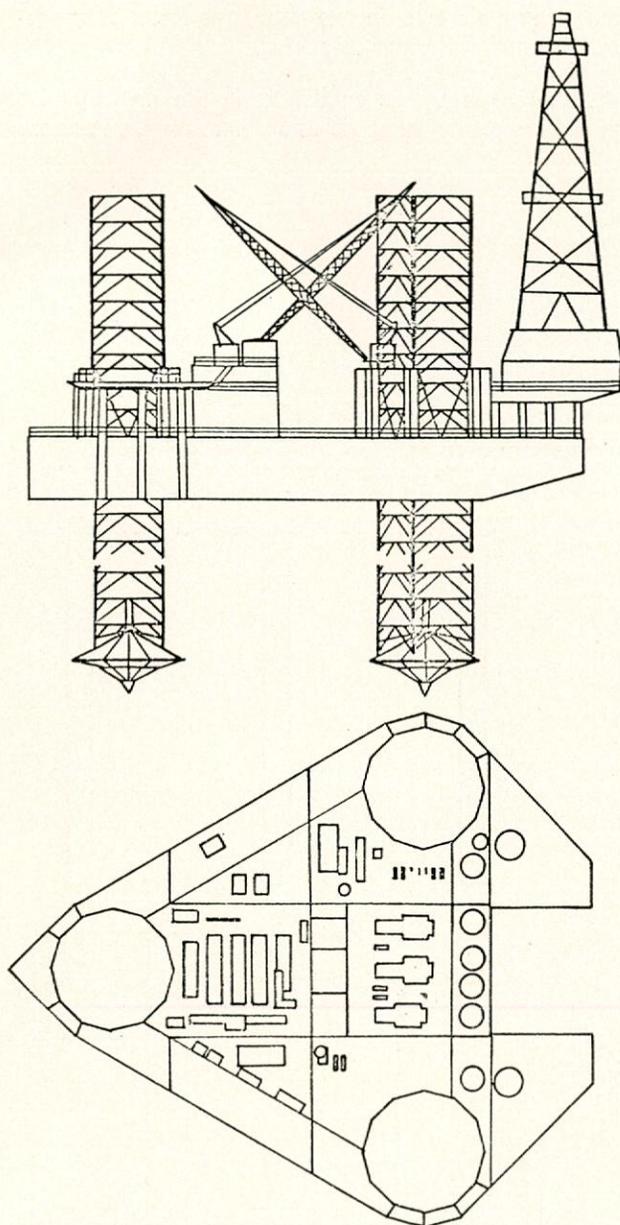


Fig. 8.—Plataforma levadiza (flour drilling services) con patas de tipo abierto.

esfuerzo crítico:

$$\sigma_{Ki} = E \cdot \frac{t}{R} \cdot C$$

siendo  $t$  y  $R$  el espesor y radio del tubo y

$$C_1 = \frac{0,6 - (R/t)^2 \cdot 10^{-7}}{1 + 0,004 E/\sigma_E} \quad (\text{compresión})$$

$$C_2 = 1,3 \cdot C_1 \quad (\text{flexión})$$

En casos extremos, es decir, patas esbeltas, es necesario también tener en cuenta el momento adicional a consecuencia de su inclinación y deformación elástica.

Según he podido enterarme, plataformas con patas cerradas (cilíndricas) han quedado limitadas a profundidades de agua de 75 m.

No he mencionado todavía un problema de suma importancia en el diseño de plataformas de este tipo: La estabilidad estática, o seguridad contra vuelco, más y más difícil de lograr al crecer la profundidad. Una de las medidas (aparte de aumentar las dimensiones del pontón) para mejorar la estabilidad ha sido inclinar las patas, lo que, sin embargo, produce dificultades adicionales en los soportes. Un experimento interesante con el fin de ampliar el campo de aplicación es una plataforma de "dos pisos", prácticamente un "Jack-Up" encima de otro [7]. Pero no se han encargado todavía, que sepamos, plataformas de este tipo.

En cuanto a la estabilidad, naturalmente las condiciones del suelo son decisivas. Es necesario conocer estas condiciones —esencialmente la constitución (roca, arena, arcilla, lodo blando) y las correspondientes resistencias a la cizalla, así como la susceptibilidad a formación de cráteres por la corriente. Frecuentemente es necesario, por esta razón, efectuar cambios en los "pies" de las patas al trasladar la plataforma a una nueva posición de trabajo.

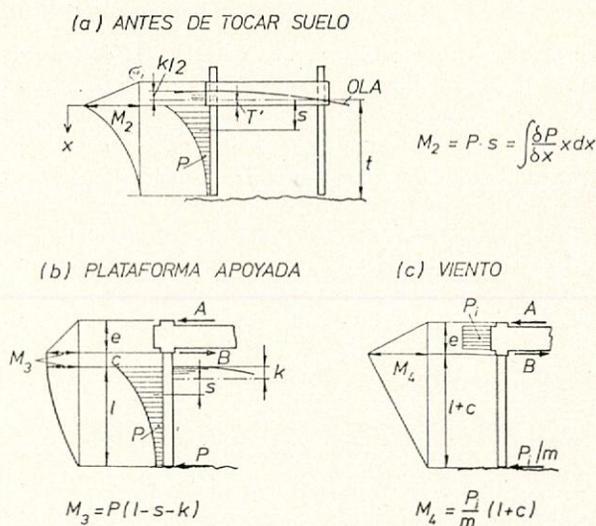


Fig. 9.—Plataformas levadizas. Momentos flectores en las patas.

En las figuras se pueden ver diferentes configuraciones de los pies, aumentando la superficie de apoyo, como es lógico, en caso de suelo de poca resistencia. Nos encontramos con presiones relativamente altas, de 5 a 20 kg/cm<sup>2</sup>, en caso de patas cilíndricas "sin pie" (cerradas por dentro por medio de un fondo interior). En caso de presiones admisibles entre aproximadamente 1 y 5 kg/cm<sup>2</sup> hay que prever pies o zapatas más o menos grandes, por ejemplo, en forma de tanques, como en la figura 8. En suelos aún más blandos es necesario ensanchar los pies hasta formar una especie de pontones sumergidos (lo que también se ha hecho en caso de plataformas sumergibles para uso en regiones del Golfo de México, poco profundas y con suelo fangoso (ver fig. 10). En cuanto a la operación, añadiremos que es preciso asegurar el apoyo suficiente, sobrecargando las patas, una tras otra, digamos en un 50 por 100, de manera que penetren en el suelo hasta tocar estratos suficientemente resistentes.

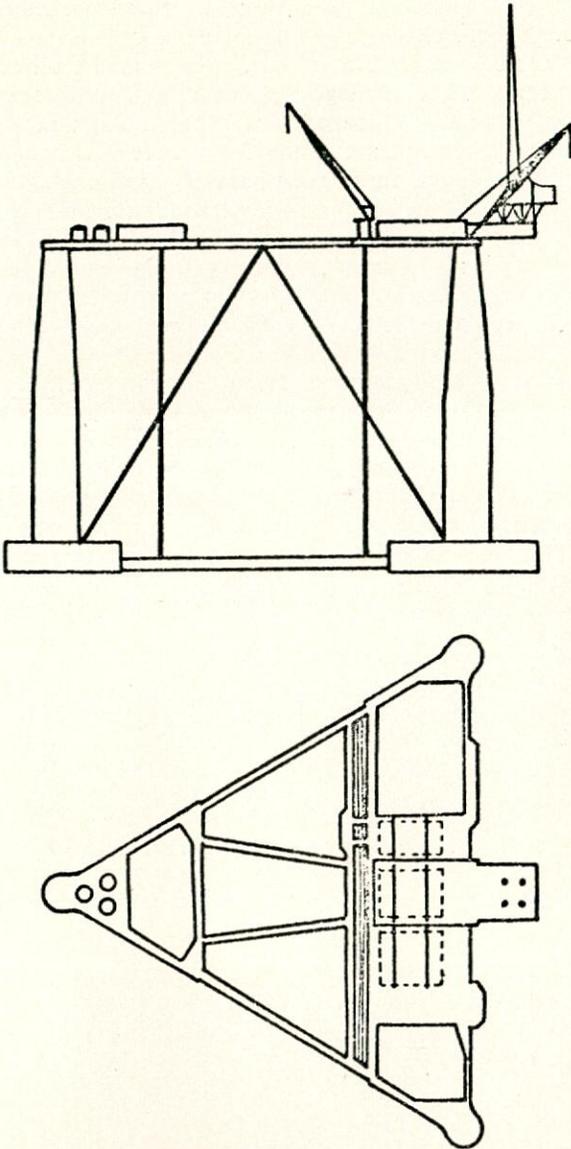


Fig. 10.—Plataforma sumergible «RIG 54» (Transworld drilling comp.). Pies ensanchados.

Finalmente, unas pocas observaciones referentes a la construcción y conservación: Debido a la forma compuesta, este tipo de plataformas no impone problemas en la nueva construcción, y debido al pequeño calado del pontón, tampoco es difícil la inspección en servicio. El único inconveniente puede ser, en caso de pontones muy anchos, el no encontrar diques para varada en seco. Con las grúas a bordo, normalmente es posible manipular las patas sin ayuda ajena. En este sentido, las plataformas autoelevables son más sencillas y flexibles que las semisumergibles que tratamos a continuación.

PLATAFORMAS SEMI-SUMERGIBLES.

Como ya hemos visto, más allá de aproximadamente 100 m. de profundidad de agua prevalecen las construcciones flotantes, sean éstas plataformas o buques. Para perforaciones de exploración y científicas, los últimos han sido empleados en zonas relativamente tranquilas, o para proyectos que cubrían grandes distancias, de modo que la propulsión propia y la

velocidad, así como la capacidad de carga, venían a ser factores predominantes. Pero en las condiciones existentes normalmente durante la búsqueda de hidrocarburos en aguas más o menos alborotadas, la plataforma semi-sumergible tiene cualidades claramente superiores a las de los buques. Eligiendo la forma adecuada de los cuerpos de flotación y de los elementos de unión con la plataforma de trabajo, es teóricamente posible adaptar la construcción a las condiciones específicas de la zona de trabajo prevista, especialmente a la frecuencia y al tamaño de las olas. La fantasía de los ingenieros ha producido gran variedad de formas; algunas de ellas aparecen en las figuras 11 y 12. Naturalmente, en las publicaciones en que se dan a conocer se subrayan las cualidades y ventajas de cada diseño, pero tendremos en cuenta que no es económico construir un artefacto con un valor de 50, 60 o más millones de dólares y con una vida útil de 15 ó 20 años solamente para una región con determinadas características. Es decir, la solución "óptima" casi siempre será un compromiso; una plataforma relativamente bien adecuada para cierto espectro de condiciones ambientales. El término "bien adecuado" esencialmente comprende la capacidad, ya mencionada, de realizar las operaciones previstas lo más continuamente posible. La cualidad más importante a este respecto es el movimiento vertical, restringido por las conexiones entre la plataforma y el fondo del mar (la tubería de perforación y el aparejo guía para el montaje y desmontaje de los elementos necesarios en la "cabeza" del perforado). Una forma usual de presentar esta cualidad se puede ver en la figura 13, que da la relación entre las amplitudes características del movimiento vertical (por ejemplo, en el centro de gravedad) y la altura de la ola, en dependencia de la frecuencia (o período) de las olas. (El diagrama muestra la influencia de la configuración de la plataforma, así como de la dirección de las olas).

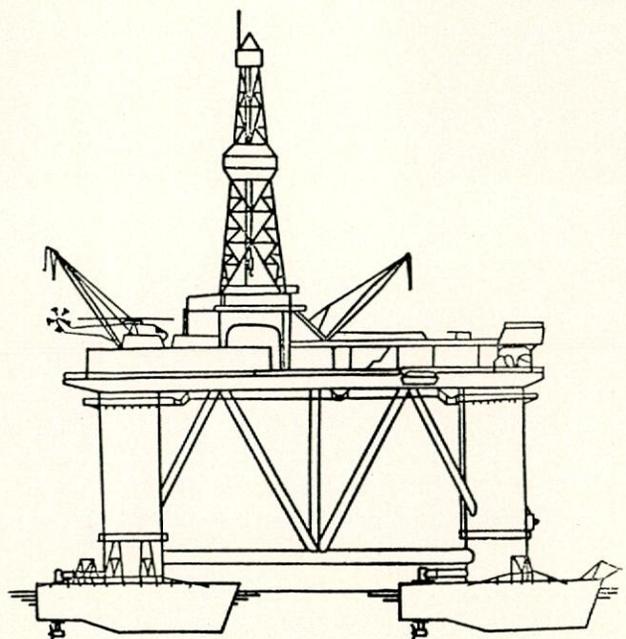


Fig. 11.—Plataforma semi-sumergible con propulsión (SATREM). Tres patas con pies individuales.

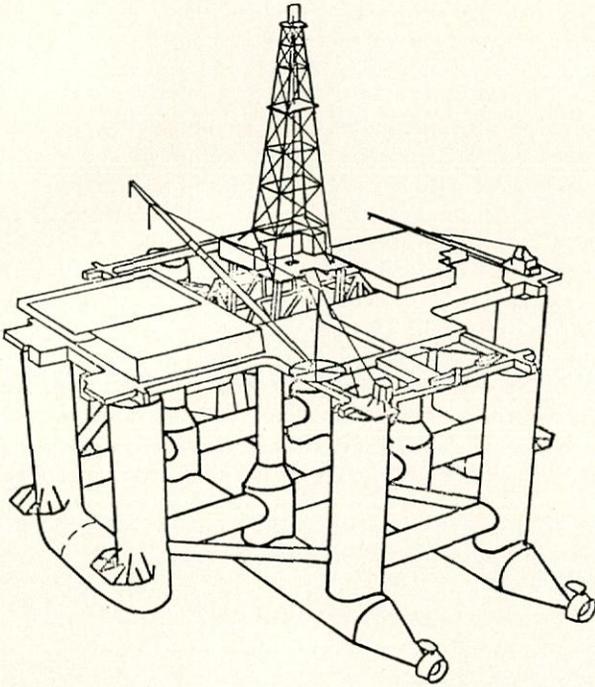


Fig. 12.—Plataforma semi-sumergible con autopropulsión (ODECO). Patas unidas en ambos sentidos.

Antes de echar una mirada a los datos característicos de diseño, mencionaré dos principales inconvenientes de este tipo de plataformas: El mismo principio básico con el que se logra reducir los movimientos —colocar el volumen necesario para el empuje vertical suficientemente por debajo de la superficie del agua, y reducir a un mínimo (determinado por las exigencias de estabilidad y resistencia estructural) la sección de los elementos que penetran la superficie— tiene la consecuencia de grandes diferencias de calado por unidad de carga útil; es decir, que se necesita un volumen relativamente grande y un sistema bastante complicado de lastre para compensar los cambios de pesos. La segunda desventaja es el tamaño, sobre todo la gran altura de la plataforma, que causa dificultades durante la construcción y en caso de reparaciones, especialmente en sitios con poca profundidad de agua; ejemplo, “Chris Chenery”, Off-shore Co./Blohm + Voss - izada del pontón de 6.000 toneladas a una altura de 40 m., con 8 pilones auxiliares y equipo hidráulico). No quiero detenerme más en este problema, aunque sea muy importante, porque tienen a su disposición la excelente y detallada investigación de su compatriota J. M. Marco Fairén (*Ingeniería Naval*, noviembre 1973, [3]), que trata especialmente de este asunto.

Igual que para las plataformas levadizas, quiero mencionar algunos datos típicos en cuanto a las proporciones y capacidades. La forma de la cubierta y la repartición de la superestructura depende de la configuración de la plataforma. Las cubiertas rectangulares tienen, en diseños recientes, dimensiones de aproximadamente 90/110 por 60/70 metros, la altura total (sin torre) es de 40 m., el calado (en condición de trabajo) entre 20 y 25 m. Ya he mencionado las profundidades de agua; la profundidad típica de perforación es de 25.000 pies, lo que significa una carga de tubería, en cubierta, del orden de 800 a 1.200 tone-

ladas (potencia de la instalación de perforación, 1.000 a 2.000 f.c.). El desplazamiento máximo alcanza en algunos casos 30.000 toneladas, la capacidad total de carga unas 12.000 toneladas (incluso hasta 3.000 toneladas en cubierta). Datos típicos de almacenaje: fango (granel) y cemento: 1.000 a 2.000 toneladas; lodo líquido: 500 toneladas; agua para perforación: 1.500-3.000 toneladas; combustible (según exista autopropulsión o no): 700 hasta más de 2.000 toneladas. Tripulación: 70 hasta 100 hombres. Casi todos los diseños recientes prevén propulsión propia, en primer lugar para poder efectuar traslados sin ayuda ajena o con poca, logrando alrededor de 6 nudos, y luego —esto todavía está en estado de desarrollo y experimentación— para mantener la posición de trabajo sin amarre. Actualmente es lo normal amarrar la plataforma con 6 u 8 anclas/cadenas, equipo que también ocupa un importante puesto en cuanto al peso (alrededor de 1.000 toneladas; siendo el peso del ancla de 20 a 30 toneladas, lo que impone la necesidad de usar buques auxiliares, capaces de efectuar las maniobras correspondientes).

El sistema de anclaje, desde luego, representa uno de los más importantes elementos de la plataforma, ya que de él depende la seguridad de las operaciones de perforación. La desviación horizontal admisible es de aproximadamente el 5 por 100 de la profundidad de agua. Falta tiempo para tratar más en detalle este asunto.

Mucho se ha dicho o escrito recientemente en relación al cálculo estructural y algunas observaciones

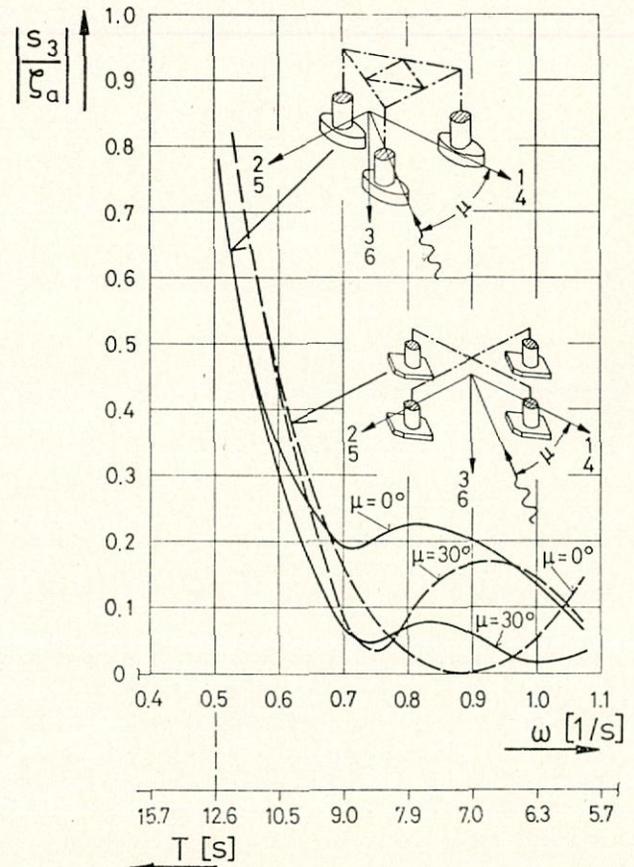


Fig. 13.—Arfada de una plataforma semisumergible en olas regulares.

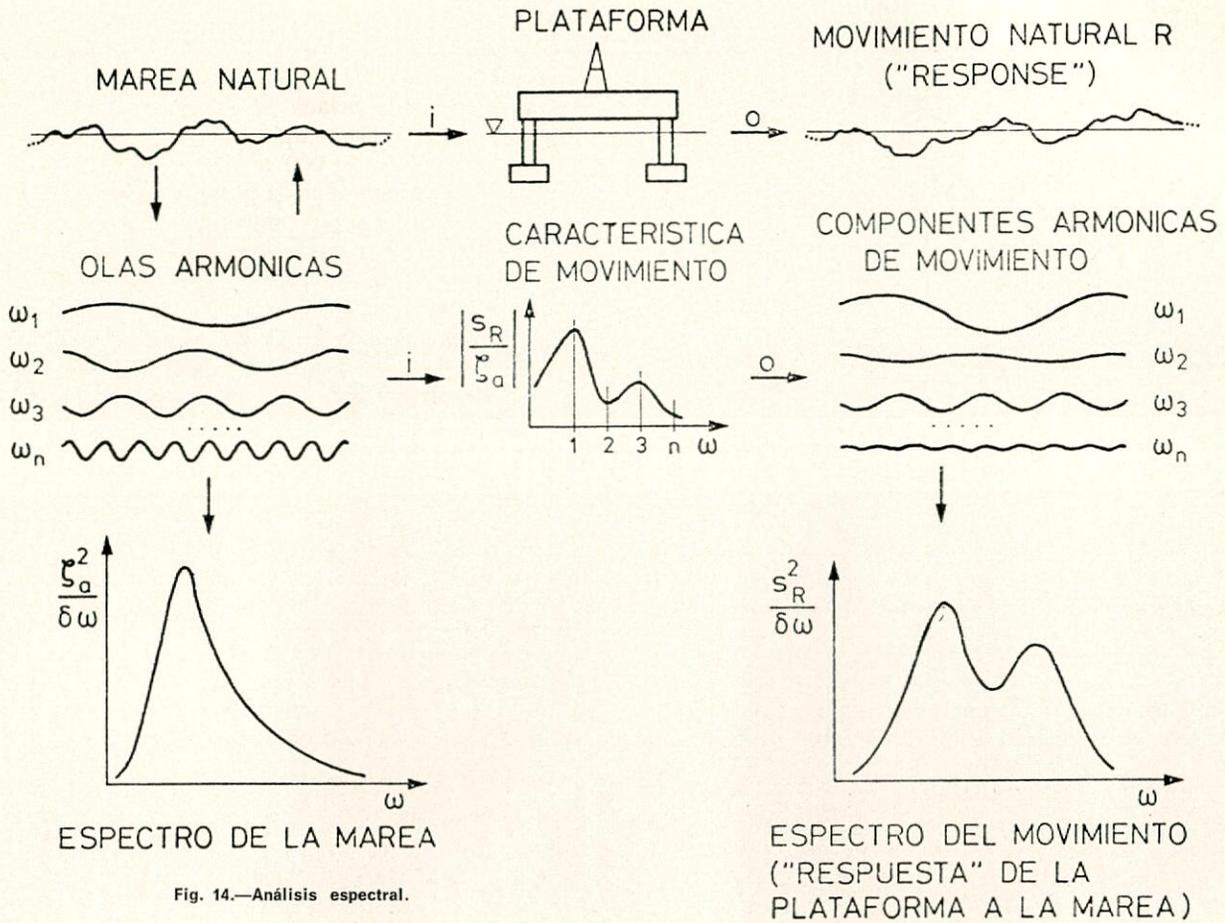


Fig. 14.—Análisis espectral.

generales ya se han hecho más arriba; quisiera, sin embargo, presentar brevemente el método de cálculo usado en nuestra casa especialmente aplicable a plataformas semi-sumergibles.

El comportamiento, la "respuesta" ("response") de la plataforma, se estudia utilizando el análisis espectral, introducido por St. Denis y Pierson en el cálculo de buques hace unos 20 años.

Recordemos las características generales de este método, ya que sus limitaciones son importantes para juzgar algunas suposiciones simplificantes, necesarias actualmente, para resolver los problemas hidrodinámicos, estructurales y estadísticos que se presentan. Miremos la figura 14. En la línea superior encontramos una situación posible, la respuesta de la plataforma (por ejemplo, el movimiento vertical o el balanceo) a la acción de las olas, como fueron medidas.

Como es sabido, la mar natural puede ser sustituida en forma lineal por una serie de olas armónicas con diferentes amplitudes  $\zeta_a$  y frecuencias  $\omega_n$ . La repartición del cuadrado de estas amplitudes en relación al intervalo  $\delta\omega$  es el espectro de olas. Normalmente este espectro no varía mucho dentro de cierto plazo de tiempo —digamos dos horas— y es casi constante en un área relativamente grande del mar. Esta propiedad facilita la derivación de parámetros estadísticos de la mar.

En el centro del cuadro vemos la respuesta —calculada— de la estructura a las olas armónicas. Conociendo esta respuesta, es posible determinar los parámetros estadísticos del comportamiento ("seaway response") en una mar compleja.

metros estadísticos del comportamiento ("seaway response") en una mar compleja.

$$\sum_{k=1}^6 V_{jk} \cdot S_k = \underline{F_j}, \quad j = 1, (1), 6$$

$$V_{jk} = (\delta_{jk} m_j + a_{jk}) (i\omega)^2 + b_{jk} (i\omega) + c_{jk}$$

$$F_j = \sum_{(d)} F_{dj}, \quad (a|b|c)_{jk} = \sum_{(d)} (a_d|b_d|c_d)_{jk}$$

- a = COEFICIENTE DE MASA HIDRODINAMICA
- b = COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO
- c = COEFICIENTE DE RESTITUCION
- $\delta_{jk}$  = "KRONECKER - DELTA"

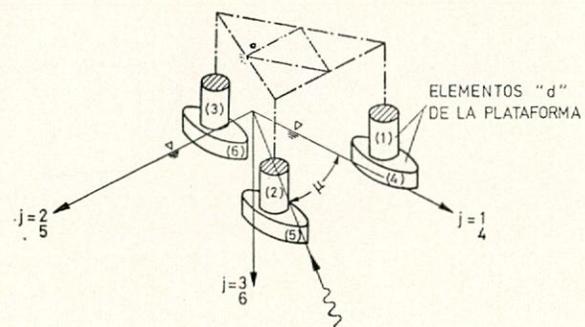


Fig. 15.—Ecuaciones de movimiento.

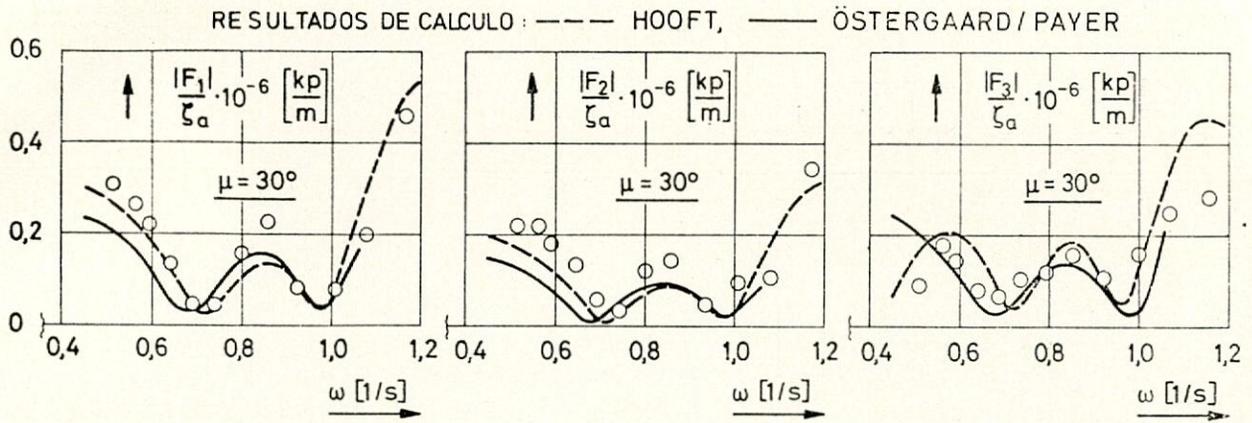


Fig. 16.—Comparación de fuerzas de olas medidas y calculadas. Resultados experimentales para una plataforma tipo «SEDCO 135» (modelo escala 1:50) (Hooft).

El proceso descrito hasta ahora es válido solamente para sistemas lineales, es decir, la amplitud de movimiento (u otra reacción) debe ser una función lineal de la amplitud de ola solamente. Esta suposición debe ser controlada en cada caso.

La tarea esencial entonces es determinar la característica lineal de respuesta, llamada en la literatura R.A.O. (Response Amplitude Operator) de la estruc-

tura, para cada frecuencia y cada dirección de las olas que interesan. Los R.A.O. que más nos interesan son aquellos que se refieren a tensiones.

El primer paso consiste en resolver el sistema de las seis ecuaciones del movimiento, representadas por la fórmula superior del siguiente cuadro (fig. 15). El vector  $F_j$  subrayado contiene seis componentes de fuerzas de olas actuando sobre el cuerpo sumergido,

FUERZA HIDRODINAMICA :

$$\underline{H}_{dj} = \sum_{k=1}^6 (V_{djk} s_{dk}) - \underline{F}_{dj}, \quad j = 1, (1), 6$$

FUERZA RESULTANTE :

$$V_{djk} = a_{djk} (i\omega)^2 + b_{djk} (i\omega) + c_{djk}$$

$$\underline{L}_{dj} = m_{dj} \cdot s_{dj}^* (i\omega)^2 + H_{dj}$$

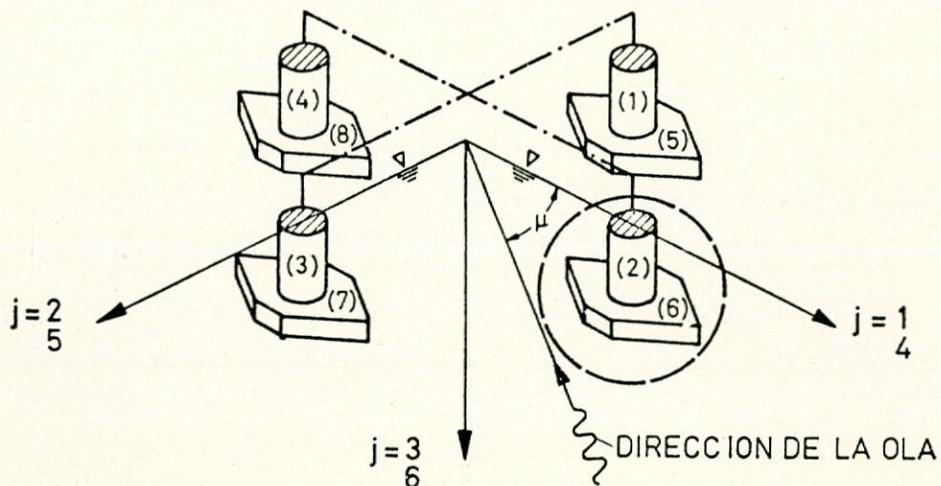


Fig. 17.—Definición de las fuerzas.

-- FUERZAS DE LA OLAS, F -- FUERZAS HIDRODINAMICAS, H -- FUERZAS RESULTANTES, L

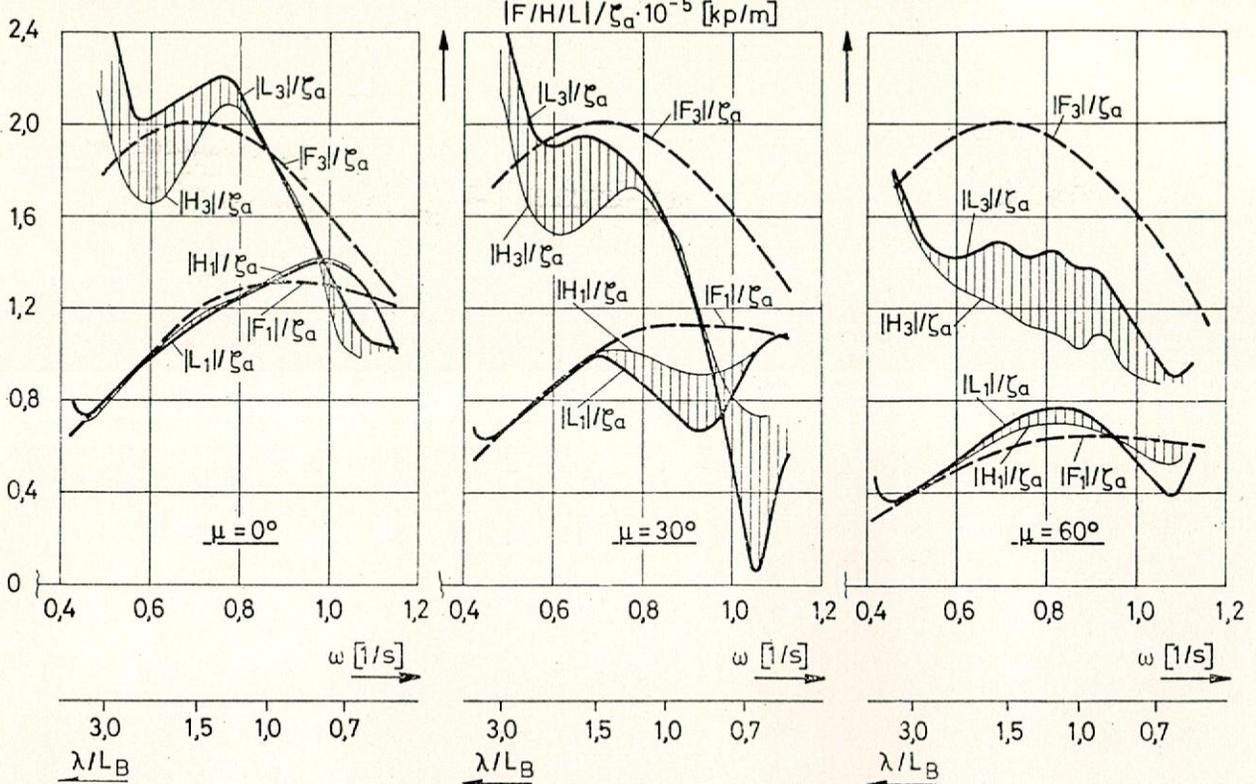


Fig. 18.—Fuerzas actuando sobre la plataforma.

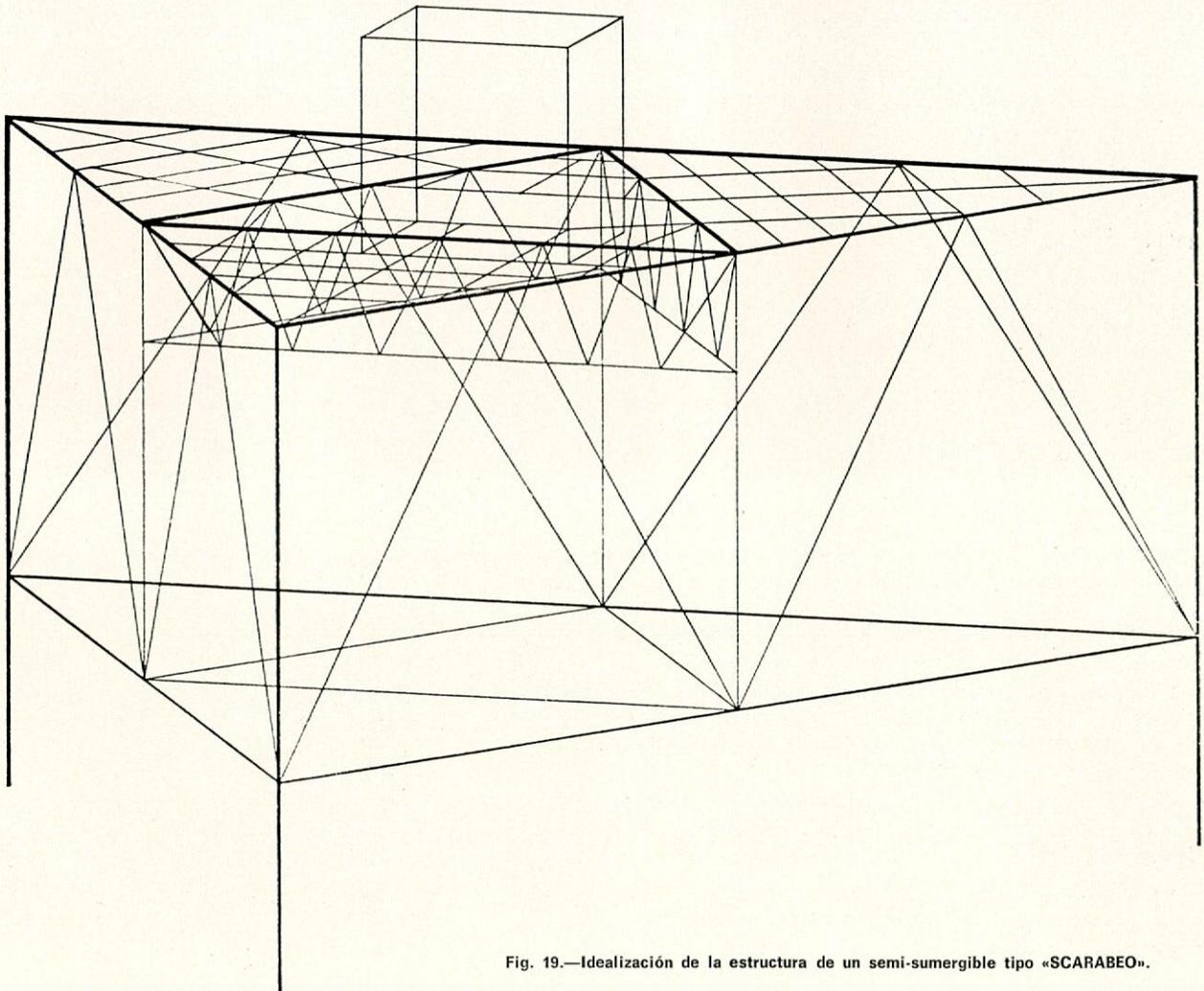


Fig. 19.—Idealización de la estructura de un semi-sumergible tipo «SCARABEO».

y la matriz  $V_{jk} \cdot S_k$  representa las fuerzas hidrodinámicas que ocurren cuando este cuerpo efectúa movimientos armónicos de amplitud  $S_k$  cerca de la superficie de agua.

No podemos detenernos ahora en las dificultades que se presentan al determinar las fuerzas  $F$  y  $V$ . Las fórmulas respectivas están indicadas en el cuadro, así como los coeficientes, cuya determinación numérica forma gran parte de las dificultades. Solamente quiero mostrar aquí, como resultado intermedio, una comparación de algunos valores  $F/\zeta_a$  para una plataforma del tipo "Sedco", para el cual también se efectuaron experimentos en canales de experiencias (fig. 16).

El siguiente paso consiste en transformar los movimientos de la plataforma (centro de gravedad) en componentes de movimiento en los diferentes elementos de importancia en sentido hidrodinámico, en calcular las fuerzas hidrodinámicas  $H_{dj}$  y las cargas resultantes ( $L_{dj}$ ) producidas en estos sitios (ver fig. 17). Estas fuerzas pueden ser presentadas también en forma de R.A.O., como se muestra en la figura 18.

Finalmente, para llegar a las tensiones o los esfuerzos que más nos interesan, se efectúan cálculos según las fórmulas siguientes:

$$\sigma_k^A = \sum_{j=1}^6 S_j (i\omega)^2 \bar{\sigma}_{jk}^A$$

$$\sigma_k^H = \sum_{d=1}^D \sum_{j=1}^6 H_{dj} \bar{\sigma}_{djk}^H$$

$$|\sigma_k| = \left\{ \left[ \text{Re}(\sigma_k^A) + \text{Re}(\sigma_k^H) \right]^2 + \left[ \text{Im}(\sigma_k^A) + \text{Im}(\sigma_k^H) \right]^2 \right\}^{1/2}$$

Se ve aquí que todas las tensiones consisten de una parte real y una imaginaria, debido a diferencias de fase entre la ocurrencia de la carga en diferentes puntos.

La figura 19 facilita una idea de un sistema idealizado para el que se calculan las fuerzas y tensiones nominales mencionadas. Cabe mencionar que estas tensiones son válidas solamente en secciones o partes de la estructura en las que no hay que sospechar concentraciones y desviaciones de la repartición lineal. En puntos determinados, como sucede en las conexiones complejas como la de la figura 20, es necesario muchas veces efectuar investigaciones adicionales, usando, por ejemplo, el método de "elementos finitos", bien conocido. Las condiciones de contorno (fuerzas o desplazamientos) se obtienen en tal caso de los cálculos globales descritos anteriormente.

Mucho más habría que decir sobre este asunto, pero nos falta el tiempo y más bien aprovechamos los últimos minutos para señalar otro área de investi-

gación, que está estrechamente unida con los complicados detalles estructurales que acabo de mencionar. Se trata de los problemas, específicos en construcciones "fuera costa", referentes al material y su elaborado, especialmente la soldadura. Debido al rápido progreso técnico en este campo, no ha sido posible especificar en cuidadosos y pequeños pasos las exigencias, lo que hace imperativo controlar la calidad de construcción con mayor intensidad de lo que es usual en los astilleros.

Las exigencias más importantes en cuanto al material (acero) son, aparte de la resistencia a la tracción, su tenacidad (que, como se sabe, tiene mucho que ver con la resistencia a la fatiga) y la resistencia en sentido a través de la chapa (relacionado a la existencia o limitación de impurezas y al proceso de laminado). En cuanto a la resistencia a través de la chapa, los nuevos reglamentos del GL exigirán un valor de 20 por 100 de estricción de rotura para elementos con esfuerzos tridimensionales.

En cuanto a la soldabilidad, un equivalente de carbono de 0,43 por 100 parece ser un límite aceptado a escala internacional. En muchos casos es necesario precalentar las partes y unir, y en algunos, dar además un tratamiento térmico posterior.

Como ya hemos mencionado, la comprobación de calidad mediante rayos X, ultrasonidos y pruebas de detección de fisuras (por ejemplo, magnéticas) juega un papel muy importante, especialmente al no ser posible inspeccionar ciertas uniones vitales visualmente por ambos lados o durante el servicio de la plataforma, respectivamente.

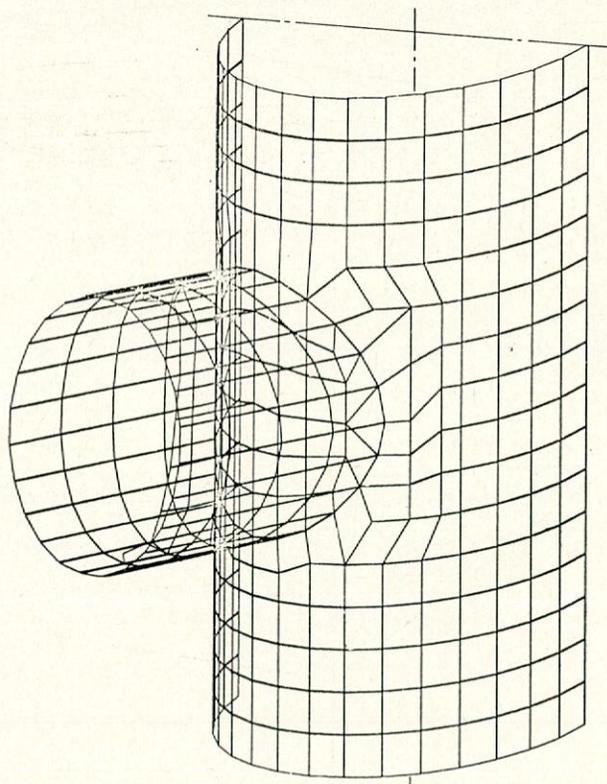


Fig. 20.—Conexión de tubos.

(Sigue en la pág. 586)

# LA EXPLOTACION DE LOS YACIMIENTOS SUBMARINOS DE PETROLEO (\*)

Por José Marco Fayren

Dr. Ingeniero Naval

Andrés Casas Vicente

Ingeniero Naval

y

Eduardo Pineda González

Ingeniero Naval

## RESUMEN

*En primer lugar, se hace una exposición general de los aspectos más característicos de este tipo de explotaciones, con particular mención de los problemas que impone el medio marino.*

*Después se describen los diferentes tipos de estructuras que se están utilizando, tanto las tradicionalmente usadas en áreas tales como el Golfo de Méjico como la nueva generación de gigantescas unidades que se están construyendo para el mar del Norte.*

*Finalmente se describe un nuevo diseño de plataforma de producción desarrollada por los autores; se comentan sus ventajas e inconvenientes en relación con los tipos actuales, así como los problemas que plantea su construcción.*

## SUMMARY

*This paper begins by examining the outstanding features of this type of installations, special reference is made of the problems imposed by the marine environment.*

*It follows a description of the different types of offshore platforms, these are the traditional structures presently being used in areas such as the Gulf of Mexico, as well as the new generation of huge platforms which are under construction to operate at North Sea locations.*

*Finally, a description is made of a new design of production platform developed by the authors; a discussion is made of its advantages and inconveniences in comparison with the other present types, as well as its construction problems.*

## A. INTRODUCCIÓN

El área total de la Plataforma Continental, incluyendo el Talud Continental, se calcula en 60 millones de kilómetros cuadrados, de los cuales aproximadamente el 50 por 100 se hallan a profundidad inferior a 200 metros. La anchura oscila entre cinco millas en California a 250 millas en la costa de Nueva Inglaterra, con una media mundial de 42 millas.

En lo que a Europa se refiere, su plataforma, medida hasta la línea de los 200 metros, tiene una superficie de 5,8 millones de kilómetros cuadrados, no siendo ancha en general salvo en el mar Báltico y mar del Norte (exceptuándose la costa de Noruega) y Adriático.

Según datos provenientes de diversas fuentes, el total hasta hoy consumido de petróleo procedente del subsuelo marino es del orden de los 7.700 millones de toneladas, estimándose las reservas conocidas en 21.385 millones de toneladas, aproximadamente el 24 por 100 del total de las reservas mundiales conocidas, que alcanzan la cifra de 91.000 millones de toneladas, habiendo sido el consumo total durante 1974 de 2.797 millones de toneladas, con un aumento del 3 por 100 sobre el año anterior.

No obstante, se estima que el potencial total mundial de hidrocarburos recuperables es del orden de los 756.000 millones de toneladas, con los que se espera, dadas la actual tasa de consumo y tendencia de crecimiento, que exista reserva para ciento cincuenta años. De este potencial total un 41 por 100 (310.000 millones de toneladas) corresponde a petróleo marino, aunque existen estimaciones menos conservadoras que afirman que en 1985 más del 50

(\*) Trabajo presentado en las XI Sesiones Técnicas de Ingeniería Naval, celebradas los días 22 al 25 de mayo de 1975 en Santander - "Monte Granada".

por 100 de las reservas corresponderán a yacimientos bajo el fondo del mar. Se calcula que el 32,2 por 100 del total mundial de petróleo producido en 1985 será de origen marino.

La distribución de las actuales reservas en yacimientos submarinos, así como de la producción esperada en 1985 y sus respectivos porcentajes sobre el total mundial, se muestra en el cuadro 1.

C U A D R O 1  
(Millones de toneladas)

	<i>Reservas actuales</i>	<i>% mundial</i>	<i>Producción 1985</i>	<i>% mundial</i>
Cercano Oriente ... ..	11.745	13	749,7	9,8
Suramérica ... ..	4.725	5,2	436	5,7
Europa (norte) ... ..	1.566	1,7	382,5	5,0
Norteamérica ... ..	1.512	1,6	413,1	5,4
Oeste africano ... ..	1.000	1,1	221,9	2,9
Australasia ... ..	405	0,4	53,6	0,7
Mediterráneo ... ..	256	0,3	45,9	0,6
Lejano Oriente ... ..	176	0,2	160,7	2,1
	21.385	23,5	2.463,4	32,2

Especial interés por el gran desarrollo que están originando en la tecnología de exploración y producción de petróleo marino merecen los yacimientos hallados en el Mar del Norte, cuyas reservas recuperables actualmente conocidas son del orden de 1.566 millones de toneladas, el 84 por 100 de las cuales se hallan en el sector británico, donde se encuentra el mayor de los campos de esta zona, el de BRENT, con unas reservas de 322 millones de toneladas.

La enorme reserva potencial que yace en el subsuelo marino, unida a otra serie de consideraciones, tales como el deseo de los países ribereños de ser lo más autosuficientes posible en materia energética; el aumento continuo de los precios de los crudos, que hacen competitiva la producción marina; el ahorro que para los países representa que en sus costas aparezca petróleo, y otras, crean una serie de condiciones altamente favorables para el desarrollo de la industria marina del petróleo.

Estas atractivas perspectivas, junto con el reto técnico que es la producción marina en aguas con un calado superior a 100 metros, nos ha movido a desarrollar este proyecto que ahora presentamos, en el deseo de dar un paso más hacia adelante en este camino que está empezando a recorrerse.

Pero antes haremos algunas consideraciones respecto al entorno en que estas actividades se han de desarrollar y describiremos las distintas soluciones que se están utilizando para abordar el problema de la producción marina de petróleo.

## B. EL ENTORNO MARINO

Una de las primeras dificultades que es preciso vencer en una producción marina de petróleo es el propio medio en el que ella se desenvuelve, no sólo en lo que a condiciones meteorológicas se refiere, sino también al tipo de fondo donde las plataformas han

de emplazarse. Su combinación, además del calado, determinarán el tipo de estructura más adecuado.

De las zonas donde actualmente se está produciendo e investigando petróleo hay cuatro áreas donde predominan unas bajas características de fondo marino: Brunei-Borneo, Lago de Maracaibo, Nigeria y Delta del Mississipi, donde la resistencia de los primeros estratos no supera los dos kilogramos por centímetro cuadrado.

De ellas una es tranquila zona de aguas interiores (Maracaibo). Dos tienen moderadas características, Nigeria y Borneo, con olas por debajo de los dos metros la mayor parte del tiempo y velocidad del viento por debajo de los 15 nudos, siendo la temperatura media de las aguas de 28° C. La restante, Delta del Mississipi, tiene sus aguas tranquilas la mayor parte del tiempo, aunque sujeta a violentos huracanes.

Debido a las características citadas, fundamentalmente al tipo de fondo, las estructuras de producción que en estas zonas se han desarrollado son las de armadura de acero y patas, con pilotes penetrando en el subsuelo hasta 20 y 30 metros.

Existen áreas con el fondo del mar bastante firme, por encima de los 125 kilogramos por centímetro cuadrado de resistencia. Tales como son Qatar, Alaska y Mar del Norte. La primera es zona de relativamente pocas tormentas, aunque éstas son de gran intensidad; las olas más frecuentes no superan 1,5 metros y la velocidad del viento pocas veces sobrepasa los 15 nudos; la temperatura de las aguas oscila entre 19° y 33° C. El Mar del Norte está, invariablemente, encrespado, con frecuentes olas superando los 2,5 metros y siendo en algunas estaciones extremadamente violento; la velocidad del viento alcanza con frecuencia los 25 nudos y la temperatura de las aguas oscila entre 5° y 16° C. En Alaska es frecuente el mar helado, con espesores de hielo de hasta 1,85 metros, olas significativas por encima de

1,5 metros y corrientes violentas de seis y ocho nudos de velocidad. El viento supera frecuentemente los 20 nudos y la temperatura del mar varía entre  $-2,2^{\circ}$  y  $16^{\circ}$  C.

En estas dos últimas zonas es donde las estructuras de gravedad han ofrecido una solución alternativa a las plataformas convencionales de armadura de acero, sobre todo en calados por encima de los 100 metros, tal como más adelante describiremos.

Con los datos anteriores sólo hemos querido reflejar las muy distintas características ambientales que pueden presentarse, por lo que es imposible fijar un criterio general al que deba ajustarse una estructura marina. El análisis recurrente de las condiciones meteorológicas acaecidas en un amplio período de tiempo en una zona determinada, y la aplicación de la probabilidad estadística, permitirá llegar a una serie de circunstancias climatológicas con las que la estructura puede enfrentarse a lo largo de su vida.

Otro factor importante es la profundidad de las aguas en el punto de producción.

En el Golfo Pérsico la profundidad máxima a la que se está produciendo es de 30 metros, con la posibilidad de una ola de 8,2 metros cada cincuenta años. En el Golfo de Méjico, costa de Louisiana, la profundidad más frecuente de producción es de 90 metros, con la posibilidad de una ola de 8,2 metros cada veinte años. En esta zona es donde la Cía. Shell ha batido el récord de producción de petróleo, con una profundidad de 120 metros. En el Mar del Norte se ha encontrado petróleo a más de 150 metros de profundidad. En la actualidad existen encargos de plataformas para 145 metros de calado en el campo de Piper y para 140 metros en BRENT, estando en fase de proyecto una para 160 metros en el campo de Thistle.

Es, indudablemente, el calado la mayor limitación que las plataformas fijas de producción de petróleo tienen. Según algunos autores, se puede esperar que para principios de 1980 se esté explorando petróleo más allá de los 750 metros de profundidad (actualmente el récord lo tiene ESSO, que ha concluido pozos en el Canal de Santa Bárbara, cerca de Los Angeles, a 450 metros). Para estas profundidades el problema de producción sigue sin resolver, si bien se trabaja en proyectos con cabezas submarinas y campanas neumáticas, alguno de los cuales se han producido con éxito.

Dadas las enormes inversiones que son precisas para la puesta en explotación de los yacimientos marinos, se procura disponer el mínimo de plataformas de producción, para lo cual se concentran al máximo las cabezas de los pozos utilizando técnicas de desviación de las perforaciones para así abarcar desde una misma plataforma la mayor extensión posible del yacimiento. Estos pozos frecuentemente se perforan desde la propia plataforma de producción. Como dato diremos que en el yacimiento de Forties, en el Mar del Norte, se perforará desde cada plataforma 27 pozos y la plataforma ANDOC para el yacimiento de DUNLIN podrá perforar 48.

Por lo demás, y aparte de las ya reseñadas, la producción de petróleo en el mar no ofrece mayores dificultades que en tierra. Se deben disponer separadores de los productos obtenidos: gas, petróleo y agua, medios de inyección de gas o agua en la formación, almacenamiento de crudos y descontaminación de las aguas, planta de energía, talleres de reparación y un eficiente sistema de seguridad que detenga la producción en caso de accidentes o incendio, así como medios para su extinción.

Por una serie de consideraciones económicas y de tiempo es aconsejable, y así se hace, utilizar equipos premontados en paquetes o módulos, cuyos pesos oscilan entre 200 y 400 toneladas, llegando incluso a 1.200.

Un equipo típico de producción marina comprende básicamente los siguientes módulos:

- Módulo de cabezas de pozo,
- Módulo de procesado,
- Módulo de servicio,
- Módulo de habilitación,
- Módulo de inyección de agua,
- Módulo de compresión de gas,

y, además, grúas, salvavidas, helipuerto con servicio de repostado de combustible, equipo de perforación, también modulado, que generalmente se desmantela finalizado su trabajo, etc.

#### C. DESARROLLO DE LAS PLATAFORMAS MARINAS DE PRODUCCIÓN

En las aguas menos profundas, con características ambientales moderadas, tales como el Lago Maracaibo, Golfo de Méjico, Golfo Pérsico, se desarrollaron estructuras de armadura de acero, asentadas sobre pilares y clavados en el fondo del mar. Pero para mayores profundidades y con condiciones ambientales más hostiles, tal como ocurre en el Mar del Norte, el acero es sometido a esfuerzos muy superiores, las dimensiones y escantillones se agigantan y, en el caso concreto del Mar del Norte y Alaska, la baja temperatura de las aguas crean nuevos peligros de fracaso de las uniones soldadas. Las estructuras convencionales de armadura de acero están llegando prácticamente al límite de sus posibilidades. En las plataformas en construcción durante 1973 se han ido introduciendo sucesivamente nuevos cambios de proyecto, incorporando acero especial y retrasándose las obras considerablemente. El factor financiero ha alcanzado proporciones gigantescas: el coste estimado para el desarrollo de un campo a base de cuatro grandes plataformas convencionales supera los 1.000 millones de dólares.

Otro factor crítico, sobre todo en el Mar del Norte, donde las condiciones no permiten trabajar en alta mar sino en un corto período del año, la ventana que va de mayo a septiembre, es la longitud de la fase de montaje de la cubierta superior, que en las estructuras convencionales debe realizarse "in situ".

La respuesta a todos los problemas está en el nuevo concepto de plataformas de gravedad, de hormigón armado o mixtas, que soportan los embates del mar por su propio peso. Este tipo, a las características generales del hormigón como material de construcción (conocido, de mano de obra barata, más resistente a la corrosión), permite ser construidas y terminadas prácticamente en aguas abrigadas, necesitando un tiempo mínimo de instalación "in situ" y ofreciendo, además, la posibilidad de almacenamiento del crudo, siendo, a nuestro entender, la solución más económica para calados superiores a los 100 metros.

Los inconvenientes que presentan son: la presión que ejercen sobre el terreno, que no las hace válidas para fondos blandos o irregulares; la necesidad de ser construidas en vertical, con el consiguiente encaramiento de las obras, y los problemas de estabilidad que presentan durante la fase de inmersión al ser colocadas en su emplazamiento definitivo.

A continuación describiremos muy someramente dos plataformas representativas del primer tipo y los tres proyectos, actualmente en construcción, del segundo.

DESCRIPCIÓN DE LA PLATAFORMA DE AMPOSTA

Se encuentra a 15 millas de la costa, en una profundidad de 61 metros. La producción se obtiene de cuatro pozos, uno de ellos doble para petróleo y gas, existiendo además dos pozos inyectores de agua. El gas no se produce para la venta, utilizándolo únicamente como combustible proporcionador de la energía necesaria en la planta y el resto para desoxidar el agua e inyectar. La producción diaria de crudo es de 30.000 barriles, con posibilidad de 40.000. La capacidad de inyección es de 20.000 barriles/día.

Consta de dos plataformas unidas por una pasarela (fig. 1), una de ellas para las cabezas de pozos y la otra para la planta de producción. El petróleo es transportado desde la segunda por una tubería submarina hasta una boya y de allí a un petrolero que sirve de tanque almacén, el cual está amarrado a dicha boya. El agua de lastre del petrolero, junto con la que se obtiene de los separadores, es reinyectada en la formación, siendo el funcionamiento de la planta automático.

La plataforma de producción está soportada por una estructura de seis pilares de acero, que en el fondo circunscriben un cuadrado de 24,4 metros de lado y que inclinándose forman en la superficie un rectángulo de 12,2 x 24,4 metros.

Tiene dos niveles o cubiertas, la superior de 24,4 x 30,5, con tres lados de voladizo, y la inferior de 24,4 x 24,4 metros. Una pasarela de 36,6 metros une ambas torres, permitiendo el acceso y soportando las tuberías.

El esquema de producción es el siguiente: los distribuidores de salida de las cabezas de pozo se localizan en la cubierta baja de la plataforma de pozos. Las líneas de conducción cruzan la pasarela hasta la plataforma de producción, subiendo a la cubierta superior, donde se hallan los separadores. De allí los productos líquidos pasan a un tanque de alivio y los gaseosos a un limpiador de gases. Del tanque de alivio, donde se produce una última separación, el crudo es conducido al petrolero por la tubería submarina citada.

En el limpiador de gases se extrae el SH<sub>2</sub>, el cual es diluido en el aire por tres grandes ventiladores, realizándose todos estos procesos en la cubierta alta.

En la cubierta baja se disponen equipos diversos, tales como compresores, generadores eléctricos, ma-

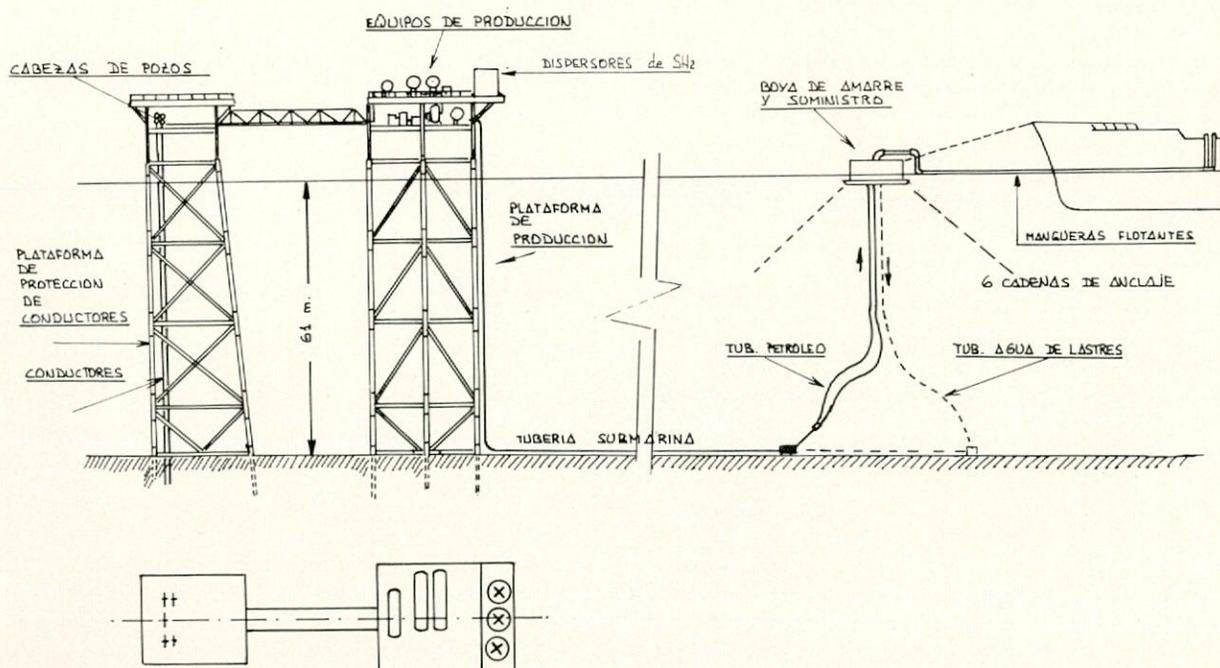


Fig. 1.—Plataforma de Amposta.

quinaria principal constituida por una turbina de gas y un motor diesel de respaldo, de 750 KW y 560 KW, respectivamente, arrancadores, depósito de diesel combustible, almacén de productos químicos, depósitos de sedimentación, tanque de servicio de agua de inyección, bombas de crudo, agua de inyección y contraincendios, caseta de control, etc.

Para mantener el calor del fluido producido (82° C) todas las tuberías están aisladas y la submarina está recubierta de una capa aislante y protectora de cemento.

En cuanto a los sistemas de seguridad, existen:

- Sistema de detección de fuego, que interrumpe la producción y pone en marcha el sistema contraincendios.
- Sistema contraincendios, constituido por agua a alta y baja presión, CO<sub>2</sub> en caseta de control y polvo seco.

- Sistema de control de SH<sub>2</sub>, que detiene la producción cuando la concentración de éste alcanza los 40 ppm.
- Sistema anticontaminación del mar, constituido por dispersantes químicos.

Hemos extendido la descripción de esta instalación por ser una planta elemental típica. Las que siguen en esencia dispondrán de los mismos servicios, más o menos sofisticados, dependiendo de las características propias del yacimiento.

PLATAFORMA "BRENT A"

Es quizá la mayor de las construidas en armadura de acero. Semejantes a ella se construirán cuatro para el yacimiento de FORTIES de la B. P. y posiblemente uno en el de PIPER de la Occidental (fig. 2).

Se emplazará en un calado de 140 metros a 120 millas de la costa. La altura total sobre el fondo del mar hasta el helipuerto será de 187 metros, pero su longitud total, desde el extremo de los pilares hasta lo alto de la torre, será de 290 metros.

El peso de acero estimado es de 40.000 toneladas, disponiendo una habilitación para 82 hombres. La producción diaria alcanzará los 100.000 barriles (cinco millones de toneladas/año), que se obtendrá de 25 pozos.

El diámetro máximo de las patas principales (figura 3) tiene 7,32 metros, con un espesor de chapa

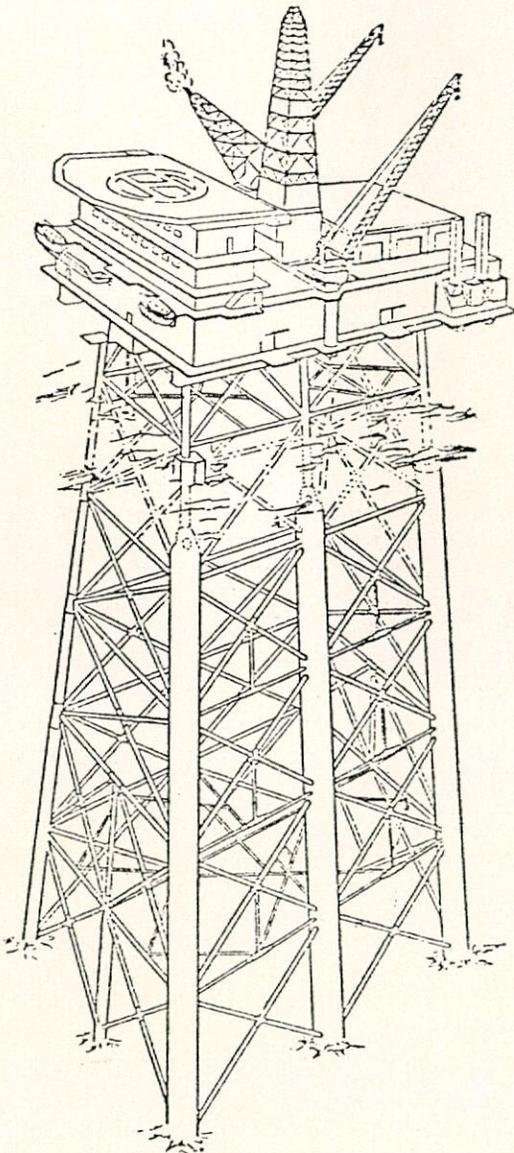


Fig. 2.—Plataforma «BRENT A».

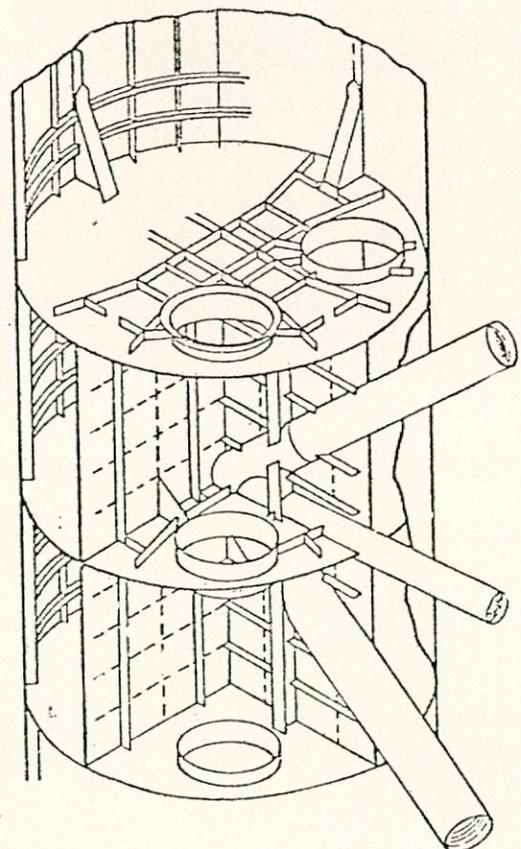


Fig. 3.—Plataforma «BRENT A». Reforzado interior de una columna.

de 63,5 milímetros. Los pilotes tienen un diámetro de 9,67 metros y penetran 30,5 metros en el subsuelo.

Para favorecer las operaciones de instalación en alta mar los módulos de producción no superan las 600 toneladas de peso.

#### PLATAFORMA HOWARD-DORIS

Es simplemente una planta de producción, almacenamiento y bombeo e históricamente la primera estructura gigante de cemento que se utilizó en la producción marina de petróleo. Se construyó en HILLEVAGEN, Noruega, y fue remolcada 300 millas en el verano de 1973 hasta los yacimientos de EKO-FISK (fig. 4).

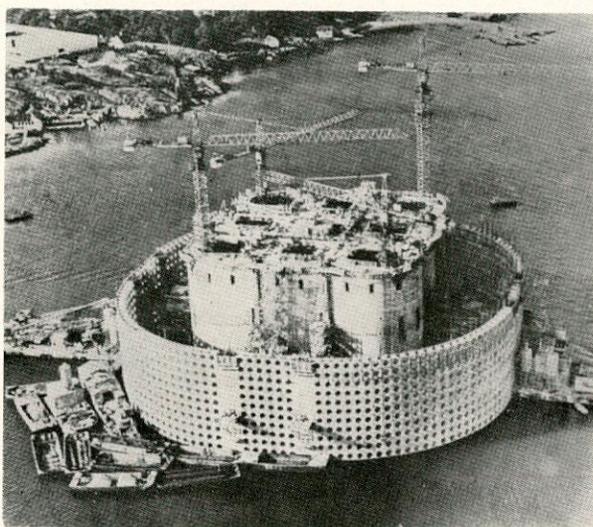


Fig. 4.—Tanque HOWARD-DORIS.

Tiene 90 metros de altura y 92 de diámetro, con un calado de 70 metros. Su construcción es totalmente de hormigón armado, alcanzando un espesor de un metro en la parte baja, para soportar una presión de seis kilogramos por centímetro cuadrado. La base está formada por una losa de hormigón de seis metros de espesor y está rodeada toda ella por un rompeolas, constituido por una pared de cemento con agujeros de diámetro variable que asciende hasta ocho metros sobre el nivel del mar.

Tiene una capacidad total de un millón de barriles (135.000 toneladas) y se emplearon 83.180 metros cúbicos de hormigón, con un coste total de la obra terminada de 28 millones de libras.

#### PLATAFORMA CONDEEP

Es un proyecto noruego, del que se están construyendo dos unidades en Stavanger para los yacimientos de BERYL (Mobil) y de BRENT (Shell/Esso) (fig. 5).

Consta de una base hexagonal formada por 19 cilindros de hormigón de 20 metros de diámetro y 56 de altura, 16 de los cuales se utilizan para alma-

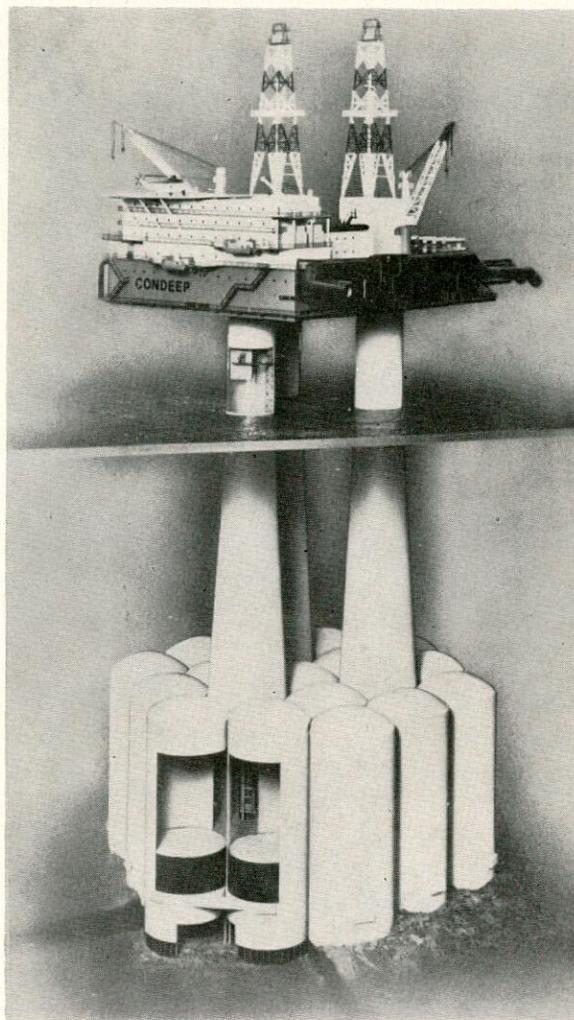


Fig. 5.—Plataforma CONDEEP.

cenar petróleo y tres sirven de arranque a sendas columnas, en cuya parte alta se apoya la plataforma de producción. Esta base proporciona flotabilidad en el transporte, con un calado de 36 metros y suficiente estabilidad para poder llevar la plataforma totalmente equipada en lo alto, con un peso de 15.000 toneladas. Para tal fin se ha dispuesto un lastre fijo de arena y cemento en el interior de los depósitos hasta un tercio de su altura.

De las tres columnas, dos se utilizan como conductores en las maniobras de perforación, de hasta 35 pozos, y la tercera para equipos y tuberías de trasiego de fluidos.

La construcción de la base se realiza en dique seco, hasta que tiene suficiente carena para flotar. Posteriormente se transporta a aguas más profundas y abrigadas y se continúa la construcción hasta completar las columnas, para lo que se va sumergiendo gradualmente la estructura, con ayuda del propio sistema de lastre, evitando así alturas de construcción antieconómicas.

Terminadas las columnas se intentará montar la plataforma superior, previamente construida en un astillero sobre dos buques, en un conjunto completo, mediante el método de ensamble por inmersión en aguas profundas de la parte baja. Este método fue

desarrollado y aplicado con éxito en la construcción de plataformas semisumergibles de perforación por el señor Marco en Vigo.

Una vez terminado este ensamble, se sitúa la plataforma en el calado de 36 metros y se realiza el remolque con un conjunto de remolcadores que proporcionarán unos 60.000 HP para conseguir una velocidad de dos nudos. Alcanzado el punto de localización, se procederá a la inmersión por inundación de los tanques inferiores.

En la base se han dispuesto unas faldillas metálicas de 3,7 metros que, a modo de uñas, se clavan en el terreno para ofrecer así mayor resistencia a los esfuerzos horizontales. Posteriormente, y para evitar erosiones en torno a la base, se esparcirá grava a su alrededor.

El resto de características se dan en el cuadro general de características (cuadro 2).

**PLATAFORMA MC ALPINE-SEA TANK**

La compañía Mc Alpine está construyendo tres plataformas de gravedad de hormigón para los campos de FRIGG (Elf-Total), BRENT (Shell-Esso) y CORMORANT (Shell-Esso), siendo esta última la mayor plataforma actualmente en construcción, para un calado de 153 metros y un peso total de 333.000 toneladas (fig. 6).

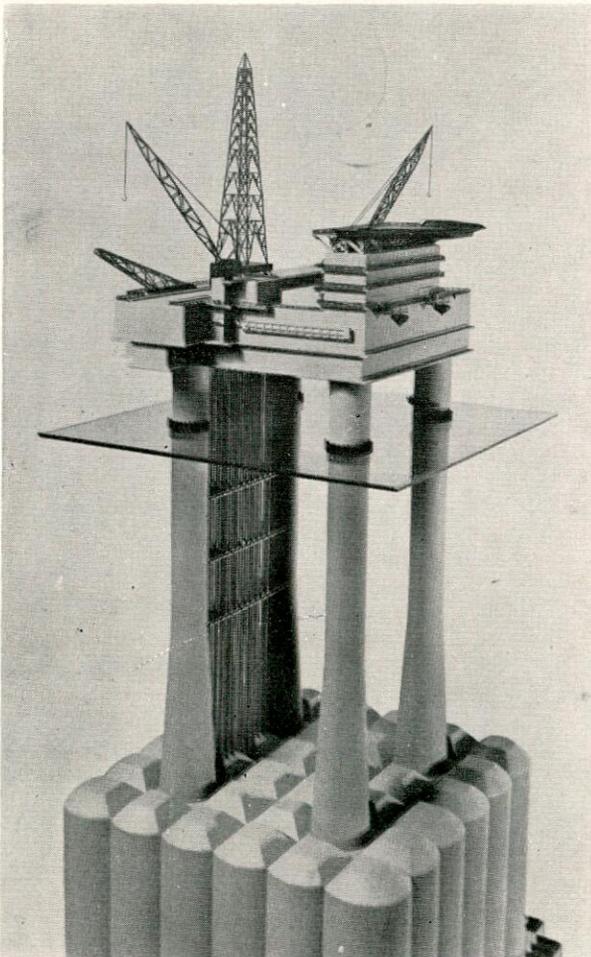


Fig. 6.—Plataforma Mc ALPINE.

En concepto es semejante a la anterior. Una gran base de cemento, dividida en células, de sección cuadrada, proveerá peso y espacio para almacenamiento de crudo, así como flotabilidad en la fase de remolque. De esta base nacen dos columnas en la plataforma para FRIGG y cuatro en las otras dos, las cuales soportan la cubierta superior de producción. En la FRIGG se utiliza el interior de una de las columnas como conducción para las perforaciones y el de la otra para tubería y equipo de trasiego. En las plataformas para BRENT y CORMORANT los conductores de perforación van por el exterior, pudiéndolo perforar 36 y 42 pozos, respectivamente.

Todas llevan bajo la base faldillas para su agarre al terreno y para evitar las erosiones se esparcirá grava a su alrededor.

El procedimiento de construcción es semejante también al anteriormente descrito. La cubierta superior se instala con ayuda de grúas flotantes y posteriormente se montarán en ella los módulos de perforación y de producción, estos últimos en una zona de aguas profundas y abrigadas o "in situ". La maniobra de remolque se verificará a una velocidad media de 1,5 nudos, con un calado de 36 metros en aguas tranquilas y hasta de 70 metros, si fuese necesario, en mar abierto, en cuyo caso, para mantener la velocidad de 1,5, sería preciso duplicar la potencia de arrastre, estimándose superior a los 100.000 HP en este segundo caso.

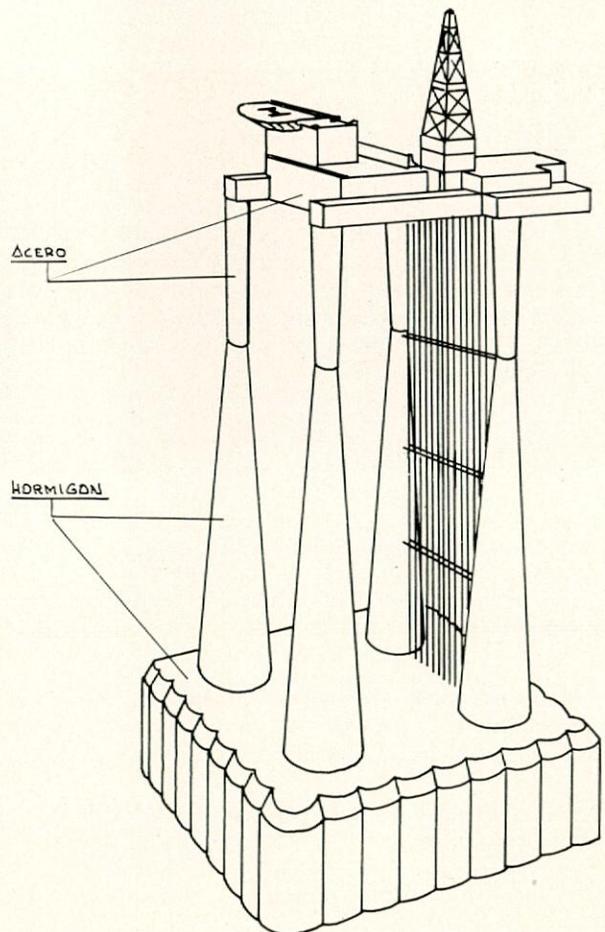


Fig. 7.—Plataforma ANDOC.

## CUADRO 2

## CARACTERISTICAS GENERALES DE ALGUNAS PLATAFORMAS DE PRODUCCION

		ACERO		HORMIGON ARMADO				MONACOL
		Amposta	Brent A	CONDEEP	MC ALPINE		ANDOC	
				Beryl	Brent C	Cormorant		
Altura total ... ..	(m)	155	290	200	237	247	239	207
Altura helipuerto ... ..	(m)	79	187	161	167	177	170	207
Altura columnas ... ..	(m)				107	113	144	183
Calado ... ..	(m)	61	140	124	142	152	153	144
Penetración en fondo ... ..	(m)	76,2	30,5	3,7	3	3	—	3
Número de columnas ... ..		6	6	3	4	4	4	1
Diámetro columnas ... ..	(m)		7,3	20/8	14,9/8,8	16,4/8,8	22,6/5,8	26
Número de compartimentos ... ..				19	36	36	81	6
Dimensiones base ... ..				Ø 100	91 × 91	100 × 100	103 × 103	Ø 104
Altura de la base ... ..				56	54	56	32	22
Peso acero estructural ... ..	Tons.		40.000	11.420	20.100	23.300		21.250
Peso de hormigón armado ... ..	Tons.			131.970	258.900	310.200		80.900
Peso total (incluyendo lastre) ... ..	Tons.		52.000	299.300	464.900	519.400		111.877
Capacidad de almacén ... ..	Tons.	0	0	121.500	88.000	135.000	135.000	135.000
Superficie de cubiertas ... ..	m <sup>2</sup>	1.384	3.000	4.000	4.000	4.000	4.500	6.500
Número máximo de pozos ... ..		6	27	36	36	42	48	60
Número de torres de perforación ... ..		—	1	2	1	1	1	4 (1)
Emplazamiento ... ..		Vinaroz	Forties	Beryl	Brent	Cormorant	Dunlin	
Distancia a la costa ... ..	Millas	15	120	95	100	112	109	

(1) Indica el número de perforaciones simultáneas posibles. Esta plataforma no lleva torres de perforación.

El resto de las características se dan en el cuadro general (cuadro 2).

## PLATAFORMA ANDOC

Ha sido encargada a Anglo-Dutch Offshore Concrete por la Shell U. K. para el yacimiento de DUNLIN, a 109 millas de la costa. Es un proyecto muy semejante al anterior, de sección cuadrada en la base dividida en 81 compartimentos y cuatro columnas de hormigón los 111 primeros metros y de acero los 32,6 metros últimos (fig. 7).

Los tubos conductores para las perforaciones están, como en el proyecto anterior por el exterior y tiene una capacidad para 48 pozos.

La construcción seguirá un proceso en todo análogo a los descritos, verificándose toda la obra de hormigón en Holanda, cerca de Rotterdam, y la fijación de la sección metálica de las columnas y de la cubierta superior en un fiordo escocés, abarcando un período total de tiempo de veintiocho meses.

Para su fundación dispone de faldillas metálicas para agarre en el suelo, y las maniobras de inmersión se harán utilizando su propio sistema de lastre.

## D. DESCRIPCIÓN DE LA PLATAFORMA MONACOL DE PERFORACIÓN Y PRODUCCIÓN

## 1. Descripción general

La plataforma MONACOL es de gravedad, de tipo mixto, constituida por una estructura principal

de acero con una base de hormigón. Esta base se asienta sobre el fondo del mar, no necesitando ser anclada al subsuelo mediante pilotes, asegurando su estabilidad merced a su geometría y peso. La figura 8 muestra una disposición general de esta plataforma, y el cuadro, las dimensiones principales y pesos.

Está formada por una columna cilíndrica de acero encastrada en una base de hormigón también cilíndrica. Por encima del nivel del mar, y a altura suficiente, se dispone una plataforma anular, concéntrica con la primera, y que puede desplazarse respecto a ella en sentido vertical durante las fases de montaje y emplazamiento.

En el extremo superior de la columna principal existe otra plataforma, también cilíndrica, fija a ella, que se utiliza, como más adelante veremos, para helipuerto.

La base está hecha de hormigón armado, y desde un punto de vista estructural cumple los siguientes objetivos:

- Sirve de empotramiento a la columna principal, manteniéndola en posición cuando está sujeta a la acción de vientos, olas, etc.
- Está dimensionada de forma que ejerza sobre el lecho presiones inferiores a la resistencia de éste.
- Evita el deslizamiento horizontal mediante faldillas que penetran en el subsuelo.

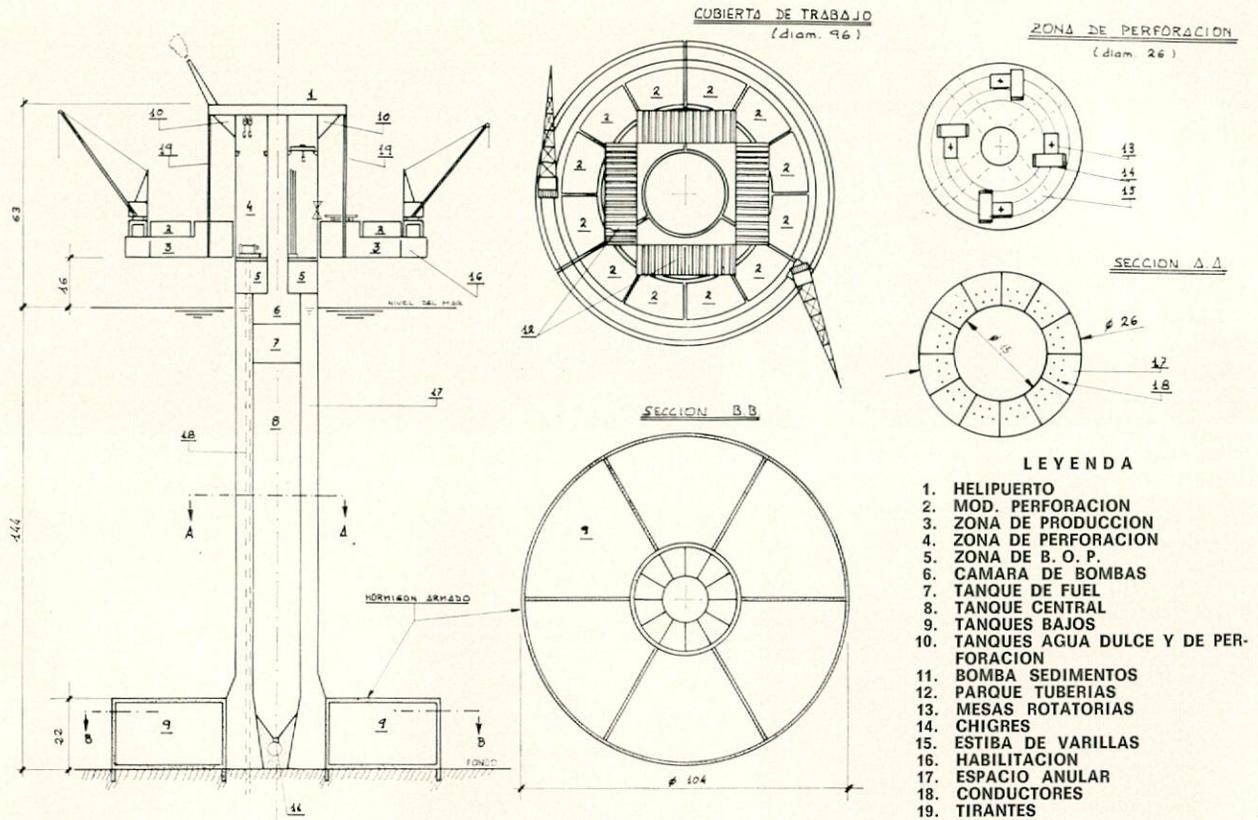


Fig. 8.—Plataforma MONOCOL de perforación y producción. Disposición general.

CUADRO 3

DIMENSIONES PRINCIPALES Y PESOS DE LA PLATAFORMA MONOCOL

Altura total	207 m.
Diámetro base	104 m.
Diámetro columna principal	26 m.
Diámetro plataforma anular	96 m.
Diámetro plataforma superior	44 m.
Calado de proyecto	144 m.
Altura de la base	22 m.
Puntal plataforma anular	6 m.
Altura plataforma anular s/mar	16 m.
Diámetro interior columna principal	15 m.
Número de pozos de producción	60
Capacidad de crudo	135.000 tons.
Peso de acero (incluyendo armaduras)	21.250 tons.
Peso de hormigón	80.900 tons.
Peso total	111.877 tons.
Presión s/fondo	0,98 kg/cm <sup>2</sup>

La columna principal es de acero, encastrándose en la base de hormigón, y está formada por dos cilindros concéntricos hasta el nivel de la plataforma anular. Para facilitar su construcción, la acción entre ambos está dividida en doce partes iguales mediante mamparos verticales radiales, formando una estructura celular. Por encima de la plataforma anular varía la estructura, que es la de un cilindro exterior reforzado, con un cilindro de eje interior de seis metros que da acceso a la sala de bombas y que contribuye al soporte de la cubierta superior.

El espacio interior de la columna principal sirve como tanque de decantación del crudo procesado, que después es almacenado en los tanques de la base y de aquí bombeado a los petroleros para el transporte. La parte baja de este tanque central está hecha de hormigón y aloja una bomba de trasiego de sedimentos, de control remoto, que actúa únicamente para limpiar éstos del fondo. Esta tanque es de inundación directa a través de aberturas en su parte inferior, las cuales son accionadas por válvulas de control remoto, que permanecen abiertas únicamente en la primera fase de la inundación.

Por encima de este tanque central de decantación existen espacios para un tanque de fuel-oil, sala de bombas y tanque de rebose de crudo.

El espacio a la altura de la plataforma anular aloja la maquinaria de perforación, tal como mesas rotatorias, chigres de maniobras, etc. El B. O. P. (sistema antierupción) y las cabezas de pozo se sitúan en un amplio espacio bajo el nivel de perforación.

Una importante característica de este proyecto es la sustitución de las torres convencionales de perforación por dos carriles circunferenciales montados bajo la cubierta alta. En ellos se pueden disponer cuatro aparejos, encargados cada uno de manipular una tubería de perforación. Para las maniobras que requieren menos fuerza, tales como estiba vertical de varillas, unión de secciones de tubería, traslado de pesos, etc., se disponen dos puentes-grúa de pequeña capacidad.

La plataforma anular aloja los equipos de producción y soporta los de perforación, los cuales están constituidos por módulos, que se instalarán y

desmontarán como conjuntos completos, facilitando así la desmantelación del equipo de perforación una vez esta fase haya sido concluida, quedando únicamente el necesario para las operaciones de sustitución de elementos del interior de los pozos asociados a toda producción de petróleo. También en esta zona se almacena la tubería, disponiéndose de dos grúas móviles en la periferia de la misma para las operaciones de carga y descarga.

La plataforma superior soporta el helipuerto y provee espacio adicional de almacenamiento.

## 2. Funcionalidad

### 2.1. General

Una vez la plataforma en su localización, su vida operativa será como sigue:

- Se comienzan las operaciones de perforación y, conforme se vayan concluyendo los pozos, puede comenzarse a extraer petróleo, procesándolo, almacenándolo y posteriormente bombeando a los petroleros o a través de oleoductos submarinos.
- Una vez concluido el programa de perforación, la plataforma operará únicamente como unidad de producción, desmantelándose, como se ha dicho, el equipo de perforación.

Veamos cómo se realizan estas funciones.

### 2.2. Perforación

No entraremos en detalle de cómo se efectúan estas operaciones, pues son llevadas a cabo como una perforación marina común.

Como se ha dicho, la plataforma MONOCOL tiene la posibilidad de perforar cuatro pozos simultáneamente, lo que implica la utilización de sendos equipos mecánicos y humanos.

El movimiento de las torres de perforación ha sido sustituido por el movimiento de las poleas fijas (crown blocks) sobre arcos circulares. Las mesas rotatorias, chigres y demás pueden ser trasladados sobre bases rodantes situadas sobre el nivel de perforación. Las tuberías son llevadas desde su zona de estiba al espacio de perforación con el auxilio de los medios citados, empalmándose y estibándose allí en vertical.

Desde la plataforma MONOCOL se pueden perforar hasta 60 pozos, cuyos conductores se distribuyen en el espacio anular de la columna principal. El ritmo puede ser de cuatro simultáneamente, lo que nos da un período para alcanzar su plena capacidad notablemente inferior al de las actuales plataformas.

### 2.3. Producción y almacenamiento

La MONOCOL tiene dos importantes características que hay que resaltar (fig. 9):

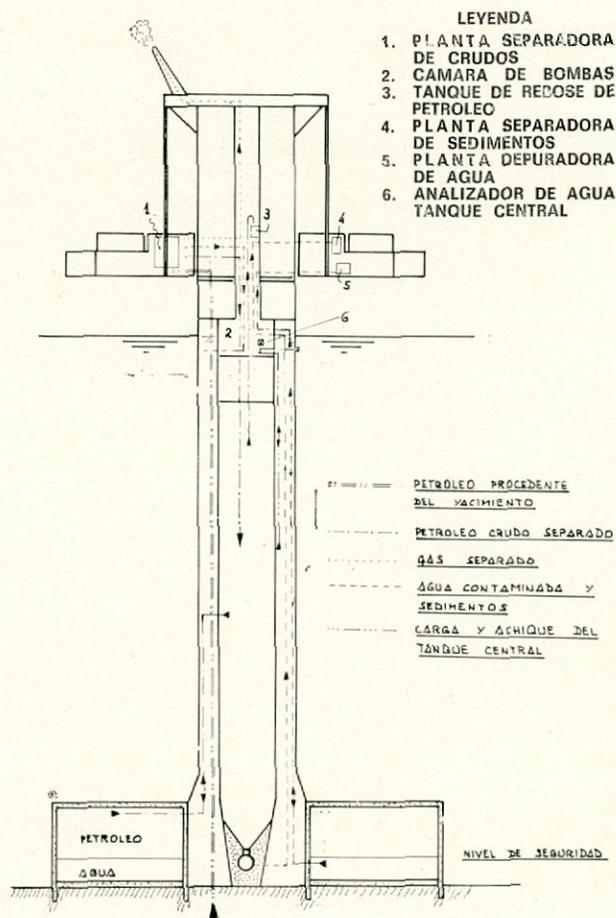


Fig. 9.—Plataforma MONOCOL de perforación y producción. Esquema de flujos.

— Los tanques de la base y de la columna central están libremente comunicados con el mar mientras se realizan las fases de procesado y llenado, estando separados agua y petróleo por simple densidad.

— El circuito de agua salada de los tanques, tal como se ve en la figura 9, es una línea que desde cada tanque descarga al compartimento que constituye el espacio anular de la columna principal, el cual está comunicado con el mar a través de la sala de bombas.

Al comenzar la producción, el crudo es conducido desde las cabezas de pozo hasta la zona de procesado. Una vez realizado éste, es llevado a un tanque alto, desde donde, por gravedad, el tanque central de decantación será alimentado. El agua de mar que lleva inicialmente este tanque es expulsada a través del circuito de sedimentos al exterior cuando la columna de petróleo desde la parte alta ejerce la suficiente presión o bien utilizando la propia bomba de sedimentos.

Este flujo de petróleo hacia el tanque central progresa, descendiendo el límite entre ambos líquidos. El petróleo comenzará a fluir hacia los tanques de almacenamiento de la base cuando su límite alcance el nivel de las líneas de alimentación de aquéllos. De los tanques de la base el agua de mar será expulsada por las líneas de agua salada citadas a la sección anular de la columna principal.

El proceso normal, que se irá repitiendo por sí mismo a lo largo de la vida de la plataforma, comenzará en el momento en que el agua sea completamente expulsada del tanque central y el circuito de sedimentos haya sido cerrado. Posteriormente, sólo se abrirá para descarga de los elementos decantados, no directamente al mar, sino a través de la estación depuradora.

Una vez concluida esta fase, el petróleo fluirá hacia los tanques-almacén hasta que en éstos se alcance por el agua un nivel de seguridad, que se fijará de modo que los riesgos de contaminación sean mínimos. En el momento en que este límite se alcance, la plataforma estará completamente llena, deteniéndose automáticamente la producción.

Cuando se está bombeando el petróleo almacenado a un buque-tanque o a costa con un ritmo superior al de producción, el agua penetrará en los tanques de almacenamiento a ocupar el espacio dejado por aquél.

Para evitar todo riesgo de contaminación, además de los niveles a distancia que controlan el nivel de seguridad, existen otros dos métodos:

- 1.º El agua de mar procedente de los tanques de la base será continuamente analizada en la cámara de bombas. Cuando se detecte una contaminación por encima de la deseada se interrumpirá la alimentación de dicho tanque o tanques, deteniéndose así la producción al haber alcanzado la plataforma su límite de almacenamiento.
- 2.º La línea de sobrecarga del tanque central (figura 9) está calculada de forma que indica que el nivel de seguridad ha sido alcanzado cuando comienza a fluir petróleo en el tanque de rebose, en cuyo caso debe interrumpirse la producción.

A pesar de todas las precauciones anteriormente tomadas para evitar la contaminación del mar, puede que sea preciso purificar el agua antes de descargarla. En este sentido, el agua no es conducida al mar directamente, sino al espacio anular de la columna principal, que comunica con aquél por su parte baja. El agua contaminada estará en la parte alta, y desde allí es aspirada a una planta purificadora situada en la zona de producción. Esta planta puede así ser de menor capacidad que la que correspondería al volumen de producción, lo que se traduce en menor inversión y espacio necesario.

### 3. Proyecto estructural

Está estudiada para poder cumplir todas las funciones durante su vida de proyecto, así como soportar todas las cargas, tanto estáticas como dinámicas, debidas a su propia masa, su contenido y a las distintas condiciones de su entorno.

Respecto a las cargas a las que está sujeta la plataforma, se clasifican en los grupos siguientes:

— Cargas funcionales: resultado de la acción del

peso, reacciones del fondo, presión hidrostática, pesos suspendidos en la perforación, etc.

— Cargas ambientales: resultado de la acción del viento, olas, corrientes, etc.

Los cálculos de la MONOCOL se han basado en las siguientes cargas:

#### a. Funcionales

— Propio peso:

Produce compresión, variable en cada sección.

— Cargas de perforación:

Producen compresión excéntrica; esto es, compresión más flexión. Se han tomado 800 toneladas de compresión y  $960 \times 10^6$  kg.  $\times$  cm. de momento flector, constante a lo largo de la longitud de la columna.

— Reacciones del suelo:

La distribución se ha determinado bajo distintas condiciones de carga, resultando que aun en la combinación más desfavorable la presión sobre el suelo es suficientemente baja, permaneciendo dentro de los límites de resistencia del fondo, ya que no se sobrepasan 9,82 toneladas metro cuadrado.

#### b. Ambientales

— Olas:

Se ha considerado una ola de proyecto de veinticinco metros en un período de cien años, que corresponde a la mayor registrada en el mar del Norte, juzgándose la ola de tipo senoidal como la más apropiada para esta clase de ola y calado.

El estudio se ha hecho calculando la distribución de esfuerzos por unidad de longitud y obteniendo la ley de esfuerzos constantes y momentos flectores requerida.

— Viento:

Se ha tomado una velocidad de 130 nudos al nivel del mar para la determinación de los esfuerzos sobre la estructura. Dicho valor se ha tomado del calculado para otras plataformas y es superior al exigido por las sociedades de clasificación.

Para el cálculo se ha seguido el método propuesto por A. B. S.

— Corrientes:

Se ha tomado una velocidad de dos nudos.

Con los esfuerzos combinados de olas, vientos y corrientes se ha estudiado el área de las secciones y módulo resistente de la columna. La tensión resultante es admisible según las reglas de D. N. V. y A. B. S.

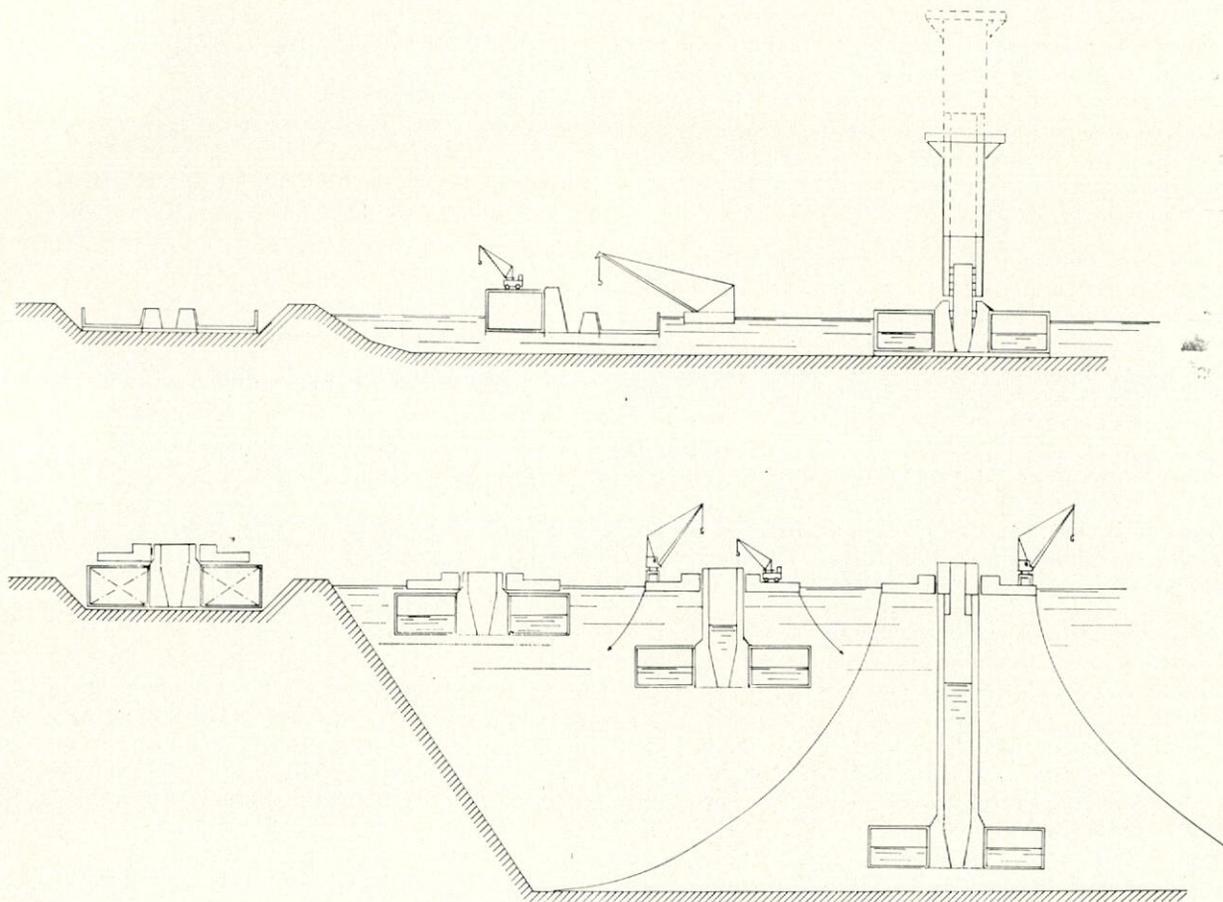


Fig. 10.—Plataforma MONOCOL: Construcción.

Los materiales de construcción son los más usuales dentro de la industria naval, con un límite elástico superior a 24 kilogramos por milímetro cuadrado, variando su calidad conforme al espesor utilizado en cada sección. La parte inferior necesitará el empleo de 4.000 toneladas de acero de alta resistencia, con un límite elástico de 32 kilogramos por milímetro cuadrado.

El peso total de acero estructural de la MONOCOL será de 17.350 toneladas, utilizable a efectos de comparación con otras plataformas.

#### 4. Construcción e instalación

El propósito de esta sección es describir las especiales características de esta plataforma en lo que respecta a su construcción e instalación. Es de hacer notar este importante aspecto en comparación con otros proyectos.

##### 4.1. Construcción

Puede llevarse a cabo mediante diversos métodos en función del lugar donde vaya a efectuarse.

##### Método 1.º

Se verificará parte en tierra y parte en mar (figuras 10 y 11).

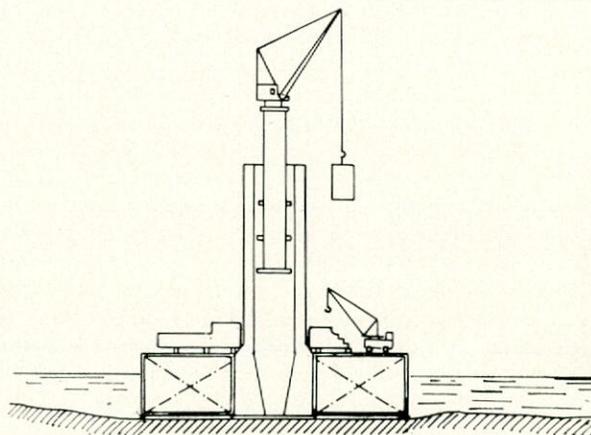


Fig. 11.—Plataforma MONOCOL: Construcción.

Para ello habrá de excavar un dique para poder construir, en seco, la parte inferior de la base, hasta que los costados le confieran suficiente carena, poniéndola en este estado a flote mediante inundación del dique.

Se calcula que excavando una fosa de  $121 \times 121 \times 2,5$  sería suficiente, estimándose en unos 38.000 metros cúbicos la tierra a remover.

Una vez a flote, se continúa la construcción de la columna hacia arriba (fig. 11), situando los bloques que la formarán con el auxilio de una grúa empla-

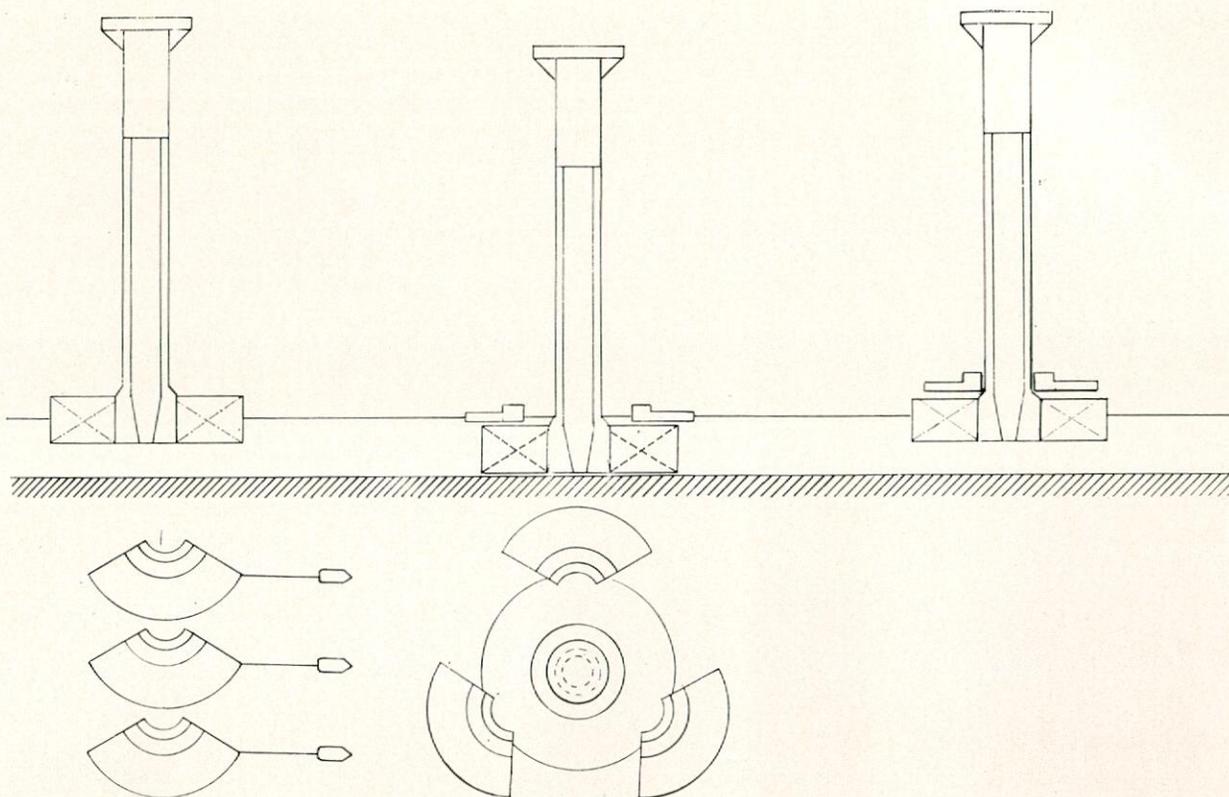


Fig. 12.—Plataforma MONOCOL. Acoplamiento de plataforma anular.

zada en su interior. Cuando la altura de los costados dificulte la maniobra de la grúa, se puede ir elevando ésta con ayuda de un mástil que se apoye en la parte interior de la columna.

La plataforma anular puede construirse sobre el techo de la base o bien en tres partes que forman sendos cascos, en un astillero, y posteriormente ensamblados alrededor de la columna principal (figura 12).

Para realizar este ensamble habrá que remolcar el conjunto base-columna hasta una zona con 27 metros de calado, donde se sumergirá, no pudiendo realizarse con mayor calado por falta de estabilidad, puesto que en éste una pequeña inclinación hace que la base toque fondo sin peligro de vuelco. Tampoco puede hacerse en menor calado, pues es el necesario para que los cascos que constituyen la plataforma anular puedan pasar por encima de la parte alta de la base y alcanzar el centro.

Una vez hecho este ensamble, se sitúa, deslastrado, todo el conjunto en el calado de remolque, 12 metros, y está la plataforma lista para su transporte al punto de instalación.

*Método 2.º*

La primera fase es idéntica a la anterior (fig. 10).

Una vez a flote, la progresión de la columna es diferente, pues se construyen las partes altas elevándolas e instalando debajo las zonas inmediatas inferiores, siguiendo este proceso hasta construirla toda. Es decir, la obra crece de arriba abajo.

La gran ventaja de este método es la posibilidad de trabajar siempre prácticamente a nivel del mar, precisando, en cambio medios de elevación, tales como potentes gatos hidráulicos en combinación con un mástil central tubular que permita el deslizamiento de la parte construida de la columna y que puede quedar finalmente incorporado a la propia estructura interior.

En cuanto al proceso a seguir en la construcción e instalación de la plataforma anular, es idéntico al indicado en el método 1.º

*Método 3.º*

Para su aplicación es preciso disponer de una zona de aguas profundas y abrigadas, como las de los fiordos noruegos o escoceses.

Como se ve en la figura 10, se construye la base en dique seco, como en los casos anteriores, y a flote el resto hasta que se pueda sumergir hasta 27 metros y poder acoplar la plataforma anular, fase que, como hemos visto anteriormente, no es preciso efectuar si su construcción se hace directamente sobre el techo de la base.

Una vez instalada la plataforma anular se lleva el conjunto a una zona de aguas profundas, donde por el mismo procedimiento de inundar los tanques bajos se la sumerge hasta que la plataforma anular quede soportada por su propia flotabilidad, momento en el que se la ancla y se continúa construyendo la columna mientras la base se sumerge progresivamente mediante el lastrado del tanque central, con

lo que la obra se realiza prácticamente a nivel del mar.

#### 4.2. Remolque e inmersión

La figura 13 muestra a la MONOCOL en estas fases. La base provee suficiente carena y estabilidad, cuyos compartimentos interiores se mantienen vacíos para esta operación.

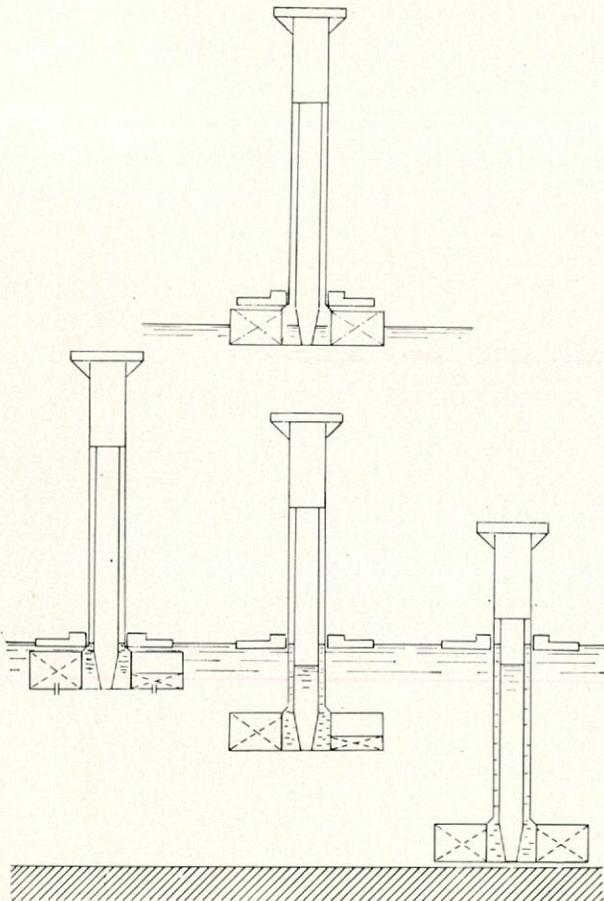


Fig. 13.—Plataforma MONOCOL: Inmersión.

El calado de navegación es de 12 metros, con una altura metacéntrica de más de 40 metros, lo que nos da seguridad en el transporte aun con condiciones atmosféricas desfavorables.

La inmersión en el punto definitivo es la fase más delicada de toda la construcción por el problema que presenta la estabilidad. Es quizá la ventaja más significativa del presente proyecto, que proporciona una gran estabilidad en esta maniobra.

##### 4.2.1. Inmersión inicial

Se comienza lastrando los tanques bajos hasta que la plataforma anular flota, para lo que es preciso inundar aproximadamente el 66 por 100 de la capacidad de tanques, esto es, dada la subdivisión de la base en seis tanques, tres completamente inundados y los otros tres parcialmente.

Esta inundación se realiza abriendo las válvulas de fondo de los tres segundos, controlándolas para obtener una equilibrada distribución de pesos, hasta conseguir la inundación parcial. Se cierran entonces éstas y se abren las de los otros tres, permitiendo su completa inundación.

##### 4.2.2. Inmersión final

Puesta ya la plataforma anular a flote (fig. 13) se introducen en el tanque central 2.000 toneladas de agua, con lo que se alcanza una nueva posición de equilibrio o un calado de 35 metros.

A partir de aquí se prosigue la inmersión controlando el lastre, que se va admitiendo en la columna central, mientras se mantiene la presión dentro de los tanques semillenos de la base mediante inyección de aire comprimido, igualándola a la columna de agua exterior.

Durante esta fase la plataforma anular proporciona la estabilidad necesaria merced a su área de flotación, que mantiene una altura metacéntrica por encima de los diez metros, una vez corregida por superficies libres.

##### 4.2.3. Apoyo en el fondo

Cuando la plataforma está alcanzando el fondo la inundación selectiva de los tanques bajos parcialmente inundados ayudará a controlar la distribución de presión ejercida sobre el lecho. La secuencia de este lastrado vendrá dictada por las irregularidades en cuanto a la resistencia a la penetración que puedan encontrarse en el fondo del mar.

Aquí una adecuada penetración de las faldillas de la parte baja pueden asegurar la correcta verticalidad de la plataforma.

##### 4.2.4. Elevación de la plataforma anular

Una vez la base se haya apoyado en el fondo, se elevará la plataforma anular a su posición de trabajo. Esto se llevará a efecto con la ayuda de un mecanismo elevador, el cual transmite la fuerza ascensional a unas guías tubulares que se fijan a la plataforma superior (fig. 14). Se podría hacer uso de los propios chigres de perforación para suministrar fuerza ascensional adicional.

Finalmente la plataforma anular se fija a la columna y guías tubulares mediante soldadura o cualquier otro procedimiento. La parte de los tirantes que quedan por debajo de la plataforma se desmontan, quedando todo listo para operar.

#### 5. Desmontaje de los equipos de perforación

Una vez completado el programa de perforación podrán desmontarse los equipos principales de perforación, los que, como se ha citado, constituyen módulos funcionales, dejando únicamente lo que pueda ser necesario para las operaciones de reacondicio-

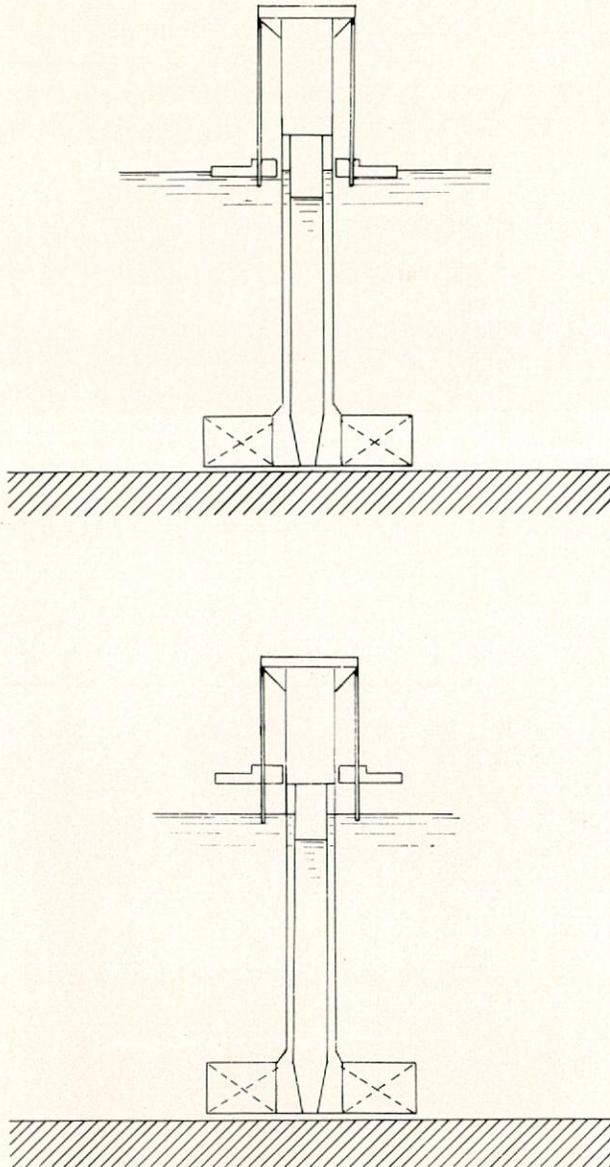


Fig. 14.—Plataforma MONOCOL: Elevación de plataforma anular.

namiento de los pozos y que debe constituir un módulo completo auxiliar.

Este desmantelamiento puede ser realizado aprovechando unas condiciones climáticas favorables.

## 6. Ventajas de la MONOCOL

Analizaremos aquí algunos de los aspectos más interesantes de esta plataforma, que la hacen competir con los proyectos más importantes de semejantes características.

### 6.1. Ahorro de acero

Se precisan para este proyecto 13.350 toneladas de acero ordinario, 4.000 de acero especial de alta resistencia y unas 3.900 toneladas de acero de armaduras del hormigón.

Para calados semejantes las plataformas de estruc-

tura totalmente de acero y pilotes, tipo "Brent A", que actualmente se construyen para los yacimientos de PIPER, BRENT y FORTIES, en el Mar del Norte, tienen un peso estructural de 40.000 toneladas de acero de calidad especial, a las que hay que añadir 10.000 toneladas de flotadores auxiliares.

Las plataformas de hormigón incorporan un peso total de acero, incluyendo el de armaduras y cubiertas, de 11.500 toneladas el proyecto Condeep para un calado de 124 metros, menor que el de la MONOCOL, y 20.500 el proyecto Mc Alpine para el campo de BRENT, cuya armadura es más pesada al tener que soportar la presión hidrostática de 142 metros de agua.

### 6.2. Ahorro de hormigón

MONOCOL incorpora 32.500 metros cúbicos de hormigón, con un peso de 80.900 toneladas, frente a 132.000 toneladas del proyecto Condeep para un calado de 124 metros y 258.900 toneladas del Mc Alpine.

### 6.3. Facilidad de construcción

Los medios auxiliares precisos para la construcción de la MONOCOL, tales como dique, aguas abrigadas, grúas, etc. son semejantes a los de otros proyectos de estructuras de gravedad, existiendo, no obstante, importantes diferencias.

Mientras otras plataformas necesitan utilizar medios especiales de transporte, potentes grúas flotantes o aquellos precisos para efectuar un D. W. A. (ensamble en aguas profundas, como el caso de la Condeep), todo ello para instalar la plataforma superior sobre las columnas, la instalación de ésta en el presente proyecto no depende del uso de medios de transporte o de grúas flotantes, pudiendo ser llevado a cabo sin retrasos debidos al mal tiempo.

Los distintos métodos por los que puede ser construida ofrecen un mayor abanico de posibilidades de adaptación a un lugar determinado de construcción que ninguna otra estructura.

### 6.4. Remolque

Esta fase es importante en la obra a realizar. La mayoría de los yacimientos marinos, con la lámina de agua a la que nos estamos refiriendo, se hallan alejados de las costas, debiendo recorrer grandes distancias desde el punto de construcción. Así la plataforma Mc Alpine deberá ser remolcada cerca de 800 millas hasta el lugar de emplazamiento. En los yacimientos fuera del Mar del Norte y Golfo de Méjico las distancias de las áreas industriales suelen rebasar las mil millas.

El transporte hasta su localización no es demasiado delicado en las plataformas metálicas, que se transportan "cómodamente" sobre barcazas especialmente concebidas, pero que hay que construir.

En cambio, las plataformas de gravedad se transportan flotando sobre su gigantesca base, con cala-

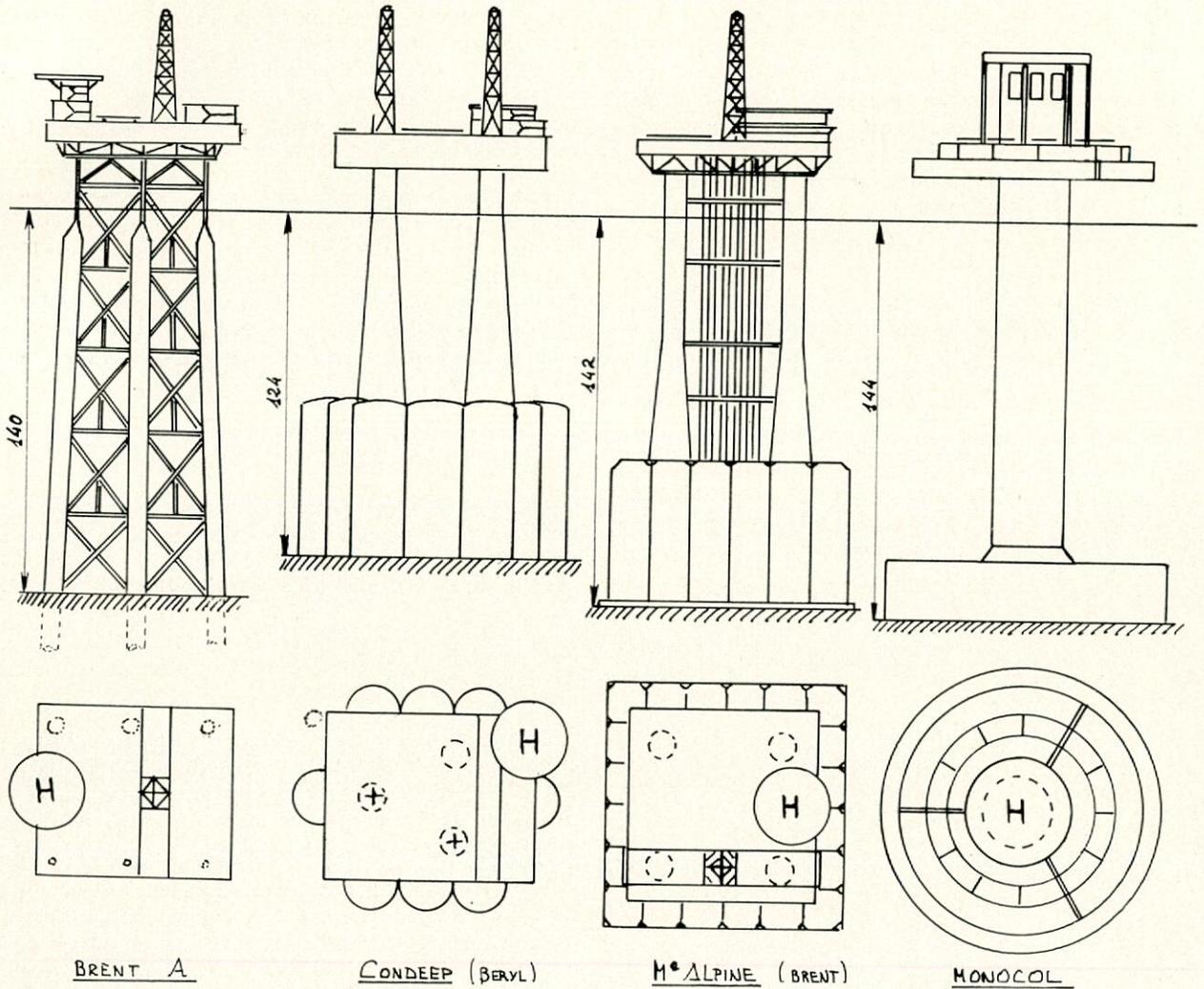


Fig. 15.—Comparación de algunos tipos de plataformas.

dos entre 36 metros la Condeep a 70 metros la Mc Alpine, necesitando suministrar unas potencias que van desde 60.000 HP hasta más de 100.000 HP para conseguir unas velocidades de remolque de 2 y 1,5 nudos, respectivamente.

La plataforma MONOCOL solamente precisa un calado de 12 metros para navegar con suficiente estabilidad, calculándose una potencia de remolque de unos 20.000 HP.

6.5. Inmersión

Esta fase es la más delicada de todo el proceso de construcción de una plataforma de los tipos analizados. En lo que a estructuras de gravedad, en hormigón armado se refiere, las soluciones planteadas entrañan un importante riesgo: la estabilidad, una vez sumergida totalmente la base, es muy pequeña y es suministrada únicamente por el peso de la parte baja, el cual se consigue por el propio lastre fijo que forzosamente han de incorporar y por inundación de los tanques bajos. El control de la velocidad de inmersión debe hacerse regulando el volumen de agua admitida, a la vez que manteniendo la presión de la cámara de aire igual a la exterior, si

es que la base no se ha calculado para soportar la presión hidrostática.

Las estructuras de patas metálicas son situadas haciéndolas pivotar hasta que adoptan la posición vertical y generalmente esta maniobra no ha ofrecido grandes dificultades en las pequeñas plataformas del Golfo de Méjico o Pérsico y ha sido realizada con éxito en la primera gigantesca estructura para el campo de FORTIES, si bien parece ser que últimamente han surgido problemas en una que iba a ser emplazada el pasado mes de diciembre.

El proyecto MONOCOL ofrece en esta fase una total seguridad, pues la plataforma anular, puesta a flote, proporciona estabilidad de formas, de la que carecen todos los demás proyectos. El control de la inmersión se efectúa por simple llenado con agua del tanque central, siendo su velocidad fácilmente regulable. Por otra parte, al ser únicamente tres los compartimentos que tienen cámara de aire durante la inmersión, el control de su presión interior es fácil y seguro (Mc Alpine tiene 34 subdivisiones, Andoc 81 y Condeep 16), no requiriéndose delicados instrumentos de control a distancia para conocer el nivel de cada compartimento de la base, pues permanece constante al haber incomunicado éstos con el exterior.

El conocimiento del agua embarcada y su distribución es igualmente simple, ya que puede bastar con leer sobre una escala de calados marcada en la columna, puesto que lo que se inunda es tan sólo el tanque central, mientras que en los otros proyectos se están inundando varios compartimentos a la vez, precisándose de indicadores independientes de nivel y calcular constantemente los caudales en cada uno para mantener el equilibrio, teniendo prevista la utilización de un ordenador para efectuar este control.

#### 6.6. Presión sobre el fondo

Debido a su poco peso estructural, inexistencia de lastre permanente y gran superficie de apoyo, la presión que el presente proyecto ejerce sobre el fondo es menor que la de cualquier otro, dando 0,98 kilogramos por centímetro cuadrado, frente a 2,39 kilogramos por centímetro cuadrado que ejerce la Condeep y 3,84 kilogramos por centímetro cuadrado de la Mc Alpine.

Esta característica la hace prácticamente capaz para asentarse sobre cualquier lecho marino.

#### 6.7. Posibilidades operacionales

También desde este punto de vista la plataforma presentada tiene características superiores, que a continuación indicamos:

- Permite la perforación simultánea de cuatro pozos, frente a dos en el proyecto Condeep y uno en los restantes, con lo que se puede acortar de forma considerable el período de perforación, dando esto la ventaja adicional de mayor valor residual de los equipos recuperados.
- Es la plataforma que permite un mayor número de pozos en producción: sesenta, fácilmente ampliable a 72, frente a 48 de la Andoc, 42 de la mayor de Mc Alpine, 36 de la Condeep y 27 de la metálica "Brent A".
- Su capacidad de almacenamiento supera el millón de barriles (135.000 toneladas), cifra únicamente igualada por la Mc Alpine para el campo de CORMORANT y la Andoc.

#### 6.8. Seguridad de funcionamiento

La especial disposición de la plataforma anular en voladizo lleva consigo que los riesgos de colisión de los buques suministradores con la columna central sean prácticamente nulos. Este peligro, sobre todo en las plataformas de armadura metálica, puede acarrear muy graves consecuencias al poderse ver afectados los miembros principales o los de arriostamiento.

También los conductores de la tubería de perforación y posteriormente de producción están totalmente protegidos dentro del espacio anular de la columna principal, mientras que los restantes proyectos, salvo la Condeep, los tienen expuestos a la intemperie, con los consiguientes peligros de daños en los

propios tubos y de derrames contaminantes de petróleo o lodos.

#### 6.9. Riesgos mínimos de contaminación

Ya hemos indicado cómo los tanques del proyecto MONOCOL contienen agua de mar, la cual es sustituida por petróleo, no siendo conducida al mar directamente, sino a un espacio cerrado, de donde, tras un proceso de depuración, es vertida al exterior. Por este recinto cerrado, que está constituido por el espacio anular de la columna principal, pasan también todas las tuberías de agua salada y petróleo, así como los conductores de los pozos, con lo que cualquier pérdida que por causa fortuita pudiera originarse queda en él recluida.

Esta característica es de una gran importancia y no se encuentra en ningún otro proyecto. Permite, además, con total garantía, tener los tanques siempre llenos, bien de agua o bien de petróleo, por lo que no precisan soportar la presión hidrostática, con el consiguiente ahorro de peso estructural. Consiguientemente, al estar la plataforma "siempre llena", la presión sobre el fondo es prácticamente la misma en cualquier situación de carga y uniforme, no siendo así en el resto de los proyectos, en los que dicha presión depende en gran manera del volumen de petróleo en los tanques de almacenamiento, debiendo tener además un lastre permanente que asegure su continuo apoyo sobre el fondo.

#### 6.10. Precio

Un análisis exhaustivo de precios de construcción, equipos de explotación y demás factores no nos parece propio de este trabajo. Sin embargo, daremos unas ideas básicas que permitan comprender por qué una plataforma del tipo aquí descrito puede ser más rentable que otras.

Desde el punto de vista de construcción, su menor peso de acero y de hormigón, su mayor flexibilidad constructiva, su más sencillo remolque y seguro emplazamiento hacen que, tomando como unidad de comparación una plataforma de hormigón tipo Mc Alpine, y asignando a su precio a 100 unidades de coste, una estructura de armadura metálica tipo Brent costaría 125 unidades, mientras que el precio de la MONOCOL sería de 72,5 unidades. Si además tenemos en cuenta que, debido a su mayor capacidad de perforación, podemos reducir al 25 por 100 el período de tiempo necesario para completarla, con lo que los equipos recuperados tienen un mayor valor residual, que trae consigo una inversión inicial menor, el precio puede quedar reducido a 63 unidades.

Hay que hacer notar que el haber suprimido las torres de perforación y la posibilidad de poder trabajar simultáneamente en cuatro pozos sin cuadruplicar necesariamente los servicios, nos conduce a un coste adicional de todo el equipo de perforación del 80 por 100 respecto a un equipo convencional único. Análogamente el número de personal necesario durante la fase de perforación aumenta en un 55 por 100 respecto al necesario en una plataforma con torre sencilla.

En cuanto a la explotación, si suponemos un campo con 50 pozos, los cuales se perforan a razón de seis por año, aproximadamente, una plataforma con torre sencilla emplearía unos ocho años y medio en concluir la fase de perforación, mientras la MONOCOL la terminaría en dos y cuatro años. Si hacemos la hipótesis de que los pozos entran en producción conforme se terminan, fácilmente se verá que la producción, en el período considerado de 8,5 años, es 1,7 veces superior en la plataforma MONOCOL que en otra con una sola torre.

Dado que los costes de producción no dependen tanto de la propia producción como de la inversión previa necesaria a la puesta en explotación del campo, debemos, para comparar la rentabilidad que produce una perforación simultánea de cuatro pozos, partir de una misma inversión previa y, por tanto, suponer una amortización anual igual para los dos casos, puesto que, como se ha visto, la citada perforación simultánea no conduce, en el caso presente, a un aumento del coste.

Se estima que en el Mar del Norte, y en los calados que estamos considerando, la amortización de la inversión total más los costes proporcionales es el equivalente a una producción de 30.000 barriles/día, supuesto un precio de venta de diez dólares por barril y un período mínimo de explotación de diez años.

En estas condiciones, si suponemos una producción de 100.000 barriles/día para el total de los 50 pozos durante un período de 8,5 años, la relación de los beneficios obtenidos de una plataforma MONOCOL a los obtenidos con una de perforación simple sería de 470/170, es decir, 2,76 veces superior.

Análogamente ocurre con los costes relativos a personal. Durante el período de dos años y medio necesarios para concluir los 50 pozos, la plataforma MONOCOL emplearía 116 hombres, necesitando durante el resto tan sólo 16 personas. Una plataforma con una sola torre de perforación emplearía 82 durante ocho años y medio. Fácilmente se puede comprobar que el gasto de personal, supuesto un salario medio constante durante el período citado, es 1,81 veces superior en la plataforma simple que en la MONOCOL. Si hacemos intervenir un aumento de salarios del 10 por 100 anual acumulativo, este coste se convierte en 2,17 veces mayor para la plataforma de torre simple.

## E. CONCLUSIÓN

Ante las enormes perspectivas de producción petrolífera marina y expuestas las características básicas de la plataforma MONOCOL, creemos que dicho proyecto puede ofrecer una alternativa de explotación competitiva con los demás tipos citados que se están utilizando en los calados comprendidos entre 100 y 200 metros, siendo sus ventajas aún más significativas para el desarrollo de grandes yacimientos.

Queremos insistir en la propiedad de la plataforma MONOCOL de conseguir la máxima capacidad productiva de la instalación en un período de tiempo inferior al de cualquier otra, con lo que se acorta el

intervalo de recuperación de la inversión sin aumento de ésta, característica que, a nuestro juicio, es sumamente interesante y que, unida a las ya citadas de seguridad en las fases de instalación y funcionamiento, flexibilidad de construcción, mínimo riesgo de contaminación, economía de acero y hormigón, junto con las demás, configuran una solución distinta para la explotación de los yacimientos marinos de petróleo en la plataforma continental.

## DISCUSION

*Sr. Jaroszynski*

Me gustaría felicitar a la Junta Directiva de la Asociación por dedicar estas Sesiones Técnicas a la industria "offshore".

Lo que se conoce como crisis mundial de energía ha representado un tremendo estímulo para el desarrollo de los depósitos submarinos de petróleo, lo cual, combinado con la recesión experimentada en la industria de construcción naval, ha dado lugar a que ésta muestre un interés cada día mayor en el nuevo campo de que tratamos. Son las organizaciones como esta Asociación las que deben allanar el camino para nuevos desarrollos, y he aquí la razón de mi comentario inicial.

Supongo que la mayoría de ustedes saben que la construcción de la primera plataforma semisumergible comenzó en España hace unos cuatro o cinco años, y por ello las actividades en este campo no son del todo nuevas en España.

Hace ya varios años que España está suministrando las anclas y cadenas empleadas en las plataformas utilizadas tanto en el mar del Norte como en América, y el volumen de estos suministros es apreciable.

Recientemente se ha obtenido por una empresa española un contrato de gran volumen para la construcción de cierto número de módulos de servicio y habilitación para la plataforma destinada al "Thistle Field A", para la compañía Burmah Oil. Puede verse, pues, que España ya "se ha metido".

Varios constructores navales están también investigando la posibilidad de dedicar parte o incluso la totalidad de su capacidad a la construcción de estructuras "offshore".

Supongo que no es por puro accidente que de los tres trabajos presentados en estas Sesiones que tratan específicamente de este tema, uno, precisamente el que acabamos de escuchar, es de una naturaleza descriptiva y, si puedo decirlo así, resulta excelente en su presentación. Debo confesar que como sé muy poco del tema, es únicamente tras estudiar este trabajo cuando sé de qué se trata.

El segundo trabajo describe la forma de enfocar el problema de evaluación de resistencia, y el tercero contribuye a aclarar el problema de obtener una calidad adecuada de materiales, mano de obra y de mantener la seguridad en servicio de estas estructuras.

En cierto modo, me parece que es una pena que no haya un cuarto trabajo que trate del problema de la construcción de las estructuras "offshore", diciéndonos, por lo menos, algunos de los muchos problemas encontrados, sobre los cuales uno de los autores, estoy seguro, tiene grandes conocimientos.

Está claro por el contenido de este trabajo que los autores se inclinan en favor de las plataformas de gravedad y que habrá que ir a este tipo de plataforma, puesto que la profundidad operacional del agua está aumentando. Es obvio que tales plataformas requieren una estrecha colaboración, tanto en las etapas de proyecto como en las de construcción, entre los expertos y los fabricantes en muchos campos, situación que resulta en cierto modo distinta de la que en el momento actual existe en la industria de construcción naval.

Si bien las circunstancias de un interés común en la mayoría de los casos fuerzan a la gente a colaborar, uno bien puede imaginarse cómo en uno de nuestros astilleros que pudiera embarcarse en la aventura de construir una plataforma "offshore" se llevaría los mecánicos, expertos en cemento, metalúrgicos, ingenieros navales, expertos en remolque, técnicos en petróleo e inspectores de las sociedades clasificadoras...

Las implicaciones financieras de cualquier empresa que se encargue de la construcción de estructuras "offshore" deben ser de un volumen tremendo, y me parece que un astillero que esté especializado en buque de tipo medio o pequeño correría un enorme riesgo al firmar un contrato para una estructura "offshore", cuyo valor y consiguientemente el riesgo que supone es varias veces mayor que el riesgo corrido anteriormente al construir buques. En casos de emergencia de carácter nacional, como existieron en Gran Bretaña durante la II Guerra Mundial, muchas empresas pequeñas se echaron encima responsabilidades que excedían grandemente sus posibilidades financieras, pero tales circunstancias fueron en base al coste actual más el beneficio convenido. Dudo que incluso con la crisis mundial de energía tal tipo de contrato fuera aceptable en el mercado internacional, y ello parece indicar que en España los grandes astilleros, con buen respaldo financiero, están en una mejor situación para entrar en el mercado de construcciones "offshore". Tales astilleros disponen ya de medios para el manejo de unidades de gran tamaño.

Puede ser, y en realidad así ha sucedido ya, que una de las empresas que actualmente están dedicadas a la construcción de módulos, a la cual me referí anteriormente, no tenía hasta ahora ninguna relación con la construcción naval, y esto parece ser una indicación de que si los astilleros no desean perder su oportunidad tendrían que concentrarse en la adopción de decisiones y tomar las medidas necesarias.

Aunque parece que hoy en día el enfrentarse con el problema de proyecto y construcción de plataformas "offshore" es una aventura muy difícil y arriesgada para cualquier empresa en nuestro país, uno debe tener en cuenta que durante los últimos veinte años, durante los cuales he tenido el privilegio de es-

tar asociado con el crecimiento de la industria de construcción naval en España, se expresaron análogos sentimientos y dudas cuando se pensó en la construcción de buques tales como los primeros buque de pasaje, graneleros, LPG y transportes de productos químicos, y al final los ULCCs.

Creo que dando por descontada la capacidad técnica de la industria española, si hay buena voluntad y colaboración entre las partes interesadas y existe el apoyo financiero preciso, veremos a España entrar seriamente en este campo e igualar los éxitos conseguidos en el campo de la construcción naval.

Muchas gracias.

*Sr. García Gil de Bernabé*

Agradecería al ponente indicara hasta qué profundidades puede utilizarse la plataforma Monocol. Según mis noticias, las máximas profundidades en las que se ha trabajado para la explotación de petróleo son de 160 metros. ¿Puede alcanzar mayores profundidades la plataforma Monocol?

*Sr. Mota*

Doy las gracias al autor por un trabajo que personalmente me ha servido para visualizar los diferentes tipos de plataformas de perforación con nombres que parecen estar hoy día en boca de todos.

Suponiendo que las fases de perforación y producción son independientes y que la especificación de estos módulos se ajusta al trabajo a realizar, ¿podría el autor aclarar si una vez terminada la fase de perforación aquellos equipos descartados podrían ser desalojados y quizá usados en otra situación?

*Sr. González Linares*

Las plataformas de gravedad, por razones técnicas y/o económicas, tendrán definidas sus profundidades de operación aconsejables.

1. ¿Entre qué profundidades máximas y mínimas se recomiendan las plataformas de gravedad?

2. ¿Qué profundidad máxima se espera alcanzar con el proyecto Monocol, teniendo en cuenta su desarrollo futuro?

3. ¿Qué sistemas de explotación se utilizan o se esperan utilizar en profundidades muy grandes, tales como las existentes en las zonas exploradas por los buques perforadores?

4. ¿Cuándo son recomendadas las plataformas del tipo "armadura", como la de Amposta?

*Sr. Ruiz-Fornells González*

Dado que el autor presenta su plataforma Monocol como una plataforma de "explotación" y que después habla también del montaje sobre la misma de equipos de perforación, querría únicamente pe-

dirle que nos explicara un poco más detalladamente la capacidad de esta plataforma para ambas funciones.

*Sr. Rodrigo Zarzosa*

¿Han estudiado los autores la solución de unión de la columna a la base y podrían dar una idea de los escantillones que tiene la columna en dicha zona de unión?

La sencillez del diseño de la plataforma Monocol pensamos que ofrece además la ventaja de facilitar las dificultades de mantenimiento, inspección y reparación de posibles averías de la obra de acero en contacto con el agua de mar.

*Sr. Azpiroz Azpiroz*

Deseo preguntar a los autores si las estructuras tipo "jacket" se proyectan pensando en su posible traslación de posición después de haber operado un cierto período en una zona y si su proyecto Monocol aporta alguna ventaja a este respecto sobre el tipo convencional a otros proyectos de plataformas de producción.

*Sr. Parga*

Muchas gracias al señor Marco por su interesante exposición. El tema de la explotación de los yacimientos petrolíferos en el mar es de rabiosa actualidad, y el que España se presente en este campo con técnica y tecnología propias creo es del mayor interés.

En estas difíciles circunstancias no veo otra salida para la economía española que el hallazgo de yacimientos de petróleo en su territorio, ya sea en tierra firme como en aguas territoriales. Para esto es preciso perforar más. Creo que el Gobierno de este país ha perdido ya un tiempo precioso demorando un plan de prospecciones intensas, que además darían trabajo en un momento de recesión.

Estoy de acuerdo con el autor en que existe mucho más petróleo que el que se dice que hay. Y creo que en España tenemos debajo de nuestros pies o de nuestras aguas territoriales precisamente lo que nos puede sacar de este marasmo. Si la búsqueda se hace con tecnología propia habremos hecho el completo.

Queda abierta la discusión.

*Los autores*

Agradezco las preguntas formuladas y procuraré contestar brevemente a las mismas.

El señor Jaroszynski ha expuesto las posibilidades que plantea a las empresas españolas de construcción naval la nueva actividad de construcción de las grandes estructuras necesarias para la explotación de los recursos petrolíferos marinos. Su planteamiento es totalmente acertado, ya que esta actividad puede y

debe ser abordada por las empresas españolas. La explotación de los recursos oceánicos va a requerir durante los años venideros la construcción de un elevado número de artefactos y estructuras marinas, lo cual representará una importante fuente de trabajo para nuestros astilleros. El desarrollo de esta tecnología no debe ser demorado si queremos evitar ser marginados o ser objeto de un colonialismo técnico por parte de otros países. Creemos que la empresa española puede disponer de suficientes recursos técnicos e industriales para jugar un papel adecuado en este nuevo campo, siempre que se conjuguen estos recursos con una política de apoyo estatal a estas iniciativas.

En relación con la pregunta del señor Gil de Bernabé acerca de la profundidad de agua que puede alcanzarse con un diseño tipo Monocol, deseo decir que el proyecto que se ha presentado corresponde a una profundidad de 150 metros porque fue desarrollado pensando en los yacimientos del mar del Norte, en donde las estructuras actuales se encuentran en este entorno. Sin embargo, actualmente estamos proyectando una plataforma para 250 metros de calado, concebida para el mar Mediterráneo, no habiéndose planteado ningún problema importante a pesar de que esta profundidad excede a la de otras instalaciones marinas. Uno de los factores críticos de las plataformas de gravedad estriba en la escasa estabilidad que presentan durante la fase de inmersión, lo cual puede limitar su altura total. En el proyecto Monocol este problema ha sido resuelto mediante la gran reserva de estabilidad que le confiere la plataforma deslizante. Por ello es de esperar que se puedan alcanzar profundidades muy superiores a las de otros diseños, aunque, repito, que hasta ahora sólo se ha aplicado para un calado de 250 metros. Por otra parte, la profundidad máxima debe relacionarse con el esfuerzo que producen los factores ambientales (tamaño de olas, viento, etc.). Para unas condiciones similares a las del Mediterráneo, no parece aventurado suponer que se pudieran alcanzar los 350 metros de calado.

El señor Mota está en lo cierto al suponer que una vez terminada la fase de perforación los equipos modulados que se han utilizado en este trabajo pueden ser retirados para su recuperación. En el diseño que presentamos se ha concentrado una gran atención en esta posibilidad, y creemos que la recuperación de estos equipos puede realizarse con mayor ventaja técnica y económica que en otros diseños.

Paso a contestar a las preguntas del señor González Linares. La selección de la solución de gravedad no depende básicamente del calado de agua, sino que existen otros factores que influyen decisivamente en esta decisión. Los principales son: la naturaleza del suelo marino; las condiciones del medio ambiente; las posibilidades práctico-económicas de realizar trabajos de pilotaje; la fecundidad del yacimiento; las posibilidades de construcción en tierra y de remolque al lugar de emplazamiento, etc.

Para profundidades moderadas y condiciones ambientales favorables, como existen en Amposta, las plataformas de armadura resultan bastante económicas, fáciles de construir y de instalar. Sin embar-

go, las estructuras de armadura del mar del Norte, en profundidades del orden de 150 metros, han resultado muy costosas y difíciles de construir. Su instalación en el yacimiento plantea grandes problemas, ya que sólo durante el verano pueden realizarse los trabajos de montaje de los equipos existentes en la plataforma de trabajo, así como los de pilotaje. Por otra parte, las estructuras de gravedad proporcionan un valioso espacio de almacenaje de crudo en su base. Para muy grandes profundidades no parece razonable la utilización de estructuras apoyadas en el lecho marino. En este caso hay que pensar en cabezas de pozo encapsuladas, las cuales constituyen una técnica sobre la que se está investigando actualmente.

En relación con la pregunta del señor Ruiz-Fornells deseo aclarar que las grandes plataformas de explotación que se instalan actualmente suelen ser utilizadas también para los trabajos de perforación múltiple direccional. Para ello se suele instalar una torre móvil de perforación, que realiza un cierto número de pozos. Las estructuras de gravedad incorporan ambas instalaciones en una sola unidad. Las estructuras de armadura suelen utilizar dos o más unidades, separando ambos cometidos. Las soluciones son muy variadas. En el diseño Monocol ambas funciones están delimitadas y moduladas, lo que permite la fácil recuperación de los equipos de perforación. Una característica sobresaliente es su capacidad para perforar simultáneamente hasta cuatro pozos, lo cual permite acortar extraordinariamente el período de perforación y, por tanto, la puesta en plena producción del yacimiento, con las importantes consecuencias económicas que se derivan para la compañía petrolífera.

Paso a contestar la pregunta del señor Rodrigo Zarzosa. Estoy de acuerdo en que la zona de unión de la columna a la base constituye un área crítica en todas las estructuras de gravedad, ya que el problema es similar. La disposición presentada es sólo esquemática y no se ha entrado a fondo en el cálculo de escantillones locales debido a su laboriosidad y coste. Como orientación podemos decir que el espesor de hormigón en la base de la columna es mayor de un metro y las armaduras metálicas son de gran importancia, aunque su incidencia en el coste total es muy pequeña por tratarse de una zona muy localizada. Efectivamente, el diseño Monocol presenta grandes ventajas desde el punto de vista de mantenimiento, inspección y reparación de posibles averías, pero además presenta una superioridad notable en relación con las cuestiones de seguridad y contaminación por derrames de petróleo.

A la pregunta del señor Azpiroz debo aclarar que las estructuras tipo armadura no son susceptibles normalmente de trasladar de posición porque se anclan mediante pilotes al fondo marino. Por otra parte, después de algún tiempo de operación, la estructura metálica queda muy afectada por la corrosión y su reutilización no parece razonable, aun suponiendo que se resolvieran los problemas inherentes al traslado de una estructura que carece de flotabilidad y estabilidad. Indudablemente, las características del diseño Monocol permiten plantear su traslado a otro yacimiento. Bastaría para ello repetir en orden inverso las operaciones realizadas para su instalación. Sin embargo, esta posibilidad debe ser prevista de antemano para que pueda tener una realidad práctica. Por ejemplo, habría que contar con las posibles incrustaciones sobre la columna, que dificultarían el deslizamiento de la plataforma anular, aunque existen varias soluciones para este problema.

Finalmente quiero agradecer al señor presidente sus amables comentarios sobre este trabajo. Comparto plenamente su actitud en relación con la explotación de nuestros recursos petrolíferos marinos. Toda vez que han sido detectadas la existencia de cuencas sedimentarias en nuestros litorales capaces de contener hidrocarburos, la obtención de éstos es una cuestión de probabilidades y de tenacidad. Por tanto, la exploración sistemática de nuestras costas debe constituir una tarea nacional, como lo fue en su día la política de construcción de centrales hidroeléctricas. Nuestros astilleros pueden construir los artefactos necesarios para ello, como ha quedado probado mediante la construcción de plataformas semisumergibles para armadores extranjeros, la cual ha dado origen al nacimiento de técnicas constructivas que están siendo imitadas por diversos astilleros de otros países. Con el desarrollo del proyecto Monocol que acabamos de presentar se aborda la problemática de las plataformas de explotación. La solución expuesta representa, a nuestro juicio, una interesante contribución a la obtención de artefactos que reúnan las máximas garantías de seguridad frente al riesgo de contaminación por derrames de petróleo. Y esta consideración es importante si recordamos que el desarrollo de fuentes energéticas debe ser absolutamente compatible con la protección de nuestro medio ambiente y de nuestra gran industria turística. Por tanto, parece que nuestra capacidad técnica e industrial está alcanzando el grado de madurez necesario para que la tarea de explorar y explotar nuestros recursos minerales marinos pueda ser una tarea básicamente española.

# PROYECTO, INSPECCION Y REPARACION DE PLATAFORMAS OFFSHORE (\*)

Por G. P. Smedley  
B. Eng., B. Met., C. Eng. (\*\*)

## RESUMEN

*La explotación en condiciones económicas de yacimientos petrolíferos o de gas a distancias cada día mayores de tierra, en mar abierta, ha conducido a un aumento en los problemas de diseño e inspección de este tipo de estructuras, aumentando al mismo tiempo la preocupación por los problemas de seguridad y posible polución durante este tipo de operaciones.*

*El presente trabajo analiza datos de averías sufridas por barcas en elevación y plataformas semisumergibles y trata asimismo de los riesgos en la operación de asentamiento de las estructuras de acero u hormigón en aguas profundas. Se comenta también la influencia sobre el proyecto y construcción de las mismas cuando la operación es llevada a cabo en zonas donde las condiciones de mar son predominantemente severas. En el caso de plataformas fijas se hace referencia a la operación de puesta a flote, instalación e inspecciones bajo el agua.*

*Las reparaciones a estructuras fijas de acero y sus conexiones a las líneas submarinas de tuberías pueden traer consigo la necesidad de efectuar soldaduras a profundidades de 150 m. o más. Se trata asimismo del efecto del hidrógeno durante la operación de sol-*

*deo a esas profundidades y de la presión sobre la soldadura en este "habitat".*

## SUMMARY

*The economic exploitation of oil and gas at greater distances from shore and treacherous waters, has increased the problems of the design and survey of all types of offshore structures. At the same time there has been increased concern for safety and anti-pollution in these offshore operations.*

*The paper refers to recent casualty data for jack-up barges and semisumergibles, and the hazards to fix steel and concrete structures in deep waters. Consideration is then given to the influence of operation in areas where the seastates are predominantly rough, on the design and construction of such structures. In the case of fixed platforms reference is made to float aout, installation and underwater surveys.*

*Repairs to fixed steel structures, and connections of underwater pipelines may involve welding at depths of up to at least 150 metres. Techniques are discussed with reference to the effects of hydrogen when welding in seawater, and of pressure on welding in an habitat.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La explotación económica de yacimientos petrolíferos o de gas en lugares cada día a mayores distancias de la costa, en mar abierta, ha traído como consecuencia un mayor interés por los problemas de diseño e inspección de este tipo de estructuras.

Asimismo aumenta de día en día la preocupación por la seguridad y el peligro de contaminación durante las operaciones de prospección.

Ya en el año 1974 entró en vigor una disposición del Gobierno británico, aprobada desde 1971, me-

dante la cual se exigía que todas las estructuras fijas o móviles que operasen en aguas británicas habrían de ir avaladas por un certificado de suficiencia expedido por una organización directamente designada por la Secretaría de Estado.

El Ministerio de Energía estableció la normativa técnica por la que había de regirse el diseño y los métodos de construcción de este tipo de instalaciones, así como la que regularía la inspección de las mismas por parte de los inspectores de la organización que hubiera de extender los certificados correspondientes. Se han publicado asimismo notas-guía sobre standards de diseño y construcción, tanto en el caso de estructuras de acero como en las de hormigón armado.

El presente trabajo describe la operacionalidad de algunas de estas estructuras, así como los problemas relativos a la inspección de las mismas.

(\*) Trabajo presentado en las XI Sesiones Técnicas de Ingeniería Naval, celebradas los días 22 al 25 de mayo de 1975 en Santander - "Monte Granada".

(\*\*) Senior Principal Surveyor for Off-Shore Services, Lloyd's Register of Shipping, Londres.

2. DATOS SOBRE SINIESTROS DE BARCAZAS TIPO "JACK-UP" O SEMISUMERGIBLES

El 27 de diciembre de 1967 la barcaza autoelevable "Sea Gem" colapsó, zozobró y se hundió, con pérdida de 13 vidas, aproximadamente a 70 kilómetros al este de Humber, mientras estaba siendo preparada para ser remolcada a su lugar de destino. La barcaza, que estaba provista de diez patas tubulares de acero, se fue a pique a 23 metros de profundidad.

Se recuperaron algunas partes del naufragio, como un tirante completo y fragmentos de otros seis, parte de tres de las patas, un polín y otras piezas menores.

La barcaza había sido suspendida de las patas mediante 40 tirantes de acero, cortados a soplete de plancha de 50 milímetros de espesor.

La imperfección del corte y la fragilización del acero a las bajas temperaturas reinantes en el momento de producirse la catástrofe fueron las causas que determinaron la misma.

Este punto pudo comprobarse en algunos de los tirantes recuperados, que mostraban signos claros de rotura por fragilización del material.

Se encontraron asimismo grietas por fatiga en dos de los tirantes en la conexión soldada que los unía a los polines existentes sobre la cubierta de la barcaza.

Las patas estaban constituidas por gruesos cilindros de acero con topes circunferenciales soldados. Algunos de estos topes, en particular los realizados "in situ", presentaban defectos importantes, que se hicieron patentes en dos de los fragmentos de las patas recobradas de la mar.

La estructura de la barcaza no había sido diseñada de acuerdo con los reglamentos de ninguna de las sociedades de clasificación vigentes en aquel entonces y los soportes habían sido construidos sin ningún tipo de supervisión que garantizase la calidad que exigía el alto compromiso de estas piezas.

Al poco tiempo de la pérdida del "Sea Gem" otra barcaza de tipo "jack-up" zozobró y se hundió, poco después de haber sido trasladada a su lugar de operación, constituyendo igualmente una pérdida total.

Durante el período de siete años comprendido entre junio de 1967 a junio de 1974 se registraron más de 28 accidentes de importancia en estructuras de tipo "jack-up". Las causas a las que se atribuyeron estos accidentes quedan reflejadas en la tabla I. Del análisis de la mencionada tabla puede observarse que el mal tiempo durante la operación de remolque y los "blow outs" (escapes de petróleo) fueron las causas atribuidas a los once accidentes mayores contabilizados como pérdidas totales. Estas mismas razones, junto con el mal tiempo en la zona de operación, fueron considerados como los responsables de la mayor parte de las averías de las estructuras, que requirieron una reparación importante antes de ser puestas otra vez en servicio.

TABLA I

*Datos de averías para barcazas tipo "Jack-up"*  
(Junio 1967 a junio 1974)

Causas del accidente	Pérdida completa	Reparadas	Total
HWD durante el remolque	5	6	11
Blow out	4	1	5
Avería por mal tiempo	1	4	5
Vuelcos	1	—	1
Fuego	—	1	1
Otras causas	—	5	5

Al final del período anteriormente reseñado existían en servicio 130 unidades de tipo "jack-up". Considerando únicamente las pérdidas totales, la frecuencia de ocurrencia de las mismas fue de 1,2 por cada 100 barcazas-año, lo que supone una cantidad de cuatro veces mayor que la recopilada durante un período de tiempo equivalente para 100 buques mercantes-año de banderas británica y estadounidense (véase tabla II).

TABLA II

*Proporciones de siniestralidad para estructuras móviles marinas y buques mercantes*

Tipo de artefacto	% pérdida total (artefacto/año)
"Jack-up"	1.2
Semisumergible	~ 1.0
Buques mercantes	
Bandera U. S. A.	0.31 (todo tipo de causas)
Bandera británica	0.30 (todo tipo de causas)

La tabla III nos muestra las causas y frecuencia de siniestros para barcazas de tipo semisumergible a lo largo del mismo período anterior. Todas las pérdidas totales fueron atribuibles a la mala mar en

TABLA III

*Proporciones de siniestralidad para semisumergibles*  
(Junio 1967 a junio 1974)

Causa del accidente	Pérdida total	Reparados
Mal tiempo	2 (2)	5 (4)
Blow outs	—	3

( ) Indica accidentes en el Mar del Norte.

la zona del mar del Norte. La misma causa fue asimismo considerada como responsable de las averías de cuatro de las cinco barcazas seriamente dañadas, lo cual nos da una idea de la severidad de las condiciones ambientales que han de soportar este tipo de estructuras en esa zona geográfica.

Durante ese mismo período de siete años había en servicio 32 barcazas de tipo semisumergible, que dieron una frecuencia de siniestralidad de aproximadamente 1.0 por cada 100 barcazas-año, determinada sobre las mismas bases que en el caso de las barcazas tipo "jack-up".

El coste total estimado de las unidades perdidas y el de las reparaciones de las unidades que pudieron ser recuperadas y puestas otra vez en servicio asciende a 4.300 millones de pesetas para el caso de las barcazas tipo "jack-up" y 1.800 millones de pesetas para el caso de las barcazas de tipo semisumergible.

Lo anteriormente expuesto confirma la imperiosa necesidad de reducir la tasa de siniestralidad de este tipo de estructuras.

Dada la tendencia a la prospección en aguas cada vez más profundas, las exigencias de inspección han de ser cada día mayores.

Se irá cada día a estructuras más seguras, en las que la posibilidad de fracturas por fatiga quede minimizada por el tipo de diseño y construcción empleado. La soldabilidad, tenacidad y la resistencia a la corrosión habrán de ser probadas "a priori" de forma totalmente satisfactoria, especialmente en el caso de los nuevos aceros de resistencias a la tracción mucho mayores a los convencionales empleados hasta ahora en estructuras marinas, que con gran probabilidad se utilizarán cada vez más para los soportes de celosía en estructuras que operen en profundidades comprendidas entre los 60 y 95 metros.

Las estructuras de tipo tubular soldadas muestran una cierta tendencia a la rotura por fatiga en la conexión soldada, que se ha evidenciado en varias de las estructuras de tipo fijo y semisumergible ahora existentes. En los últimos años se han hecho

grandes avances en el diseño de este tipo de estructuras, mejorando el comportamiento ante la fatiga de las mismas para una vida en servicio prefijada de antemano.

Marshall ha analizado algunas de las estructuras existentes utilizando estas técnicas, demostrando que muchas de las fracturas encontradas en las mismas podían ahora haberse previsto durante la fase de proyecto.

### 3. EVOLUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS FIJAS DE ACERO

Las estructuras de tipo fijo de acero tubular soldado son las utilizadas más ampliamente a escala mundial en todas las zonas de prospección de petróleo y gas.

A finales de 1973 se registraba la existencia de más de 600 de esas estructuras solamente en la zona del Golfo de Méjico.

La tabla IV nos muestra el número de plataformas existentes en el Golfo de Méjico, agrupadas por fecha de construcción a partir de 1949, así como las profundidades de la mar en las zonas de ubicación de las mismas. Del análisis de la misma se observa una tendencia continuada a lo largo de los últimos años al aumento de la profundidad en las zonas de explotación, tendencia que parece continuar en el momento presente, a juzgar por los permisos de prospección recientemente concedidos.

Es interesante observar que en estas concesiones el Gobierno norteamericano hace gran hincapié en los aspectos de seguridad y lucha contra la contaminación, así como en los altos standards de diseño y construcción que han de regir estas estructuras.

En el momento actual existen pozos de petróleo o gas en fase productiva en las aguas territoriales de 34 países, la exploración progresa en otros 45 y se realizan estudios sobre posibles prospecciones en un total de 80 países.

Las condiciones climatológicas difieren notablemente en cada uno de los 34 países que en el mo-

T A B L A I V

*Plataformas de producción en el golfo de México*

(Análisis en términos de año de construcción y profundidad de aguas en el lugar de operación)

Año de construcción	Profundidad del agua (en pies)							
	Hasta 50	50/100	100/150	150/200	200/250	250/300	300/350	350/400
1949-1953	25	2	—	—	—	—	—	—
1954-1958	86	48	2	—	—	—	—	—
1959-1963	25	29	21	9	—	—	—	—
1964-1968	30	61	51	20	12	6	2	—
1969-1973	10	30	49	39	29	8	—	2

mento actual explotan yacimientos petrolíferos marinos, y son precisamente esas condiciones las que habrán de tenerse en cuenta a la hora del proyecto de la estructura.

En cada caso habrán de considerarse como factores determinantes del diseño los huracanes (zona del Golfo de Méjico), grandes hielos temporales y temblores de tierra (zona de Alaska) o altura máxima de ola prevista durante los períodos de mala mar (otras áreas). Poca o ninguna atención se ha prestado hasta el momento actual a las cargas de tipo cíclico debidas al oleaje (análisis de fatiga), debido principalmente a que las plataformas han estado localizadas hasta ahora en zonas de mar moderada, con tormentas relativamente poco frecuentes.

La zona septentrional del mar del Norte presenta, por el contrario, unas características diferentes, con alturas máximas de ola previstas del orden de 30 metros a lo largo de la vida total estimada de la plataforma, y en la que las frecuencias acumulativas de encuentro con olas de distintas alturas, durante un período de cuarenta años, siguen una ley aproximadamente lineal (fig. 1).

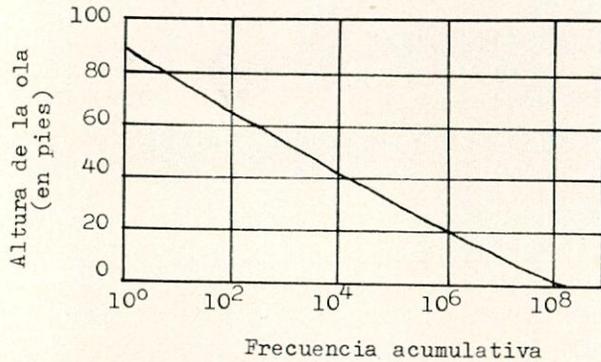


Fig. 1.—Espectro de ola para cuarenta años.

Ante estas particularidades del medio en el que se ha de desarrollar la vida total de este tipo de instalaciones se hace imprescindible un análisis de fatiga de sus estructuras, de forma que las averías por fatiga acumulativa en cada unión crítica estén dentro de los límites aceptables para el período de vida asignado a las mismas. Este análisis es ya hoy en día un requisito más exigido por las autoridades británicas, y dado que el mismo ha de cubrir todas las uniones importantes y que las cargas y fatigas correspondientes a cada elemento han de ser obtenidas a partir de las fuerzas presentes en la estructura por efecto de la ola, el organismo designado para extender el certificado ha de proceder necesariamente a un análisis completo e independiente del proyecto.

Los análisis de fatiga efectuados en la actualidad por el Lloyd's Register of Shipping en muchas de las estructuras de acero han demostrado la existencia de gran número de uniones con una vida estimada a la fatiga muy corta, haciéndose en ocasiones imprescindible modificar el diseño de la zona en cuestión para obtener la vida deseada.

Los análisis de fatiga están basados en los requisitos de la Sección 10.7 de la American Welch Society Structural Welding Code, 1972, y enmiendas

sucesivas publicadas con posterioridad, que es el único que ofrece una guía razonable para el diseño de estructuras tubulares soldadas.

Se necesita, sin embargo, una considerable experiencia para la conversión de las fuerzas directamente ocasionadas por la acción de la mar, en gamas de cargas cíclicas sobre cada uno de los elementos que componen la estructura, así como para la interpretación de las fatigas cíclicas en las uniones soldadas de los nudos.

No ha de olvidarse asimismo que las curvas fatiga-número de ciclos han de ser modificadas para tener en cuenta el efecto de la fatiga a corrosión.

Es importante reseñar que en gran número de áreas marinas la tendencia ha sido incrementar la altura máxima de ola utilizada en el diseño. Este dato es el factor que determina tanto la altura de la plataforma sobre el nivel del mar como el espesor de sus miembros.

En general, la altura máxima de ola a considerar aumenta con la profundidad del agua en el lugar de emplazamiento de la plataforma. Por ejemplo, en la zona sur del mar del Norte, donde las profundidades pueden ser de 24 metros o más, la altura máxima de la que se suele partir en el diseño en el momento actual es de aproximadamente 17 metros. En la zona norte, donde las plataformas están ubicadas en aguas de una profundidad comprendida entre los 110 y 180 metros, la altura máxima de ola considerada, para una vida estimada de cincuenta años, suele variar entre los 26 y 30 metros.

En los Estados Unidos se observa igualmente la misma tendencia a las prospecciones en aguas cada vez más profundas, tanto en la vertiente Atlántica como en la del Pacífico.

Se han hecho ya en la actualidad estudios para plataformas en zonas de 300 metros de profundidad y está comenzada la construcción de una estructura para ser instalada en aguas de 260 metros de profundidad.

La evolución hacia las plataformas sobre aguas cada vez más profundas en territorio americano y en el de otros países imponen ya en el presente la necesidad de considerar una altura máxima de ola, así como la de efectuar análisis de fatigas de una manera semejante a la que se considera en los proyectos de plataformas destinadas al mar del Norte.

Salvo excepciones, las plataformas se construyen en posición horizontal, son puestas a flote, levantadas en el sitio y van directamente empilotadas al lecho marino. Para la operación de puesta a flote son necesarias barcasas o unidades especiales de flotación.

En el caso de la GREYTHORP I la estructura pesaba alrededor de las 23.000 toneladas. La unidad de flotación, alrededor de las 10.800 toneladas. El sistema de flotación era independiente de la torre (ver figura 2). Sin embargo, en diseños más recientes se han adoptado sistemas de flotación integrales. En general, los sistemas de flotación no están sujetos en el momento actual a reglamentación alguna por parte de los Gobiernos.

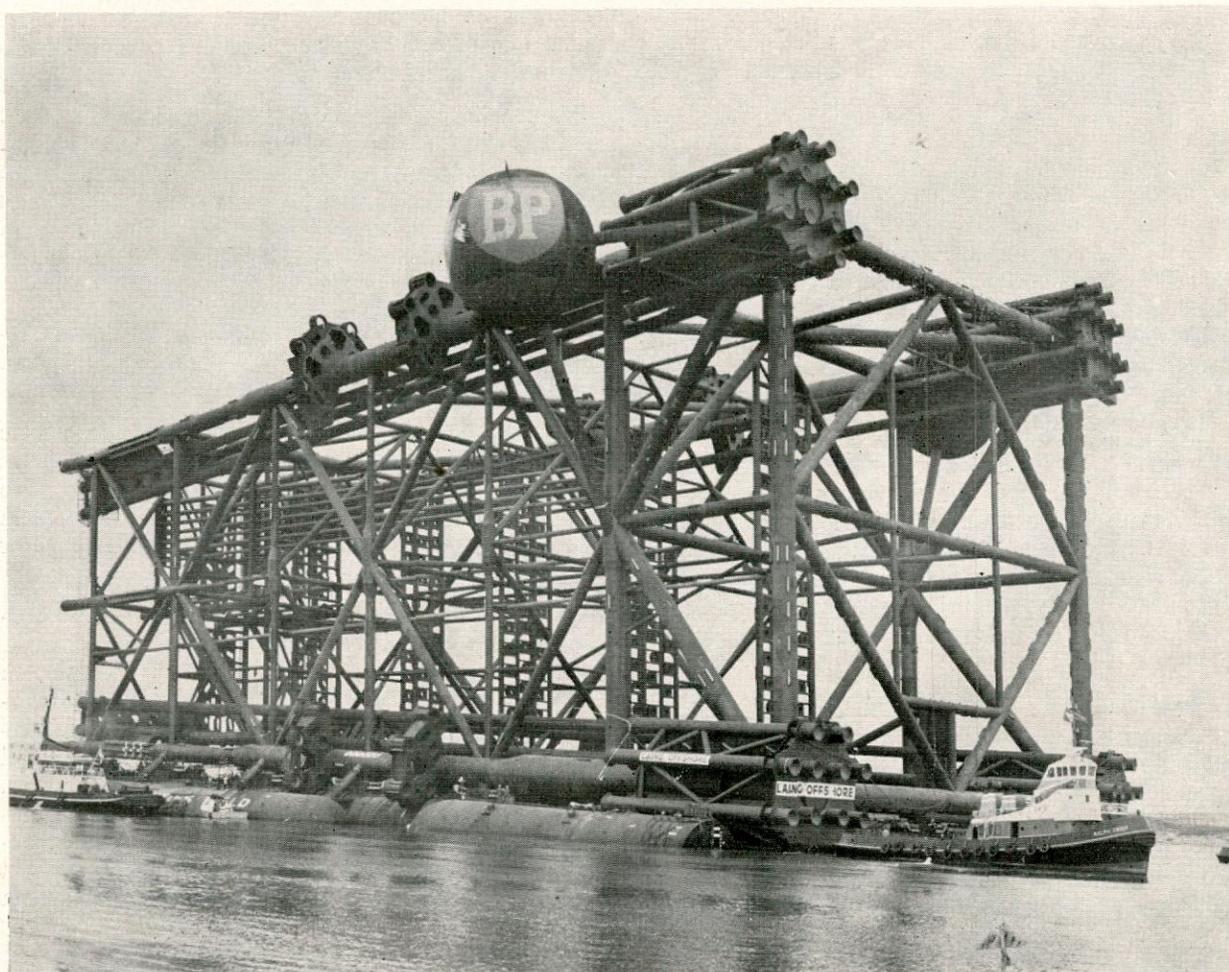


Fig. 2.—Envoltorio de una plataforma tubular de acero para «Forties Field» durante la operación de puesta a flote sobre la unidad de flotación.

Las operaciones de puesta a flote e izado de las plataformas son extremadamente críticas y requieren un meticuloso estudio, además de una cuidadosa ejecución, así como una investigación sobre los posibles problemas de estabilidad.

La opinión general recogida entre los aseguradores envueltos en este tipo de actividad es que tanto las unidades de flotación como los cálculos de estabilidad deben ser examinados y aprobados por una sociedad de clasificación.

Por ello, Lloyd's Register of Shipping recomienda en la actualidad a los armadores de nuevas plataformas la conveniencia de solicitar la inspección y cálculo de estabilidad de estas plataformas en beneficio de la seguridad de las mismas, así como para obtener condiciones ventajosas de cara a los aseguradores.

Las grandes estructuras de hormigón armado están encontrando gran aceptación en la zona norte del mar del Norte y totalizan ya alrededor de 10 unidades entre las ya construidas, en fase de construcción y en la de pedido.

Algunas de ellas son capaces de almacenar alrededor del millón de barriles de petróleo y presentan el atractivo de permitir la instalación de la estructura de cubierta y la de módulos con anterioridad a la operación de puesta a flote.

Hasta el momento, los diseños se han basado en los requerimientos del British Code of Practice CP 110 y la Federation Internationale de la Precontraints Code (ver fig. 3).

#### 4. INSPECCIÓN DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

La clasificación (o el certificado de suficiencia expedido por el Gobierno británico) de una estructura marítima nueva, bien sea fija o móvil, cubre muchos aspectos referentes a la seguridad, además de la valoración general del proyecto y la inspección, con vistas a garantizar la solidez de la estructura y de las cimentaciones sobre las que descansa (mecánica del suelo del lecho marino). Han de considerarse asimismo la maquinaria instalada, el equipo eléctrico y de control, las zonas peligrosas, la protección contra incendios y su extinción, el equipo de salvamento, etc. Todos estos aspectos han de ser tratados adecuadamente, tanto en la inspección inicial durante la construcción como en los exámenes periódicos. Este enfoque del alcance a cubrir por la inspección está respaldado por datos estadísticos que nos muestran que los "blow outs" (escapes de petróleo), las explosiones, el fuego y las colisiones constituyen riesgos tan grandes para estas unidades como los fallos estructurales. Existe considerable experiencia en el tratamiento de estos problemas por su similitud con los buques o artefactos convencio-

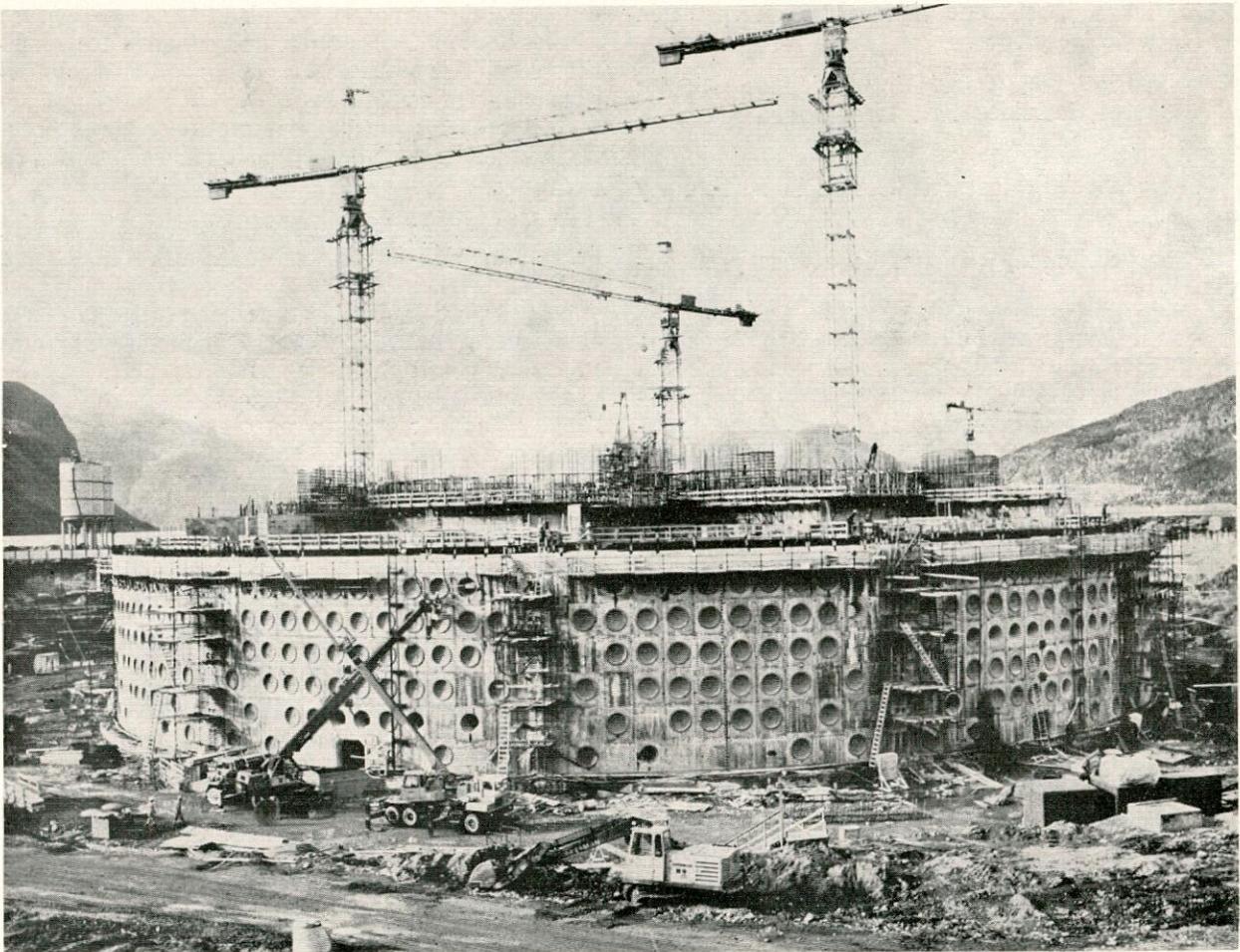


Fig. 3.—Construcción de una plataforma intermedia de hormigón para «Frigg Field» en Andelsnes, Noruega. Base y muro rompeolas en su fase final, antes de la operación de puesta a flote sobre aguas profundas, donde se completará la columna central.

nales. Por ello se hace especial énfasis en el aspecto estructural, que es indudablemente el de mayor novedad.

La inspección comienza desde la etapa de proyecto, cuando se estudian detenidamente los planos y las especificaciones en lo que se refiere a la seguridad y cuando se efectúa un estudio detallado de la totalidad del diseño. Cualquier desviación respecto a la práctica comúnmente aceptada ha de discutirse y ser aceptada o rechazada antes de que los planos sean aprobados y enviados a los lugares de construcción, en los que los inspectores habrán de asegurarse de que tanto la construcción como la instalación cumplen todos los detalles señalados en los mismos.

Los avances en la industria de las estructuras marinas han sido rápidos. Estos, junto con la escasez de acero, han determinado la necesidad de una aprobación provisional del proyecto preliminar a efectos de permitir el pedido de los materiales. Además, la fase de aprobación del proyecto y de los planos en particular se extiende habitualmente hasta bien adentrada la etapa de la construcción, a efectos de incluir todas las modificaciones que van surgiendo. No es raro, pues, que una sociedad de clasificación repita varias veces la valoración del proyecto de una misma estructura. La rapidez de la construcción exi-

ge asimismo que los inspectores "in situ" estén al corriente de todas las modificaciones aceptables.

La inspección recientemente efectuada para la clasificación de plataformas fijas de acero destinadas al mar del Norte cubría los siguientes aspectos:

1. Inspección y prueba del acero en la acerería. Para las estructuras del mar del Norte el acero ha sido suministrado por el Reino Unido, Suecia, Alemania, Francia, Japón, Estados Unidos y otros países productores.
2. Pruebas de los métodos de soldadura y de producción, tanto en los talleres de subconjuntos como "in situ". También en este caso los subconjuntos han sido fabricados en Europa y Japón. En el Reino Unido ha sido necesario formar y cualificar centenares de soldadores, partiendo de mano de obra no especializada, para cubrir las necesidades de esta reciente industria.
3. Inspección de módulos de cubiertas y el equipo correspondiente; por lo general, en talleres de subcontratistas.
4. Inspección durante la construcción en el lugar de montaje principal.
5. Asistencia a las operaciones de botadura e

izado "in situ", así como vigilancia de la operación de hincas de los pilotes.

6. Inspección durante la instalación de módulos y de equipo, incluido el de la seguridad y contra-incendios.

7. Reconocimientos periódicos de la estructura y equipo.

8. Inspecciones y peritajes de averías y sus reparaciones.

Las estructuras se construyen de chapa de acero; por lo general, de calidad cromo-manganeso, de alta resistencia a la tracción, según la BS 4360, calidades 43, 50 y 55 o equivalentes. (Los números de calidad indican la resistencia mínima a la tracción en Kg/mm<sup>2</sup>.) Los límites elásticos correspondientes son 24, 34,5 y 41,5 Kg/mm<sup>2</sup>, aproximadamente. El criterio habitual de proyecto es considerar una fatiga combinada máxima para cada miembro individual del 80 por 100 del límite elástico del acero para las fatigas resultantes de un oleaje de la máxima altura prevista. Se han propuesto recientemente aceros con límites elásticos más altos (56 Kg/mm<sup>2</sup>), al objeto de reducir el espesor de los pilotes en plataformas situadas en aguas profundas. Aceros de esas características han sido sometidos a pruebas extensivas de resiliencia por parte de la Navy Department y se usan desde hace años para aplicaciones navales. Su

uso para el campo de las plataformas marinas se considera aceptable siempre que cumplan los requisitos resiliencia y restantes exigencias del Navy Department, siempre que dicho Departamento haya llevado a cabo las pruebas de aprobación de los procedimientos de soldadura y materiales empleados en la misma.

El carbono equivalente de todos estos aceros se limita a un 0,43 por 100 con vistas a la soldabilidad. Además, la plancha de acero destinada a las zonas importantes de la estructura se comprueba mediante ultrasonidos en las acererías. Durante las primeras etapas de construcción de las torres para la parte septentrional del mar del Norte se produjo desgarro laminar (laminar tear) en un cierto número de soldaduras efectuadas bajo embridamiento. Las soldaduras afectadas eran nudos de varios tirantes, así como uniones de los refuerzos de los elementos de las patas inferiores. El problema se ha resuelto mediante el uso de aceros de calidad especial, con propiedades uniformes en todo su espesor. Estos aceros de calidad especial se suministran con un área mínima de estricción garantizada del orden del 35 por 100 para pruebas de tracción realizadas en la dirección del espesor del material. En general, las probetas para este tipo de pruebas de tracción se toman de los extremos superior e inferior de cada plancha, a un cuarto o tres cuartos de su anchura. Sin embargo, cuando el acero tiene un contenido

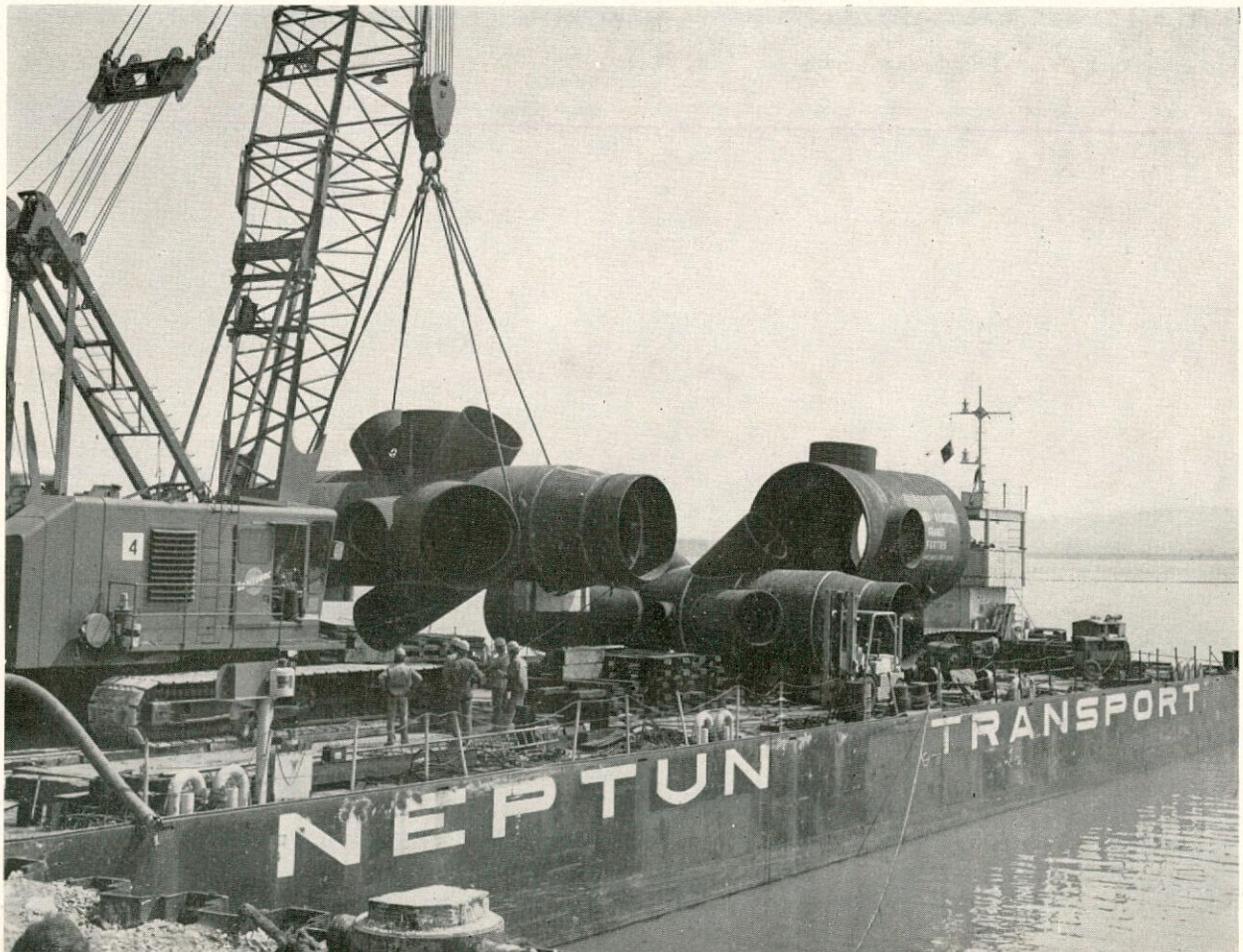


Fig. 4.—«Nudos» prefabricados con ramales para los arriostramientos para una estructura tubular de acero.

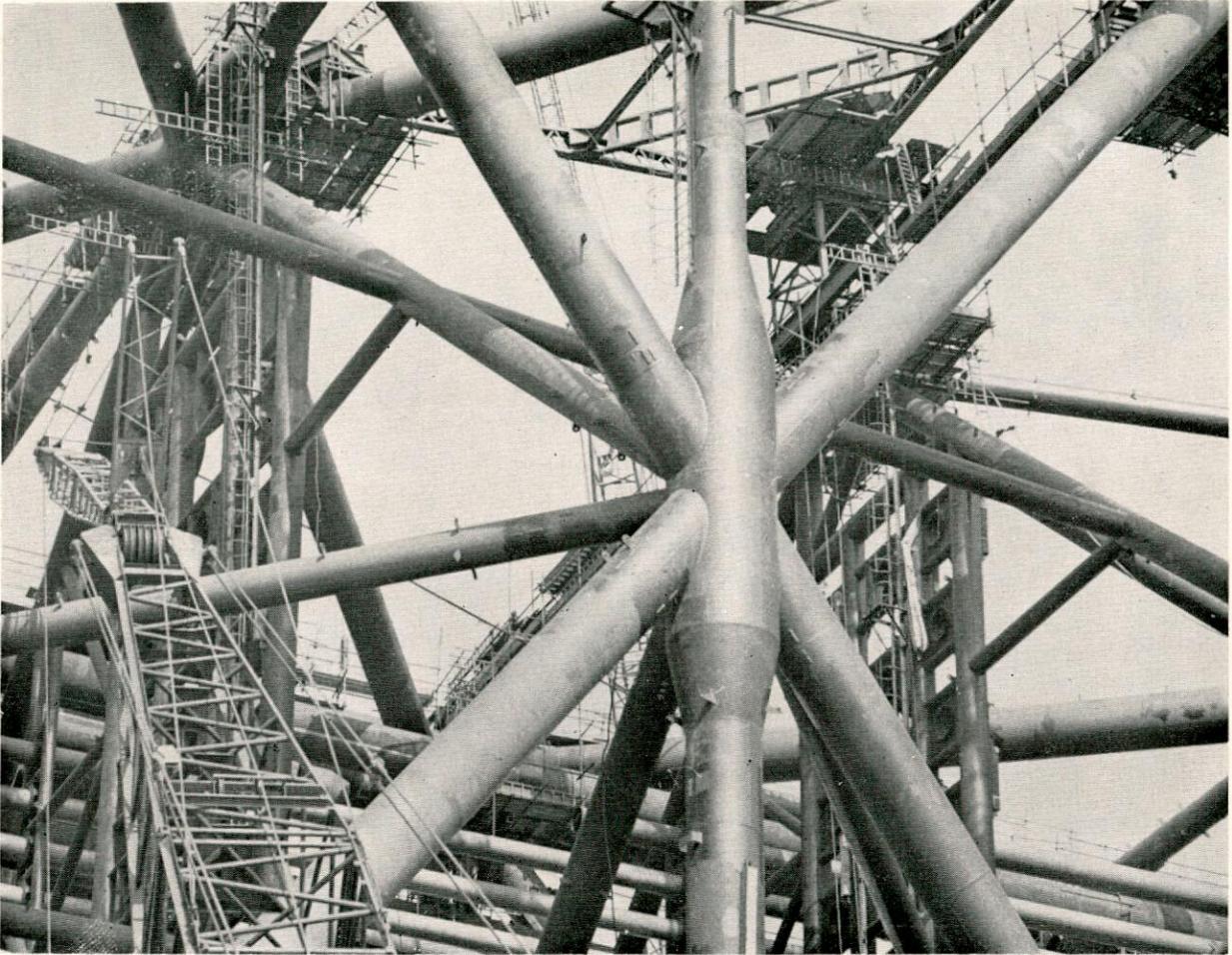


Fig. 5.—Nudo intermedio completo con numerosas ramificaciones.

de azufre inferior al 0,006 por 100 se ha desgasificado al vacío y la fabricación ha sido efectuada bajo estricta vigilancia en todas sus fases; la uniformidad de las propiedades de tracción en todo el espesor sólo se comprueba mediante pruebas elegidas por muestreo de cada colada.

El costo de la plancha de acero especial es alrededor de un 30 a un 50 por 100 más que el de la plancha de calidad normal. Se ha visto que este gasto inicial adicional es pequeño en comparación con el de las reparaciones para corregir las grietas por desgarre laminar y los retrasos derivados de la reparación de las mismas.

En el mar del Norte las temperaturas mínimas del agua y del aire son  $+4^{\circ}\text{C}$  y  $-10^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. Los resultados de las pruebas Charpy en los aceros y soldaduras asociadas están íntimamente ligados a estas temperaturas y al espesor de sección. Hasta hace poco, las acerías no hubieran jamás aceptado el suministro de gruesos perfiles laminados, tales como vigas de cubierta, con propiedades al impacto claramente especificadas. Por ello, habían de aceptarse perfiles laminados con escasa resiliencia, o bien había que fabricar los perfiles de plancha de acero, dependiendo de la localización de los perfiles en cuestión. En los últimos nueve meses, algunas acerías vienen produciendo grandes perfiles laminados con propiedades CV garantizadas de 27J a  $-50^{\circ}\text{C}$ .

Este tipo de perfiles laminados han supuesto la solución definitiva del problema.

El tratamiento térmico posterior a la soldadura reduce a un bajo nivel las tensiones residuales de la soldadura y aumentan la resiliencia en la zona soldada. La British Petroleum decidió tratar térmicamente después de la soldadura los "nudos" de las cuatro plataformas que iban a ser situadas en un lecho marino a una profundidad de 130 metros en el Campo Forties. El espesor de los tirantes es de hasta 63 milímetros para el primer proyecto y de hasta 125 milímetros para un proyecto alternativo posterior. Los gruesos cilindros son tratados térmicamente después de la soldadura de las costuras longitudinales principales, así como después de la unión de las ramificaciones a los tirantes de arriostramiento.

La adopción del sistema de unión mediante ramificaciones era un método británico que, además de facilitar el tratamiento térmico después de la soldadura, ofrecía las siguientes ventajas (ver figs. 4 y 5):

- 1) Las soldaduras de unión al tirante-cuerda pueden ser de penetración completa y pueden ser efectuadas desde ambos lados. Se evitan con ello las soldaduras por una sola cara en zonas sometidas a altas concentraciones de esfuerzos.

- 2) Las ramificaciones pueden ser más gruesas que los tirantes principales. (La tendencia es que las ramificaciones sean hasta un 50 por 100 más gruesas que los arriostramientos principales.) De este modo las tensiones de servicio se reducen en las uniones de los arriostramientos con los tirantes-cuerda con un aumento mínimo de peso. El peso general es importante, puesto que la torre debe ser puesta a flote "in situ". El exceso de peso trae como consecuencia un sistema de flotación más voluminoso y costoso.
- 3) Las soldaduras críticas entre los miembros pueden ser probadas por ultrasonidos en taller. Inicialmente se trataban térmicamente todas las soldaduras en secciones de más de 38 milímetros de espesor. La tendencia actual es extender el límite hasta los 50 milímetros para los tirantes-cuerda y a 50 y 63 milímetros para los arriostramientos por encima y por debajo de una línea de referencia definida a 6 M por debajo de la bajamar. El relajamiento de esta exigencia se condiciona a que las propiedades al impacto CV del metal-base, zona afectada por el calor, y el metal de aportación estén dentro de los límites especificados (ver figuras 4 y 5).

Algunas compañías petrolíferas exigen un esmerilado cuidadoso de todas las soldaduras entre los miembros de arriostramiento y cuerdas, seguida por una inspección por partículas magnéticas. Pese a lo caro de la operación, las compañías interesadas opinan que el costo extra queda justificado por la mejora en la seguridad que ofrecen este tipo de uniones, así como en el aumento de vida a la fatiga de las mismas.

Teniendo todo esto en cuenta, un armador ha clasificado perfiles soldados por formas y acabados y ha indicado en los planos de la estructura el tipo requerido para cada soldadura.

Claramente, el uso de ramales requiere soldaduras a tope por un solo lado, entre los mismos y los arriostramientos tubulares. Cuando la diferencia en espesor entre el ramal y el arriostramiento es importante, el primero se suele achaflanar por su superficie interior. A su terminación, todas las soldaduras a tope se analizan por medios no destructivos al 100 por 100. Cuando existen defectos de raíz en las soldaduras se suelen cortar "ventanas" en las riostras para facilitar el resanado de la soldadura desde el interior seguido por un cordón de cierre. Después se vuelven a soldar parches sobre las ventanas.

Las soldaduras a tope circunferenciales entre las distintas secciones de las patas principales son de penetración completa por ambas caras. En este caso existe acceso a las superficies interior y exterior de la sección. Debido a las cargas transmitidas a través de los arriostramientos, los soportes principales son notablemente más gruesos en los nudos que en el resto de su longitud. Los cilindros nodales están achaflanados con respecto a las secciones adyacentes al objeto de proporcionar una preparación para

la soldadura adecuada y de reducir el grosor de la soldadura longitudinal. Esto es necesario, ya que tales uniones no suelen ser tratadas térmicamente después de soldadas.

Mientras sea posible, se procuran evitar los anillos interiores o refuerzos longitudinales en los nudos de las estructuras fijas de tipo tubular. El engrosamiento del miembro-cuerda es el método preferido de compensación en las zonas de unión de los arriostramientos. Esto es factible porque los diámetros de los tirantes-cuerda son tales que dan lugar a espesores razonables para relaciones diámetro-espesor de 20 a 35. Tales relaciones son necesarias para obtener esfuerzos de flexión aceptables en las zonas locales de las conexiones a los arriostramientos.

En el proyecto de plataformas semisumergibles se utilizan arriostramientos tubulares para interconectar los elementos de soporte principales. Estos elementos son de gran diámetro y de espesores relativamente bajos, por lo que se hace esencial un reforzamiento interno para obtener esfuerzos de flexión aceptables. Si se quieren evitar fallos por fatiga en servicio en el lado del tirante-cuerda en las soldaduras de los arriostramientos, la relación diámetro-espesor debe ser lo más pequeña posible y han de colocarse refuerzos para proporcionar una compensación eficaz adicional de la envolvente. Además las soldaduras que unen los arriostramientos y los refuerzos a los elementos principales deben ser de buena calidad, forma y acabado.

La correcta alineación y la exactitud en las dimensiones son de importancia primordial, en especial cuando los nudos son prefabricados, ya que los tirantes de arriostramiento han de coincidir perfectamente con los ramales del miembro principal. Algunos armadores consideran que compensa dedicar especialistas a comprobar detenidamente los nudos y las dimensiones generales de las envolventes durante las fases intermedia y final. Sin embargo, las dimensiones más vitales son probablemente aquellas que rigen el acoplamiento de los módulos de cubierta a las envolventes ya instaladas. Las correcciones de faltas de alineación, cuando los módulos están izados en posición en la mar, pueden ser costosos y suponer retrasos considerables en los montajes.

Las plataformas semisumergibles se pueden prefabricar y montar en grada, en diques o bien construir la parte superior de la estructura sobre unidades de flotación en aguas abrigadas. La alineación de los elementos que conectan las distintas secciones prefabricadas es de importancia vital y debe ser tomada en consideración en la fase de la planificación. Deben hacerse comprobaciones frecuentes de los conjuntos prefabricados para tener la seguridad de estar trabajando dentro de los límites de tolerancia. Cuando la operación de ensamblado se hace a flote, es necesario considerar los efectos de la marea y remolinos sobre el arriostramiento provisional de la estructura y las conexiones entre miembros hasta la terminación de la operación de soldeo.

En lo que respecta a las estructuras de hormigón armado, los requisitos y los procedimientos de valoración del proyecto a fines de certificación fueron detallados en un reciente Symposium sobre Ingeniería

Off-Shore. Como se trata de estructuras de gravedad, resultan más afectadas por las condiciones del lecho marino, que debe estudiarse con particular atención. Las estructuras se proyectan para resistir todas las cargas que actúan sobre la misma, tanto durante la construcción como durante las operaciones de remolque e instalación. Con frecuencia estas cargas condicionan más los espesores del proyecto que las del oleaje durante el servicio.

El sistema de inspección seguido durante la construcción es similar al empleado para estructuras de acero. La diferencia principal estriba en el enorme volumen de hormigón que se necesita para estas estructuras. Por ejemplo, el peso sumergido de una plataforma de hormigón puede ser de 200.000 a 400.000 toneladas. Es necesario disponer de un sistema seguro de control de calidad, buena supervisión y comprobaciones frecuentes de la calidad conseguida. Existen organizaciones independientes de control de calidad directamente responsables ante los inspectores que efectúan una vigilancia continua de esos aspectos.

Antes del comienzo de la producción se muestrean los distintos componentes "in situ" y se prueban las mezclas para asegurar el nivel de calidad requerido para el hormigón. El muestreo debe cubrir de forma adecuada la totalidad del material a emplear. También se deben realizar pruebas continuas comprobatorias de la calidad obtenida durante el proceso de producción.

Las barras de armadura del hormigón y los cables del pretensado se inspeccionan y se prueban en las acerías de acuerdo con la especificación aprobada. La colocación de estas barras y la de los tubos para cables ha de comprobarse cuidadosamente antes del vertido del hormigón. También hay que comprobar el nivel de pretensado de los cables para tener la seguridad de que se encuentra dentro de la gama especificada.

La calidad superficial del hormigón es importante, para lo cual ha de evitarse la fabricación de capas superiores a 1,5 metros diarios. El exceder esta cantidad traería como consecuencia una degradación de la calidad obtenida.

#### 5. INSPECCIONES DE ESTRUCTURAS EXISTENTES Y DE AVERÍAS

Hasta el momento ninguna de las estructuras fijas existentes ha sido objeto de reconocimientos periódicos, tal y como requiere la "Mineral Working Act". Sin embargo, se han realizado ya esos reconocimientos periódicos en estructuras de tipo "jack-up" y semisumergibles, en general de conformidad con los requisitos de las sociedades de clasificación. Sin embargo, ha de tenerse en cuenta que el examen de estas últimas no presenta los problemas de inspección subacuática de las primeras.

Durante los últimos seis meses se han efectuado algunos reconocimientos de averías solicitados por aseguradores de la zona subacuática de la estructura de plataformas fijas de acero.

Este tipo de inspección presenta la particularidad de que los informes de daños existentes han de ser confeccionados por los inspectores sin un examen real de los mismos, partiendo de la información recibida sobre el accidente, informes y bosquejos preparados por buzos y del examen por televisión de la zona averiada, bien directo, bien por videotape. Cuando la avería es extensa y está localizada a profundidades considerables, las técnicas actuales de visión tienen sólo un valor muy limitado.

Las plataformas de acero existentes, que se encuentran bajo inspección al objeto de conseguir la certificación inicial, están situadas en la zona meridional del Mar del Norte (es decir, en aguas relativamente poco profundas), por lo que ha sido posible un examen razonablemente bueno de las zonas de nudos. La calidad de las imágenes obtenidas de los daños, tanto por televisión como por videotapes, pueden ser consideradas como bastante satisfactorias.

Los exámenes subacuáticos son imprescindibles para efectuar las siguientes operaciones:

- 1) Comprobación del perfil del lecho marino y retirada de desechos de acero que pudieran estar en contacto con la estructura.
- 2) Verificación del estado de los ánodos protectores y sus ligaduras a la estructura. Cuando se utiliza equipo impreso de protección catódica ha de comprobarse asimismo el buen estado de conservación del equipo subacuático.
- 3) Medición ultrasónica del espesor de los miembros estructurales importantes.
- 4) Valoración detallada de las condiciones de las soldaduras, en especial en las zonas de nudos.
- 5) Comprobación del espesor de incrustaciones en los miembros sumergidos de la estructura tubular de acero. Esto influencia las cargas, que, debido a las fuerzas del oleaje, actúan sobre los miembros. En general no debe sobrepasarse el espesor considerado en el proyecto.

En el caso de la envolvente de una plataforma a unos 40 metros de calado, aproximadamente, el examen subacuático se puede realizar en unos diez días siempre que las condiciones meteorológicas y de la mar sean razonables y se haya planeado cuidadosamente la operación.

El examen de las partes subacuáticas de una estructura fija de acero puede revelar daños o fracturas que exijan reparaciones de soldadura. Tales reparaciones son muy caras y deben ser sólidas y fiables, pese a los graves problemas planteados por la presencia del agua del mar y la creciente presión con la profundidad.

Hasta la fecha se han empleado cuatro métodos principales de soldadura subacuática:

- i) Soldadura por arco metálico manual en el agua<sup>6</sup>.

- ii) Soldadura MIG con una pequeña cámara transparente en la extremidad del "soplete", que el buzo hace estanca con una pieza de goma espuma en la zona a soldar<sup>7</sup>.
- iii) Construcción de una cámara en forma de campana alrededor de la zona a soldar. La cámara se llena con gas inerte, de manera que el soldador pueda trabajar en seco<sup>7</sup>.
- iv) Instalación de una cámara de sobrepresión completa alrededor del área de trabajo, bombeo del agua interior e insuflación de una mezcla adecuada de helio y oxígeno. Los buzos-soldadores penetran en la cámara y pueden trabajar totalmente "en seco"<sup>8</sup>. En estas condiciones se puede soldar mediante los procedimientos MMA, MIG y TIG.

El Gobierno británico ha patrocinado investigaciones sobre todos estos diversos procesos de soldadura. Se ha publicado un informe final sobre la soldadura de arco metálico manual en agua<sup>9</sup>. A continuación resumimos las conclusiones alcanzadas por el mismo:

- a) El efecto de enfriamiento rápido por el agua del mar no resultó tan grande como se esperaba, siendo equivalente al experimentado al soldar al aire una plancha de acero de 63 milímetros sin precalentamiento.
- b) La fisuración por hidrógeno en las zonas afectadas por el calor y los metales soldados constituyen el problema principal encontrado.
- c) No se pueden efectuar soldaduras sólidas y seguras incluso en posición horizontal y en aguas poco profundas, con independencia del tipo de electrodo. (Ni siquiera con electrodos de baja aleación, de tipo austenítico, electrodos de revestimientos especiales o con los ofrecidos por los fabricantes para aplicaciones subacuáticas.)
- d) El mejor comportamiento correspondía a electrodos de Clase 5 (revestimiento de polvo férrico). Sin embargo, aun cuando se obtuvieron algunas soldaduras sólidas, la apariencia de la superficie era inaceptable para zonas de altos compromisos.

La conclusión a deducir del mencionado informe es que la soldadura manual bajo el agua no es satisfactoria y no debe emplearse para reparaciones importantes. En la U. R. S. S. parece haberse probado con éxito un electrodo con núcleo fundente especial<sup>10</sup>, pero no ha podido disponerse de dicho electrodo para las pruebas efectuadas por los investigadores británicos.

La actitud del Lloyd's Register es que la soldadura bajo el agua sólo podrá ser aceptada en reparaciones importantes cuando las pruebas efectuadas en condiciones que simulen adecuadamente las reales sean totalmente satisfactorias.

Las técnicas referidas en b), c) y d) son similares en cuanto que su objetivo es soldar bajo condiciones

en seco. El primero de estos métodos sólo proporciona una pequeña cámara alrededor del soplete. La eficacia de la cámara de gas depende totalmente de la pericia del soldador. Por lo tanto, este método es sólo adecuado para reparaciones de pequeña extensión en aguas relativamente poco profundas. Con esta técnica se han efectuado ya un considerable número de soldaduras satisfactorias.

La segunda técnica proporciona una cámara llena de gas mucho más grande. En general debe construirse una cámara ligera de peso, abierta en la base y capaz de ser montada y estancada debajo del agua de la manera más adecuada para cada tipo de trabajo. En plataformas tubulares menores se ha utilizado esta técnica para reparaciones de soldaduras en nudos a profundidades de unos 50 metros. Se prefirió el proceso de la soldadura MIG para efectuar dicha reparación, pero probablemente se hubiera podido utilizar con éxito un proceso de arco metálico manual. En las cámaras más grandes de este tipo se puede precalentar, así como dar un tratamiento térmico localizado posterior a la soldadura. El gran espacio de trabajo facilita también la soldadura en posición no horizontal.

Las cámaras de sobrepresión son esencialmente adecuadas para elementos de geometría simple, como, por ejemplo, líneas de tubería. Se han utilizado para hacer conexiones de oleoductos depositadas en el lecho marino y para la reparación de daños en los mismos. Las extremidades de las tuberías se deslizan a través de toberas de diámetro adecuado en las cabezas de la cámara cilíndrica. Se expulsa el agua de la cámara por bombeo y se sustituye por la mezcla de helio y oxígeno adecuada para la profundidad. Debido al efecto perjudicial sobre la calidad de la "fatiga del buzo", éstos no penetran en la cámara hasta que los ajustadores han alineado las extremidades de las tuberías y terminado la preparación para el soldeo de las mismas.

El aumento de la presión con la profundidad y la atmósfera gaseosa puede influenciar al arco de soldadura y, en consecuencia, la calidad obtenida. La investigación efectuada sobre el tema<sup>7, 11</sup> nos muestra los siguientes problemas:

- 1.º En el caso de soldadura manual, ni las condiciones de voltaje mínimo ni la frecuencia de cortocircuito quedan afectadas por el ambiente gaseoso hasta profundidades de al menos 300 M. Utilizando electrodos de bajo contenido de hidrógeno las soldaduras resultan sanas a todas las profundidades.
- 2.º A medida que aumenta la presión, la soldadura tipo TIG en atmósfera de argón o helio, el arco disminuye y el voltaje necesita ser aumentado para una longitud de arco predeterminada. A altas presiones la erosión de la punta del electrodo puede dar lugar a una inestabilidad del arco y dificultades en la iniciación del mismo. La penetración aumenta, sin embargo, a profundidades mayores de los 70 M.
- 3.º Al utilizar procesos tipo MIG es necesario incrementar el voltaje del arco con la presión

para obtener una buena apariencia superficial. Sin embargo, la frecuencia del cortocircuito disminuye y a profundidades por debajo de los 70 M. la densidad de los humos es muy severa.

La mayoría de las investigaciones se han concentrado sobre la soldadura en posición horizontal. Sin embargo, pueden presentarse problemas en otras posiciones.

La tendencia es utilizar procesos MIG hasta profundidades de unos 60 M. Con atenciones especiales y una protección de argón pueden hacerse soldaduras satisfactorias de raíz hasta los 150 M. La soldadura manual con electrodos de bajo contenido de hidrógeno ha demostrado ser también satisfactoria para esta profundidad.

La conexión y reparación de soldaduras bajo el agua se efectúa generalmente por medios mecánicos.

Para secciones de 25 a 45 milímetros de espesor los procesos de corte de oxidación por arco dan superficies razonablemente buenas.

## 6. CONCLUSIONES

Fundamentalmente se ha hecho referencia a lo largo de esta charla al proyecto, construcción e inspección de estructuras marinas fijas y flotantes para la exploración y explotación de yacimientos petrolíferos o de gas. La industria de prospección petrolífera utiliza muy diversas instalaciones subacuáticas, equipos de buceo, submarinos, máscaras submarinas, etc. En gran número de casos existe legislación por parte de los países bajo cuyas aguas se efectúan estas operaciones, que cubren los aspectos de seguridad del buzo, así como los exámenes iniciales y periódicos de los equipos submarinos.

En general éstos están diseñados y construidos de acuerdo con los requisitos de los códigos que cubren los recipientes sujetos a presión externa.

Por el momento los oleoductos submarinos no están sometidos a reglamentación nacional alguna; sin embargo, gran número de ellos están siendo construidos en el Mar del Norte bajo inspección al objeto de obtener los mismos standards de construcción que para instalaciones de tierra.

Es evidente la creciente atención que se está dando a los aspectos de seguridad y lucha contra la contaminación por la industria del petróleo y los Gobiernos de los países en cuestión. Los esfuerzos de la industria en este sentido están siendo fuertemente influenciados por las considerables pérdidas económicas resultantes de fallos que paralizan la explotación y la producción.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. "A Survey of Rig Mishaps" Offshore, 5th June, 1974.
2. "Mobile Rigs may Number 640 in 1982" Offshore, Dec. 1973.
3. Lloyd's Register of Shipping "Casualty Returns" and

"Statistical Tables" published by Lloyd's Register Trust Corporation Ltd.

4. "General Considerations of Tubular Joint Design" by P. W. Marshall, Paper No. 2, Welding in Offshore Construction - International Conference; The Welding Institute, Feb. 1974 (See also W. R. C. Bulletin 193, April 1974).
5. "'Quality Assurance' for Offshore Gravity Structures" by P. Shaw, Symposium on Ocean Engineering, Institution of Naval Architects, Nov. 1974.
6. "Multipass All Position 'Wet' Welding A New Underwater Tool" by C. E. Grubbs and O. W. Seth; 4th Offshore Technology Conference; Houston; May 1972.
7. "Underwater Repair and Construction Using Advanced Wet-Welding Techniques" by D. W. Kirkley and D. J. Lythall; Symposium on Ocean Engineering, R. I. N. A., London; Nov. 1974.
8. "Hyperbaric Welding Grows Up" by G. Morrissey; Oceanology International Offshore Technology; Vol. 7, No. 3, March 1972.
9. "A Preliminary Study of Underwater Manual Metal Arc Welding" by A. W. Stalker, P. H. M. Hart and G. R. Salter; Published Feb. 1975 by The Welding Institute for The Department of Industry, British Government.
10. "Underwater Welding of Metals" by I. M. Savitch; International Conference on Welding in Offshore Structures; The Welding Institute; Feb. 1974.
11. "A Study of the Effects of Increased Pressure on the Welding Arc" by A. W. Stalker and G. R. Salter, Preprint of Report to be published by The Welding Institute, England.

## DISCUSION

*Sr. Pineda González*

Se ha planteado en este trabajo las directrices que han de guiar la actuación de una sociedad de clasificación con objeto de dar un índice de fiabilidad lo más elevado posible a todas estas realizaciones de la tecnología "offshore" destinadas a la búsqueda y explotación de petróleo marino.

Ciñéndonos al tema de las estructuras reticulares de acero, que, como bien sabemos, constituyen el diseño básico de las plataformas semisumergibles y, en su mayor parte, de las plataformas de producción, creo que se ha tocado de pasada un aspecto que a mi modo de ver es fundamental y sobre el cual me gustaría conocer su opinión, que reflejará en gran parte el criterio seguido por su sociedad.

Este aspecto es el de asegurarse que todos los elementos que constituyen la estructura han sido montados de tal forma que en su vida operativa van a contribuir a la resistencia estructural del conjunto tal y como fueron previstos en proyecto.

Esto, que en principio puede parecer evidente, no creo que se logre sin un adecuado estudio de las secuencias de montaje que obligue a compensar en todo momento las deformaciones inherentes al peso propio de los elementos estructurales y las que por efecto de la soldadura se vayan progresivamente introduciendo.

Incluso me atrevería a decir que el estudio previo de secuencias de montaje habría de ser comprobado

con el mismo rigor que el proyecto, y de ahí establecer un programa de comprobaciones para que sea fielmente seguido por los inspectores a pie de obra.

*Sr. Azpiroz Azpiroz*

El autor cita en su trabajo que el Gobierno británico exige que las estructuras fijas o móviles que operan en aguas británicas estén avaladas por un certificado de suficiencia. Deseo preguntarle si este certificado debe ser emitido necesariamente por un organismo británico o puede serlo por un organismo extranjero debidamente autorizado.

*Sr. Rodrigo Zarzosa*

¿Podría el autor indicar la solución adoptada para el tratamiento térmico de las soldaduras realizadas "in situ" en las plataformas construidas en armadura de acero (tipo Brent) cuando se empleen aceros especiales y se lleguen a espesores superiores a los 50 milímetros?

Dadas las dificultades de mantenimiento y reparación para plataformas que trabajan a grandes profundidades, ¿se han previsto requerimientos especiales a tener en cuenta en la fase de diseño en lo relativo a protección contra corrosión, protección contra incrustaciones, viabilidad de reparaciones de la obra de acero sumergida?

*Sr. Arcos Egred*

La conferencia del señor Smedley es indudablemente de gran interés. Deseo solicitar sus comentarios respecto a algunos puntos. Estoy de acuerdo en que el problema de desgarramiento laminar es de mucha importancia en la estructura de plataformas y que la utilización de aceros de calidad Z es una solución al respecto. Sin embargo, desearía saber si en el caso de que el acopio de este material especial, o su trabajo, puedan presentar dificultades, qué otra alternativa puede considerarse para solucionar el problema de desgarramiento laminar.

Por último, y refiriéndome a la pregunta hecha por el señor Azpiroz, desearía que el señor Smedley confirme si estoy en lo cierto al suponer que la certificación de plataformas off-shore trabajando en aguas británicas puede ser hecha por varias sociedades clasificadoras, entre las cuales está el American Bureau of Shipping, que yo represento, y que esto es posible debido a la autorización concedida para el efecto por el Gobierno británico a través del Departamento de Energía.

*El autor*

El señor Pineda González hizo alusión a un punto importante en la secuencia de montaje de estructuras off-shore de acero soldado.

En la etapa de diseño es necesario considerar la secuencia de montaje, refiriéndose principalmente al acoplamiento y alineación de los componentes y la

estabilidad de las preparaciones de soldadura en obra. Estos puntos son de primordial importancia cuando la construcción está flotando, como es el caso de numerosas semisumergibles. Es normal considerar con detalle cada fase de la secuencia de construcción y determinar qué medidas razonables son propuestas para soportar y arriostrar elementos.

El Gobierno británico requiere para su visto bueno que el diseño de una estructura off-shore cubra cualquier condición de carga durante su construcción, puesta a flote y posicionado "in situ" en el mar. La razón de tomar estas medidas es para asegurar que la estructura no esté sometida a una excesiva carga durante estas etapas que puedan perjudicar su seguridad y su fiabilidad durante el servicio.

El señor Azpiroz preguntó sobre el despacho del Certificate of Fitness (Certificado de Condición) por el Gobierno británico para una estructura off-shore. El certificado es, en efecto, emitido por una autoridad aprobada por la Secretaría de Estado para la Energía (Secretary of State for Energy).

En este momento, cinco de las sociedades de clasificación más importantes han sido aprobadas para este fin. El señor Egred también hizo referencia a este punto. En vista de que cuatro de las cinco sociedades de clasificación son "organizaciones extranjeras", es claro que el Certificado de Condición puede ser emitido por una "autoridad extranjera".

El señor Rodrigo Zarzosa hizo referencia al tratamiento térmico postsoldadura "in situ" de estructuras de acero. El máximo espesor de acero usado en la estructura de una plataforma "fija" de acero es de unos 125 milímetros, que corresponde a las uniones entre las columnas principales de la estructura con los tirantes. Este espesor es necesario para reducir las tensiones en el forro de las columnas, que se producen por carga directa y por los esfuerzos de flexión en el plano o fuera del plano de los tirantes. Esta reducción de esfuerzos debe llegar hasta límites aceptables en el diseño que prevengan fallos estáticos bajo las cargas de la ola máxima en cincuenta años y fallos de fatiga por cargas repetidas de ola.

En el Reino Unido la posición donde los tirantes están conectados a un miembro principal de la estructura se llama "node" (nudo). Para esta estructura los "nudos" fueron prefabricados. Cada uno consta de la parte gruesa del miembro principal, con segmentos de miembros de arriostramiento soldados. Después de la soldadura, los "prefabricados" fueron tratados térmicamente a aproximadamente 600° C. No es normal un tratamiento térmico postsoldadura en las soldaduras a tope entre el segmento de tirante que forma parte del nudo y el resto del tirante ni entre diferentes secciones de las columnas principales.

Es claro que los tratamientos postsoldadura de este tipo de uniones puede entrañar problemas de acceso y distorsiones de la estructura.

Con referencia a la corrosión e *incrustación* en estructuras de acero, ambas se han de considerar en la etapa del diseño. Muchas de las estructuras fijas están pintadas solamente hasta una profundidad de

aproximadamente cinco metros por debajo del nivel de bajamar mínima. El acero expuesto por debajo de este nivel está protegido por numerosos y grandes ánodos de sacrificio o en algunos casos por un sistema de protección catódica por corrientes impresas.

Recientemente, inspecciones submarinas de plataformas existentes en el mar del Norte han mostrado que la pérdida de espesor de los miembros por corrosión ha sido pequeña y dentro de los límites permitidos de corrosión.

En las zonas salpicadas por las olas, la corrosión puede ser un problema. Aquí es normal exigir un importante sobre-espesor (por ejemplo, 13 milímetros o más) y una adecuada protección de pintura. Las incrustaciones incrementan las cargas de la ola en los miembros de estructuras. Es por lo que en los cálculos de diseño se sigue la práctica de incluir unos límites para la incrustación de 25 milímetros o más. Los reconocimientos de estructuras fijas existentes han mostrado que la incrustación puede ser grande, y ello en cualquier profundidad por debajo de la línea de agua. Donde el exceso de los límites calculados en el diseño es significativo, lo que debe hacerse es quitar las incrustaciones de los miembros que pueden ser incapaces de tolerar los efectos de grandes incrustaciones durante fuertes temporales.

El señor Arcos Egred ha puesto de manifiesto puntos muy importantes en relación con el uso y suministro de chapas de acero de calidad Z.

Diversas investigaciones han indicado claramente que desgarres laminares durante la soldadura de chapas de acero sometidos a altas sollicitaciones en la dirección del espesor pueden ser evitados por el uso de aceros que presentan buen comportamiento a la tracción en dirección del espesor.

Parece ser que la mínima reducción de área en la fractura de las probetas de tracción tomadas a través del espesor debe ser aproximadamente el 20 por 100 para evitar este problema.

El Gobierno británico requiere el uso del acero Z para la construcción de "miembros críticos" que es-

tén sometidos a cargas normales a la superficie de la chapa.

Fabricantes de acero en Japón, Suecia, Alemania, Reino Unido, Francia, U. S. A., por lo menos, han desarrollado la fabricación de chapas de acero que satisfacen este requerimiento.

Para conseguir las propiedades mecánicas a través del espesor en cualquier posición de la chapa, los aceros son fabricados con bajo contenido de azufre (menos que aproximadamente 0,007 por 100) y deben ser colados en vacío. La tabla número 1 es un análisis de los resultados mecánicos a través del espesor de chapas de calidad Z suministradas por cuatro fabricantes para estructuras que han de ser instaladas en el mar del Norte. Seis ensayos de tracción transversales a la superficie fueron hechos en cada chapa. Es interesante notar que estos aceros tienen fracturas muy tenaces, como se determinó por el ensayo de resiliencia Charpy, con entalla en V. La energía media de todas las chapas fue superior a 140 J a  $-20^{\circ}\text{C}$  y a  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Actualmente chapas de acero Z pueden ya obtenerse fácilmente en espesores de 19-63 milímetros. La situación puede cambiar cuando la construcción de plataformas disminuya. Por lo menos uno de los fabricantes de plataformas mantiene un "stock" de reserva por considerar que no hay otra alternativa que usar este tipo de acero. Esto no significa que el desgarre laminar no puede ser evitado por técnicas como el "buttering" previo a efectuar las conexiones soldadas sometidas a contracciones impedidas. Sin embargo, el acero Z presenta una simple y más barata solución a causa de las excelentes propiedades mecánicas a través del espesor y excelentes propiedades al choque, con entalla en V de las chapas de acero Z fabricadas por experimentadas acererías; usando las técnicas descritas antes, Lloyd's Register of Shipping está dispuesto a reducir considerablemente la cantidad de ensayos de este tipo de chapa en estas factorías.

Algunos fabricantes de plataformas han expresado la opinión de que, bajo estas circunstancias, ellos pueden preparar pedidos en esta calidad para todo el acero de la estructura principal.

# BUQUES DE SUMINISTRO A PLATAFORMAS DE PERFORACION (\*)

Por Juan José Azpíroz Azpíroz  
Dr. Ingeniero Naval

## RESUMEN

*La importancia creciente de la explotación del petróleo y gas submarinos hace previsible la construcción de numerosos buques auxiliares de las plataformas de prospección y producción necesarias. Se indican las funciones que deben cumplir los buques de suministro a las plataformas y las características que, en consecuencia, deben tener estos buques y se aporta información que puede servir de guía en el proyecto de los mismos. Finalmente se revisan algunos equipos característicos de este tipo de buque.*

## SUMMARY

*The growing importance of the off-shore oil and gas production makes predictable the building of many auxiliary ships to attend the necessary exploration and production rigs. It is mentioned the functions to be done by the oil rigs supply vessels, and the features that consequently these ships have to incorporate, guide information for their desing being provided as well. Finally a revision is made of some peculiar equipments incorporated on these ships.*

## INDICE

1. Introducción.
2. Flota de buques de suministro.
3. Funciones de los buques de suministro.
  - 3.1. Remolque de plataformas.
  - 3.2. Maniobra de anclas.
  - 3.3. Abastecimiento de plataformas.
  - 3.4. Transporte de tripulaciones.
  - 3.5. Seguridad del personal.
4. Características de buques de suministro.
  - 4.1. Tamaño de buque.
  - 4.2. Disposición General.
  - 4.3. Propulsión.
  - 4.4. Maniobrabilidad.
  - 4.5. Estabilidad.
  - 4.6. Flotabilidad.
5. Proyecto de buques de suministro.
  - 5.1. Dimensiones principales.
  - 5.2. Formas del casco.
  - 5.3. Propulsión.

- 5.4. Pesos.
- 5.5. Estructura.
6. Equipos de casco.
  - 6.1. Chigre de remolque.
  - 6.2. Tanques de cemento.
  - 6.3. Estabilizadores.
  - 6.4. Cubiertas móviles.
  - 6.5. Tambor de popa.
7. Conclusión.
8. Notación.
9. Bibliografía.

## 1. INTRODUCCIÓN

La existencia de petróleo y gas natural en bolsas situadas debajo del fondo del mar condujo desde hace tiempo a la prospección y explotación de estos campos submarinos, pero, debido al mayor coste de las instalaciones y procesos productivos frente a los utilizados en los campos de tierra adentro, la actividad de explotación submarina fue muy limitada y básicamente restringida a zonas en aguas muy poco profundas.

Sin embargo, el interés por las explotaciones submarinas cercanas a los países consumidores ha aumentado enormemente en tiempos recientes, debido

(\*) Trabajo presentado en las XI Sesiones Técnicas de Ingeniería Naval, celebradas los días 22 al 25 de mayo de 1975 en Santander - "Monte Granada".

al gran encarecimiento del precio de los crudos en los países productores y exportadores y al interés de los países no productores en conseguir una total seguridad en el suministro de petróleo, con independencia de circunstancias políticas y comerciales, que pueden limitar y poner en peligro su abastecimiento desde el extranjero. Esto ha motivado que la explotación del petróleo submarino sea mucho más rentable que antes, a pesar de sus mayores costes, dejando aparte consideraciones de seguridad en el suministro. Actualmente, aproximadamente, el 20 por 100 de todo el petróleo extraído es de origen submarino y se estima llegará al 40 por 100 en el año 2000.

La primera tarea necesaria para obtener petróleo y gas submarino es localizar las bolsas que los contienen y esto sólo puede hacerse con seguridad mediante perforaciones en zonas en las que un examen sísmico del fondo del mar, realizado mediante buques especialmente preparados para esta tarea, indica que es probable la existencia de hidrocarburos.

Las perforaciones de prospección se realizan desde artefactos móviles flotantes o fondeados, cuyos principales tipos son los siguientes:

- Barcazas perforadoras sin propulsión.
- Buques perforadores autopropulsados.
- Plataformas autoelevadoras ("jack-ups").
- Plataformas semisumergibles.
- Plataformas sumergibles.

Las plataformas autoelevadoras ocupan el primer lugar en número de unidades en servicio, aproximadamente el 50 por 100 del total, seguidas por las semisumergibles, buques y restantes. En cambio, en la cartera de pedidos el primer lugar es para las semisumergibles, seguidas por las autoelevadoras y buques.

Una vez que las perforaciones han mostrado la existencia de un campo de petróleo o gas submarino de suficiente tamaño para que su explotación se considere rentable, se construyen plataformas fijas sobre el fondo para los diversos trabajos necesarios para la extracción y tratamiento del producto. El petróleo obtenido se transporta a tierra en petroleros, que cargan el petróleo almacenado en grandes depósitos flotantes o fondeados, o por oleoductos submarinos, para cuya construcción se utilizan gabarras posa-tubos especialmente preparadas para soldar y disponer en el fondo los tubos del oleoducto.

Las plataformas autoelevadoras pueden trabajar en profundidades de hasta 150 metros, las semisumergibles hasta 600 metros y los buques hasta 900 metros. Estas son profundidades extremas y la mayoría de las plataformas y buques operan en aguas menos profundas.

La plataforma continental, en cuyos fondos se estima se encuentra la mayor cantidad de petróleo submarino, se extiende hasta unas millas o varios cientos desde la costa, según los lugares, y su profundidad llega hasta unos 700 metros, con valor medio

de 150 metros. Las prospecciones comenzaron en las zonas más cercanas a la costa, pero cada vez se alejan más hacia zonas más profundas, razón por la cual ha crecido la demanda de plataformas semisumergibles y buques perforadores, frente a las autoelevadoras, de menor capacidad en profundidad.

En todo este proceso de prospección y producción de petróleo y gas submarino es necesario el auxilio de embarcaciones de diversos tipos para efectuar las siguientes funciones:

- 1.<sup>a</sup> Medir y registrar las condiciones de viento, olas, corrientes, topografía submarina, características de los sedimentos del fondo, campos magnéticos, en las zonas donde se pretende investigar la existencia de petróleo.
- 2.<sup>a</sup> Preparar perfiles sísmicos del fondo para que los geólogos determinen las zonas de la corteza submarina donde posiblemente haya bolsas de petróleo o gas.
- 3.<sup>a</sup> Remolcar las plataformas móviles hasta los lugares de perforación y moverlas en la zona para sucesivas perforaciones.
- 4.<sup>a</sup> Mover las anclas que mantienen fondeadas a las plataformas, buques perforadores y gabarras posa-tubos.
- 5.<sup>a</sup> Transportar materiales auxiliares desde el puerto de abastecimiento hasta las plataformas y gabarras posa-tubos.
- 6.<sup>a</sup> Transportar tripulaciones entre los mismos puntos.
- 7.<sup>a</sup> Inspeccionar el estado de las partes sumergidas de las plataformas fijas o móviles y la cabeza de los pozos submarinos.
- 8.<sup>a</sup> Atender a los equipos de buceadores para inspección submarina.
- 9.<sup>a</sup> Mantener las boyas para atraque de petroleros.
- 10.<sup>a</sup> Combatir posibles incendios en las plataformas.
- 11.<sup>a</sup> Proporcionar seguridad al personal de buques y plataformas en caso de gran accidente.

Evidentemente, algunas de las funciones anteriores pueden ser efectuadas por un mismo buque, mientras que otras requieren buques más específicos. La tendencia actual, y sobre todo la futura, será construir buques cada vez más especializados, ya que el alejamiento de las zonas de operaciones hará rentable esta especialización, aunque hoy normalmente se combinan varias funciones en cada buque.

Este trabajo se va a limitar al buque clásico de suministro ("supply vessel", "navire ravitailleur", "versorger schiff"), que se ocupa básicamente de las funciones 3, 4, 5, 6 y 11 anteriores, aunque también es posible extender su campo de actividades a algunas otras funciones, aunque sea de forma no tan especializada.

## 2. FLOTA DE BUQUES DE SUMINISTRO

Los buques de suministro (B. S. en abreviatura) deben atender a las plataformas móviles de prospección, buques perforadores, plataformas fijas de producción y gabarras posa-tubos. Sin embargo, el número de B. S. necesarios es diferente según el artefacto al que atienden y también varían el tamaño y potencia necesarios.

Por término medio se puede considerar que cada artefacto necesita a su disposición los siguientes B. S.:

— Plataformas autoelevadoras ... ..	2
— Plataformas semisumergibles ... ..	2
— Buques perforadores ... ..	1
— Plataformas fijas ... ..	1
— Gabarras posa-tubos ... ..	4

Según datos de julio de 1974, las plataformas móviles y buques perforadores en construcción y contratados para entregas hasta 1978 ascendían a 140, lo que supone un número correspondiente de nuevos B. S. necesarios de unos 250, aparte los requeridos para atender plataformas de producción y gabarras posa-tubos. Según un informe del armador noruego F. A. Bugge, en 1974 el número de B. S. en el mundo ascendía a 655 unidades, con una cartera de pedidos de 260.

Según otro informe de Weco-Shipping I/S, el número de B. S. aumentará de 1975 a 1980 en unas 300 unidades. Las cifras anteriores, de distinto origen, coinciden en indicar que de aquí a 1980 será necesario construir en el mundo unos 250 a 350 B. S., sin contar otros buques auxiliares para exploraciones sísmicas, servicios de inspección, etc., si bien es cierto que para estos servicios se utilizan muchos buques convertidos a partir de remolcadores, pesqueros, etc.

## 3. FUNCIONES DE LOS BUQUES DE SUMINISTRO

A continuación se consideran con más detenimiento las funciones más importantes y características de los B. S., esquematizadas anteriormente:

### 3.1. Remolque de plataformas

Las zonas principales de prospección y explotación están situadas en el Golfo de Méjico, Sudamérica, zona del Caribe, costa occidental de Estados Unidos, Canadá, Mar del Norte, Golfo Pérsico, S. E. de Asia, costa occidental de Africa, Mar Mediterráneo. También últimamente se han iniciado prospecciones en la zona ártica, al parecer, muy prometedoras.

Las plataformas autoelevadoras generalmente no tienen propulsión y deben ser remolcadas hasta las zonas de perforación, así como en los cortos desplazamientos dentro de la zona para perforaciones sucesivas. Asimismo, muchas semisumergibles tampoco tienen propulsión y están en las mismas condiciones. Los buques perforadores generalmente son auto-

propulsados y no precisan ayuda para su desplazamiento. Para efectuar estos remolques se emplean B. S., que debido a su alta potencia propulsora, necesaria para manejar las anclas de las plataformas, pueden realizar la función de remolque.

En esta función los B. S. compiten con los grandes remolcadores de altura en trayectos largos, pero en los cortos encuentran su mayor aplicación.

El remolcador de altura presenta algunas ventajas respecto al B. S., especialmente sus mejores formas de casco, una hélice única de mejor rendimiento propulsivo que las dos hélices que generalmente tienen los B. S.; pero, sin embargo, la mejor maniobrabilidad de éstos les permite mantener mejor el rumbo durante el remolque, lo que compensa en parte los inconvenientes anteriores.

Por otra parte, la tripulación de los B. S. está mucho más familiarizada con el manejo de plataformas que lo puede estar la de un remolcador, y en el caso de remolques cortos dentro de una zona, éstos se realizan después de que el B. S. ha extraído del fondo las anclas de las plataformas, por lo que en realidad se trata de una maniobra combinada de manejo de anclas/remolque, que el B. S. realizará en condiciones óptimas.

Para poder remolcar grandes plataformas, los B. S. necesitan un tiro a punto fijo del orden de 50/100 toneladas, lo que requiere una potencia propulsora de unos 4.000/8.000 BHP. En remolques cortos dentro de una zona, la velocidad requerida es menor y es suficiente un tiro de 25/50 toneladas, por lo que pueden utilizarse B. S. más pequeños, de mitad de potencia que los anteriores.

Va aumentando el número de plataformas semisumergibles dotadas con medios propios de propulsión, que hacen innecesaria la ayuda de B. S. o remolcadores para su movimiento, aunque un buque auxiliar debe acompañarlas por razones de seguridad personal.

### 3.2. Maniobra de anclas

Las plataformas semisumergibles y buques perforadores permanecen a flote durante las maniobras de perforación, y deben, por tanto, mantenerse en el sitio con un mínimo de desplazamientos para permitirles realizar su trabajo. Esto se consigue por medio de anclas que se fondean a cierta distancia y cuyas cadenas se tensan con los molinetes de a bordo, o bien mediante el llamado sistema dinámico, que consiste en varias hélices de empuje transversal, cuyo funcionamiento está controlado por un ordenador que en función de los movimientos de la plataforma/buque y de las condiciones de mar, viento y corrientes determina continuamente el grado de empuje que cada hélice debe proporcionar.

El primer sistema es con mucho el más utilizado y el segundo encuentra su mayor aplicación en aguas muy profundas, en que el fondeo es impracticable.

Una gran plataforma semisumergible necesita de ocho a diez anclas de 20/25 toneladas de peso para fijar su posición, y los B. S. se encargan de llevar

las anclas hasta su punto de fondeo, que suele estar hasta 800 metros desde la plataforma; después de fondeadas las anclas, se tensan las cadenas desde la plataforma antes de comenzar a perforar.

Cuando la plataforma o buque tiene que cambiar de posición, el B. S. se encarga de recuperar las anclas con sus cadenas y trasladarlas hasta la plataforma. La tensión impuesta a las cadenas por los molinetes de las plataformas hace que las anclas penetren profundamente en el fondo, por lo que se requiere un tiro muy fuerte en el chigre del B. S. utilizado para extraerlas.

Estos chigres tienen tracciones mayores de 100 toneladas, siendo normal actualmente colocar chigres de 150 toneladas en los B. S. grandes. Estos chigres son de doble tambor y sirven para extraer las anclas y para remolque.

Para efectuar el tiro del cable de extracción unido a la cruz del ancla, los B. S. antiguos y algunos modernos montaban en popa un pórtico-soporte de las pastecas-guía, pórtico articulado en cubierta y accionado por medio de cilindros hidráulicos. A veces, el pórtico se desplaza longitudinalmente por la cubierta, aunque esto es complicado y caro, además de dificultar la estiba de la carga, y por ello se ha montado en muy pocos B. S.

Modernamente, casi todos los B. S. tienen en el extremo de popa de cubierta superior un tambor horizontal de 1,5 a 2 metros de diámetro y de 3 a 4 metros de longitud, cuyo giro libre facilita el izado de las anclas hasta la cubierta del B. S.

### 3.3. Abastecimiento de plataformas

Las plataformas permanecen continuamente en su sitio de trabajo, por lo que es necesario abastecerlas de consumibles para la tripulación, combustible para sus generadores de energía, equipo y materiales de perforación. Estos últimos constituyen el mayor volumen de abastecimiento, ya que durante el proceso de perforación la plataforma necesita tubo de acero para formar el pozo, cemento para asegurarlo, fango especial para refrigeración de la broca y expulsión de la tierra y roca perforadas, fango que se produce con agua dulce y ciertos productos químicos. El equipo de perforación debe renovarse más o menos periódicamente, por lo que debe trasladarse a la base en tierra y viceversa.

Una plataforma perfora cuatro a cinco pozos por año y cada pozo de unos 4.000 metros requiere unas 600 toneladas de tubo, 3.000 toneladas de agua, 500 toneladas de cemento, 1.000 toneladas de barita y productos químicos. Considerando que la duración de perforación de un pozo es de unos ochenta días y que la potencia instalada en la plataforma es de unos 8.000 a 10.000 BHP, el consumo de combustible asciende a unas 1.500 toneladas. Por tanto, durante una perforación la plataforma debe ser abastecida con unas 7.000 a 8.000 toneladas de diversos consumos.

Con un B. S. de tamaño normal de 1.000 toneladas de peso muerto, o sea unas 800 toneladas de carga

útil, son necesarios diez viajes. Si la base de suministro está a 500 millas de la plataforma, el viaje redondo a 14 nudos de velocidad, con tres días para carga y descarga, requiere seis días, o sea en total sesenta días para el transporte de 8.000 toneladas.

Teóricamente un B. S. podría en estas condiciones abastecer una plataforma, aunque lo normal es que se dispongan dos buques. Si la distancia de la base a la plataforma aumenta, como ocurrirá si proliferan las exploraciones en aguas árticas, se necesitarán barcos mayores y más rápidos para atender el abastecimiento.

Los B. S. transportan la carga sólida sobre cubierta y los líquidos y áridos en tanques bajo cubierta.

### 3.4. Transporte de tripulaciones

Las plataformas operan continuamente, como hemos dicho, lo que exige renovar sus tripulaciones, transportándolas desde ellas a las bases y viceversa, transporte que será más frecuente cuanto más duras sean las condiciones en la plataforma, es decir, en zonas de mal tiempo y bajas temperaturas, como el Mar del Norte y Zonas Árticas.

Si la plataforma está cerca de la base, el transporte del personal se puede hacer en helicóptero, que es más rápido y cómodo, pero cuando la distancia aumenta, la autonomía necesaria impone el uso del transporte por mar, usándose, naturalmente, los B. S., que por razones de abastecimiento operan entre base y plataforma. Por ello es normal que los B. S. tengan alojamiento para unas 12 personas, aparte del propio para su tripulación, que suele ascender a 10/12 hombres.

Además de los camarotes para los pasajeros, debe preverse capacidad suficiente de cocinas y gambuzas, especialmente cuando se trata de recorridos relativamente largos.

### 3.5. Seguridad del personal

Siempre se mantiene un buque de auxilio, cerca de cada plataforma, para poder recoger a su tripulación en caso de accidente, aparte de que así se contribuye a mantener la moral de la gente. Pudiera pensarse que para esta labor no hace falta un B. S., que es un buque caro por los costosos equipos que incorpora, como luego se indicará, pero, sin embargo, es necesario para esta labor un barco de gran maniobrabilidad para acercarse a la plataforma y operar con seguridad, especialmente en aguas agitadas. Por ello no son recomendables embarcaciones más baratas, como remolcadores, sino que se tiende a emplear B. S., que alternan esta misión con la de abastecimiento a la plataforma.

## 4. CARACTERÍSTICAS DE LOS BUQUES DE SUMINISTRO

Las funciones indicadas en el apartado anterior imponen una serie de condicionamientos en el proyecto de los buques que deben efectuarlas y a continuación se indica qué características especiales resultan y cómo configuran el proyecto de los B. S.

#### 4.1. *Tamaño de buque*

El tamaño depende de muchos factores, especialmente de las funciones del B. S. y grado en que deba cumplirlas, siendo la más importante a este efecto su capacidad de carga y después la potencia propulsora para alcanzar una cierta velocidad en navegación y determinada tracción en remolque. El tamaño ha ido aumentando con el tiempo, ya que la exploración en zonas cada vez más alejadas de las bases hace más rentables buques de mayor peso muerto y mayor velocidad.

Los tamaños más populares son los siguientes, con indicación de sus características medias más importantes:

1.º	Peso muerto ... ..	1.100 Tds.
	Arqueo bruto ... ..	900 Tds.
	Carga sobre cubierta ... ..	500 Tds.
	Eslora E. P. × manga × puntal.	55 × 13 × 6
	Motores propulsores ... ..	2 de 3.500 BHP c/uno
	Tracción a punto fijo ... ..	75 Tds.
	Velocidad máxima en pruebas.	16 nudos
2.º	Peso muerto ... ..	700 Tds.
	Arqueo bruto ... ..	500 Tds.
	Carga sobre cubierta ... ..	300 Tds.
	Eslora E. P. × manga × puntal.	45 × 11 × 4,5
	Motores propulsores ... ..	2 de 1.500 BHP c/uno
	Tracción a punto fijo ... ..	35 Tds.
	Velocidad máxima en pruebas.	13 nudos

El tamaño 1.º es el actualmente más utilizado en aguas duras como el Mar del Norte, mientras que el 2.º y también barcos menores se usan en zonas de aguas más tranquilas y situadas más cerca de las bases de suministro.

Hay un tipo particular de B. S. que tiene un peso muerto sensiblemente mayor y es el llamado "Transporte de Tubos" ("Pipe carrier"), caracterizado por una manga muy grande, que le permite llevar grandes cubiertas dentro del margen de estabilidad requerido. Por otra parte, la potencia propulsora de estos transportes de tubos es menor, ya que no se dedican a remolque o maniobra de anclas, por lo que la potencia queda definida por la velocidad económica de transporte, que es unos 13 nudos, con lo que un barco de 3.000 TPM necesita una potencia total de unos 4.000 BHP.

#### 4.2. *Disposición general*

Las dos características principales de los B. S. que condicionan su disposición general son su gran capacidad de cubierta y la presencia de un gran chigre para remolque y manejo de anclas. Lo primero exige una cubierta despejada, por lo que las casetas de alojamientos deben colocarse adelante o atrás, pero el chigre de remolque condiciona que se dispongan en proa para dejar en popa una zona de cubierta amplia, libre de obstáculos para las maniobras de anclas. Las casetas de alojamientos se combinan con un castillo de proa de gran altura para asegurar una adecuada protección de la mar en mal tiempo.

Normalmente se dispone una caseta para habilita-

ciones encima de la cubierta castillo y otra caseta encima para el puente de gobierno, que debe tener visibilidad de 360°. Para alejar el puente de la superficie del mar, aumentando su protección, a veces se dispone un coferdam horizontal debajo del puente, aumentando así su altura.

Los B. S. tienen una cubierta continua sin arrufo, salvo quizás en su extremo de proa. A veces, para reducir el arqueo, se hace figurar una cubierta baja, que en realidad es más bien una tapa de tanques o plataforma parcial.

El chigre de remolque se coloca inmediatamente a popa del castillo, dejando a continuación la cubierta libre de obstáculos, salvo quizás algún tambucho lateral de entrada a cámara de máquinas.

Como los B. S. descargan en la mar, debe cuidarse al máximo la disposición de las puertas que conducen a espacios bajo cubierta, por donde pudiera producirse una inundación. Por ello las entradas a cámara de máquinas deben colocarse, si es posible, desde el interior del castillo, y si hay entradas desde la intemperie deben dotarse de doble puerta estanca.

Por la misma razón debe cuidarse que los manguerotes de ventilación de cámara de máquinas y los tubos de aireación de tanques se dispongan en posiciones protegidas contra posibles golpes de la carga en cubierta.

La cámara de máquinas se coloca siempre en el centro, ya que la instalación de los dos motores propulsores que invariablemente llevan los B. S. exige disponer la cámara de máquinas en la zona de máxima manga, y además las condiciones de trimado aconsejan dejar los espacios de proa y popa disponibles para tanques.

La gran capacidad de tanques que deben tener los B. S. para transportar el combustible y agua de perforación con destino a las plataformas hace que todo espacio bajo cubierta, no necesario para propulsión y maniobra, se destine a tanques. En particular es normal que a los costados de la cámara de máquinas se disponga un doble casco formando tanques, lo que además proporcionan al buque una seguridad adicional en caso de colisión, que es un riesgo considerable que tienen los B. S. al maniobrar con mala mar junto a las plataformas.

Debajo del chigre de remolque se suelen disponer cajas de cadenas para alojar las de las plataformas que el B. S. maneja o transporta ocasionalmente.

Para transportar cemento y áridos con destino a las plataformas, los B. S. suelen tener tanques no estructurales, de sección circular, con dispositivos de descarga neumática. El número de estos tanques suele ser entre tres y seis y se disponen a proa y popa de la cámara de máquinas o sólo en un extremo, según los casos.

Los B. S. disponen a menudo de tanques estabilizadores, cuando están previstos para trabajar en aguas duras, ya que es muy importante la disminución de los balances entre las olas cuando el buque descarga a la plataforma, maniobra peligrosa



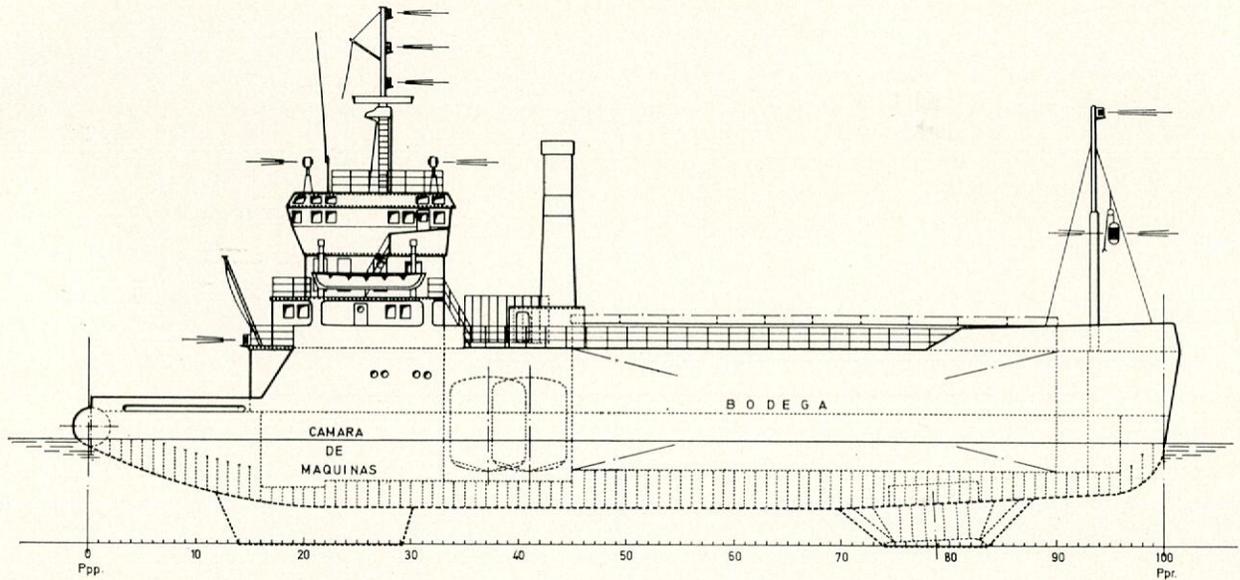


Figura 2.

propulsores engranados a dos ejes, lo que permite funcionar con dos motores a velocidad reducida y utilizar los cuatro cuando necesitan toda la potencia en maniobras de remolque o maniobra de anclas.

Los B. S. requieren, como hemos dicho, una gran maniobrabilidad, lo que exige el empleo de dos hélices propulsoras, aparte el factor de seguridad que éstas proporcionan. Es muy frecuente que las hélices sean de palas orientables, lo que facilita las maniobras y permite la óptima utilización del equipo propulsor, tanto en remolque como en navegación libre. También es normal, aunque no universal, disponer las hélices dentro de toberas tipo Kort, lo que mejora la tracción en remolque y protege a las hélices de enredarse con cables, que es un riesgo considerable, dadas las operaciones de estos buques.

Normalmente los B. S. disponen de control desde el puente de los motores propulsores y paso de las hélices y algunos están equipados para navegar con cámara de máquinas desatendida, aunque esto no es normal. Generalmente se instalan dos consolas de control de los motores a proa y popa de la caseta de gobierno para permitir un control en óptimas condiciones en cualquier dirección de navegación o maniobra.

Aunque pocos, hay algunos B. S. en servicio con instalación propulsora Voith-Schneider, que permite utilizar toda la potencia propulsora en cualquier dirección, lo que ayuda mucho para mantener la posición del B. S. junto a la plataforma, descargando con mala mar. Véase referencia (2).

#### 4.4. Maniobrabilidad

Es esencial una gran maniobrabilidad, ya que los B. S. tienen que descargar a las plataformas incluso con mar muy dura para evitar la inmovilización de aquéllas, con el enorme coste que ello supone. Los B. S. descargan con la popa hacia la plataforma, con un ancla fondeada si la profundidad lo permite y

manteniendo la posición con las dos hélices propulsoras y el o los propulsores transversales y, naturalmente, con una gran pericia por parte del capitán.

Es práctica normal instalar una hélice de empuje transversal en proa, con una potencia de 400 a 600 BHP, en B. S. de unas 1.000 toneladas de peso muerto, lo que produce un empuje de cinco a siete toneladas. Algunos B. S. tienen dos hélices en proa y otros una en popa.

El tipo de propulsor transversal más frecuente es la hélice de palas fijas u orientables, accionada con motor diesel mediante un engranaje reductor.

#### 4.5. Estabilidad

La estabilidad de los B. S. es un factor crítico en su comportamiento en mala mar, ya que las grandes cargas que transportan sobre cubierta elevan su centro de gravedad, disminuyendo su altura metacéntrica, y su reducido francobordo hace que la cubierta se sumerja en el agua con ángulos pequeños de escora, disminuyendo rápidamente los momentos adrizantes.

Para mejorar la estabilidad inicial se aumenta la manga por encima de lo que sería normal en un carguero de la misma eslora, pero esto no revuelve el problema con grandes ángulos de escora.

También, para aumentar la estabilidad, se dispone una gran capacidad de lastre líquido en tanques que alternativamente pueden transportar agua de perforación.

El trimado inicial del buque tiene también gran importancia sobre la estabilidad, ya que un trimado fuerte por popa adelanta el ángulo en que la cubierta comienza a sumergirse y disminuye la curva de momentos adrizantes. Además, debido a la forma del casco en popa de estos buques, al aumentar la escora aumenta el asiento hacia popa, con lo que

se acentúa la pérdida de estabilidad a grandes ángulos producida por el trimado a popa.

Para ilustrar este efecto hemos calculado las curvas de brazos adrizantes del B. S. mencionado en el apartado 4.2., con un calado medio de 5,70 metros, una cubertada de 800 toneladas, con un centro de gravedad a 7,80 metros sobre cubierta, en tres condiciones:

- Quilla a nivel y asiento constante.
- 2,5 m. de asiento a popa constante para cualquier escora.
- 2,5 m. de asiento inicial a popa y libertad para ajustar el asiento según el ángulo de escora.

Hemos elegido este último asiento porque con él el francobordo en la popa es nulo inicialmente, situación que a veces se presenta en el servicio de estos buques.

La distribución de pesos considerada es la siguiente:

	Peso (Tds.)	K.G. (m.)	Momento (T. × m.)
Peso en rosca ... ..	1.330	5,30	7.049
Combustible ... ..	355	1,73	614
Agua de perforación ... ..	577	3,82	2.204
Cubertada ... ..	800	7,80	6.240
Varios ... ..	58	7,50	435
Buque cargado ... ..	3.120	5,30	16.542

En la figura 3 se representan las tres curvas de las condiciones anteriores calculadas con ordenador, apreciándose la fuerte disminución de la curva de estabilidad por efecto del asiento.

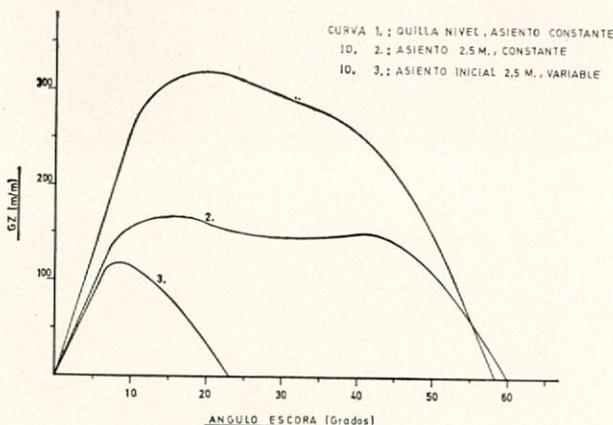


Figura 3.

Actualmente la estabilidad de los B. S. está reglamentada por las reglas de la OMCI sobre estabilidad de buques de carga y pasaje menores de 100 metros de eslora, que han sido aceptados por muchos países, entre ellos España. Sin embargo, actualmente

se está discutiendo si estas reglas se consideran adecuadas para los B. S. y la opinión general es que no lo son, por lo que se espera se publicarán nuevas reglas sobre estabilidad aplicables a estos buques, teniendo en cuenta sus características especiales, como se indica a continuación:

- 1.<sup>a</sup> Efecto del trimado que se produce como consecuencia de la escora, según se ha comentado antes, que debe tenerse en cuenta al calcular las curvas de estabilidad.
- 2.<sup>a</sup> Efecto del agua retenida en el interior de los tubos transportados sobre cubierta, ya que, siendo éste el tipo de carga más frecuente a bordo de los B. S., ocurre que con mala mar, cuando las olas invaden la cubierta y, por tanto, el agua penetra dentro de los tubos sobre ella estibados, parte del agua queda retenida dentro de éstos durante cierto tiempo, disminuyendo la estabilidad por el efecto de su peso alto, y la situación puede hacerse crítica ante el asalto de olas subsiguientes. Por ello en los cálculos de estabilidad debe tenerse en cuenta el agua atrapada en el interior de los tubos, que se estima del orden del 30 por 100 del volumen total de los mismos. Como alternativa, los tubos pueden taponarse en ambos extremos impidiendo la entrada de agua, pero cuidando que el tapón sea efectivo y se coloque en ambos extremos, pues el ponerlo sólo en uno puede retener de modo indefinido el agua, agravando más la situación.
- 3.<sup>a</sup> Ligado con el punto anterior está una adecuada estiba y amarre de los tubos y otras cargas sobre cubierta para evitar puedan moverse bajo el embate de las olas, produciendo momentos escorantes por la asimetría de su peso sobre cubierta. Para estiba de los tubos se deben colocar candeleros o puntales firmes en cubierta, sin amuradas o similares que produzcan retención del agua.
- 4.<sup>a</sup> También relacionado con el problema de la retención del agua sobre cubierta está la exigencia de que si el buque tiene amuradas en la zona de popa de carga, las portas de desagüe estén siempre libres, no obstaculizadas por la carga, para que contribuyan al máximo a un desagüe rápido. Es conveniente aumentar el área de las portas de desagüe por encima del valor reglamentario, e incluso se ha sugerido la prohibición de usar amuradas que serían sustituidas por barandillado, lo que no es probable se adopte por las dificultades que presentaría desde el punto de vista de operación del buque y seguridad del personal que trabaja en cubierta.
- 5.<sup>a</sup> Efecto de la acumulación de hielo sobre las partes altas del buque, que puede influir notablemente en la estabilidad en zonas frías, por lo que debe tenerse en cuenta en los cálculos correspondientes.
- 6.<sup>a</sup> Efecto de la tensión del cable de remolque, debiendo comprobarse que el par adrizante

máximo es mayor en un 50 por 100 que el par escorante producido por la tracción del cable de remolque en la posición más desfavorable.

4.6. Flotabilidad

Los B. S. tienen, según se ha indicado, la peculiaridad de descargar en mar abierto, y a veces necesariamente con malas condiciones de la mar, lo que puede producir colisiones contra las plataformas, y, por tanto, hay un riesgo de inundación por brechas en los costados mayor que en otros buques de carga. Por esta razón, debe prestarse atención a la subdivisión estanca del casco y a su construcción para oponerse a los efectos de la inundación si ésta se produce.

El primer requerimiento es dotar al buque de mamparos estancos transversales en número suficiente, que, como mínimo, deben ser el mamparo de colisión, el del rasel de popa y los dos que limitan la cámara de máquinas cuando está en el centro, como es normal. En buques grandes de 50 a 60 metros de eslora, normalmente existen más mamparos estancos que los anteriores para separar la cámara de máquinas de los compartimientos destinados a los depósitos para transportar cemento y tanques de combustible y agua.

Los mamparos estancos pueden tener puertas estancas, que, según las sociedades de clasificación, pueden ser del tipo con bisagras y trincas de cierre; sin embargo, es posible que en el futuro se exijan en algunas posiciones puertas estancas tipo corredera, con accionamiento remoto además del local.

Como la cámara de máquinas de los B. S. es muy larga relativamente, la inundación de este compartimiento puede provocar el hundimiento del buque. Algunas Administraciones requieren ya que la subdivisión estanca impida el hundimiento del buque, pero el problema mayor está en establecer las dimensiones de la avería normal que el buque debe aguantar. Por ejemplo, se estima que la penetración por colisión de un quinto de la manga del buque que es reglamentaria en el Convenio de Franco-Bordo para algunos tipos de buques, resulta excesiva en los B. S., de acuerdo con la experiencia de colisiones que se han producido en su servicio cerca de las plataformas, estimándose que una penetración de unos 700 milímetros se acerca más a la realidad.

Como dijimos anteriormente, es normal disponer un doble casco en los costados de la cámara de máquinas, que proporciona una protección conveniente frente a colisiones moderadas y además sirve para formar un volumen adicional de tanques, muy útil en estos buques.

En relación con este tema hemos calculado la situación final del B. S. mencionado anteriormente después de una colisión que a) inunda sólo el doble casco en cámara de máquinas; b) penetra el doble casco, inundando también la cámara de máquinas.

La situación considerada del buque antes de la avería es la siguiente:

Calado proa	=	4,70 m.
Calado popa	=	4,70 m.
Desplazamiento	=	2.330 Tds.
K. G.	=	5,95 m.
G. M.	=	0,76

Las condiciones finales después de la inundación son:

Caso a)

Calado proa	=	4,99 m.
Calado popa	=	4,38 m.
Angulo de escora	=	12° 36'
Máximo brazo de adrizamiento	=	107 mm.
Zona de estabilidad positiva	=	46°

Caso b)  
En este caso no existe flotación de equilibrio y la avería produce el hundimiento del buque.

5. PROYECTO DE BUQUES DE SUMINISTRO

Después de haber indicado resumidamente las funciones que deben cumplir los B. S. y las características principales que éstas imponen a este tipo de buques, se considera a continuación brevemente la forma de conseguir dichas características:

5.1. Dimensiones principales

Un análisis de las dimensiones de los B. S. construidos últimamente se representa gráficamente en la figura 4, que indica los valores medios de eslora entre perpendiculares, manga, puntal y calado máximo en función del peso muerto. La eslora total rara vez excede de los 210 pies (64 metros), y algunos operadores opinan que ésta es la eslora límite que puede tener un buque con maniobrabilidad satisfactoria en el servicio de descarga a las plataformas. La manga viene condicionada básicamente por la estabilidad, en función del puntal y calado del buque, estando la relación eslora/manga comprendida entre 4 y 4,5.

El calado máximo oscila entre cuatro y cinco metros, excepto en buques muy pequeños, y está condicionado por el calado disponible en los muelles de carga de las bases de aprovisionamiento.

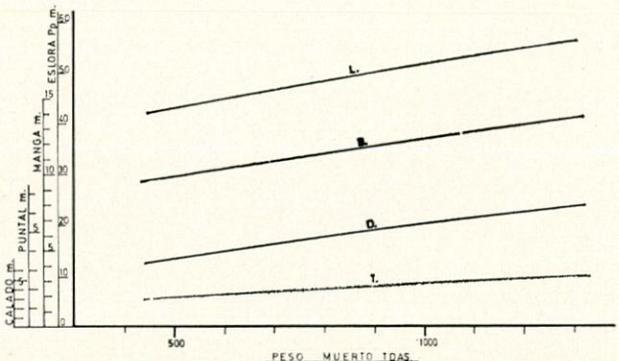


Figura 4.

El francobordo necesario determina el puntal a la cubierta superior. Anteriormente, muchas veces se aceptaba el francobordo mínimo reglamentario, pero la tendencia actual es adoptar mayores francobordos, que proporcionan mayor seguridad al personal para trabajar en cubierta durante las maniobras de manejo de anclas y mayor estabilidad a grandes ángulos de escora. En la figura 5 se representa el francobordo mínimo en función de la eslora para B. S. de proporciones y formas típicas y los francobordos reales de unos cuantos buques existentes, mayores que los mínimos.

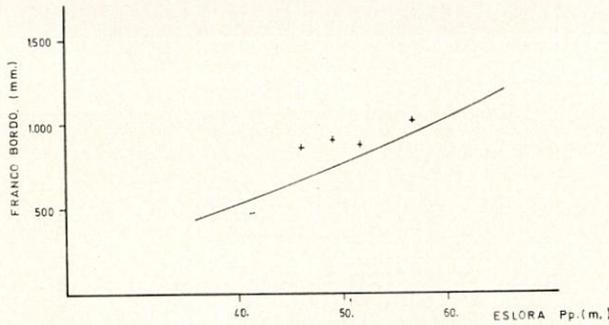


Figura 5.

5.2. Formas del casco

La carena de los B. S. es de formas relativamente llenas para su relación velocidad/eslora, por lo que estos buques funcionan "sobrepulsados". La relación normal:  $V/\sqrt{L}$  en marcha libre es de 0,90 a 1,10, valores a los que en una propulsión normal se aplicaría un coeficiente de bloque de 0,64 a 0,55, respectivamente, mientras que un B. S. en las mismas condiciones tendrá un bloque de 0,70 a 0,60. La razón de adoptarse estas carenas tan llenas está en la importancia del peso muerto en estos buques, lo que hace económicamente aconsejable sacrificar velocidad para ganar capacidad de carga. Sin embargo, al alejarse las zonas de perforación cada vez más de las bases aumenta el interés de la velocidad y, por consiguiente, conviene adoptar formas más finas, por lo que en el futuro ésta será la tendencia en los B. S. de tamaño grande.

Una relación normal entre el coeficiente de bloque y  $V/\sqrt{L}$  (siendo V la velocidad en condiciones de pruebas en carga), para este tipo de buques está representada por la siguiente fórmula:

$$CB = 1,03 - 0,35 \frac{V}{\sqrt{L}} \quad (1)$$

La determinación del coeficiente de bloque más adecuado sólo puede hacerse estudiando la rentabilidad de la explotación del buque en los tráficos que el armador prevea utilizar, variando sistemáticamente el bloque y calculando el peso muerto y velocidad resultantes, lo que permitirá determinar los correspondientes factores de rentabilidad de acuerdo con el criterio económico elegido. Debe observarse que posiblemente la manga del buque resulte afectada en este estudio sistemático por razones de estabilidad. Desde luego, este tipo de estudio económico no es

tan fiable en B. S. como lo es en cargueros debido a la diversidad de servicios que efectúan los B. S., pero de todas formas no debe dejar de hacerse, asignando quizá un peso relativo a cada uno de los tres servicios principales del buque, transporte de carga, remolque, maniobra de anclas.

Para determinar la variación de velocidad en función del bloque en este estudio paramétrico puede utilizarse la información sobre pesqueros de arrastre publicada en las referencias (3) y (4).

La forma de las secciones transversales de la carena en proa conviene que sea en V para disminuir los movimientos de cabezada en mala mar. Normalmente, la proa es convencional, sin bulbo, que es más susceptible a golpes y averías que la proa recortada y más sensible a macheteos y ruidos en aguas agitadas, lo que en barcos con alojamientos a proa adquiere mayor importancia.

La sección maestra suele ser más bien llena, con una pequeña o ninguna astilla muerta. Las formas de popa vienen condicionadas por la disposición de dos hélices, con secciones longitudinales rectas para favorecer el buen flujo de agua hacia las hélices. Los ejes propulsores se soportan en popa por arbotantes en V, y para mejorar la estabilidad de rumbo se dispone un quillote vertical (skeg) a crujía en popa.

Es frecuente construir el casco con formas hidrocónicas, con simple o doble codillo, especialmente en los buques más pequeños, lo que abarata la construcción de la obra de acero, especialmente en astilleros pequeños con escasos medios de producción. Algunos autores sostienen que un casco de formas hidrocónicas puede ser hidrodinámicamente tan eficiente como otro equivalente de formas convencionales.

En la referencia (5) se menciona el resultado de ensayos comparativos con modelos de carena de B. S. con formas redondeadas convencionales y con formas hidrocónicas, resultando casi iguales en potencia de remolque y movimientos longitudinales en olas y mostrando menores movimientos de balance las formas hidrocónicas. Sin embargo, ensayos realizados con modelos de buques de carga, citados en la referencia (6), indican un aumento de la resistencia a la marcha de las formas hidrocónicas, que no resulta compensado por su menor coste de construcción. Por ello, no puede darse una regla general que permita seleccionar el tipo de formas y cada caso debe analizarse separadamente, siendo necesario realizar ensayos de remolque y autopropulsión con los dos tipos de formas para tener datos fidedignos sobre las diferencias de velocidad. Como orientación sobre el menor coste de fabricación de un casco con formas hidrocónicas respecto al de formas normales redondeadas, se puede indicar que se produce un ahorro de aproximadamente el 4 por 100 de las horas totales de construcción del casco.

5.3. Propulsión

Como se ha indicado antes, los B. S. siempre se propulsan por dos hélices accionadas normalmente por dos motores de velocidad media a través de reductores, ya que aunque el rendimiento propulsivo es

menor que con una sola hélice, los imperativos de buena maniobrabilidad imponen las dos hélices, que pueden ser de palas orientables o fijas.

No conocemos que se haya publicado información sistemática sobre resistencia de formas típicas de B. S., por lo que en la primera fase del proyecto puede utilizarse la información más abundante de formas de pesqueros o remolcadores, aunque éstas son de una hélice. En la referencia (7) se da un valor medio del coeficiente del almirantazgo, en función de la eslora que se reproduce en la figura 6. La referencia (8) proporciona información sobre resultados de ensayos de propulsión y movimientos en olas de carenas típicas de B. S., pero todavía no ha sido publicado en el momento de escribirse este trabajo.

Las RPM nominales de las hélices se determinan a partir del diámetro máximo admisible, en función

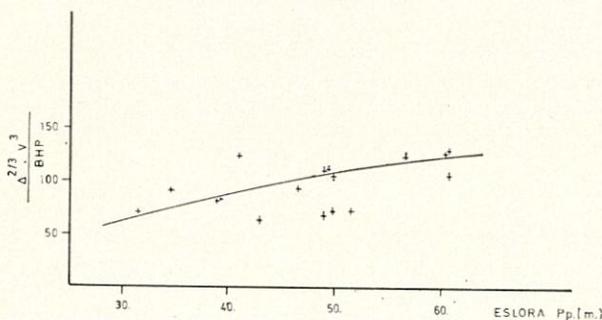


Figura 6.

del calado y formas de la carena en popa. Frecuentemente, las hélices se mueven dentro de toberas tipo Kort, normalmente fijas, y a veces giratorias, para gobernar el buque, en lugar de los dos timones que en otro caso siempre tienen los B. S. situados detrás de las hélices.

5.4. Pesos

Como primera aproximación de los pesos en rosca de los B. S. indicamos las siguientes cifras, dividiendo el peso total en las tres clásicas partidas de acero, equipo y maquinaria propulsora, y llamando número cúbico (N. C.) al producto de eslora perpendiculares X manga X puntal a cubierta superior:

- Acero/N. C. ... .. = 0,13/0,15 (Tds/m<sup>3</sup>)
- Equipo/N. C. ... .. = 0,045 (Tds/m<sup>3</sup>)
- Maquinaria/BHP ... .. = 30 (Kg/BHP)

Estas cifras aproximadas se refieren a buques con casco de escantillones, normalmente exigidos por las sociedades de clasificación, sin reforzado para hielos, con un chigre de remolque, alojamientos para la tripulación normal más 12 pasajeros, depósitos de cemento con capacidad de unos 100/170 metros cúbicos, dividida en 3/5 depósitos, para eslora entre perpendiculares de 45/60 metros, con dos motores propulsores de velocidad media.

Como información adicional, se indica en la tabla (1) el desglose de los pesos del B. S. citado en el apartado 4.2.

T A B L A I  
DESGLOSE DEL PESO EN ROSCA

Concepto	Peso (Tds.)	Especificación
Acero, casco y superestructuras ... ..	750	Sin reforzado para hielos.
Equipo de fondeo, amarre y gobierno ... ..	60	Dos molinetes, dos servomotores anclas, cadenas, cables, un propulsor transversal a proa de 550 BHP.
Equipo de cubierta ... ..	16	Ventanas, portillos, candeleros, puertas.
Acomodaciones ... ..	30	Tripulación, 13; pasajeros, 12.
Cocina y fonda ... ..	5	Cocina y gambuzas.
Ventilación y frigorífica ... ..	6	Aire acondicionado en alojamientos.
Equipo de salvamento ... ..	7	Dos botes de plástico de 25 personas.
Pintura y cementado ... ..	12	
Madera sobre cubierta ... ..	30	Madera de pino de 75 milímetros en zonas de carga.
Chigre de remolque y tambor de popa ... ..	43	Un chigre hidráulico de 150 Tds. de tracción.
Electricidad ... ..	6	
Tuberías de casco ... ..	20	
Tanques de cemento ... ..	26	Cuatro de 170 m <sup>3</sup> en total.
Motores propulsores ... ..	50	Dos de 4.000 BHP a 1.100 r. p. m.
Reductores, acoplamientos y líneas de ejes ... ..	48	Hélices a 230 r. p. m., de paso controlable.
Grupos electrógenos ... ..	10	Tres de 200 KVA/270 BHP/1.800 r. p. m.
Bombas y aparatos en cra. de máquinas ... ..	12	
Tuberías en cra. máquinas ... ..	55	
Pisos, techos, escaleras en cra. máquinas ... ..	60	
Cuadros y accesorios eléctricos ... ..	5	
Cargos, respetos y varios ... ..	5	
Margen ... ..	74	
<i>Total peso en rosca</i> ... ..	1.330	

### 5.5. Estructura

Los escantillones de la estructura de los B. S. deben cumplir con los requerimientos de la correspondiente sociedad de clasificación, y algunas sociedades tienen requerimientos específicos más exigentes que los aplicables a buques de carga normales. En cualquier caso, los escantillones suelen ser más fuertes que en buques normales para tener en cuenta el duro servicio que han de soportar. Con bastante frecuencia se incorporan los reforzados adicionales requeridos para navegación entre hielos.

Las zonas del casco que reciben atención específica en cuanto a su reforzado son:

1.º CUBIERTA SUPERIOR, que ha de estar preparada para soportar las cargas de cubertada, especialmente los tubos para las plataformas o para las gabarras posa-tubos, que pueden imponer grandes presiones específicas durante las operaciones de descarga, lo que exige aumentar el espesor de la chapa de cubierta. Además, el conjunto de la estructura de la cubierta debe poder resistir el peso combinado de la cubertada y del agua embarcada, con el efecto adicional de la aceleración vertical por las cabezadas del buque. Como mínimo, la cubierta se dimensiona para cargas de 2,5 toneladas por metro cuadrado, y es normal considerar hasta cinco toneladas por metro cuadrado. El extremo de popa de la cubierta donde se depositan las anclas de las plataformas está especialmente sometido a fuertes golpes, por lo que el espesor de la chapa se aumenta en dicha zona. Frecuentemente la cubierta se forra de madera, excepto en el extremo de popa.

2.º FORRO DE COSTADO, que ha de resistir los golpes contra las plataformas cuando el B. S. descarga con mala mar, por lo que las cuadernas son más fuertes de lo normal y el espesor de forro no suele ser inferior a nueve milímetros.

3.º ZONA DEL TAMBOR DE POPA, que ha de soportar los esfuerzos transmitidos por éste durante la extracción de anclas, y que pueden ser de 250 toneladas.

4.º SOPORTE DEL POLIN DEL CHIGRE DE REMOLQUE/MANEJO DE ANCLAS.

5.º SOPORTE DE LOS POLINES DE LOS TANQUES DE CEMENTO.

6.º SOPORTE DE LOS CANDELEROS, usados para estiba sobre cubierta de los tubos y otras cargas.

### 6. EQUIPOS DE CASCO

A continuación se indican algunos equipos específicos de B. S.:

#### 6.1. Chigre de remolque

Los B. S. suelen tener un chigre combinado para remolque y manejo de anclas de las plataformas, con dos tambores independientes para cable, desembragables, tipo "en cascada" (waterfall); es de-

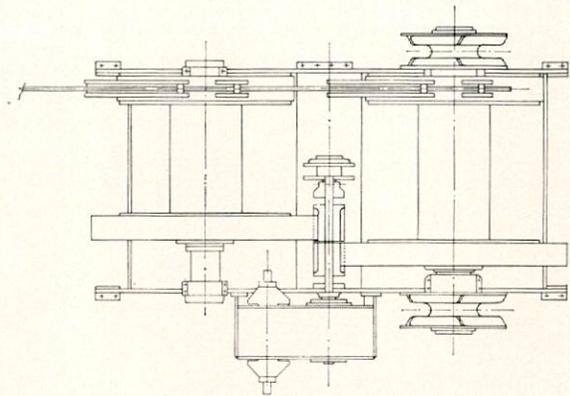
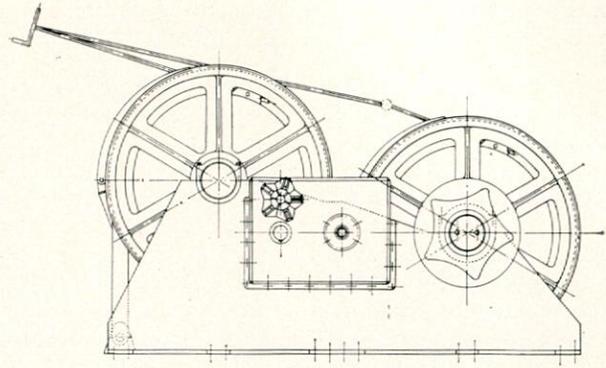


Figura 7.

cir, con los dos tambores uno encima de otro, pero con los ejes desplazados longitudinalmente con objeto de reducir el empacho en manga, que sería excesivo si los dos tambores se situaran uno junto a otro. La figura 7 representa esquemáticamente un chigre de este tipo de 150 toneladas de tracción máxima. El tambor para izado de las anclas tiene dos barbotenes para cadena y cada tambor llega a tener una capacidad de cable de 50 milímetros de unos 1.000 metros.

Es frecuente el accionamiento hidráulico a baja presión de estos chigres por la robustez que proporciona este sistema, lo que es muy importante, dado el duro servicio de los B. S. Los motores hidráulicos de accionamiento pueden ser dos o cuatro.

El chigre de remolque/anclas debe poder ser controlado desde el puente de gobierno, actuando sobre el sistema de frenado, embrague, control de velocidad de los tambores y permitiendo soltar rápidamente los frenos en caso de emergencia.

#### 6.2. Tanques de cemento

Los B. S. tienen tanques especiales, no estructurales, para transportar cemento en polvo u otros áridos, necesarios para los procesos de perforación. Normalmente, la capacidad total de los tanques de cemento oscila entre 100 y 200 metros cúbicos, repartida en tres o cuatro tanques, y a veces hasta seis, agrupados en dos segregaciones, que permiten el transporte y descarga de dos productos diferentes. Estos tanques se disponen en uno o dos comparti-

mientos separados, que cuando son dos se colocan a proa y popa de la cámara de máquinas.

Los tanques de cemento son cilíndricos, con el extremo inferior troncocónico para adaptarse a las formas del casco, y se construyen en acero de calidad de calderas adecuado a la presión del aire comprimido utilizado para la descarga del cemento. Para ello cada tanque tiene tubos independientes de llenado, vaciado, aireación y entrada de aire a presión, que es suministrado a unos 2,5/3 kilogramos por centímetro cuadrado por compresores especiales dispuestos para este servicio. Las válvulas de control del sistema de descarga tienen control remoto.

### 6.3. Estabilizadores

Los B. S. previstos para trabajar en mares duras llevan normalmente tanques estabilizadores, con lo que se reduce la amplitud de los balances del orden del 50 por 100 del balance libre. La necesidad de que los estabilizadores sean efectivos precisamente a buque parado impone el tipo de estabilizador de tanque, aparte de su menor coste respecto a los estabilizadores de aletas móviles.

Los B. S. grandes suelen tener los estabilizadores divididos en dos tanques, lo que permite un mejor control de los balances en distintas situaciones de carga y estabilidad. Los tanques estabilizadores se suelen colocar en el centro del buque y, si no lo permite la disposición de la cámara de máquinas, se colocan a popa, donde todavía las formas tienen manga suficiente para asegurar la efectividad del estabilizador.

### 6.4. Cubiertas móviles

La descarga desde los B. S. a las plataformas cuando la mar es dura es una maniobra difícil y puede ser peligrosa para los hombres y los equipos del B. S. y, sin embargo, la necesidad de asegurar el abastecimiento a la plataforma, para evitar la detención de las maniobras de perforación, puede obligar a descargar aun en condiciones muy difíciles. El B. S. se coloca con la popa hacia la plataforma, con cuyas grúas se levantan los tubos y equipos estibados sobre cubierta. Primero se descargan los pesos situados a popa y para descargar los de la zona de proa es necesario arrimar la popa del buque hacia la plata-

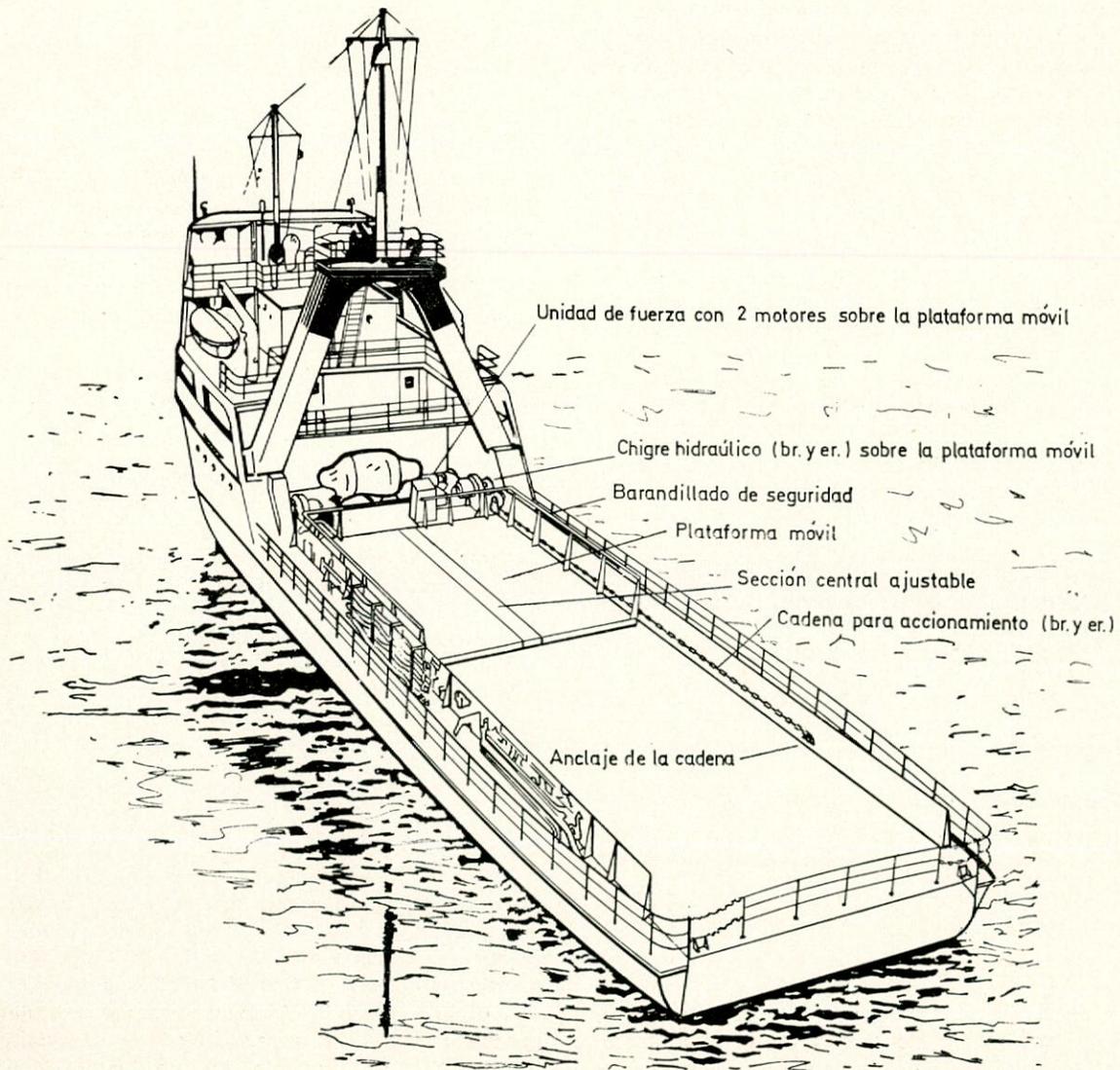


Figura 8.

forma, aumentando el riesgo de golpes contra la estructura de ésta.

Para eliminar este problema Mac Gregor ha ideado una plataforma móvil, que se sitúa a proa para recibir la carga y que se traslada sobre rodillos hacia popa con la carga encima, en la última fase de la descarga. El accionamiento de la plataforma se hace mediante dos chigres hidráulicos montados sobre la misma, que producen la traslación accionando sobre dos cadenas fijas sujetas a cubierta. La plataforma está cubierta de madera fácilmente recambiable cuando se estropea por desgaste o golpes. En la figura 8 se representa una de estas plataformas, tomada de la referencia (9).

### 6.5. *Tambor de popa*

Al principio de este trabajo mencionamos que para la maniobra de extracción de anclas de las plataformas, los B. S. disponen de un tambor horizontal en el extremo de popa de cubierta o bien un pórtico en "A", del que se suspende el cable de maniobra. Actualmente es universal el uso del tambor, con el que se consigue perfectamente la subida de las anclas hasta la cubierta, sin los inconvenientes de empacho y estorbo para las maniobras de descarga que tienen los pórticos. Los tambores se construyen con acero laminado, con dos ejes extremos de acero forjado para permitir su giro libre en cojinetes sin lubricación. Su diámetro oscila entre uno y medio y dos metros y su longitud entre tres y cuatro metros.

### 7. CONCLUSIÓN

El autor ha pretendido presentar una visión general de las funciones, características principales y equipos específicos que tienen los buques de suministro a las plataformas de perforación, que forman un capítulo especial de la construcción naval, que sin duda adquirirá importancia creciente en el futuro. Este tipo de buques, aunque ya numeroso actualmente, no ha recibido mucha atención en la literatura técnica, pero es de esperar que proliferen en el futuro los estudios y aportaciones a su desarrollo técnico.

El autor desea agradecer a Astilleros Españoles, Sociedad Anónima (Proyectos Navales), y a Astilleros de Santander, S. A., su ayuda y colaboración para la preparación de este trabajo.

### 8. NOTACIÓN

- K. G. = Altura del centro de gravedad sobre la base, en metros.  
 G. M. = Altura metacéntrica transversal, en metros.  
 G. Z. = Brazo del par adrizante de estabilidad transversal, en milímetros.  
 C. B. = Coeficiente de bloque de la carena.  
 L' = Eslora entre perpendiculares, en pies.  
 V = Velocidad del buque, en nudos.  
 OMCI = Organización Intergubernamental Consultiva de la navegación marítima.

### 9. BIBLIOGRAFÍA

1. VSP-Pran supply vessel. Northern Offshore, n.º 1, 1975, página 24.
2. Ph. R. Gueroult. Propulseurs Voith-Schneider et navires modernes. Nouveautés Techniques Maritimes, 1974, página 135.
3. D. J. Doust y T. B. O'Brien. Resistance and propulsion of trawlers. NECIES, 1957, pág. 355.
4. D. J. Doust. Optimized trawlers forms. NECIES, 1963, página 95.
5. J. R. Paulling y M. Silverman. Model studies for an oceanographic ship derived from an offshore supply vessel. Marine Technology, 1967, pág. 403.
6. R. K. Kiss. Aspects of simplified hull forms; past, present and future. Marine Technology, octubre 1972, página 377.
7. J. Meredith. Oil rig supply vessels. Ship & Boat International, julio-agosto 1974, pág. 24.
8. M. Stevens. Some aspects of the performance prediction of Oil rig supply vessels. Conferencia leída en el Weir Lecture Hall el 7 de noviembre de 1974.
9. Mac Gregor News 67, enero 1974, pág. 6.

### DISCUSION

*Sr. Fernández de Santos*

Quisiera preguntar si, dada la variedad de versiones que podemos encontrar dentro de los buques genéricamente denominados "Supply Vessel", el autor encontraba algún tipo en que pudiese instalarse una hélice de paso fijo sin repercutir en las características de explotación del buque y si tenía experiencia en algún caso concreto.

*Sr. Acedo*

He leído con mucho interés el magnífico trabajo de Juan José Azpiroz, puesto que en las dos últimas sesiones (16.ª y 17.ª) del Subcomité de Subdivisión, Estabilidad y Líneas de Carga del IMCO en Londres, a las que he asistido en junio de 1974 y enero de 1975, se le concedió gran importancia a este tema, que yo consideraba "virgen" en España hasta ahora.

Creo que puede ser interesante ampliar algunos aspectos del asunto, en el que el IMCO no ha dicho todavía la última palabra, ya que se seguirán los estudios en la próxima sesión del citado Subcomité, en octubre de 1975.

A estos buques, además de "offshore Supply Vessels", se les llama "Ships handling cargo at sea" o simplemente "Supply vessels". Creo que están muy bien bautizados en español como B. S. (buques de suministros), nombre que les adjudica J. J. Azpiroz.

Ante la peligrosidad de este tipo de buques, en Francia, Holanda, Noruega, Inglaterra y Estados Unidos se han dictado disposiciones sobre medidas suplementarias de seguridad. Como se ve, excepto el último país, los demás están próximos a los yacimientos del Mar del Norte y es probablemente No-

ruega la nación que mayor inquietud ha demostrado en los estudios de seguridad de los B. S.

De las diversas modalidades de estos buques, la que preferentemente ha ocupado la preocupación del IMCO es la que transporta tuberías de sondeo en cubierta. Los tubos de diámetro superior a 20 centímetros son flotantes si se les obtura por ambos extremos, medida que es aconsejable para evitar el agua retenida en su interior. Al ser flotantes es necesario que vayan bien sujetos para que su movimiento no implique el cierre de portas de desagüe, obstaculizándolas.

Dadas las pésimas condiciones de mar que sobre todo se producen en el Mar del Norte (lugar preferente de trabajo de los B. S. europeos, con estados de mar corrientemente de ocho a nueve Beaufort), es muy importante el "trincado a son de mar" de toda la cubierta, por las fuertes aceleraciones a que es sometida a causa de los violentos movimientos del buque, aceleraciones que pueden ser peligrosas si la estabilidad es excesiva.

Las portas de desagüe han sido otro motivo de discusión y se ha demostrado claramente en las experiencias con modelos que el aumento de sus áreas en un 50 por 100 sobre lo exigido por el Reglamento de 1966 resuelve en muchos casos la deficiencia de estabilidad ocasionada por el agua embarcada. No parece ser recomendable en los buques B. S. que las portas de desagüe estén provistas de batientes abatibles.

En cuanto a la práctica de obturar sólo un extremo de los tubos, puede dar peores resultados que dejar ambos libres.

Cuando el asiento es nulo puede ser beneficioso llevar una puerta cerrada a popa en la amurada, puerta que debe abrirse cuando se produzca asiento a popa, asiento que puede a veces llegar a anular el francobordo de popa.

Con estados de mar de seis a ocho Beaufort en adelante las amuradas continuas tienen un efecto positivo en la estabilidad y dan además mayor protección a las tripulaciones que trabajan en cubierta que en el caso de candeleros y pasamanos.

En estos buques conviene estudiar la estabilidad en una situación de carga con un asiento de por lo menos un 2 por 100 de la eslora, siempre que el francobordo a popa no sea negativo.

Recalco lo que dice J. J. Azpiroz sobre las importantes variaciones de  $GZ$  en función del asiento y de éste a medida que aumenta el ángulo de escora. En condiciones normales de carga, con una escora de 30 grados, la popa puede sumergirse en el agua y con 40 grados esta inmersión puede producir una pérdida de estabilidad tal que el buque zozobre. Esto se ha visto perfectamente en una película mostrada en la 17.ª sesión del Subcomité citado del IMCO, sobre las pruebas realizadas en Hamburgo por el Maritime Directorate de Oslo en H. S. V. A. (Hamburgische Schiffbau - Versuchsanstalt) en octubre de 1974. El modelo con el que se efectuaron las pruebas se refería a un B. S. de la misma eslora que los que se están construyendo actualmente en Santander,

pero algo inferiores la manga, puntal y calado. En las diferentes y numerosas pruebas del modelo se hizo variar: diámetro de los tubos de la cubertada, tubos abiertos o cerrados, forma de la amurada en popa, área de las portas de desagüe, alturas y períodos de las olas, fuerza del viento, dirección de mar (de popa o formando 30 grados por la aleta), con velocidad normal o completamente parado y mar de popa, las alturas metacéntricas iniciales, trimado y longitud del castillo.

Las pruebas están recogidas en un libro de más de cien páginas y la duración de lo filmado es de más de tres horas. Entre otras consecuencias se ve que con valores satisfactorios de los criterios de estabilidad vigentes, estos buques, en calados iguales, están en peligro con fuerte mar de popa, peligro que aumenta con el mayor asiento de popa. Es importante la influencia beneficiosa para la estabilidad producida al tapar ambos extremos de los tubos. Asimismo es notable la mejora que se consigue con la reducción de la longitud del castillo y la existencia de una pequeña toldilla a popa, conservando igual la longitud hábil de la cubierta.

El cable de remolque es otro de los muchos problemas de los B. S., ya que el momento de inclinación que produce puede llegar a ser peligroso si el capitán no efectúa la maniobra con prudencia y competencia. Los ensayos efectuados en modelos muestran que este riesgo es función del lugar de fijación del cable de remolque al buque. Si el cable está fijado a popa o en sus proximidades, el peligro se reduce al mínimo; sin embargo, el riesgo crece cuando se utiliza una bita de remolque en las proximidades de la sección media. Como el momento de inclinación es proporcional al ángulo formado por el cable de remolque y el eje del navío, sería conveniente fijar un máximo para este ángulo. El mayor tiro dado por el cable de remolque que se puede admitir, según una propuesta, es el que corresponde a la siguiente fórmula:

$$T = \frac{\frac{2}{3} \overline{GZ}_\theta \cdot \Delta}{\left(h + \frac{d}{2}\right) \cdot \cos(\psi + \theta)}$$

siendo:  $h$  = distancia, en metros, vertical, desde la flotación en carga hasta el punto de acción del cable de remolque (sin escora);  $d$  = calado en metros en la condición de carga;  $\psi$  = el arco, cuya tangente es  $\frac{2f}{B}$ ;

$f$  = franco bordo en metros en la condi-

ción de carga;  $B$  = manga en metros;  $\overline{GZ}_\theta$  = el valor del brazo de adrizamiento en metros para el ángulo  $\theta$ ;  $\theta$  = ángulo en que la curva  $\overline{GZ}$  tiene su máximo valor, o bien 30 grados si este ángulo es menor;  $\Delta$  = desplazamiento en toneladas métricas en la condición de carga;  $T$  = tiro máximo del cable de remolque, en toneladas métricas.

Puede también fijarse, en caso de remolque de través, que el máximo valor de  $\overline{GZ}$  no debe ser inferior a vez y media el brazo del momento escorante

producido por el tiro del cable de remolque, pero, naturalmente, esta condición sola puede no ser suficiente.

*Sr. Prost*

Primero debo felicitar al autor de este estudio, muy interesante, sobre un asunto nuevo y de gran importancia, actualmente, con el desarrollo de las plataformas. A continuación quiero hacer algunos comentarios y preguntas:

1. Influencia del agua en relación con los tubos. Existe la influencia del agua dentro de los tubos sobre la estabilidad, pero, como se ha dicho, se pueden taponar. Además tiene también influencia el agua entre los tubos, afectando asimismo a la estabilidad.
2. Los alojamientos normales son para 12 personas. ¿Por qué 12? ¿Para no aplicar reglamentos de buques de pasajeros?
3. Normalmente los B. S. disponen de control desde el puente. Se dice que navegar con cámara de máquinas desatendida no es normal. Yo pienso que, al contrario, sería mejor tener un buque bien automatizado con toda la tripulación disponible.
4. Para puertas estancas en los mamparos, hace referencia a exigencias de las sociedades de clasificación. Yo quiero decir que normalmente estas exigencias, por el momento, son de competencia de SOLAS 60 o SEVIMAR, pero no de las sociedades de clasificación.

*Sr. Aguiriano*

1. Agradezco y felicito al autor por el magnífico trabajo y su gran utilidad para el futuro desarrollo de este tipo de buques.
2. Antes de realizar dos preguntas me tomo la libertad de felicitar al Colegio de Ingenieros Navales, ponentes y asistentes por el éxito que se está consiguiendo en estas XI Jornadas Técnicas de Ingeniería Naval, y especialmente agradecer la admisión de mi solicitud de asistencia, ya que me proporciona una información, visión elevada de la gran tecnología e inquietud existentes en los ingenieros navales de España, ya que estoy felizmente obligado a colaborar en el sector naval como jefe del Distrito Norte de Bureau Veritas, ya que soy doctor ingeniero industrial y graduado en Dirección de Empresas por INSIDE - Universidad Comercial de Deusto.

Mi labor de coordinación y responsabilidad de los resultados de las tres Divisiones: Naval, Industrial y Central de Ingeniería Civil, donde existen ingenieros superiores al frente de las mismas (dos ingenieros navales en el Distrito), me conduce a participar y colaborar con el sector naval, como inspectores, en la que creo somos útiles los ingenieros industriales

por la formación en metalurgia, máquinas, electrotecnia y electrónica, etc.

Por mi asistencia me agradecería me autorizasen para actuar como observador neutral e informar al Colegio de Ingenieros Industriales sobre estas Jornadas para que la utilice como ejemplo.

Progresivamente vamos asociándonos los Ingenieros Superiores de España por medio del Instituto de Ingenieros Civiles para obtener un mayor desarrollo tecnológico y defensa de la profesión, que pienso se complementan, y nos ofrecemos anticipadamente con nuestra colaboración incondicional.

Así tuvimos el alto honor de tener entre nosotros a los doctores ingenieros navales señores Acedo y Amann en la reunión anual celebrada en Bilbao.

Con mi felicitación para todos por el alto nivel técnico conseguido y de organización, expreso mi agradecimiento por la hospitalidad que se me ha dado y hago votos para la feliz continuidad de estas interesantísimas Jornadas Anuales de la Ingeniería Naval.

A continuación me agradecería conocer las opiniones del brillante autor sobre los dos aspectos siguientes:

1. Opinión, por su conocimiento profundo de estos buques, aunque ya cita a las sociedades de clasificación, si considera necesario o conveniente la clasificación y eventuales reglas especiales.
2. En su trabajo enumera que algunas zonas que el proyectista debe prestar atención especial por reforzado y, en consecuencia, para mejor colaborar los inspectores con el ingeniero-proyectista, le agradecería me hiciera algunas consideraciones o recomendaciones para lograr un eficaz control.

*Sr. Osorio de Rebellón*

En la figura 3 se observa la gran diferencia que existe entre las curvas de brazos adrizantes, según se calculen con asiento constante o variable. ¿Se presentarían estas diferencias en otros tipos de buques?

Puesto que, con ordenador, el trabajo de calcular estas curvas es el mismo en ambos casos, quizá fuera conveniente el extender el cálculo con asiento variable a otros tipos de buques, por ejemplo a los pesqueros. ¿Qué indican los reglamentos a este respecto?

*Sr. Arcos Eged*

Deseo, en primer lugar, felicitar al autor por este trabajo tan interesante, que puede servir de importante referencia en futuros proyectos de buques de suministro, y luego permítaseme comentar sobre ciertos aspectos que creo merecen mayor énfasis y solicitar la opinión del autor al respecto.

El primero es aquel de los requerimientos sobre estabilidad dinámica residual considerando el buque mientras está remolcando. Se asume que el cable de remolque está actuando perpendicular al buque y que el par escorante es proporcional a la fuerza de tiro a punto fijo. Como en estos buques la potencia propulsora es muy alta, en el orden de 7.000 caballos, lo que corresponde aproximadamente a unas 90 toneladas de tiro a punto fijo, es posible que sea difícil lograr una adecuada estabilidad dinámica. Las dimensiones del buque, en especial manga y puntal, dependerán en alto grado del par adrizante requerido; la manga, por su efecto directo en el GM del buque y el puntal para permitir el aumento de lastre, de ser necesario, y así bajar la posición del centro de gravedad del buque, sin encontrar dificultades en cuanto a francobordo mínimo requerido. ¿Cree el autor que puede llegarse a un caso en el cual la potencia de propulsión se vea limitada por consideraciones de estabilidad dinámica durante remolque?

En relación con el mismo tema anterior, cabe comentarse que la determinación de la tracción a punto fijo de un buque de suministros, por medio de prueba física, parece que está presentando dificultades, en vista de la considerable fuerza que debe ser medida y de la falta de instalaciones adecuadas en ciertas zonas. ¿Podría el autor comentar sobre si es aconsejable basar los cálculos de estabilidad dinámica en el tiro a punto fijo determinado por medio de ensayos de canal?

Por último, refiriéndonos a la función de algunos de estos buques, consistente en izar las anclas de las plataformas de perforación, para lo cual disponen de un chigre en popa con capacidad cercana a 200 toneladas, ¿no cree el autor que esta función, bastante especial, puede hacer que el aspecto de estabilidad longitudinal del buque, para asegurarse que no es posible la inmersión de la popa, deba ser tomado en cuenta? Asimismo, considerando esta fuerza actuando verticalmente por la popa, parece posible la creación de tensiones altas en la estructura local de la popa, la cual queda parcialmente en voladizo. ¿Podría el autor comentar al respecto?

*Sr. Redondo*

1. Deseo felicitar a Juan José Azpiroz por su trabajo y resaltar dos importantes cualidades del mismo:

- La presentación de datos reales y concretos sobre este tipo de buques, tan de actualidad en estos momentos y los cuales considero serán de gran utilidad a los proyectistas y técnicos interesados en las mismas.
- La información sobre las funciones y circunstancias de trabajo de estos buques, que creo muy interesantes para la realización de un buen proyecto y también para que incluso los ingenieros no relacionados con estos buques tengan un conocimiento general de los mismos.

2. Desearía conocer la opinión del autor sobre los siguientes puntos:

2.1. Futuro que prevé en buques de suministro para los cascos tipo Catamaran de dos y tres cuerpos.

En el trabajo se menciona que existen algunos proyectos de estos tipos y se señala la ventaja de menores movimientos en cubierta y el inconveniente de mayor coste y calado.

En mi opinión presentan también importantes ventajas en cuanto a:

- Seguridad en averías de casco, frecuentes en estos buques por abordajes con las plataformas.
- Seguridad de rumbo en navegación remolcando plataformas.
- Amplitud en cubierta.
- Mayor estabilidad inicial.
- Facilidad de construcción en astilleros de tipo medio y pequeño, por la posibilidad de construir los cuerpos independientemente y unirlos a flote.

2.2. Posibles ventajas de instalar bodegas para cemento con planos estructurales en vez de los típicos tanques no estructurales de tipo cilíndrico.

Estos tanques son caros y precisan colocarse a bordo antes de cerrar las cubiertas, por lo que retrasos en su suministro condicionan la puesta a flote del buque.

2.3. ¿Conoce el autor si la Administración española tiene en estudio modificar el Reglamento de Arqueo para estos buques?

Como se sabe, bajo Reglamentos nacionales, estos buques tienen un arqueo muy inferior, que llega al 50 por 100 del que resulta al aplicarles el actual Reglamento español.

Sugiero que se establezcan los contactos oportunos para conseguir las modificaciones necesarias, que coloquen a los B. S. de bandera nacional en iguales condiciones que los de bandera extranjera.

2.4. ¿Conoce el autor el procedimiento de realizar la prueba de tiro a punto fijo y la prueba del chigre de anclas de forma aceptable para el armador, incluso a través de ensayos de canal?

La gran potencia de tiro del buque, del orden de 80 toneladas, y la del chigre, de unas 160 toneladas, hacen prácticamente inviable realizar la prueba

práctica convencional en astilleros o muelles portuarios.

Personalmente se me ocurre que si el astillero termina a la vez dos buques gemelos, la prueba práctica podría realizarse tirando uno contra otro.

#### El autor

Contestando al señor Fernández de Santos, puedo decirle que la hélice de palas orientables está particularmente indicada en los B. S. que operan tanto en marcha libre como en remolque, pero en aquellos B. S. que se dediquen preferentemente al abastecimiento de plataformas la hélice de palas orientables tendrá menos interés y podrá incluso ser desaconsejable por razones de su mayor coste. Son mayoría los B. S. con hélices de palas orientables, pero no son raros los que tienen palas fijas.

Agradezco los comentarios de don José A. Acedo, que tienen verdadero interés en relación con este tema y aclaran y complementan algunos aspectos indicados en mi trabajo, especialmente los relativos a estabilidad y seguridad. En relación con la obturación de los tubos transportados sobre cubierta, es cierto que con ello se mejora la estabilidad a grandes ángulos, pero, evidentemente, existe el riesgo que la tripulación olvide proceder a la obturación, y si ésta se previó en los cálculos de estabilidad, la situación real del buque puede ser mucho peor que la prevista e incluso inadmisibles. Por ello algunas administraciones no permiten considerar la obturación de los tubos como medio de mejorar la estabilidad.

Es muy interesante la referencia que hace el señor Acedo a los estudios realizados con modelos en el Canal de Hamburgo para analizar la estabilidad de estos buques en distintas circunstancias. La sugerencia de mejorar la estabilidad reduciendo la longitud del castillo y colocando una pequeña toldilla a popa no parece, sin embargo, viable en este tipo de buque, que requiere que el extremo de popa esté despejado para proceder a la maniobra de manejo de anclas.

Es interesante la fórmula que cita el señor Acedo para relacionar la tensión máxima admisible en el cable de remolque y los diversos parámetros que condicionan la estabilidad del buque. Al ser el remolque una de las tareas de los B. S., es necesario disponer de un criterio de estabilidad en la condición de remolque y la fórmula propuesta cumple este objetivo.

En respuesta a los comentarios del señor Prost, añadiré lo siguiente:

1. Efectivamente, el agua embarcada sobre cubierta por fuera de los tubos tiene también una influencia desfavorable sobre la estabilidad, y por ello es importante que las puertas de desagüe sean amplias. Algunas administraciones requieren que en los cálculos de estabilidad se considere, además del agua dentro de los tubos (salvo que estén obturados), una cantidad de agua hasta la altura de la amurada de cubierta por el exterior de los tubos.

2. El SOLAS considera como buques de pasaje los que tienen alojamientos para más de 12 pasajeros y por ello la mayoría de los B. S. no superan esta cifra.
3. Los B. S. operan en gran medida en trayectos cortos entre las bases de la costa y las plataformas, por lo que una instalación de equipos para tener la clasificación de cámara de máquinas desatendida no encuentra en estos buques su total justificación. Yo creo que por esta razón no es frecuente que los B. S. tengan esta clasificación, si bien en los grados B. S. del futuro, operando a grandes distancias de la base, será más frecuente la instalación de equipos para operar con cámara desatendida.
4. Además del SOLAS, algunas sociedades de clasificación incluyen en sus reglas requerimientos sobre puertas estancas en mamparos, aunque no especifican los mismos con tanto detalle como el SOLAS, en particular las posiciones en que son permisibles puertas estancas con bisagras.

Agradezco al señor Aguiriano sus amables palabras, tanto a nivel personal así como miembro del Colegio de Ingenieros Navales, y estoy de acuerdo con él sobre los excelentes resultados que se obtienen, y sin duda se obtendrán cada vez más, mediante la celebración entre las distintas ramas de la ingeniería, en particular en el campo de la construcción naval, en que, dada su complejidad, intervienen y son necesarios técnicos de diferentes especialidades.

Con respecto a su primera pregunta, debo indicar que según conozco es práctica universal clasificar los B. S. en alguna de las sociedades de clasificación existentes, y varias de ellas tienen ya reglas especiales aplicables a este tipo de buque y, según tengo entendido, otras sociedades harán lo mismo próximamente, lo cual creo que es muy lógico, ya que las particularidades de los B. S., derivadas de sus funciones específicas, imponen una atención especial a diversos aspectos de su proyecto y construcción que no están adecuadamente cubiertos en las reglas de otros tipos de buques.

En relación con su segunda pregunta, puedo indicar que las zonas de los B. S. que soportan unas cargas especialmente fuertes son las que cito en el párrafo 5.5; en particular, la zona de popa donde se sujeta el tambor para maniobra de anclas, donde creo que se debe extremar el control de calidad de fabricación.

En respuesta al señor Osorio diré que en todos los buques se apreció el efecto sobre los brazos adrizantes, según que los cálculos se hagan con asiento constante o variable, pero en los B. S., debido a la ausencia de superestructura en popa, este efecto es mucho más dramático.

Las reglas actuales no exigen calcular los brazos adrizantes con asiento variable, pero dada su gran influencia en algunos barcos, incluyendo los pesqueros, es probable que en el futuro esto sea exigido, lo que no representará dificultad especial de cálculo al ser universal realizar estos cálculos con ordenador.

Agradezco al señor Arcos su presentación de aspectos interesantes del servicio de los B. S.

Sobre la primera cuestión de estabilidad en condiciones de remolque debo decir que, efectivamente, la potencia propulsora puede quedar limitada por consideraciones de estabilidad en remolque. A este respecto me refiero a la fórmula propuesta por el señor Acedo en su intervención, que limita el valor del tiro del cable de remolque en función de los parámetros que definen la estabilidad.

Los ensayos de canal pueden contribuir eficazmente a la predicción del tiro obtenible a punto fijo, y, por tanto, su realización será muy interesante desde el punto de vista de la estabilidad para evitar desagradables sorpresas de última hora.

En relación con la última pregunta, debo indicar que en general no creo que la tracción vertical en la popa producida al extraer anclas sea crítica sobre la estabilidad longitudinal, aunque puede contribuir a la inmersión de la popa. Un capitán bien informado sabe que debe evitar la inmersión de la popa por su desfavorable influencia sobre la estabilidad y ajustará el trimado del barco para evitar esta situación durante la maniobra de anclas. La tensión en la popa al extraer las anclas tiene una gran influencia en el reforzado necesario de los soportes del tambor de popa, pero se trata más bien de reforzados locales que de tratamiento de la popa en conjunto.

Agradezco al señor Redondo sus amables palabras y paso a contestar sus preguntas, que plantean problemas importantes con que se enfrentan los proyectistas y constructores de B. S.

2.1. Señala el señor Redondo varias ventajas de

los B. S. tipo catamarán, que son ciertas, pero, sin embargo, la capacidad de carga para un calado reducido es relativamente pequeña, y esto es un gran inconveniente para los B. S., cuya función más importante será el abastecimiento. Por ello creo que los catamaranes podrán ser interesantes sólo para funciones muy específicas, como manejo de anclas, lucha contra incendios, etc.

2.2. Los B. S. necesitan normalmente transportar simultáneamente más de una clase de cemento o ácido, y la disposición de bodegas estructurales separadas sería muy difícil. Por ello es práctica universal disponer tanques cilíndricos independientes.

2.3. No tengo información sobre el tratamiento que la Administración española dará al arqueo de los B. S. en el futuro, pero estoy de acuerdo en que se debieran asignar cifras de arqueo similares a las resultantes en otros países para evitar que los armadores españoles se encuentren en posición desfavorable en competencia con los extranjeros.

2.4. Los ensayos en Canal de Experiencias son una eficaz ayuda para la predicción de los tiros a punto fijo que se obtendrán en la realidad, y debe anunciarse a constructores y armadores a realizar estos ensayos y tratar de medir los tiros reales para estudiar la correlación modelo-buque. Con buena información previa, las predicciones serán de confianza, haciendo no imprescindibles las pruebas en el buque.

Estoy de acuerdo en que si el astillero termina a la vez dos buques gemelos, podrían probarse tirando uno contra otro, pero creo que esta simultaneidad de entregas no serán una situación normal en nuestros astilleros.

(Viene de la pág. 532.)

Llegamos al final de este breve discurso sobre plataformas marinas. Muy claro está que es imposible tratar la materia tan detalladamente como lo merecería, en una o dos horas. Pero tengo la esperanza de haberles ofrecido siquiera una noción de los problemas relacionados con este campo de la técnica naval, sobre los que deberían discutir más en detalle los especialistas. Para ellos, en caso de encontrarse aquí, temo no haber dicho nada nuevo y espero no haber dicho nada falso.

¡Gracias por su paciencia!

#### BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Revista *Ocean Industry*, varios números.  
[2] *Jane's Ocean Technology*, 1974-75.

- [3] J. M. MARCO FAIRÉN: "La construcción de plataformas para perforaciones petrolíferas". *Ingeniería Naval*, noviembre 1973.  
[4] C. ØSTERGAARD y H. G. PAYER: "Motions, Loads and Stresses of a Semisubmersible in a Seaway". *Interocean '73*, Düsseldorf.  
[5] Y. GOREN: "Selection and Design of Mobile Drilling and Construction Vessels Congress. *Ship, Machinery, Marine Technology*, Hamburgo, septiembre 1974.  
[6] C. ØSTERGAARD, Germanischer Lloyd: "A Rational Method for Determining Seaworthiness of Semisubmersibles". Seminario *Ann Arbor*, Michigan, noviembre 1974.  
[7] R. P. GIBLON y V. U. MINORSKY: "Evolution of the Design of a Jack-Up Type Offshore Structure". *Marine Technology*, enero 1975.

# CASA SUBMARINA PARA INMERSIONES A SATURACION (\*)

Por Andrés Mora Cañadilla

Dr. Ingeniero Naval

y

José Antonio Gil Martínez

Ingeniero Naval

## RESUMEN

*Las exigencias de los trabajos submarinos actuales y los previsibles a mayor profundidad y más tiempo de inmersión de los buceadores ha impulsado el desarrollo de programas de penetraciones del hombre en la mar con inmersiones a saturación de larga duración. En este trabajo se dan a conocer las características del proyecto de una Casa Submarina que actualmente se está construyendo y que permiten tener un conocimiento de las peculiaridades tan especiales de este tipo de artefactos.*

## SUMMARY

*The need and requirements of underwater works at different depths and for long periods of time have forced the development of Projects of Submarine Habitats to perform programs of diving at saturation for long permanence. In this paper the most important characteristics of a project for a Submarine Habitat now being developed in Spain are presented in order to give a picture of the peculiarities of this type of underwater vessels.*

## INTRODUCCIÓN

Las exigencias de los trabajos submarinos actuales y los previsibles a más profundidad y con más tiempo de inmersión de los buceadores han impulsado en varios países a experimentar en programas de penetración del hombre en la mar con inmersiones a saturación de larga duración, para los que se necesitan Casas Submarinas en donde los buceadores puedan alimentarse, descansar y realizar trabajos activos sometidos a la presión de inmersión.

El principio de las inmersiones a saturación está basado en que cuando el hombre se sitúa en ambientes presurizados, los tejidos toman gas inerte durante un período de tiempo hasta que su presión molecular está en equilibrio con el gas de la atmósfera ambiente que está respirando, alcanzándose entonces la saturación.

Para volver a la atmósfera normal o inicial se requiere un período de descompresión de larga duración.

Una vez alcanzada la saturación, el hombre puede vivir en tales ambientes siempre que la presión parcial del oxígeno sea mantenida igual a la presión parcial del oxígeno en el aire a nivel del mar, para que no se produzca toxicidad de oxígeno, siendo necesario, por ello, un gas diluyente que permita alcanzar la presión de trabajo sin aumentar la presión parcial del oxígeno. Para profundidades no muy elevadas puede emplearse el nitrógeno como gas diluyente.

Consiguiéndose los requerimientos anteriores en Casas Submarinas, puede estudiarse el comportamiento del cuerpo humano en tales ambientes, a la vez que pueden desarrollarse estudios submarinos de toda índole.

En la figura 1 se puede ver un resumen de las experiencias realizadas en diferentes países con las características técnicas más importantes.

En nuestro país los estudios de mayor amplitud sobre el tema han sido realizados por la Unidad de Investigación Subacuática del Centro de Buceo de la Armada, mediante inmersiones simuladas, en una cámara hiperbárica instalada en tierra, encuadrada en el Programa Tonofond, del cual ya han sido rea-

(\*) Trabajo presentado en las XI Sesiones Técnicas de Ingeniería Naval, celebradas los días 22 al 25 de mayo de 1975 en Santander - "Monte Granada".

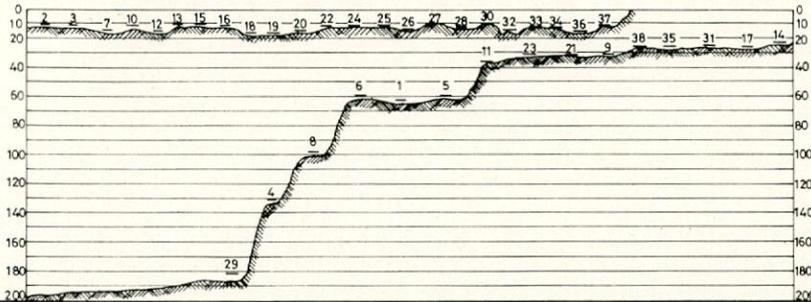
lizadas varias experiencias, con las características que pueden verse en la figura 2.

gran interés en el campo de la Ingeniería Naval por el futuro tan prometedor que presentan.

En el presente trabajo se dan a conocer las características más sobresalientes del proyecto de una Casa Submarina que está siendo construida por la Empresa Nacional Bazán para la Unidad de Investigación Subacuática antes indicada y que consideramos de

0. GENERALIDADES

El objeto del proyecto es la construcción de una Casa Submarina que cumpla las siguientes condiciones:



Nº	Nombre del proyecto	Fecha de la inmersión	Nación	Dimensiones	Nºde personas Duración	Cota de inmersión	Atmósfera	Clase de suministro	Relación de presión	Observaciones
1	Man in Seal I	1962	USA	Eslora 32 m Ø 0,9 m	1 Persona 1-4 Días	61 m	3% O <sub>2</sub> 97% He	desde buque Energía + Gas	Sobrepresión int - ext	doble cámara Peso 1,9 t
2	Precontinent I	1962	Francia	Eslora 5,2 m Ø 2,45 m	2 Personas 1 Semana	10 m	Aire		Presión equilibrada	
3	Precontinent II	1963	Francia	Circ aprox. 11 m	5 Personas 29-31 Días	11 m	Aire	desde buque Energía + Gas		Lastre 90 t
4	Man in Seal II	1964	USA		2 Personas 49 Horas	132 m	4% O <sub>2</sub> 5% N <sub>2</sub> 91% He		Presión equilibrada	Recipiente flexible
5	Sealab I	1964	USA	Eslora 12,2 m Ø 2,7 m	4 Personas 11 Días	59 m	4% O <sub>2</sub> 17% N <sub>2</sub> 79% He	desde buque Energía + Gas	Presión equilibrada	doble cámara
6	Sealab II	1965	USA	Eslora 17,4 m Ø 3,65 m	28 Personas 3 Grupos 10 Días	60 m	4% O <sub>2</sub> 3% N <sub>2</sub> 87% He	desde buque Autónomo	Presión equilibrada	Peso total 200 t
7	Kitjesch	1965	URSS	Eslora 5,6 m Ø 2,55 m	4 Personas	15 m		desde tierra	Presión equilibrada	Volumen 30 m <sup>3</sup> tres cámaras
8	Precontinent III	1965	Francia	Eslora 14 m Esfera Ø 7,5 m Puntal 8 m	6 Personas 3 Semanas	100 m	19-23% O <sub>2</sub> 1% N <sub>2</sub> resto He	desde superf. gas autónomo		Peso total 130 t Peso lastre 70 t

A - 236

9	Permon II	1966	Checoslovaq	Eslora 2 m. Manga 2 m.	2 personas	30 m		Autonomo	Presion equilibrada	Desplazamiento 5 m <sup>3</sup>
10	Ikhliandr 66	1966	URSS	Eslora 2 m. Manga 1,8 m. Altura 2 m.	2 personas 3 días	11 m	Aire	Desde tierra		Cám de trabajo peso 11 t.
11	Sadko 1	1966	URSS	Esfera Ø 3 m	2 personas 6 horas	40 m	Mezcla O <sub>2</sub> - N <sub>2</sub>	Desde buque	Presión equilibrada	Volumen 14 m <sup>3</sup> Peso del lastre 135 t
12	Caribe I	1966	Cuba	Eslora ~ 3 m Ø ~ 1,5 m	2 personas 3 días	15 m		Desde buque Gas parcial- mente autónomo	Presión equilibrada	
13	Permon III	1967	Checoslovaq	Eslora 2 m Manga 2 m	2 personas 4 días	10 m		Energía desde tierra Gas autó- nomo.		Lastre 5 t Peso 1,5 t
14	Medusa I	1967	Polonia	Eslora 22 m Manga 18 m Altura 21 m	2 personas 3 días	24 m	37% O <sub>2</sub> - 63% N <sub>2</sub>	Desde tierra	Presión equilibrada	Peso 2,25 t.
15	Hebros I	1967	Bulgaria	Eslora 5,5 m Ø 2 m	2 personas	10 m				No hay datos Conjunto plegable forma de semiesfera
16	Oktopus	1967	URSS		3 personas Algunas semanas?	10 m	Aire	Desde tierra	Presión equilibrada	
17	Sadko 2	1967	URSS	Esfera Ø 3 m Altura 4,6 m.	2 personas 10 días	25 m		Energía desde tierra-buque. Gas autónomo.	Sobrepresión exterior 4Kp/cm <sup>2</sup>	Laboratorio 12 t. Peso lastre 27 t.
18	Kockelbockel	1966	Holanda	Ø 1,9 m.	4-6 personas poco tiempo	15 m	Aire	Gas desde pon- tón. Energía au- tónoma.	Presión equilibrada	Lastre 8,6 t
19	Karnola	1968?	Checoslovaq		5 personas	8-15 m				No hay datos
20	Tschernomor-I	1968	URSS	Eslora 3 m Ø 3 m Altura 51 m	5-6 personas 1 mes	14 m		Desde superficie (buque)	Presión equilibrada	Desplazamiento 62 t 3d. de autonomía
21	Medusa II	1968	Polonia	Eslora 3,6 m. Manga 2,2 m. Puntal 1,8 m.	3 personas 14 días	30 m		Desde buque		
22	Robinsub I	1968	Italia	Eslora 2,5 m Manga 1,5 m Puntal 2 m	1 persona	10 m	Aire	Desde tierra	Presión equilibrada	Alambre plástico Volumen 5 m <sup>3</sup>
23	Hebros II	1968	Bulgaria	Eslora 6,7 m Ø 2,5 m	2 personas	30 m		Desde superficie		Volumen 30 m <sup>3</sup>
24	Sprut	1968	URSS	Altura 1,5 m Ø 2 m	2-3 personas 14 días	10 m				Esfera elástica

25	BAH 1	1968	Alemania Federal	Eslora 6 m Ø 2 m	2 Personas 11 Días	10 m	Aire	Desde buque	Presión equilibrada	
26	Ikhtianr 68	1968	URSS		Varias personas 8 Días	12 m		Desde tierra		Desplazamiento 15 m <sup>3</sup>
27	Malter I	1968	R.D.A.	Eslora 4,20 m Ø 1,80 m Altura 3,50 m	2 Personas 2 Días	8 m	Aire	Desde tierra y autónomo	Presión equilibrada	Volumen 10 m <sup>3</sup> Peso 14 t.
28	Tektite I	1969	USA	Alt. cil. 5,5 m Ø cil. 3,8 m	4 Personas 53 Días	12,7 m	8% O <sub>2</sub> 92% N <sub>2</sub>	Desde buque	Presión equilibrada	Lastre 175.000 lb.
29	Sealab III	1969	USA	Eslora 17,4 m Ø 3,65 m	5x12 Personas	183 m	2% O <sub>2</sub> 6% N <sub>2</sub> 92% He	Desde tierra Desde buque	Presión equilibrada	Tiempo indefinido
30	Robin II	1969	Italia		1 Persona 7 Días	7 m			Presión equilibrada	Recipiente plástico
31	UWL-Helgoland	1968	Alemania Federal	Eslora 9,0 m Ø 2,5 m Altura 6 m	4 Personas cada 10 días	23 m	Aire	Desde boya	P.int. 10/kg cm <sup>2</sup> P.ext. 10/kg cm <sup>2</sup>	Aprox. 64 t.
32	Sublimnos	1969	Canadá	Ø 24 m Altura 2,7 m Alt. total 6,4 m	3 Personas	10 m	Aire	Desde tierra con cordón umbilical	Presión equilibrada	Peso aprox. 8 t. Lastre aprox. 5 t.
33	BAH II	1969	Alemania Federal	Eslora 6 m Ø 2 m	2 Personas varios días	10 m	Aire	Desde supert.	Presión equilibrada	
34	SD-M	1969	G.B.	Eslora 2,9 m Ancho 1,85 m Altura 1,85 m	2 Personas 1-7 Días	9 m	Aire	Autónomo	Presión equilibrada	Goma y armad. de ac.
35	Tschernomor 2	1969	URSS	Eslora 8 m Ø 3 m Altura 6 m	4 Personas varias semanas	25 m	Mezcla O <sub>2</sub> -N <sub>2</sub>	Autónomo		Con cápsula de salv. Desplazamiento 75 t.
36	Atlantide	1969	Italia	Eslora 7 m Ø 2 m Doble	12 Personas 25 Días	12 m	Aire	Desde cápsula submarina		Grupo de 3 cápsulas submarinas
37	Glaucus	1965	G.B.	Eslora 3,7 m Ø 2,1 m	2 Personas 7 Días	10 m	Aire Circuito cerrado	Energía desde supert.	Presión equilibrada	Lastre 13 t.
38	Sadko 3	1969	URSS	Ø 3 m Altura 7 m	3 Personas 14 Días	25 m	15% O <sub>2</sub> 85% N <sub>2</sub>	Autónomo	Presión equilibrada	Lastre 39 t.

Figura 1.—Experiencias realizadas en otros países.

	Nº de personas	Fecha de comienzo	Cota de inmersión	Duración de inmersión	Cota de intervención	Duración de la intervención	Atmósfera	
							O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Topofond 1	3	22/2/72	15 m.	3 días	25 m.	15 min.	14%	86%
" 2	3	13/2/73	15 m.	3 días	40 m	2 horas	14%	86%
" 3	4	21/5/73	15 m.	5 días	40 m	2 horas	14%	86%
" 4	4	6/11/73	15 m	10 días	40 m	2 horas	14%	86%
" 5	4	26/2/74	20 m	3 días	40 m	3 horas	12%	88%
" 6	4	22/4/74	20 m	5 días	50 m	1,5 horas	12%	88%
" 7	4	11/2/75	20 m	10 días	50 m	1,5 horas	12%	88%

Figura 2.—Experiencias realizadas en unidad de investigación subacuática.

- 1.ª Presurización interior para mantener el nivel del agua en la escotilla de buceo.
- 2.ª Profundidad máxima de inmersión, 60 metros.
- 3.ª Atmósfera controlada hasta con un 5 por 100 de oxígeno.
- 4.ª Capacidad para cuatro personas con una autonomía de quince días.
- 5.ª Lastre variable, que le permita la inmersión y puesta a flote.
- 6.ª Disponibilidad de espacios para laboratorios y espacios para descanso y recreo de tripulación.
- 7.ª Equipada para ser remolcada en superficie.
- 8.ª Suministro desde el exterior de los servicios necesarios para garantizar la supervivencia de los buceadores.

Aunque la aplicación inmediata de esta Casa Submarina será para el estudio del comportamiento hu-

mano en inmersión de larga duración, es previsible que en un futuro próximo artefactos similares sean utilizados para la investigación subacuática, inspecciones submarinas, rescate de buques, minería submarina, auxilio a plataformas de perforación, etc.

1. DISPOSICIÓN GENERAL

Para cumplir los requisitos anteriores se ha estudiado la disposición general de las figuras 3 y 4, cuyas características principales son las siguientes:

1.1. Características principales del casco.

Eslora ... ..	12,000 m. fuera de forros
Manga ... ..	3,600 m. de Ø fuera de forros
Puntal ... ..	4,000 m. a la cta. superestructura.
Eslora cámara de buceo ... ..	2,200 m. aprox.
Eslora laboratorio ... ..	3,900 m. aprox.
Eslora cocina ... ..	2,900 m. aprox.
Eslora dormitorio ... ..	3,000 m. aprox.

Altura tanques de lastre ... ..	0,900 m. aprox.
Altura doble fondo . . . . .	0,450 m. aprox.
Desplazamiento en superficie ...	121,00 t.
Volumen total ... ..	134,50 m <sup>3</sup>
Lastre sólido interior ... ..	5,50 t.
Lastre sólido exterior ... ..	45,00 t.
Lastre líquido total ... ..	28,65 m <sup>3</sup>
Tripulación ... ..	4 personas

mersión. Por ello la construcción del casco se ha tratado como si fuese la de un tanque a presión, presentándose, por tanto, la condición más desfavorable, a efectos de resistencia, cuando el artefacto esté en superficie.

La forma será de cilindro de revolución cerrado en sus extremos por casquetes semielípticos.

2. CASCO

Se ha previsto que el artefacto sea presurizado cuando está a flote inmediatamente antes de su in-

El casco resistente estará soportado por una estructura de acero, que servirá, además, para situar el lastre sólido. Dicha estructura terminará en su parte inferior por cuatro puntos provistos de picos de anclaje para su fijación al fondo.

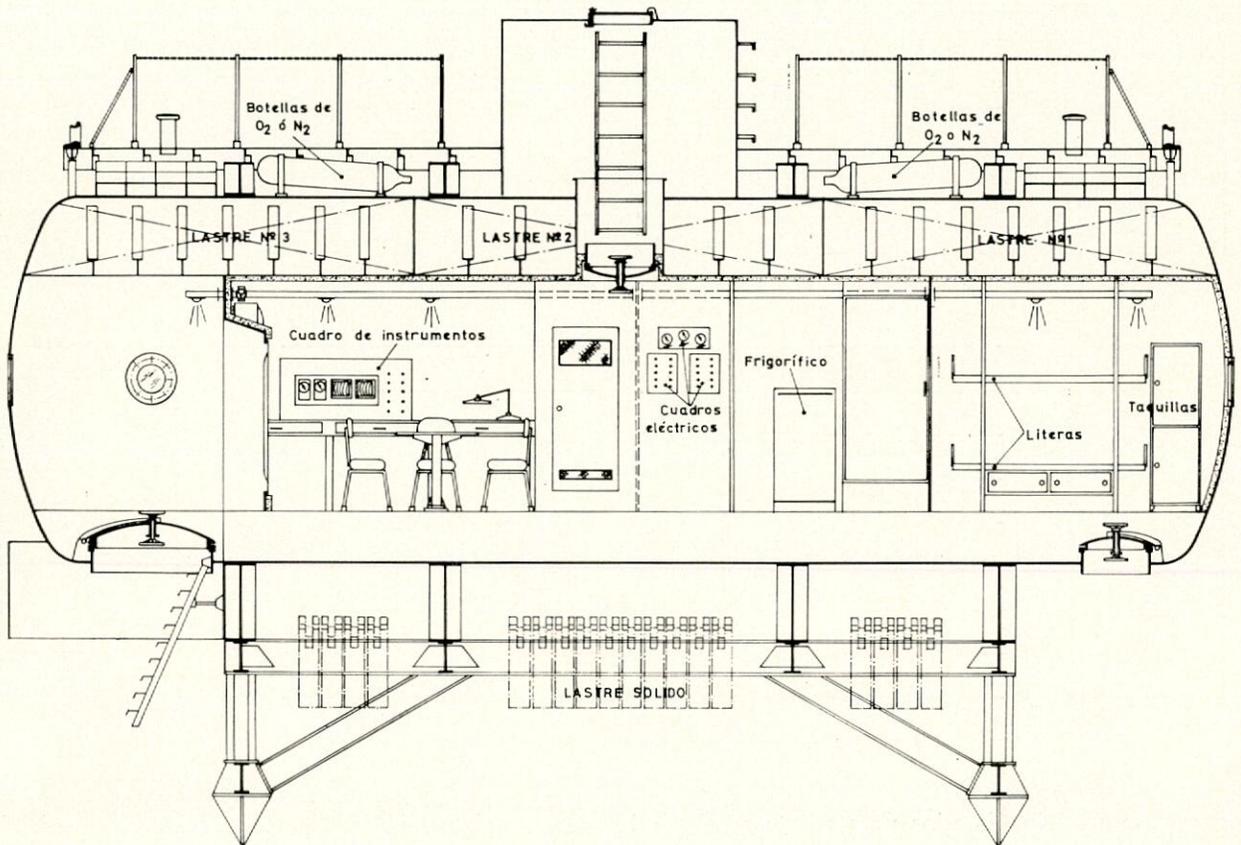


Figura 3.—Disposición general - alzado.

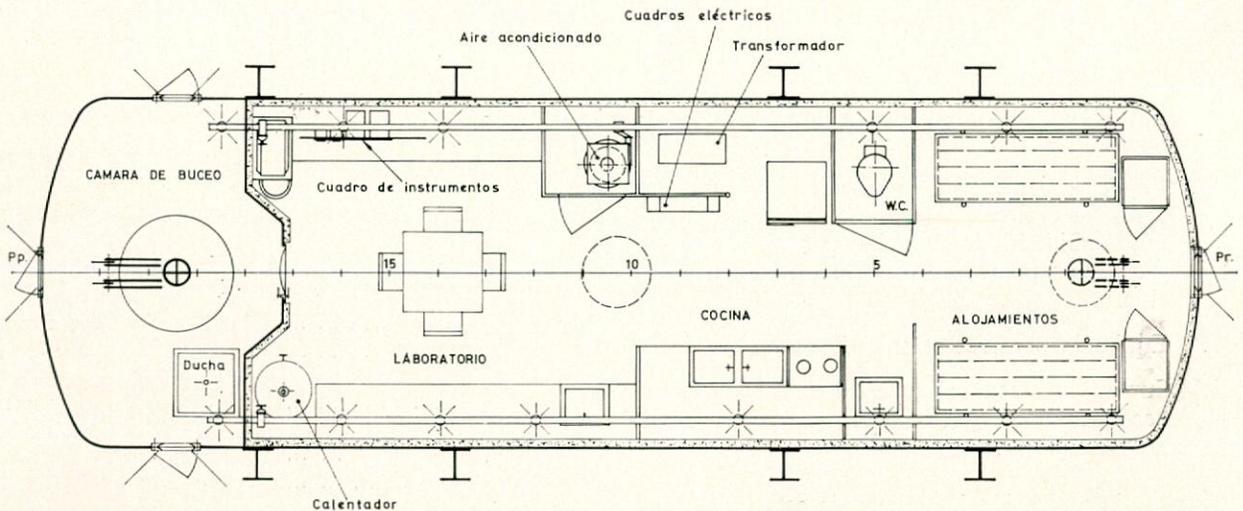


Figura 4.—Disposición general - planta.

El espacio comprendido entre la parte superior del casco y la cubierta superior se ha destinado a lastre líquido subdividido en tres tanques.

Se ha previsto también una cubierta de superestructura que sirva de plataforma para maniobra y para ubicar en su parte inferior las botellas de oxígeno y nitrógeno y un pequeño lastre sólido, que servirá para trimado del artefacto en superficie.

3. CORDÓN UMBILICAL

Por el hecho de no ser autónomo el artefacto y al objeto de poder duplicar los servicios de seguridad, la Casa Submarina estará unida al apoyo de superficie (fig. 5) por una serie de servicios que estarán agrupados a través de un cordón umbilical. Estos servicios son:

- Agua dulce.
- Alimentación eléctrica.
- Comunicaciones.

4. SERVICIOS AUXILIARES ESPECIALES

Dado que los buceadores han de vivir en la Casa Submarina durante largos períodos de tiempo, dedicando parte del mismo a salidas de intervención y el resto a trabajos de laboratorio, descanso, recreo, etcétera, se ha prestado especial atención al servicio de control de la atmósfera para hacerla respirable a la presión de inmersión. Asimismo existe la necesidad de tener adecuadas comunicaciones con el exterior para garantizar la seguridad y establecer los contactos necesarios sobre las experiencias a realizar.

4.1. Servicios de control de atmósfera

Al objeto de controlar la composición atmosférica, de acuerdo con lo anteriormente indicado, es necesario disponer de servicios independientes de oxígeno y nitrógeno, cuya disposición esquemática está indicada en las figuras 6 y 7.

La aportación de oxígeno y nitrógeno proporcionará una atmósfera respirable y el CO<sub>2</sub> resultante de la respiración será eliminado por medio de un granulado absorbente.

Para mayor seguridad, y a través de uno de los conductos del cordón umbilical, se podrán tomar muestras desde el exterior para analizar la composición de la atmósfera presurizada, lo que permite poder corregir su composición introduciéndose las cantidades necesarias de oxígeno o nitrógeno.

Para caso de emergencia por contaminación rápida de la atmósfera se ha previsto en el interior del arte-

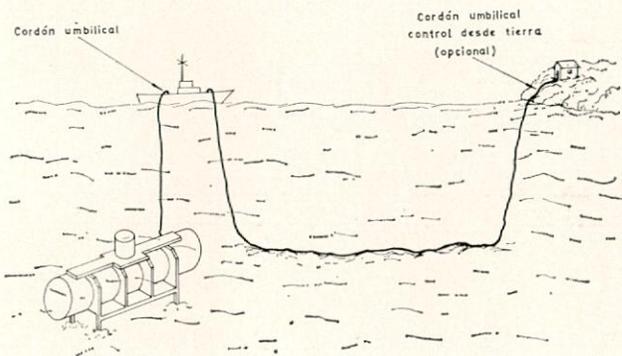


Figura 5.—Esquema de la conexión con el exterior.

- Aire para presurización.
- Nitrógeno.
- Oxígeno.
- Tomas de muestra.

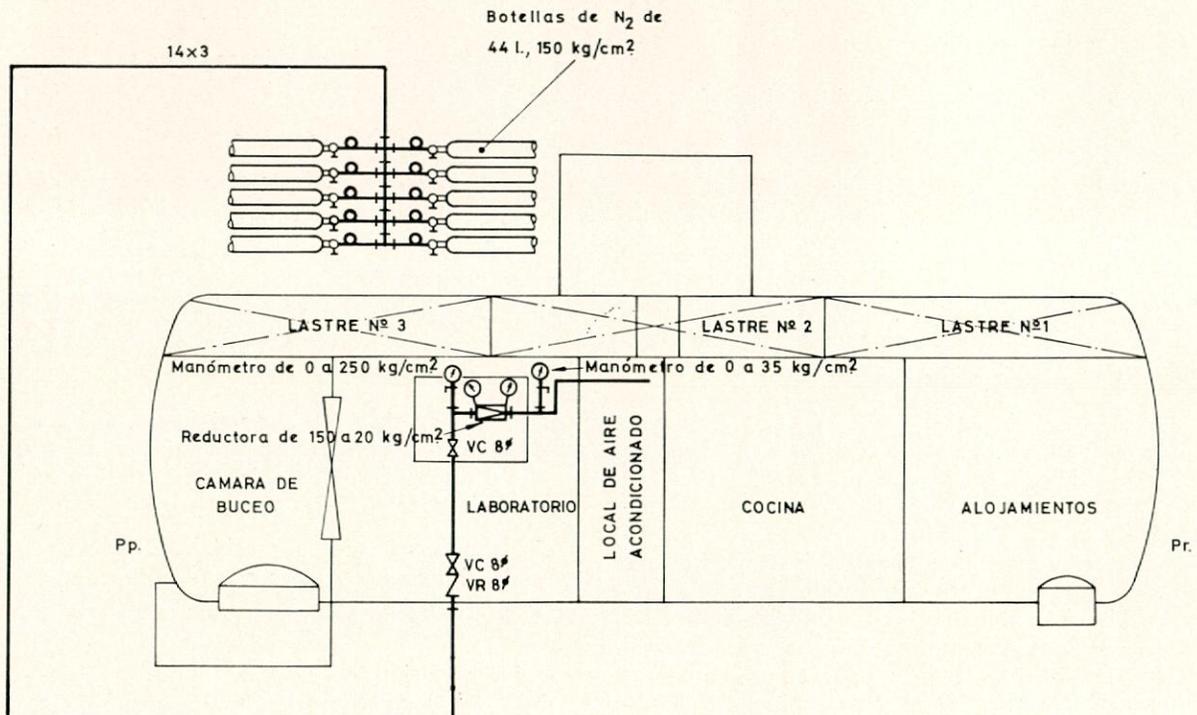


Figura 6.—Esquema del servicio de nitrógeno.

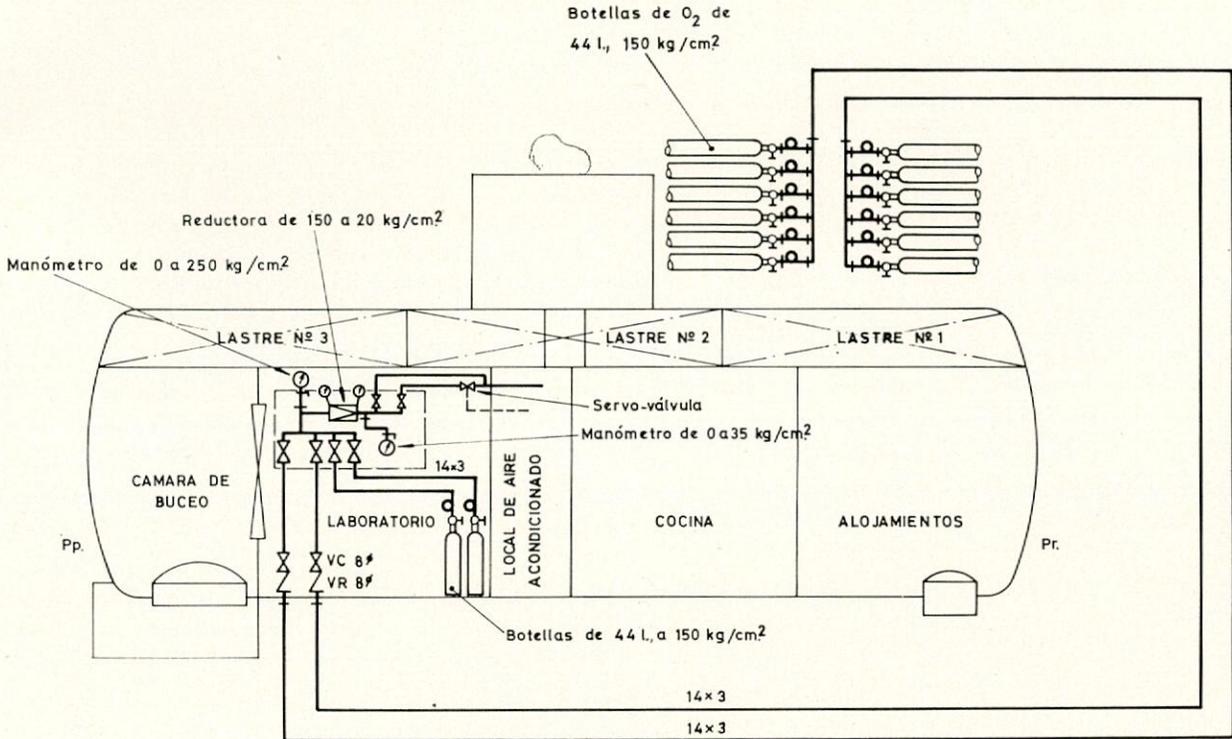


Figura 7.—Esquema del servicio de oxígeno.

facto un sistema de botellas de aire comprimido con la composición adecuada para que los buceadores puedan hacer tomas por medio de boquillas.

#### 4.2. Servicio de comunicaciones.

Las comunicaciones previstas y que serán servidas a través del cordón umbilical son las indicadas en la figura 8.

#### 5. OTROS SERVICIOS

Dados los requerimientos propios del artefacto, y sin que ofrezcan un interés especial por ser similares en su técnica de construcción a las previstas en submarinos, se dispondrán servicios de:

- Ventilación.
- Descargas.
- Achique y lastre.
- Agua dulce fría y caliente.
- Red de distribución eléctrica.

#### 6. CONSTRUCCIÓN

La construcción del artefacto no presenta problemas de tipo especial. La única característica a destacar es la selección de equipos a instalar, ya que han de ser capaces de trabajar en ambiente a la presión de seis kilogramos por centímetro cuadrado. De entre los equipos que requieren un estudio especial merecen destacarse: equipos de medida, lámparas de iluminación, T.V., frigoríficos, equipos de comunicaciones, ventiladores, etc.

#### 7. MANIOBRA DE INMERSIÓN Y EMERSIÓN

El artefacto, como ya se ha indicado, no es auto-propulsado y, por tanto, necesitará ser remolcado hasta el punto donde haya de ser fondeado.

Dado que en esta maniobra no es importante la velocidad, no se ha prestado especial atención a las formas desde el punto de vista hidrodinámico, habiéndose definido en base a la facilidad de construcción.

La maniobra de inmersión se realizará con el siguiente proceso:

- 1.º Remolque hasta el punto elegido de fondeo.
- 2.º Presurización del artefacto en superficie.
- 3.º Inundación de los lastres líquidos interiores números 1 y 3, con lo cual se consigue una flotación a la mitad de la torrecilla.
- 4.º Inundación de la torrecilla, con lo cual se consigue una flotabilidad negativa (unas cinco toneladas).
- 5.º Una vez el artefacto en el fondo, se inunda el tanque número 2, con lo cual se obtiene unas 13 toneladas de empuje, que permitirán el anclaje en el fondo.
- 6.º Equilibrado de la presión del artefacto por los buceadores desde el exterior.
- 7.º Apertura de escotillas por los buceadores.

Se ha preferido en las maniobras previstas que los buceadores entren en la Casa Submarina una vez fondeada por razones de seguridad.

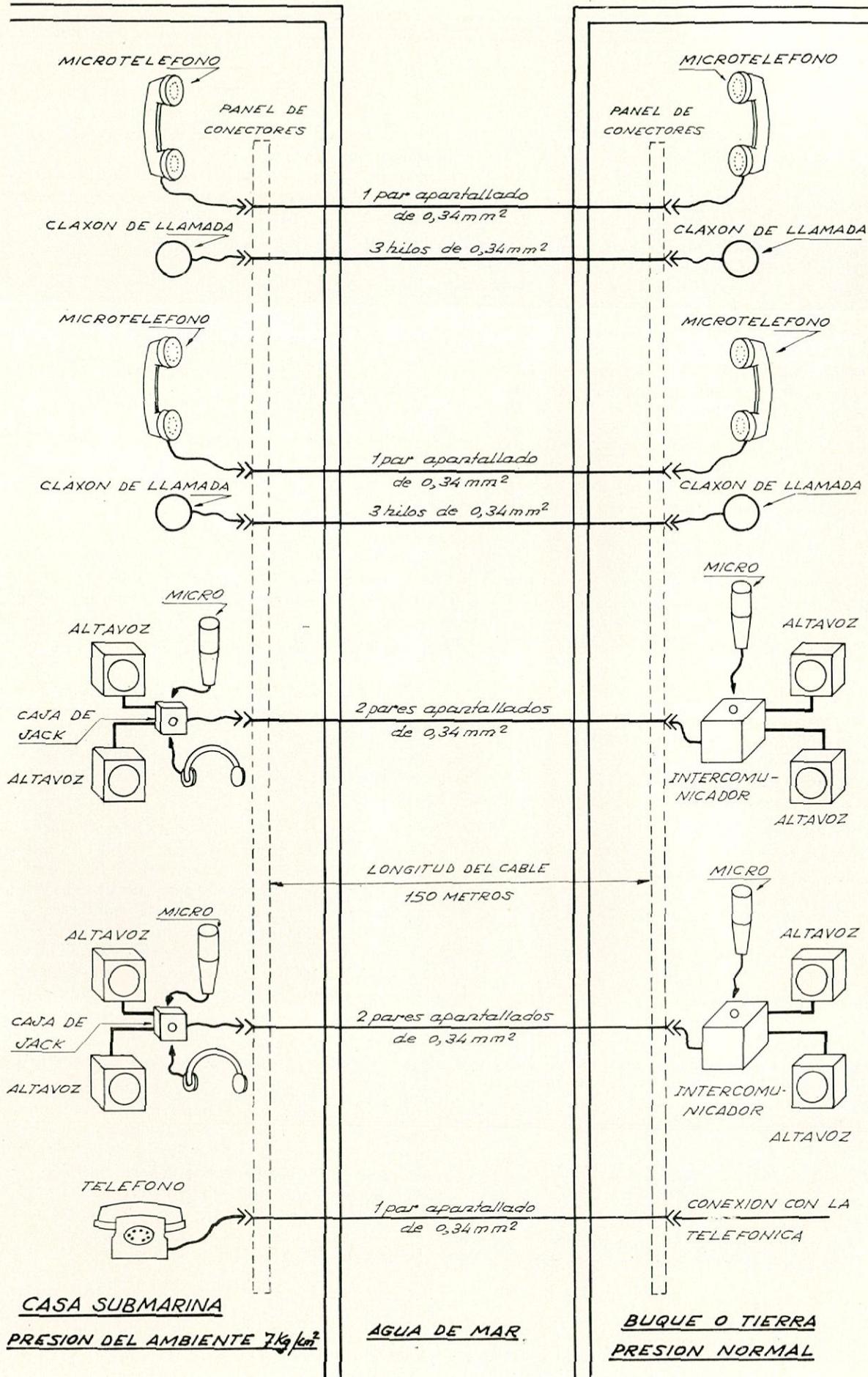


Figura 8.—Sistema de comunicaciones.

La maniobra de emersión será igual a la de inmersión en sentido inverso, consiguiéndose el empuje por medio de soplado con aire de los tanques de lastres.

Los buceadores, terminada su inmersión a saturación, pasan a una cámara de descompresión situada en el apoyo de superficie.

#### 8. PESOS Y ESTABILIDAD Y TRIMADO

Dado que la utilización del artefacto es fundamentalmente para vivienda de los buceadores, dispone de espacios relativamente grandes en proporción al poco peso instalado (ausencia de propulsión, gobierno, elementos de carga, etc.), por lo que es necesario disponer de una gran cantidad de lastre que permita anular el desplazamiento de formas y conseguir la flotabilidad negativa necesaria para su inmersión y fijación al fondo.

Esto se ha conseguido poniendo 50 toneladas de lastre sólido, cinco de las cuales se han destinado para conseguir el trimado. Además, para conseguir la flotabilidad negativa y empuje para anclaje, se han previsto tres tanques de lastre que, junto con la torrecilla, suman una capacidad de 29 toneladas.

En cuanto a la estabilidad, tanto en la superficie como en inmersión, está garantizada con valores altos, dado que 45 toneladas de lastre sólido estarán dispuestas en el fondo.

#### BIBLIOGRAFÍA

- An experimental 45 - day undersea saturation dive at 205 feet.  
Research U. S. Navy's 1967.
- Press handbook sealab III experiment the U. S. Navy's.  
U. S. Navy deep submergence systems projet 1968.
- Tauchtechnik.  
Autor: Gerhard Haux.
- Tektite II.

#### DISCUSION

##### *Sr. Parga*

Andrés Mora ha expuesto con detalle la construcción de una Casa Submarina, entrando en un campo poco conocido hasta ahora por el ingeniero naval. Es interesante ver, por ejemplo, la importancia que tienen los condicionamientos fisiológicos en este campo y de ahí el papel decisivo del médico en el proyecto, cosa que no existe en los buques convencionales.

Me interesaría saber cuáles fueron las diferencias más importantes que encontraron respecto a un proyecto convencional al desarrollar este proyecto.

##### *Sr. Criado*

¿Se han previsto en el proyecto soluciones de emergencia, como, por ejemplo, abandono de lastre sólido,

para asegurar la puesta a flote de la Casa Submarina en el caso de que falle el sistema normal de desalajo de los tanques de lastre líquido?

El artefacto es presurizado a la presión interior igual a la que va a soportar exteriormente en su lugar de trabajo, realizándose esta operación con el artefacto en la superficie. ¿Cómo se ha resuelto el problema de resistencia del casco para que pueda resistir las condiciones extremas, a saber: presión exterior la atmosférica e interior la de trabajo y viceversa?

##### *Sr. De la Torre*

En el cuadro donde están reflejadas las experiencias realizadas en otros países, ¿guarda relación la presión exterior con la cota de profundidad de las experiencias? En algunas de ellas, como la número 31, cuya cota de inmersión es de 23 metros, tiene asignada en el cuadro una presión exterior de diez kilogramos por centímetro cuadrado, muy superior a la que realmente corresponde. Y con relación a la presión interior, ¿cuál es la máxima que puede soportar el hombre?

¿Se tienen noticias de que se haya utilizado en alguna ocasión la Casa Submarina como base de apoyo o aprovisionamiento de submarinos de bolsillo?

##### *Los autores*

Contestando al señor Parga, diremos que la diferencia más importante en relación con el proyecto de un buque convencional es, como muy bien ha apuntado, la colaboración indispensable del médico, y de hecho en nuestro caso ha sido muy importante su colaboración.

En cuanto a los aspectos puramente técnicos, las diferencias se encuentran en las condiciones ambientales particulares de este artefacto, como son: atmósfera en contacto permanente con el agua, lo que requiere un cuidadoso estudio de la ventilación y control de humedad; atmósfera presurizada, que obliga a prestar atención especial a los aislamientos térmicos, potencias y rendimientos de ventiladores, calefacción, olores, etc.; atmósfera controlada en composición, que, por depender de ella la vida de los buceadores, tiene que ofrecer las mayores garantías de seguridad.

A las preguntas del señor Criado respondemos con lo siguiente: no se han previsto soluciones de emergencia para la puesta a flote de la Casa Submarina, toda vez que la salida a superficie de los buceadores es independiente de la emersión de la Casa y, por tanto, cualquier dificultad para volver a flote esta última no puede considerarse propiamente como una emergencia, ya que siempre se dispondrá de tiempo para buscar el sistema más idóneo para su puesta a flote.

Como se indica en el artículo, el casco se presurizará siempre en superficie a la presión de inmersión, con lo que, una vez fondeado, las presiones estarán equilibradas.

No es posible el tener presión exterior la de inmersión e interior la atmosférica, toda vez que si se produjeran fugas por avería subiría el nivel de agua en la escotilla de buceo, manteniendo el equilibrio de presiones.

En respuesta a las preguntas del señor De la Torre, nuestra contestación es como sigue:

La relación existente entre la presión y la cota de inmersión es función de cómo se lleve a cabo esta última.

Los procedimientos normales son:

- a) Presurización en superficie a la cota definitiva de inmersión.
- b) Inmersión a presión atmosférica y presurización una vez fondeado.
- c) Inmersión hasta una cierta cota y presurización a esa profundidad, repitiendo tantas veces la operación como sea necesario hasta llegar a la cota de fondeo.

En el caso a), que es nuestro caso, la presión de inmersión está directamente relacionada con la presión interior y el estudio debe hacerse como el de un recipiente a presión.

En el b) la presión directamente relacionada con la cota de inmersión es la exterior y el estudio debe hacerse como si se tratara de un submarino.

En el c) no existe relación entre la cota de inmersión y las presiones interior y exterior; extrapolando a etapas de inmersión diferenciales el casco no soportaría ningún esfuerzo y sólo sería necesario como separación de los dos medios.

En el caso concreto que se cita, número 31 del cuadro, el artefacto se proyectó para una inmersión de 100 metros y parece ser que, por causa de una avería importante, se suspendieron las experiencias en la cota citada de 23 metros.

La máxima presión a la que puede estar sometido el organismo humano está limitada en principio por las dificultades técnicas que presenta el control de la atmósfera, toda vez que las tolerancias en el contenido de oxígeno disminuyen al aumentar la presión. En inmersiones reales a saturación las últimas experiencias han situado al hombre a 250 metros de profundidad, mientras que en experiencias simuladas en cámaras situadas en tierra se ha llegado a presiones correspondientes a 600 metros.

No tenemos noticias sobre utilización de Casas Submarinas como base de apoyo de submarinos de bolsillo.

## NORMAS UNE

El Instituto Nacional de Racionalización y Normalización acaba de editar las siguientes normas UNE, las cuales se hallan a la venta en su domicilio social, Serrano, 150, Madrid-6.

- UNE 1-011-75. Formato final de papeles para escritura y de ciertos tipos de impresos.
- UNE 1-026-75. Dibujos técnicos. Formatos y escalas.
- UNE 1-027-75. Dibujos técnicos. Plegado para archivadores A 4.
- UNE 1-031-75. Dibujos técnicos. Perspectiva caballera. Perspectiva axonométrica.
- UNE 1-035-75. Dibujos técnicos. Rotulación y despiece.
- UNE 1-042-75. Dibujos técnicos. Signos convencionales para los resortes.
- UNE 1-044-75. Dibujos técnicos. Signos convencionales para engranajes.
- UNE 1-120-75. Dibujos técnicos. Notación de las tolerancias lineales y angulares.
- UNE 1-121-75. Dibujos técnicos. Tolerancias de forma y de posición. Acotación y notación de las tolerancias en los perfiles. Parte III.
- UNE 1-121-75. Dibujos técnicos. Tolerancias de forma y de posición. Ejemplos. Parte IV.
- UNE 1-130-75. Dibujos de arquitectura y construcción. Vocabulario.
- UNE 1-131-75. Dibujos de arquitectura y construcción. Presentación de los planos. Escalas.
- UNE 1-132-75. Planos de edificios. Métodos de proyección.
- UNE 5-002-75. Reglas para el empleo de las unidades del sistema internacional de unidades y de sus múltiplos y submúltiplos decimales. Unidades cuyo uso se recomienda. Parte II.

- UNE 7-195-75. Ensayo de doblado alternativo de alambres de acero.
- UNE 7-321-75. Ensayo interrumpido de fluencia a temperatura elevada de productos de acero (interrupción de la carga y del calentamiento).
- UNE 7-323-75. Ensayo de rotura por fluencia a temperatura elevada en productos de acero.
- UNE 7-325-75. Determinación de la profundidad de decarburación en productos de acero.
- UNE 7-326-75. Determinación de la carga de rotura a la tracción de cables y cordones de acero.
- UNE 7-330-75. Ensayo de torsión simple de alambres de acero.
- UNE 7-331-75. Determinación de bajos contenidos de carbono en aceros. Método volumétrico.
- UNE 14-042-74. Examen y cualificación de los operarios soldadores manuales por arco descubierto con electrodo revestido de uniones circulares, soldadas a tope, en tubos de acero para conducciones del tipo de oleoductos, gaseoductos o similares.
- UNE 15-006-75. Velocidades y avances en las máquinas-herramienta.
- UNE 16-002-75. Herramientas de corte. Clasificaciones.
- UNE 17-004-75. Remaches metálicos. Diámetros de espigas (diámetros de 1 a 36 mm. inclusive).
- UNE 17-050-75. Tornillos y espárragos. Acotados longitudinales.
- UNE 17-051-75. Tornillos y espárragos. Longitud nominal y longitud roscada.
- UNE 17-052-75. Entrecaras, altura de cabeza y altura de tuerca.
- UNE 17-058-75. Agujeros pasantes para tornillos de rosca métrica.
- UNE 17-059-75. Pasadores abiertos.
- UNE 17-061-75. Pasadores cilíndricos. Medidas.

# BARCOS

## CONSTRUCCION DE CUATRO BUQUES DE SUMINISTRO

ASTILLEROS DE SANTANDER, S. A., tiene actualmente en construcción cuatro buques de suministro a plataformas de prospecciones petrolíferas, dos de ellos para armadores nacionales, TRANSPORTES NAVALES, S. A., y los otros dos para armadores noruegos ARNE PRESTHUS REDERI.

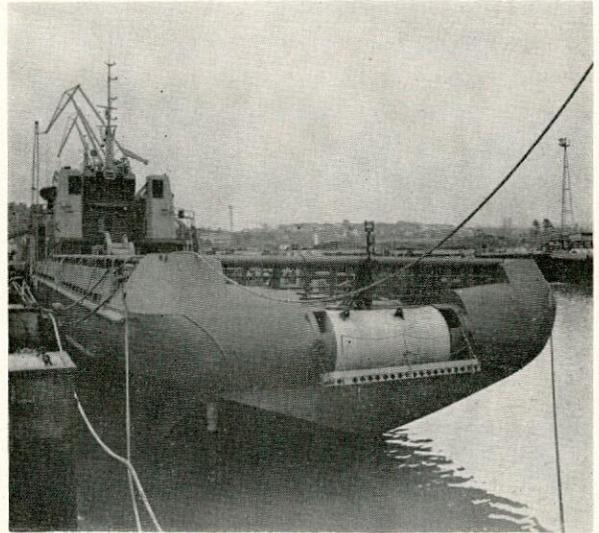
Los dos primeros buques están en avanzado período de armamento y su entrega está prevista para diciembre del presente año. Los otros dos se pondrán a flote a mediados de mes y se entregarán en los primeros meses del próximo año.

Sus características principales, en su doble condición de shelter abierto y shelter cerrado, son:

Eslora total ... ..	64,40 m.
Eslora entre p. p. ... ..	56,40 m.
Manga de trazado ... ..	13,80 m.
Puntal a cta. shelter y pral. ... ..	6,90/4,75 m.
Calado shelter cerrado/s. abierto ... ..	6,00/4,70 m.
Máxima carga en cubierta ... ..	800 Tdas.
Peso muerto ... ..	1.000/2.000 Tdas.
Tanques de combustible ... ..	800 m <sup>3</sup>
Tanques de agua dulce ... ..	30 m <sup>3</sup>
Tanques de cemento o lodos ... ..	170 m <sup>3</sup>
Tanques de agua perforación ... ..	570 m <sup>3</sup>

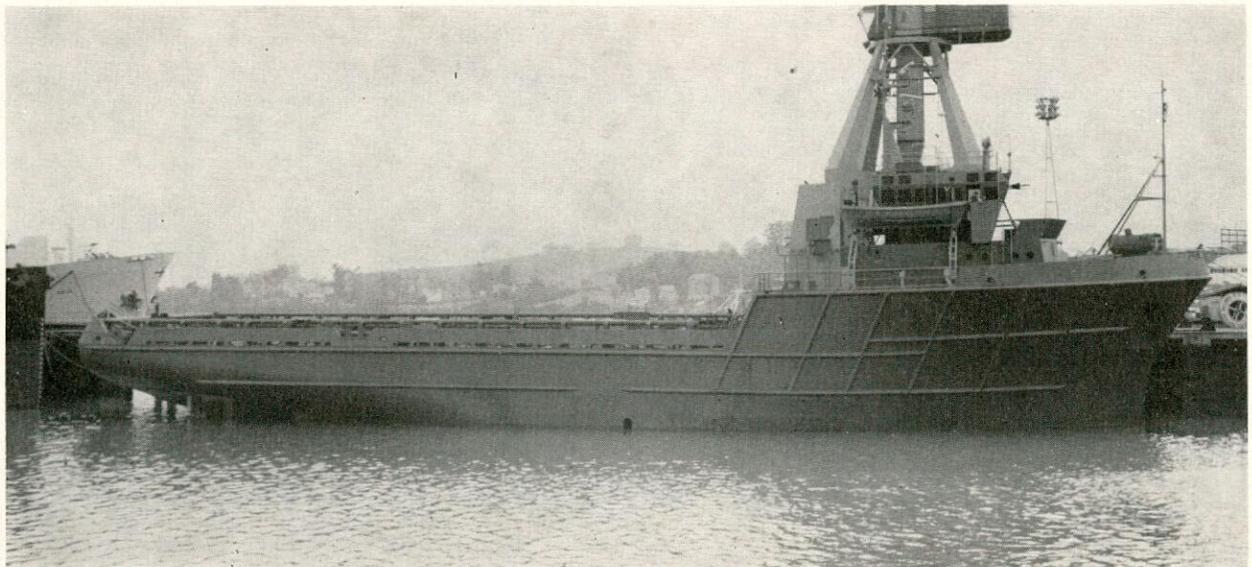
Los buques van propulsados por dos motores ALCO de 4.000 BHP cada uno a 1.100 r. p. m., accionando hélices de palas orientables Powertrans Ibérica a través de reductores Tacke-Olalde. Llevan además una hélice transversal accionada por un motor de 550 HP.

Los grupos generadores eléctricos son de 220 KVA, 440 V., 60 Hz. Los motores auxiliares de dichos grupos y de la hélice transversal son BAUDOIN en la primera serie y MERCEDES en la segunda y MTU para el de la hélice transversal.



Detalle del rolín de popa, chigre de remolque y manejo de anclas.

Además de la maquinaria auxiliar en cámara de máquinas usual, los buques llevan dos compresores de aire enfriado para impulsar los lodos o cementos, capaces de producir 9,5 m<sup>3</sup>/min. a 2,8 kg/cm<sup>2</sup>. Con ellos la descarga total de los cuatro tanques de cemento o lodos puede efectuarse en aproximadamente cuatro horas.



Uno de los buques en avanzado estado de armamento.

La maquinaria de cubierta está fabricada por EIMAR para la primera serie y por HYDRAULIC para la segunda y está compuesta por un molinete hidráulico y un chigre hidráulico combinado para remolque de plataformas y manejo de sus anclas, con 150 Tm./65 Tm./30 Tm. de tracción a mts/min. 0,5/7,5/15, respectivamente.

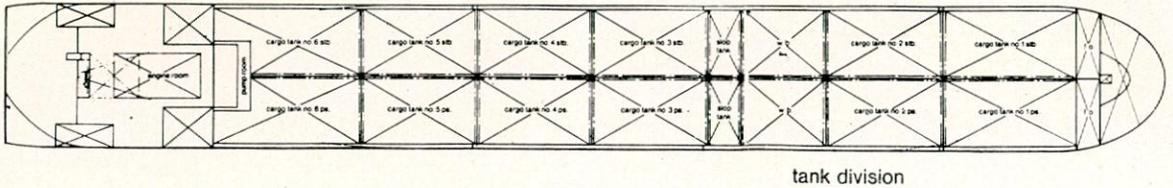
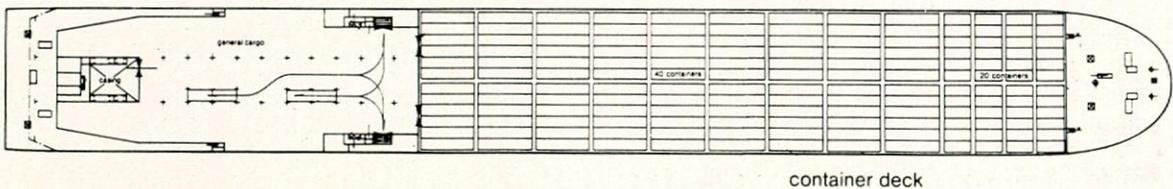
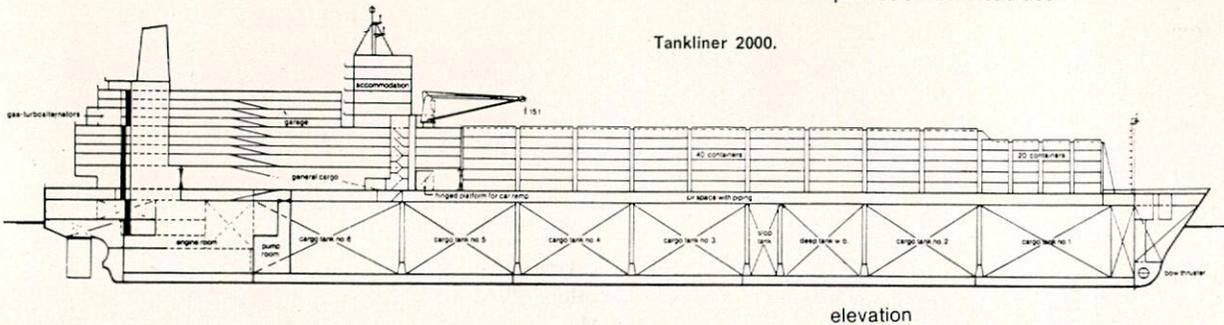
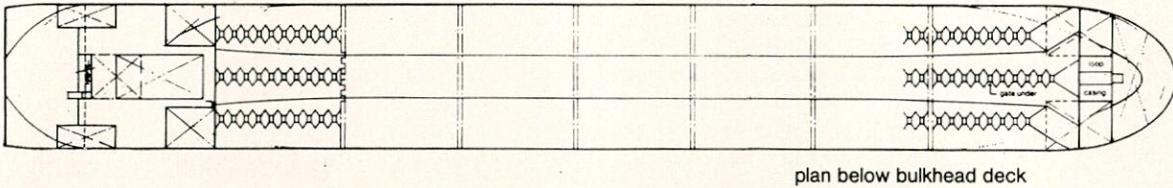
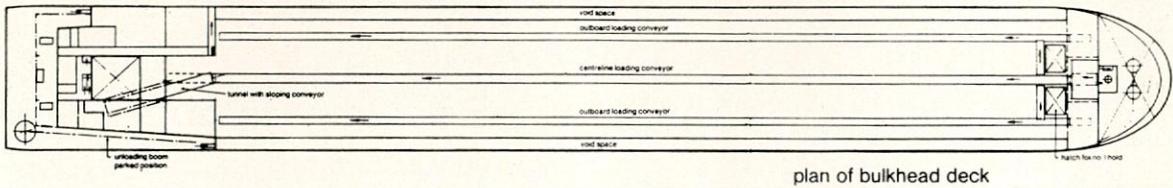
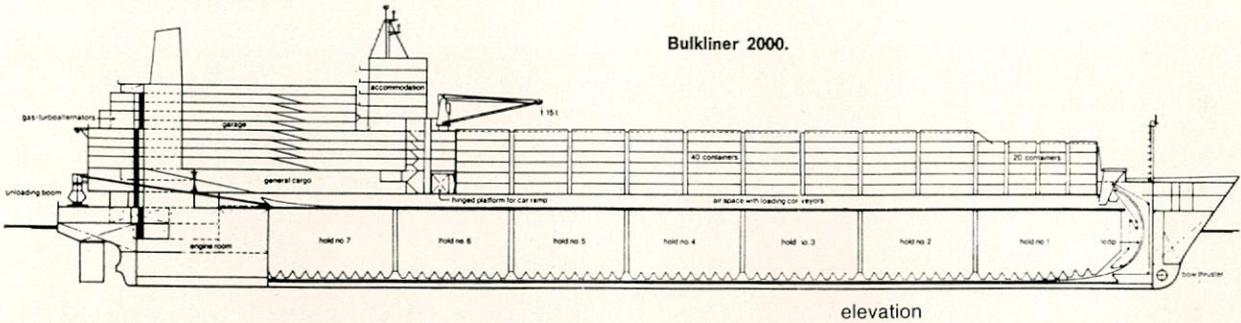
Los buques disponen de dos pupitres en el puente y otro en cámara de máquinas para control de motores propulsores, motores auxiliares, hélices propulsoras y transversal y chigre de remolque.

El standard del buque es en todos los aspectos muy elevado y de acuerdo con la más alta clasificación

del Norske Veritas para las dos series, cumpliendo además la segunda serie los requerimientos del Norwegian Ship Control.

**NUEVO BUQUE UNIVERSAL**

Un capitán de la marina mercante y un ingeniero han desarrollado un nuevo tipo de buque universal de tonelaje Panamax, cuya característica esencial es su extraordinaria flexibilidad de empleo. Será lanzado al mercado mundial por el astillero Burmeister & Wain en dos versiones: "Bulkliner 2000" y "Tankliner 2000".



Sus características principales son las siguientes:

*Características comunes*

Eslora total ... ..	268,00 m.
Eslora entre perpendiculares.	250,00 m.
Manga ... ..	32,24 m.
Puntal a la cubierta superior.	21,00 m.
Propulsión ... ..	Un motor B & W 9K80GF de 23.800 HP a 126 r. p. m.
Maquinaria auxiliar ... ..	Dos grupos de 1.240 KVA, 440 V., 60 Hz., accionados por dos motores B & W 6S28LM a 720 revoluciones por minuto
Fuel ... ..	3.500 t.
Aceite de lubricación ... ..	300 t.
Agua dulce ... ..	475 t.

*Características diferentes*

	<i>Bulkliner 2000</i>	<i>Tankliner 2000</i>
Calado ... ..	13,30 m.	13,70 m.
Peso muerto ... ..	70.000 t.	73.300 t.
Velocidad en pruebas.	17 nudos	16,75 nudos
Capacidad de bodegas (en grano) ... ..	2,5 × 10 <sup>6</sup> pies cúb.	—
Capacidad de los tanques de carga ... ..	—	74.000 m <sup>3</sup>
Contenedores ... ..	1.492	1.536
Vehículos ... ..	2.000	2.100
Carga general ... ..	320.000 p. c.	350.000 p. c.
Lastre ... ..	15.000 t.	27.500 m <sup>3</sup>

La capacidad de bodegas del "Bulkliner 2000" es de 2,5 millones de pies cúbicos (grano), pero puede transportar al mismo tiempo 1.492 contenedores de 20 pies, 2.100 automóviles estibados en un garaje a popa de la superestructura y 350.000 pies cúbicos de carga general, cuya manipulación se efectúa por el sistema ro-ro. A condición de que los contenedores, vehículos y la carga general no pesen en total más de 11.000 t., este buque puede recibir además en sus bodegas 55.000 t. de carga a granel que se preste al sistema de manipulación a bordo, es decir: carbón, mineral, fosfatos, granos, etc. Con las bodegas vacías puede llevar una carga máxima de 25.000 t.

El "Tankliner 2000" transporta petróleo en lugar de carga a granel. Puede llevar 58.000 t. de productos petrolíferos, siempre que los contenedores, vehículos y carga general no pesen en total más de 12.000 t.

La cubierta del buque a proa de la superestructura está dispuesta para el transporte de contenedores, totalmente protegidos por una amurada cuya altura corresponde a cinco niveles de contenedores. A popa se encuentra un inmenso garaje, al cual se llega por rampas. Entre este garaje y la cubierta hay una altura libre de 4,8 m. y en dicho espacio se estiba la carga general, a menos que se prefieran montar cubiertas-garajes. La manipulación de la carga general tiene lugar por rampas y grandes puertas de costado. Dos grúas de 15 t. montadas a proa del garaje sirven para la manipulación de cargas pesadas, que pueden cargarse sobre jaulas-contenedores justo a proa de la superestructura. La manipulación de los

contenedores debe efectuarse por medio de las instalaciones portuarias.

Bajo la cubierta, existe un espacio libre a lo largo de toda la eslora del buque, de 3 m. de altura en la versión "Tankliner" y de 3,5 m. en la versión "Bulkliner". Dicho espacio sirve para alojar las tuberías, en el petrolero, y el sistema de manipulación, en el bulkcarrier.

El sistema de manipulación de la carga a granel funciona de la forma siguiente: en la operación de carga, que tiene lugar por proa, el granel es distribuido en las bodegas por una cinta transportadora situada entre la cubierta superior y la cubierta de contenedores; la descarga tiene lugar por cintas transportadoras situadas en las bodegas, que suben la carga hasta la cinta transportadora, que sirve para la operación de carga, y la descarga tiene lugar por popa. Este sistema ha sido objeto de numerosos ensayos en los Grandes Lagos.

En los tanques de petróleo no puede transportarse agua de lastre. El "Bulkliner" tiene una capacidad de 25.000 m<sup>3</sup> y el "Tankliner" de 27.500 m<sup>3</sup>. En la versión "Tankliner" no sirve más que para el transporte de crudo.

Este buque puede utilizarse por las compañías que hayan firmado contratos de transporte variado a largo plazo. Igualmente podría emplearse con éxito entre Europa, el Golfo Pérsico y Japón: de Europa al Golfo transportaría vehículos, contenedores y carga general; desde el Golfo a Japón transportaría petróleo y para el viaje de retorno podría cargar en Japón vehículos, contenedores y carga general, ya sea para el Golfo o para Europa, tomando petróleo para Europa en el Golfo.

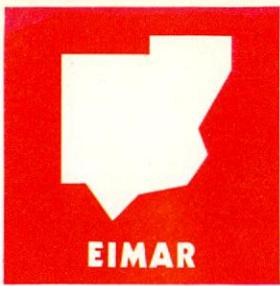
El precio de este buque es de un 40 a un 50 por 100 superior al de un bulkcarrier convencional.

## BUQUE PARA TRANSPORTE DE CARGAS PESADAS

Recientemente ha tenido lugar en el astillero de Travemünde, de Schlichting Werft, la entrega del carguero "Internavis 1", que cuenta con maquinaria especial para la elevación de cargas pesadas sobre la cubierta.

Sus características principales son las siguientes:

Eslora total ... ..	105,40 m.
Eslora entre perpendiculares .	98,90 m.
Manga ... ..	17,20 m.
Puntal hasta la cubierta principal ... ..	8,10 m.
Puntal hasta la cubierta inferior ... ..	5,15 m.
Calado ... ..	6,33 m.
Peso muerto ... ..	5.288,77 t.
Desplazamiento en rosca ...	3.010,00 t.
Registro bruto ... ..	3.970,62 tons.
Registro neto ... ..	2.296,67 tons.
Potencia ... ..	4.500 BHP a 550 r. p. m.
Velocidad de servicio ... ..	13,5 nudos
Capacidad de carga (en grano).	6.543,90 m <sup>3</sup>
Diesel-oil ... ..	437,38 tons.
Gas-oil ... ..	71,45 tons.



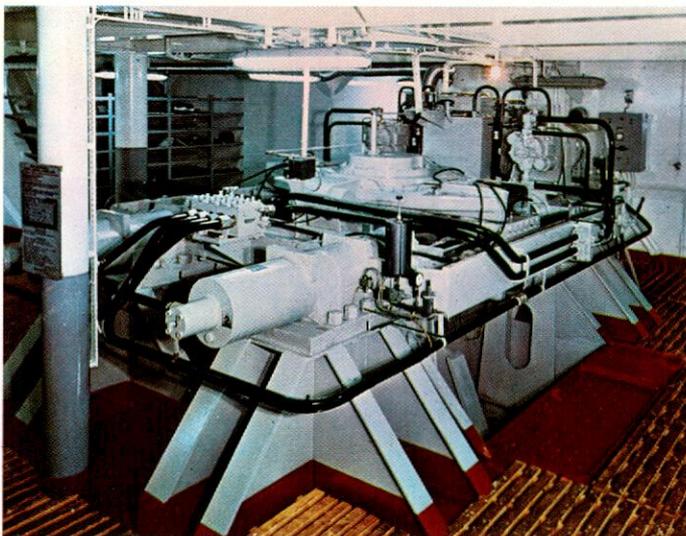
CONSTRUCTORA DE EQUIPOS INDUSTRIALES Y MARINOS, S.A.

**EIMAR**

## Servomotores EIMAR-BROWN BROTHERS



Los buques O. B. O. «Paloma del Mar» y «Eulalia del Mar», ambos de LINEAS ASMAR, S. A., han sido los primeros de este tipo, y al mismo tiempo los de mayor tonelaje de carga seca jamás construidos en España. Con los buques «Snestad» para A. F. KLAVENESS & Co. (Noruega) y «Filiatra Legacy» para MARLUCIDED ARMADORA (Grecia) completan una serie de cuatro unidades construidos por la Empresa Nacional BAZAN, en su factoría de El Ferrol.



Servomotor Eimar - Brown Brothers a bordo del buque O. B. O. «Eulalia del Mar».

Equipos a bordo de estos buques, construidos por EIMAR en su Fábrica de Zaragoza

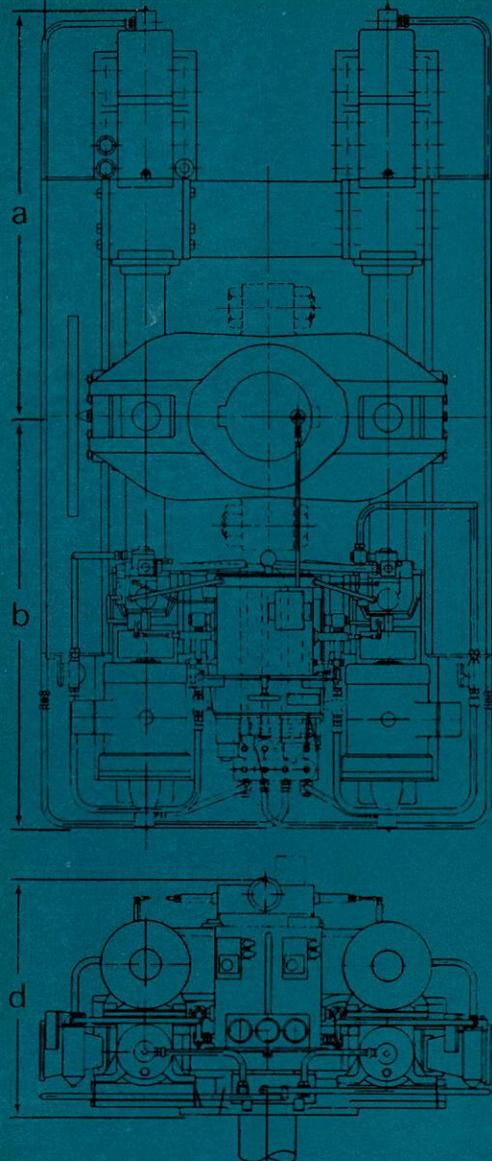
- Molinetes hidráulicos.
- Chigres de tensión constante.
- Chigres para mangueras y para servicio de provisiones.
- Bombas centrífugas de carga de 4.000 m<sup>3</sup>/h.
- Bombas centrífugas de lastre de 3.000 m<sup>3</sup>/h.
- Servomotores electrohidráulicos de 320 Tonelámetros.
- Chumaceras de apoyo para la línea de ejes.
- Chumacera soporte del timón.
- Pescantes para botes de gravedad.

Servomotores

**EIMAR/BROWN  
BROTHERS**

serie

**70**



**DIMENSIONES, PESOS Y PARES**

TIPO	a mm	b mm	c mm	d mm	PESO aproximado	PAR A
					kg	281 kg/cm <sup>2</sup> 235 <sup>a</sup> m x ton.
140/500	1.700	1.700	1.910	1.140	4.967	50,2
175/500	1.745	1.745	2.280	1.140	6.239	78,5
205/610	2.045	2.045	2.605	1.220	10.855	163,0
225/725	2.450	2.450	2.950	1.427	14.420	191,5
245/800	2.630	2.630	3.370	1.572	19.069	274,0
265/900	2.950	2.950	3.700	1.611	27.138	324,5
280/1025	3.258	3.258	3.700	1.664	32.422	417,0
300/1100	3.489	3.489	3.960	1.712	39.000	510,0
330/1200	3.813	3.813	4.390	1.825	49.476	670,0
360/1280	—	—	—	—	—	774,0
380/1330	4.169	4.169	4.960	1.925	60.928	990,0
420/1470	—	—	—	—	—	1.320,0
460/1000	—	—	—	—	—	1.708,0

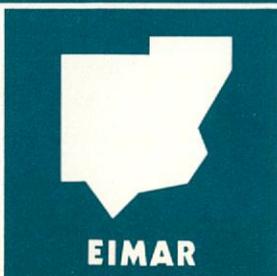
NOTA: Todos los datos son exclusivamente orientativos y sujetos a modificación.

**SERVOMOTORES "EIMAR-BROWN BROTHERS" - SERIE 70**

Unos 4.000 buques, entre ellos el «Queen Elizabeth», el «Canberra», el «Kungsholm» y el «France», llevan instalados servomotores electrohidráulicos Brown Brothers.

Lista de referencias de unidades fabricadas en España por EIMAR:

Astillero	N.º Construc.	Tipo de buque	T.P.M.	Nombre del buque	Compañía Armadora
E. N. Bazán, Ferrol	146	O. B. O.	117.000	Paloma del Mar	Líneas Asmar, S. A.
E. N. Bazán, Ferrol	151	O. B. O.	117.000	Eulalia del Mar	Líneas Asmar, S. A.
E. N. Bazán, Ferrol	152	O. B. O.	117.000	Snestad	A. F. Klaveness & Co. (Noruega)
E. N. Bazán, Ferrol	145	O. B. O.	117.000	Filiatra Legacy	Marlucidad Armadora (Grecia)
E. N. Bazán, Ferrol	147	Petrolero	172.000	—	Empresa Nacional Elcano
E. N. Bazán, Ferrol	148	Petrolero	172.000	—	Naviera Vizcaína, S. A.
E. N. Bazán, Ferrol	149	Petrolero	172.000	—	C. E. P. S. A.
E. N. Bazán, Ferrol	153	Petrolero	172.000	—	Empresa Nacional Elcano
E. N. Bazán, Ferrol	154	Petrolero	172.000	—	C. E. P. S. A.
E. N. Bazán, Ferrol	155	Petrolero	172.000	—	C. E. P. S. A.
E. N. Bazán, Ferrol	156	Petrolero	35.000	—	C. A. M. P. S. A.
E. N. Bazán, Ferrol	157	Petrolero	35.000	—	C. A. M. P. S. A.
E. N. Bazán, Ferrol	158	Petrolero	172.000	—	Naviera Ibérica, S. A.
A. E. S. A., Sestao	212	Petrolero	130.000	—	Líneas Asmar, S. A.
A. S. T. A. N. O.	242	Petrolero	300.000	—	Naviera Vizcaína, S. A.
A. S. T. A. N. O.	243	Petrolero	300.000	—	Naviera Vizcaína, S. A.
A. S. T. A. N. O.	244	Petrolero	300.000	—	Naviera Letasa, S. A.
A. S. T. A. N. O.	245	Petrolero	300.000	—	Nav. Bilbaína, Nav. Vascongada, Nav. Aznar

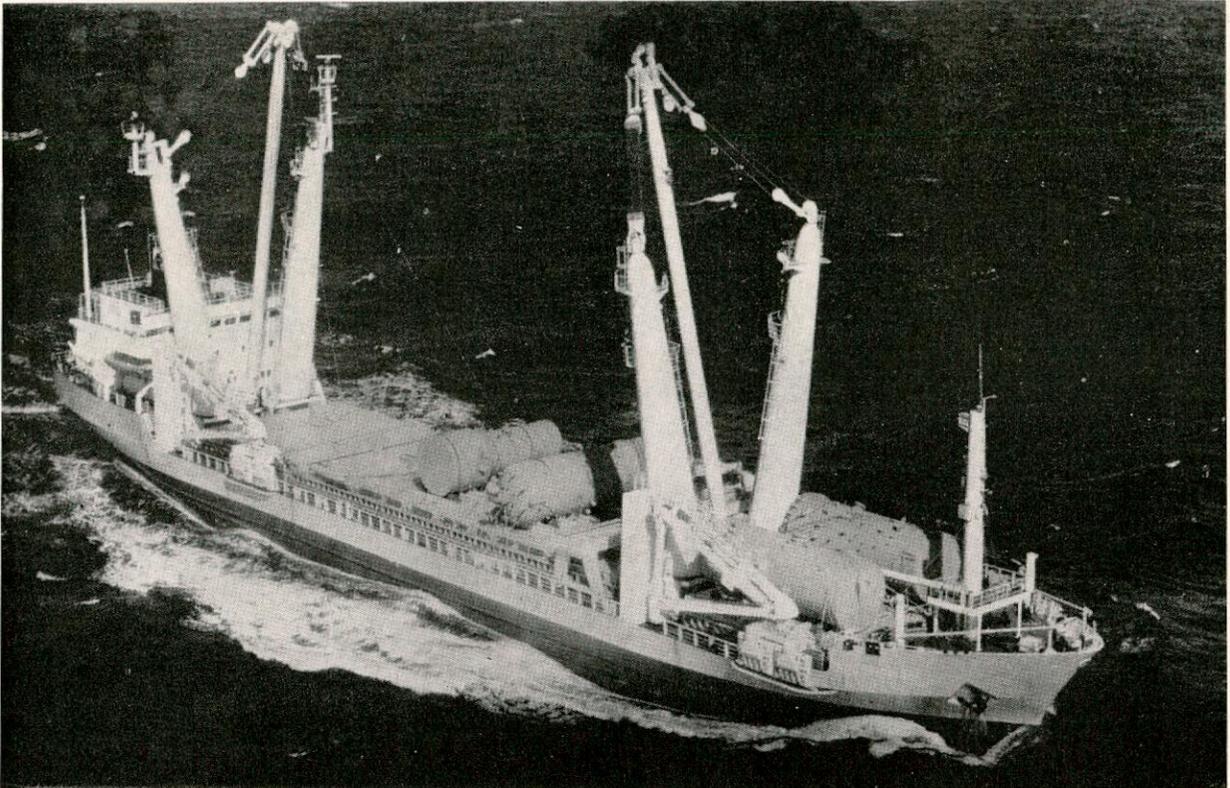


**EIMAR**

**Constructora de Equipos Industriales y Marinos, S. A.  
EIMAR**

Polígono Industrial de Malpica, calles A-D, parcela 20  
**Zaragoza-España**  
Teléfs.: 29 93 50 / 6 / 7 / 8 / 9  
Telex: 58163

**Oficina de Bilbao**  
Ercilla, 1 - Bilbao-9  
Teléfs.: 23 37 83 - 23 26 15 - 23 27 41  
Telex 32013-32505



Tiene proa de bulbo, popa de estampa y la cámara de máquinas a popa, bajo la superestructura.

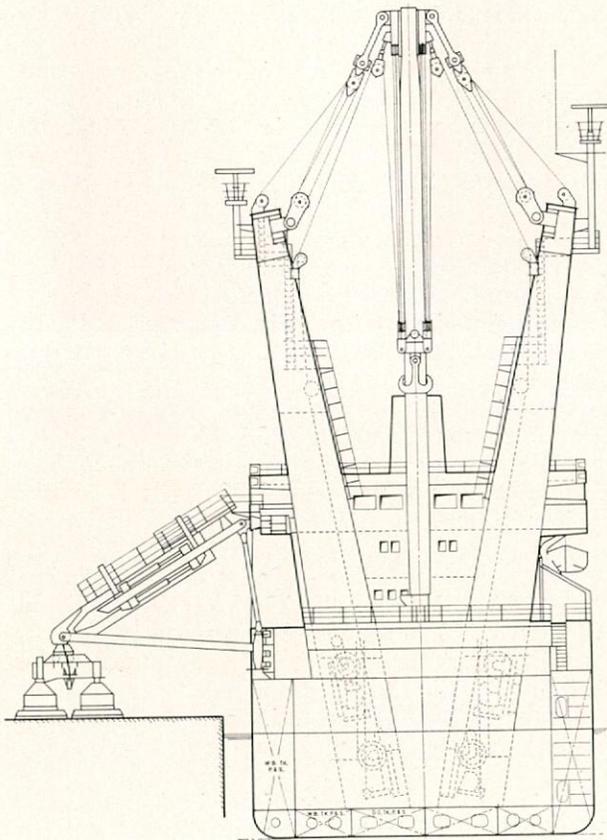
El espacio de carga está dividido en dos bodegas, una a proa de la pluma Stuelcken de proa, con

una capacidad de grano de 741,64 m<sup>3</sup>, y la otra con una capacidad de 2.497,65 m<sup>3</sup>. Las capacidades de los entrepuentes números 1 y 2 son de 646,02 y 2.658,38 m<sup>3</sup>, respectivamente. En el entrepuente van instalados paneles para dividir las cubiertas, que pueden desmontarse para dar mayor puntal a las bodegas, con capacidad de 1.387,66 m<sup>3</sup> y 5.156,04 m<sup>3</sup>, respectivamente.

Tiene tres pontones sobre la cubierta principal, que pueden usarse para el traslado de la carga al o desde el muelle o desde el nivel del agua. También pueden usarse, juntos o separados, para el transporte de la carga, remolcados por los botes salvavidas. Cada pontón se lastra por aire comprimido, a través de válvulas adecuadas y mangueras, lo que hace que se sumerjan hasta una profundidad aproximada de tres metros bajo la superficie del agua, con objeto de que pueda transportar 500 tons. o una carga uniforme de 1,1 tons/m<sup>2</sup>.

La maquinaria de cubierta consiste en: dos plumas Stuelcken de una capacidad unitaria de 350 tons., una pluma de 15 tons. situada en el castillo y una grúa sobre la cubierta principal de una capacidad de 7,25 tons., para el máximo alcance de 9,50 m., o de 10 tons. cuando el radio es de 7 m., que puede girar 360° y desplazarse de proa a popa sobre carriles y también transversalmente.

Para compensar la escora que toma el buque al izar cargas pesadas tiene dos patas estabilizadoras, instaladas en el costado de estribor, que pueden girar hasta situarse sobre el muelle. Las patas están provistas de un sistema hidráulico de control de presión, entre un mínimo de 40 bar. y un máximo de 200 bar. Esta presión se regula por la cantidad de lastre que hay en los tanques. Cuando el peso se iza



desde el costado de estribor, que está contiguo al muelle, los tanques de lastre de babor se inundan para compensar la presión. Este lastre se descarga cuando la carga gira sobre la cubierta, de acuerdo con el control de presión. Cuando el peso se iza desde el lado de babor, los tanques de lastre de estribor se inundan para obtener el máximo aprovechamiento de la presión sobre las patas. Cuando el buque está navegando las patas se estiban sobre la cubierta.

Está propulsado por un motor diesel de cuatro tiempos, tipo MAK 12 MU 453 AK, con una potencia máxima continua de 4.500 BHP a 550 r. p. m.

La energía eléctrica es suministrada por cuatro alternadores de 200 KW, 225/380 V., 50 Hz., que están accionados por cuatro motores diesel de cuatro tiempos de una potencia de 242 BHP a 1.500 r. p. m.

Para las operaciones de atraque dispone de una hélice de proa, accionada por un motor de 300 HP a 1.470 r. p. m. y que puede proporcionar un empuje lateral de 3,5 tons.

### BUQUES DE SERIE

El astillero japonés Hitachi Zosen ofrece sus tipos de bulkcarriers "HICAM-29" e "HICAM-35", de 29.150 TPM y 35.000 TPM, respectivamente. La característica principal del "HICAM-29" es la adopción de una manga mayor de la normal en otros buques de peso muerto similar; la relación L/B es igual a 5,2, frente al valor  $L/B \geq 6$  de un buque convencional de este tipo. Es un buque de fuerte escantillón, con una sola cubierta; el espacio de carga está dividido en cuatro bodegas, con una capacidad total en grano de 35.855 m<sup>3</sup>. La bodega número 3 puede inundarse durante la navegación en lastre. Tiene las siguientes capacidades: 1.670 m<sup>3</sup> de fuel, 194 m<sup>3</sup> de diesel-oil, 420 m<sup>3</sup> de agua dulce y 17.165 m<sup>3</sup> de lastre (incluyendo la bodega número 3). La eslora entre perpendiculares es de 146,61 m., la manga de 28,13 m., el puntal de 15,85 m. y el calado de 11,55 m.

El "HICAM-35" tiene una eslora entre perpendiculares de 172,21 m., un calado de 11,28 m. y su manga y puntal tienen valores idénticos a los del "HICAM-29". Está dividido en cinco bodegas, con una capacidad total en grano de 45.500 m<sup>3</sup>; la capacidad de lastre (incluida la bodega número 3) es de 19.500 metros cúbicos y las mismas capacidades de fuel, diesel y agua dulce que el "HICAM-29".

Ambos buques están propulsados por un motor Hitachi-B & W 6K67GF, de 11.200 BHP a 145 r. p. m., pudiendo alcanzar una velocidad en servicio de 15,25 nudos. La energía eléctrica la suministran dos grupos generadores de 400 KW.

### PROYECTO DE UN BUQUE LNG GIGANTE

El astillero Verolme ha desarrollado el proyecto para la construcción de un buque LNG gigante, capaz de transportar 330.000 tons. de gas licuado. Tendrá una eslora de 365 m., una manga de 62 m. y un

calado de sólo 12,5 m. Su coste se estima en aproximadamente 200 millones de dólares. Este buque tendrá el doble de la capacidad que anteriormente se creía viable y se dice que Verolme está negociando con astilleros que sean capaces de iniciar la construcción.

## ASTILLEROS

### ACTIVIDAD DE LOS ASTILLEROS NACIONALES

#### DURANTE EL MES DE JULIO

##### BOTADURAS

*Astilleros del Atlántico.*—Buque de servicios especiales para plataformas petrolíferas SAJA de 615 TRB y 500 TPM que se construye para la firma Compañía Hispano Americana de Offshore, S. A. Irá propulsado por dos motores Nohab Polar tipo F 216 V, de 3.520 BHP a 825 r. p. m.

*Astilleros Construcciones. Factoría de Meira.*—Pesquero congelador "RIO CAONAO", de 2.400 TRB y 3.250 TPM, que se construye para la firma Cubapesca, de Cuba. Irá propulsado por un motor Barreras/Deutz tipo RBV12M-350, de 4.000 BHP a 430 r. p. m.

*Astilleros Españoles. Factoría de Sevilla.*—Buque carguero y portacontainers "PONTE SAMPAYO", de 16.000 TRB y 30.000 TPM, que se construye para la firma Cía. Marítima Ponte Naya, S. A. Irá propulsado por un motor Aesa/Sulzer tipo 7RND68, de 11.550 BHP a 150 r. p. m.

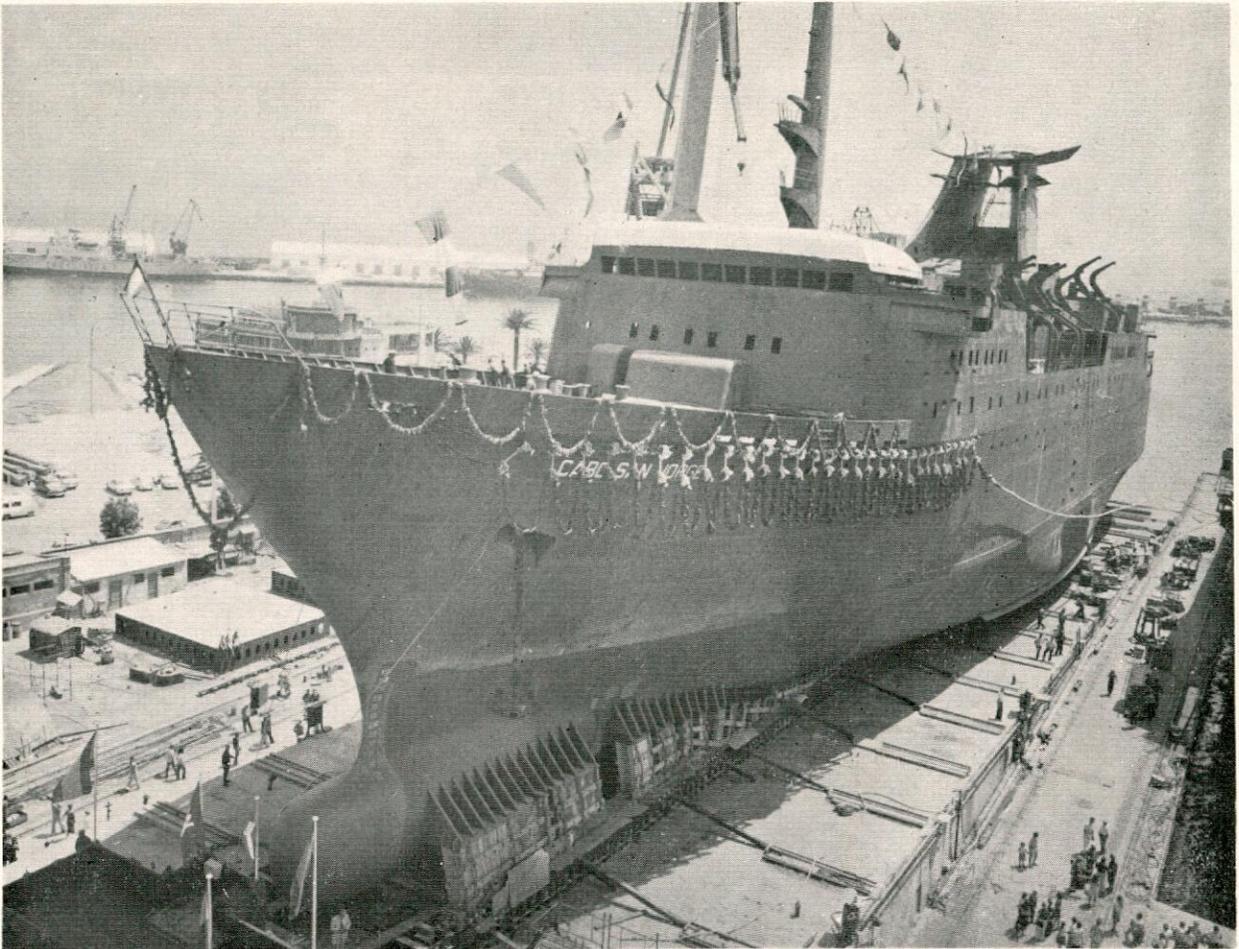
*Astilleros Españoles. Factoría de Olaveaga.*—Bulkcarrier "LOK VIVEK", de 12.450 TRB y 20.900 TPM, que se construye para la firma The Mogue Line, de la India. Irá propulsado por un motor Aesa/Sulzer tipo 6RND68, de 9.900 BHP a 150 r. p. m.

*Astilleros Gondán.*—Pesquero congelador "PLA-YA DE PESMAR", de 380 TRB y 379 TPM, que se construye para la firma Pesquerías Marinenses, Sociedad Anónima. Irá propulsado por un motor Barreras/Deutz tipo SBA12M-528, de 1.500 BHP a 750 r. p. m.

Pesquero congelador "GUPSA I", de 250 TRB y 219 TPM, que se construye para la firma Gup, S. A. Irá propulsado por un motor S. K. L. de 1.200 BHP a 380 r. p. m.

*Astilleros de Huelva.*—Pesqueros congeladores "MAPOSA SEXTO" y "MAPOSA TERCERO", de 405 TRB y 250 TPM, que se construyen para las firmas Pesqueras Galgofer, S. A., y Marítima Poluse, Sociedad Anónima. Irán propulsados por un motor S. K. L. tipo 2NVD-48A 2U, de 1.170 BHP a 380 revoluciones por minuto.

*Unión Naval de Levante. Factoría de Valencia.* Ferry para pasajeros y vehículos "CANGURO CA-



Botadura del ferry «Canguro Cabo San Jorge» en el astillero de Valencia de Unión Naval de Levante.

BO SAN JORGE”, de 12.500 TRB, que se construye para Ybarra y Cía., S. A. Irá propulsado por dos motores Bazán/Man, con una potencia total de 17.800 BHP.

*Astilleros Ojeda y Aniceto.*—Pesquero “MADRE QUERIDA”, de 198 TRB y 120 TPM, que se construye para el armador Crisanto Abad Fernández. Irá propulsado por un motor Echevarría/B&W TEB 407-26-FO, de 700 BHP a 400 r. p. m.

*Construcciones Navales P. Freire.* — Pesquero “MAR DE ALTEA”, de 249 TRB y 190 TPM, que se construye para el armador Vicente Ballester Muñoz. Irá propulsado por un motor Volund tipo DMTK-630, de 870 BHP a 425 r. p. m.

*Marítima del Musel.*—Pesquero factoría “SUEVE”, de 1.850 TRB y 1.700 TPM, que se construye para la firma Europesca, S. A. Irá propulsado por un motor Barreras/Deutz tipo RBV12M-350, de 4.000 BHP a 430 r. p. m.

*Empresa Nacional Bazán, Factoría de El Ferrol.*—Petrolero “CAMPODOLA”, de 20.400 TRB y 35.000 TPM, que se construye para la firma armadora C. A. M. P. S. A. Irá propulsado por un motor MTM/B&W tipo 7K74EF, de 14.600 BHP a 134 r. p. m.

*Empresa Nacional Bazán, Factoría de San Fer-*



Botadura del bulkcarrier y portacontenedores «Pola de Siero» en la factoría de San Fernando de la E. N. Bazán.

*nando*.—Buque portacontainers y maderero "POLA DE SIERO", de 9.950 TRB y 15.000 TPM, que se construye para el armador Andrés Ruiz de Velasco. Irá propulsado por un motor Bazán/Man tipo V7V 40/54, de 7.800 BHP a 430 r. p. m.

*Empresa Nacional Bazán. Factoría de Cartagena.* Buque atunero congelador "ALBACORA SEIS", de 1.490 TRB y 1.400 TPM, que se construye para la firma Túnidos Congelados, S. A. Irá propulsado por un motor Barreras/Deutz tipo RBV12M-350, de 4.000 BHP a 430 r. p. m.

*Hijos de J. Barreras.*—Pesquero congelador "ALVAMAR DOS", de 1.850 TRB y 1.859 TPM, que se construye para la firma armadora Alvamar, S. A. Irá propulsado por un motor Barreras/Deutz tipo RBV12M-350, de 4.100 BHP a 430 r. p. m.

## ENTREGAS

*Astilleros Ardeag.*—Buque pesquero "UR-ONTZI" a la firma armadora Urondo, S. A. Las características principales del buque son: 477 TRB y 213 TPM; eslora entre perpendiculares, 37,8 m.; manga, 9 m.; puntal, 4,3 m., y calado, 3,82 m. La capacidad de bodega es de 374 m<sup>3</sup>. Va propulsado por un motor Mirless tipo B. KLSSDGM, de 1.200 BHP a 375 revoluciones por minuto.

*Astilleros del Atlántico.*—Carguero "BAIKOR" a la firma Bilbao Shipping, S. A. Las características principales del buque son: 1.270 TRB y 2.175 TPM; eslora entre perpendiculares, 60 m.; manga, 12,2 m.; puntal, 6,2/3 m., y calado, 5,6 m. La capacidad de bodega es de 3.000 p<sup>3</sup>. Va propulsado por un motor Cockerill tipo 6TR240CO, de 1.500 BHP a 1.000 revoluciones por minuto.

*Astilleros del Cadagua.*—Atunero congelador "JUAN MARIA SOROA" a la firma Pesquerías Vasco Montañesas, S. A. Las características principales del buque son: 950 TRB y 1.150 TPM; eslora entre perpendiculares, 52,25 m.; manga, 11,6 m.; puntal, 8,1/5,7 m., y calado, 5,5 m. La capacidad de bodega es de 920 m<sup>3</sup>. Va propulsado por un motor Cockerill tipo V12TR-240/CO, de 3.000 BHP a 1.000 r. p. m.

Atunero congelador "MATXIKORTA" a la firma Euskalduna de Pesca, S. A. Las características principales del buque son: 850 TRB y 1.050 TPM; eslora entre perpendiculares, 48,5 m.; manga, 11,1 metros; puntal, 7,65/5,45 m., y calado, 5,35 m. La capacidad de bodega es de 910 m<sup>3</sup>. Va propulsado por un motor Barreras/Deutz tipo RBV6M-358, de 2.200 BHP a 375 r. p. m.

*Astilleros Construcciones. Factoría de Meira.*—Pesquero congelador "RIO ALMENDARES" a la firma Cubapesca, de Cuba. Las características principales del buque son: 2.400 TRB y 3.250 TPM; eslora entre perpendiculares, 95,2 m.; manga, 14,53 m.; puntal, 8,5/6 m., y calado, 5,5 m. La capacidad de bodega es de 3.425 p<sup>3</sup>. Va propulsado por un motor Barreras/Deutz tipo RBV12M-350, de 4.000 BHP a 430 r. p. m.

*Astilleros Españoles. Factoría de Sevilla.*—Bulk-carrier "FORANO" a la firma OY Pulships AB, de Finlandia. Las características principales del buque son: 19.074 TRB y 35.000 TPM; eslora entre perpendiculares, 185 m.; manga, 24,2 m.; puntal, 15,2 metros, y calado, 11,12 m. La capacidad de bodega es de 41.000 m<sup>3</sup>. Va propulsado por un motor Aesa/Sulzer, tipo 7RND68, de 11.550 BHP a 150 r. p. m.

Buque de carga y portacontainers "PONTE PEDRIDO" a la firma Cía. Marítima Ponte Naya, S. A. Las características principales del buque son: 16.000 TRB y 30.000 TPM; eslora entre perpendiculares, 178 m.; manga, 22,8 m.; puntal, 14,6 m., y calado, 10,664 m. La capacidad de bodega es de 39.800 m<sup>3</sup>. Va propulsado por un motor Aesa/Sulzer tipo 7RND68, de 11.550 BHP a 150 r. p. m.

*Construcciones Navales P. Freire.*—Pesquero "NOROESTE NUMERO DOS" al armador Antonio Campelo G. y Otros. Las características principales del buque son: 198 TRB y 133 TPM; eslora entre perpendiculares, 30,72 m.; manga, 7,25 m., y puntal, 3,9 m. La capacidad de bodega es de 200 m<sup>3</sup>. Va propulsado por un motor M. T. M. tipo T1-829-C, de 1.000 BHP a 375 r. p. m.

*Construcciones Navales del Sureste.*—Pesquero congelador "CANTON GRANDE" al armador Ramón Casal Miño. Las características principales del buque son: 225 TRB y 190 TPM; eslora entre perpendiculares, 30 m.; manga, 7,20 m.; puntal, 3,95 m., y calado, 3,30 m. La capacidad de bodega es de 500 p<sup>3</sup>. Va propulsado por dos motores Baudouin Interdiesel tipo DNP 12M, de 430 BHP a 1.800 revoluciones por minuto.

*Enrique Lorenzo y Cía.*—Roll-on/roll-off "RIVAINFANZON" a la firma Líneas Marítimas Españolas, S. A. Las características principales del buque son: 1.965 TRB y 4.243 TPM. Va propulsado por un motor San Carlos/Werkspoor tipo 9-TM-410, de 6.000 BHP a 550 r. p. m.

*Juliana Constructora Gijonesa.*—Ferry "MONTE CONTES" a la firma Naviera Aznar, S. A. Las características principales del buque son: 2.800 TRB y 2.030 TPM; eslora entre perpendiculares, 92 m.; manga, 16,8 m.; puntal, 11,17/5,7 m., y calado, 5 m. Tiene una capacidad de 900 pasajeros y 197 vehículos. Va propulsado por dos motores Semt-Pielstick 12 PA 6V-280, de 4.200 BHP a 1.050 revoluciones por minuto, respectivamente.

*Marítima de Axpe.*—Atunero congelador "ISABEL CINCO" a la firma Conservas Garavilla, S. A. Las características principales del buque son: 1.260 TRB y 1.400 TPM; eslora entre perpendiculares, 63 m.; manga, 12,95 m.; puntal, 8,3/6 m., y calado, 5,75 m. La capacidad de bodega es de 1.400 m<sup>3</sup>. Va propulsado por un motor G. M. Gases-20, de 3.600 BHP a 900 r. p. m.

*Sociedad Metalúrgica Duro Felguera.*—Carguero "TRANS-TARRACO" a la firma Tráficos Navieros, S. A. (TRAFINASA). Las características principales del buque son: 834/1.541 TRB y 1.650/2.650

TPM; eslora entre perpendiculares, 13,4 m.; manga, 6,9 m., y puntal, 4,56/5,716 m. La capacidad de bodega es de 1.800 m<sup>3</sup>. Va propulsado por un motor Barreras/Deutz tipo RBV8M-358, de 2.940 BHP a 375 r. p. m.

#### DURANTE EL MES DE AGOSTO

##### BOTADURAS

*Astilleros del Atlántico.*—Buque de servicios especiales de plataformas petrolíferas "CAZORLA", de 615 TRB y 500 TPM, que se construye para la firma armadora Cía. Hispano Americana de Off-shore, S. A. Va propulsado por dos motores Nohab Polar tipo F 216 V, de 3.520 BHP a 825 r. p. m., respectivamente.

*Astilleros Luzuriaga.*—Carguero C. número 208, de 650 TRB y 1.195 TPM, que se construye para la firma armadora Artaza y Cía., S. A. Va propulsado por un motor Unanue/Duvant tipo 8 VOS, de 1.200 BHP a 375 r. p. m.

*Astilleros y Talleres del Noroeste.*—Petrolero "LA SANTA MARIA", de 178.560 TRB y 361.470 TPM, que se construye para la firma armadora Petronor. Va propulsado por dos turbinas Bazán/Kawasaki tipo UA-200, de 18.700 BHP a 94 r. p. m., respectivamente.

*Tomás Ruiz de Velasco.*—Buque transporte de productos químicos "BENCENO", de 2.400 TRB y 4.100 TPM, que se construye para la firma armadora Naviera Química, S. A. Va propulsado por un motor San Carlos/Werkspoor tipo 6TM-410, de 4.000 BHP a 550 r. p. m.

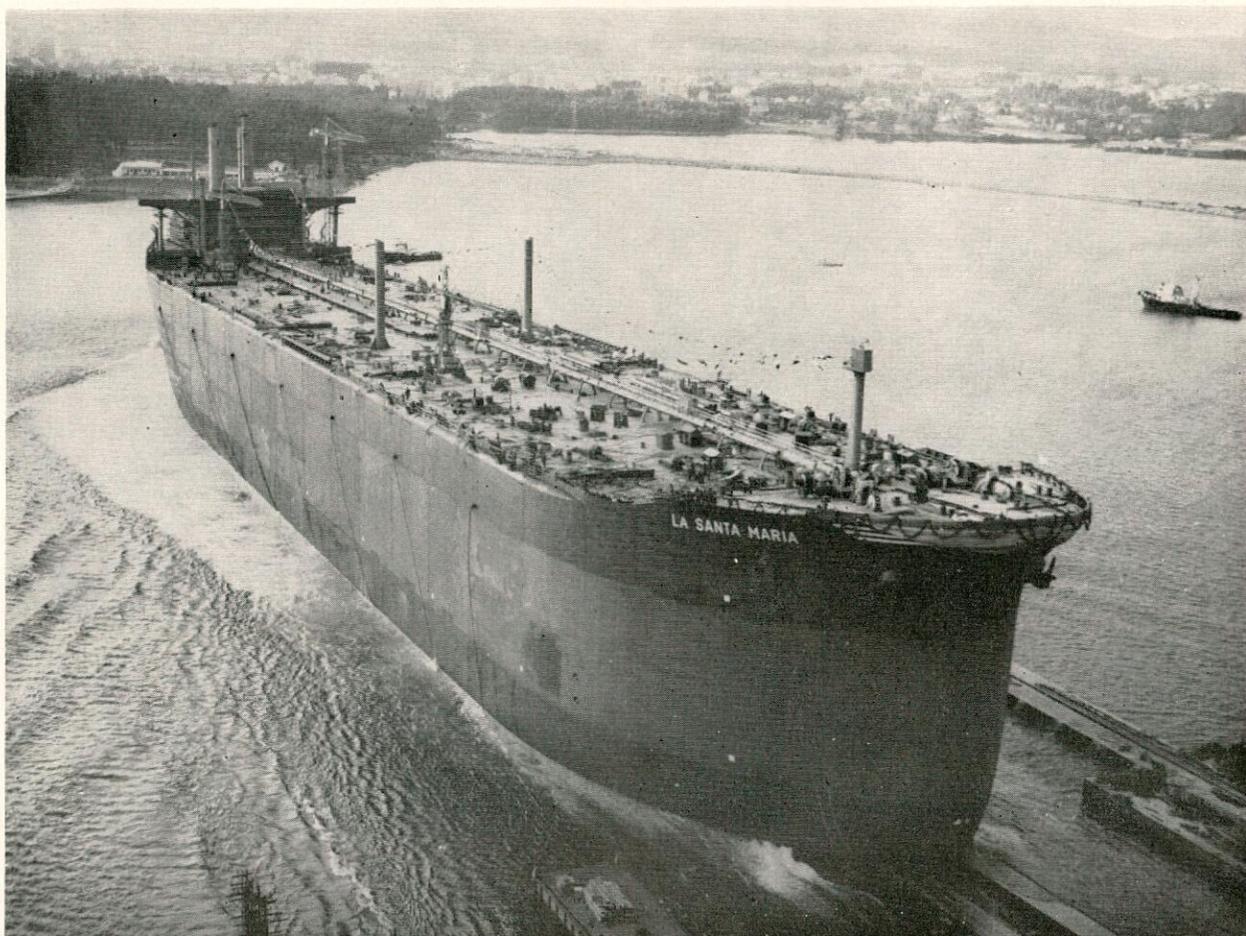
*Unión Naval de Levante. Factoría de Barcelona.*—Pontona C. número 54, de 690 TRB y 2.000 TPM, que se construye para la firma armadora MECASA.

*Astilleros Españoles. Factoría de Sestao.*—Bulk-carrier de 42.000 TRB y 80.000 TPM, que se construye para la firma armadora Damodar Bulkcarriers Ltd., de la India. Irá propulsado por un motor Aesa/B&W tipo 7K84EF, de 19.250 BHP.

##### ENTREGAS

*Astilleros del Atlántico.*—Buques de servicios especiales para plataformas petrolíferas "JHON L. GUIDRY" y "ASAY D. GUIDRY" a la firma armadora The Americas Offshores Fleet Inc., de Panamá. Las características principales de los buques son: 615 TRB y 500 TPM; eslora entre perpendiculares, 41,140 m.; manga, 10,590 m., y puntal, 5,790 m. Van propulsados, cada uno, por dos motores Nohab Polar tipo F 216 V, de 3.520 BHP a 825 r. p. m.

*Astilleros Gondán.* — Pesquero congelador "BI-



Botadura del petrolero «La Santa María» en Astilleros y Talleres del Noroeste, S. A.

BEY" a la firma armadora Pesquera Congeladora Internacional, S. A. (PESCOINSA). Las características principales del buque son: 390 TRB y 507 TPM; escolar entre perpendiculares, 36,85 m.; manga, 9,3 m.; puntal, 6,2/4,1 m., y calado, 3,215 m. La capacidad de bodega es de 16.238 p<sup>3</sup>. Va propulsado por un motor Echevarría/B&W tipo 12V23HU, de 1.500 BHP a 800 r. p. m.

Pesquero congelador "NEUTAN" a la firma armadora Malvarfer, S. A. Las características principales del buque son: 249 TRB y 194 TPM; eslora entre perpendiculares, 32,5 m.; manga, 8 m.; puntal, 4 m., y calado, 3,6 m. La capacidad de bodega es de 9.531 p<sup>3</sup>. Va propulsado por un motor Echevarría/B&W tipo 12V23HU, de 1.500 BHP a 800 revoluciones por minuto.

*Sociedad Metalúrgica Duro Felguera.* Carguero "TRANS-NETICA" a la firma armadora Tráficos Navieros, S. A. (TRAFINASA). Las características principales del buque son: 834/1.541 TRB y 1.650/2.650 TPM; eslora entre perpendiculares, 74 m.; manga, 13,2 m.; puntal, 6,9/4,6, y calado, 4,56/5,75 metros. La capacidad de bodega es de 1.800 m<sup>3</sup>. Va propulsado por un motor Barreras/Deutz tipo RBV8M-358, de 2.940 BHP a 375 r. p. m.

*Tomás Ruiz de Velasco.*—Transporte de productos químicos "TOLUENO" a la firma armadora Naviera Química, S. A. Las características principales del buque son: 2.555 TRB y 4.100 TPM; eslora entre perpendiculares 90,2 m.; manga, 14,019 m.;

puntal, 7,6 m., y calado, 6,409 m. La capacidad de bodega es de 3.353 m<sup>3</sup>. Va propulsado por un motor San Carlos/Werkspoor tipo 6TM-410, de 4.000 BHP a 550 r. p. m.

**REPARACION Y CONVERSION DEL MINERALERO «SKARBO»**

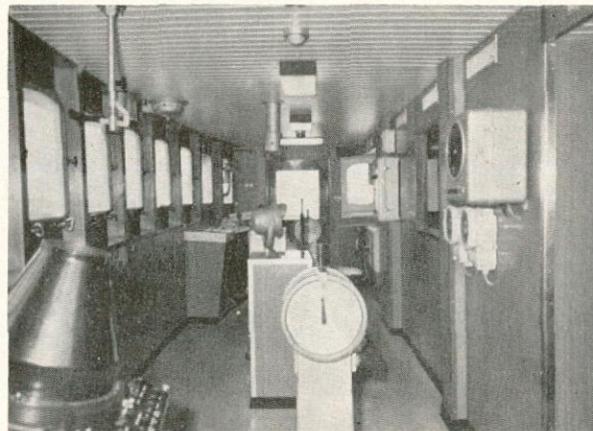
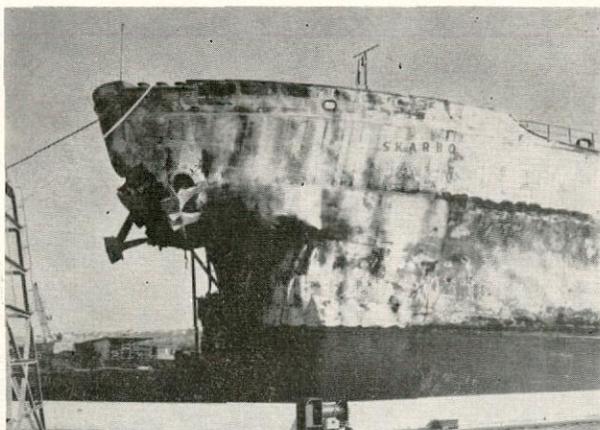
En el presente año ha sido entregado a su armador, Fekete & Co., el buque "SKARBO", de bandera noruega, después de haberse realizado en Astilleros de Santander, S. A., una importante y completa reparación como consecuencia de los daños producidos por la colisión del buque y posterior incendio.

A la vez que se efectuaba la reparación del buque se llevó a cabo su transformación para convertirle en buque capaz de transportar mineral o productos petrolíferos.

Su reconstrucción y conversión han tenido que ser realizadas cumpliendo los reglamentos del Norwegian Ship Control, además de los correspondientes a los de la sociedad clasificadora American Bureau of Shipping.

Las características del buque son:

Eslora total .....	200,35 m.
Eslora entre perpendiculares .....	190,49 m.
Manga .....	26,51 m.
Puntal .....	14,01 m.
Peso muerto .....	35.356 Tdas.



La renovación total de acero estructural se elevó a 700 toneladas, relacionadas con forro exterior, cubiertas y mamparos del rasel de proa, así como a mamparos y cubiertas de la superestructura de acomodación de tripulantes, completamente deformada por el incendio. Asimismo, el acero renovado incluye la construcción de una cámara de bombas en bodegas para los servicios del buque en su calidad de petrolero.

En el propio astillero se modificaron las tapas de escotilla para adaptarlas al transporte de combustible.

La conversión citada llevó consigo importantes obras de instalación de bombas y tuberías de carga, descarga y calefacción de tanques, tuberías de vapor y contraincendios y demás servicios propios de un buque-tanque, con válvulas telemandadas.

El hecho de que las propias bodegas de carga se utilizasen como tanques planteó importantes problemas en la instalación de gran parte de las tuberías mencionadas.

Independientemente de dichas instalaciones, se renovaron totalmente todos los servicios de tuberías de la acomodación.

Asimismo, el montaje del complejo servicio de tuberías en cubierta, propias de un buque-tanque, sin interferir con la maquinaria de cubierta, obligó a cuidadosos estudios de instalación.

El puente de gobierno, que estaba situado en el centro del buque, fue desmontado y trasladado en bloque hasta situarlo sobre la superestructura de popa, previo reforzamiento y preparación de la misma.

Se habilitó totalmente el citado puente y toda la acomodación de tripulación. Estas obras se realizaron de acuerdo con los requerimientos del Norwegian Ship Control para disposiciones, materiales, control de ruidos, seguridad, etc.

Los trabajos de electricidad fueron muy complejos, ya que, además de renovarse totalmente las líneas eléctricas y demás instalaciones de la acomodación y puente de gobierno, hubo de habilitarse un túnel bajo cubierta para paso de líneas eléctricas a las maquinillas de carga y a la zona de proa del buque.

Los materiales y demás elementos a lo largo del túnel hubieron de ser antidefragantes, y estas mismas características se exigieron para motores de bombas, ventiladores, etc.

La reparación y conversión se realizó en trabajo continuado en gran parte de las obras para poder cumplir el mínimo tiempo de inmovilización del buque.

El acopio de materiales y elementos planteó graves problemas, agravados por la exigencia de la aprobación a los mismos de las citadas sociedades N. S. C. y A. B. S.

Con todos los certificados en regla y después de realizadas las pruebas de funcionamiento y navegación correspondientes, el buque fue entregado a su sociedad armadora y partió en viaje inaugural a América.

## POSIBLE PEDIDO DE RUSIA A ASTILLEROS JAPONESES

La Unión Soviética está planeando comprar a Japón 100 buques de diversos tipos dentro de un nuevo plan quinquenal, que comenzaría el próximo año. Según fuentes japonesas, el importe de estos contratos sería de aproximadamente 300.000 millones de yens.

Al comienzo del pasado mes de septiembre, Hitachi anunció que la U. R. S. S. estaba sondeando extraoficialmente las posibilidades de comprar a astilleros japoneses un importante número de buques, formado por cargueros fluviales, grúas flotantes, dragas, grandes remolcadores de empuje, así como buques de carga general y pequeños petroleros.

## VIDA PROFESIONAL

### CONCURSO-OPOSICION PARA INGRESO EN EL CUERPO DE INGENIEROS NAVALES

El "Boletín Oficial del Estado" del día 15 de octubre publica una Resolución del Tribunal calificador del concurso-oposición del epígrafe por la que se hace público el resultado del sorteo para determinar el orden de actuación de los opositores y se señalan el lugar, día y hora de comienzo de los ejercicios.

La fecha señalada para el primer llamamiento es el 25 de noviembre próximo, a las nueve y treinta horas, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales. El segundo llamamiento se efectuará en el mismo lugar y hora el día 26 de noviembre.

### COLOQUIO SOBRE OCEANOGRAFIA

La Asociación Hispano-Francesa de Cooperación Técnica y Científica y el Instituto Español de Oceanografía, con la colaboración de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, celebrarán en los locales de esta última, en la Ciudad Universitaria de Madrid, un coloquio sobre OCEANOGRAFIA, que tendrá lugar durante los días 25 al 28 de noviembre, ambos inclusive.

En este coloquio, en el que intervendrán especialistas españoles y franceses, se discutirán diversos temas en relación con los recursos de los fondos marinos (minerales, energía, pesca, etc.).

Las reuniones estarán patrocinadas por diversas empresas y entidades españolas y por la Embajada de Francia en España.

Las solicitudes de inscripción a las sesiones del coloquio deberán dirigirse a la referida Asociación, calle de Alcalá, núm. 54, teléfono 221 46 00, Madrid.

Los derechos de asistencia tienen un importe de 3.000 pesetas por persona y autorizan a concurrir a todos los actos de trabajo y sociales.

## BIBLIOGRAFIA.—Octubre 1975

## 43. EL CASCO COMO ESTRUCTURA (Resistencia estructural y vibraciones)

481. **Strength problems of sea-going hydrofoil vessels.**  
Karpov A. y Mironov V.  
«Hovering Craft and Hydrofoil», núm. 5, 1973.
482. **Deformabilite de la charpente de la coque et deformations du compartiment machines des grands petroliers.**  
Volcy G. y Garnier H.  
«Bulletin Technique du Bureau Veritas», núm. 3, 1973.
483. **The strength of fast cargo ships.**  
J. Mc Callum.  
«The Naval Architect», núm. 1, 1975.
484. **Calculation of critical stresses in ship's longitudinal framing (en ruso).**  
Perehmar B., Popov V.  
«Sudostroyeniye». Enero 1975.
485. **The strength of ship structural elements.**  
A. Mowatt.  
«NECIES». Febrero 1975.
486. **Mesure en service de la fatigue des navires.**  
D. Huré.  
«Bulletin Technique du Bureau Veritas». Enero 1975.
487. **Strength investigations of pushed barges (en alemán).**  
Westram A. y Hansen H.  
«Schiff und Hafen», núm. 11, 1974.
488. **A review of effective plating for use in the analysis of stiffened plating in bending and compression.**  
Douglas Faulkner.  
«Journal of Ship Research». Marzo 1975.
489. **Code for shipboard vibration measurement.**  
«SNAME», 1975.
490. **Interpretaciones de las pruebas estáticas del «Esso Norway».**  
Henry A. Schade.  
«Revista de Información E. N. ELCANO». Agosto-septiembre 1975.
491. **Structural problems in methane carriers.**  
B. Javelle y J. Raynaud.  
«Shipping World and Shipbuilder». Septiembre 1975.
492. **A method for analyzing the propeller-induced vibratory forces acting on the surface of a ship stern.**  
William Vorus.  
«SNAME. Annual meeting». Noviembre 1974.
493. **Tanker structural analysis for minor collisions.**  
John McDermott.  
«SNAME. Annual meeting». Noviembre 1974.
494. **Structural developments in large energy carriers.**  
J. McCallum.  
«West European Conference on Marine Technology, 1974».
495. **Free vibrations of fluid-borne structures. Investigations on a simple model.**  
C. Chowdhury.  
«NECIES. Transactions». Noviembre 1974.
496. **On shell effects in ferro-cement vessels.**  
Moan T.  
«Norwegian Maritime Research», núm. 4, 1973.
497. **A first approach to a hull surveillance system.**  
Lindemann K.  
«Norwegian Maritime Research», núm. 4, 1973.
498. **Rationale beurteilung der festigkeit von halbtankern (Cálculo racional de la resistencia de petroleros de tamaño medio).**  
Østergaard C. y Payer H.  
«Schiff und Haffen», núm. 12, 1973.
499. **On the finite element stress analysis of oil tanker structures.**  
Skaar K.  
«Norwegian Maritime Research», núm. 2, 1974.
500. **Echantillonnage des cloisons longitudinales et des murailles de pétroliers.**  
B. Huynh y J. Latreille.  
«Bulletin Technique du Bureau Veritas». Julio-agosto 1975.
501. **Avoiding structural damage in high-speed fine-form cargo liners.**  
«The Motor Ship», núm. 647, 1974.
502. **Capability of ship structure to resist loads.**  
R. Heller.  
«Naval Engineers Journal». Abril 1974.
503. **Pressure hull optimization using general instability equation admitting more than one longitudinal buckling half-wave.**  
Michael Pappas y Arnold Allentuch.  
«Journal of Ship Research». Marzo 1975.
504. **The analysis of line structures by transfer matrices derived from finite elements.**  
D. Pilkey.  
«Journal of Ship Research». Marzo 1975.
505. **Structural design of aluminum crewboats.**  
S. Spencer.  
«Marine Technology». Julio 1975.
506. **General considerations regarding the structural design of high-performance ships.**  
G. Sorkin.  
«Marine Technology». Julio 1975.
507. **Shell vibration and buckling analysis using a new eighth-order equation.**  
Herbert Becker.  
«Journal of Ship Research». Junio 1975.
508. **Hull bending moment due to ship bottom slamming in regular waves.**  
A. Mansour.  
«Journal of Ship Research». Junio 1975.
509. **The statistical estimation of still water bending moment (SWBM) for cargo ships.**  
L. Ivanov y H. Madjarov.  
«Shipping World & Shipbuilder». Agosto 1975.
510. **Hull and superstructure vibrations design calculations by finite elements.**  
Hans Richard.  
«Det Norske Veritas». Enero 1975.



# PERSONAS QUE CONFÍAN EN LOS **motores** **Caterpillar**

Egil Røstad, Primer Maquinista del Arctic Surveyor, cuyo armador es K/S Bergship A/S, de Tromsø, Noruega, tiene a su cargo los motores que cubren todas las necesidades de fuerza en este nuevo buque de investigación oceanográfica: fuerza eléctrica para su sistema electrodinámico de posicionamiento y para alimentar los servicios esenciales de sus dos campanas de inmersión, además de la propulsión principal.

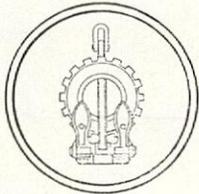
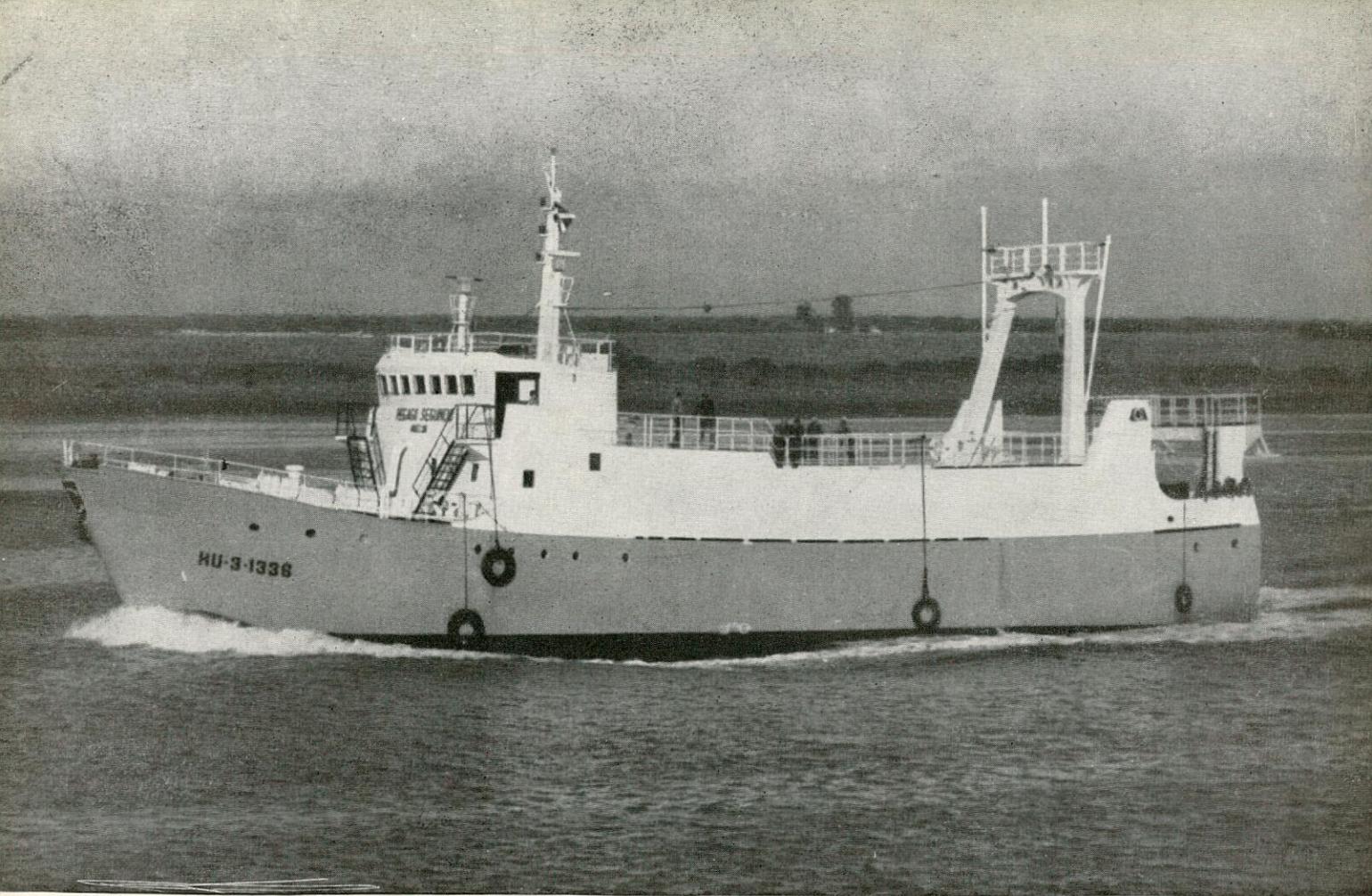
Mr. Røstad tiene confianza en sus seis motores Caterpillar (dos grupos electrógenos D399 y dos D343 y dos motores propulsores D399) y en ese sentido manifiesta: «Nosotros únicamente los ponemos en marcha y ellos siguen funcionando sin problemas. Los viajes de exploración e investigación suelen durar hasta tres meses, pero nosotros confiamos en la seguridad de funcionamiento de estos motores.»

Los grupos electrógenos Caterpillar, con gama de potencias de 50 a 800 kW, están diseñados de forma que su mantenimiento resulte fácil y cómodo y son aprobados por las principales sociedades marinas de clasificación.



**CATERPILLAR**

EM-3/75



# ASTILLEROS DE HUELVA, S. A.

CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES NAVALES

CONSTRUCCION DE MAQUINILLAS DE PESCA DE DISEÑO PROPIO

- 3 GRADAS DE CONSTRUCCION HASTA 1.000 T. R. B.
- 4 VARADEROS DE REPARACIONES HASTA 700 T. R. B.
- 350 METROS DE MUELLE DE ATRAQUE

## BUQUES ENTREGADOS EN EL AÑO 1974

Nombre del buque	T. R. B.	Nombre del buque	T. R. B.
«SIGLUVIK SI-2» ... ..	525,28	«NAVIJOSA QUINTO» ... ..	447,50
«CIPI» ... ..	269,75	«PESQUERA ONUBENSE TERCERO» ... ..	288,23
«PESQUERA ONUBENSE PRIMERO» ... ..	281,92	«PESQUERA ONUBENSE CUARTO» ... ..	288,23
«PESQUERA ONUBENSE SEGUNDO» ... ..	281,87	«MAPOSA PRIMERO» ... ..	447,50
«SANTA MARIA SEGUNDO» ... ..	272,47	«VIKI SEGUNDO» ... ..	288,23
«RIBAROSA TERCERO» ... ..	270,83	«SOO YANG» ... ..	850,00
«ARRIROSA» ... ..	267,83	«GALGO» (*) ... ..	269,54
«RIBAROSA CUARTO» ... ..	270,83	«AQUILES» (*) ... ..	270,56
«PEGAGO SEGUNDO» ... ..	447,50	«RIBAROSA SEGUNDO» (*) ... ..	213,08
«LIMON VERDE» ... ..	213,08	«VISI SEGUNDO» (*) ... ..	270,56
«MARVASA PRIMERO» ... ..	271,88	«GALGOFER» (*) ... ..	269,54
«MARVASA SEGUNDO» ... ..	269,18	«PUERTO DE PALOS» (*) ... ..	149,04
«ALVAREZ ENTRENA TRECE» ... ..	290,57	«JORAMA» (*) ... ..	270,56

(\*) Cascos contruidos en nuestros Astilleros Neptuno, S. A.

Glorieta Norte, s/n. - Teléfonos 21 44 00 (centralita)-21 38 25-21 46 51

Télex núm. 75541 ASHV E.

HUELVA

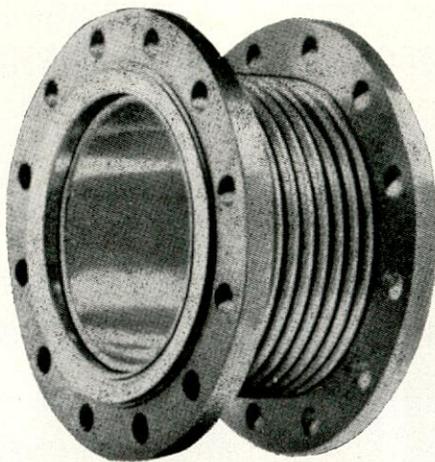
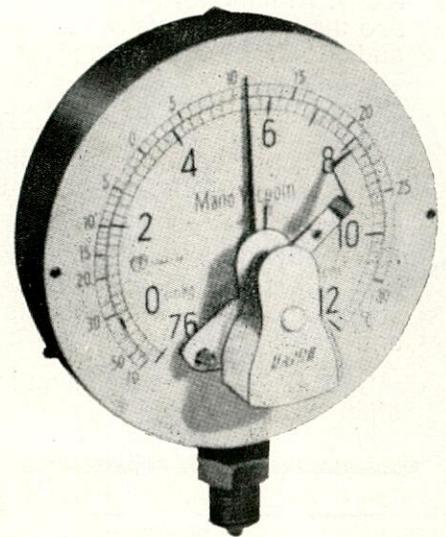
# SANCHEZ-RAMOS Y SIMONETTA • INGENIEROS

Avda. José Antonio, 27  
Apt. 1033 - Teléf. 221 46 45  
MADRID - 13

## PRODUCTOS DE CALIDAD PARA LA INDUSTRIA NAVAL

**HAENNI & CIE.,  
S. A. JEGENSTORF**

Manómetros, termómetros, higrómetros, indicadores y registradores.  
Indicadores neumáticos de nivel.  
Indicadores de presiones máximas.  
Bombas de comprobación de manómetros.

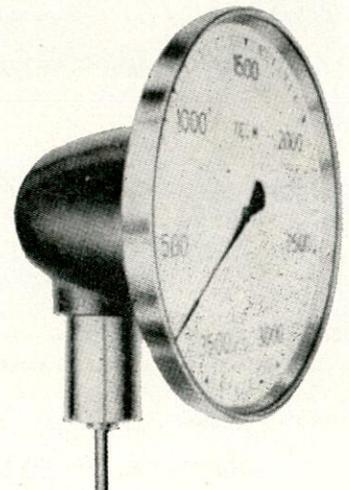


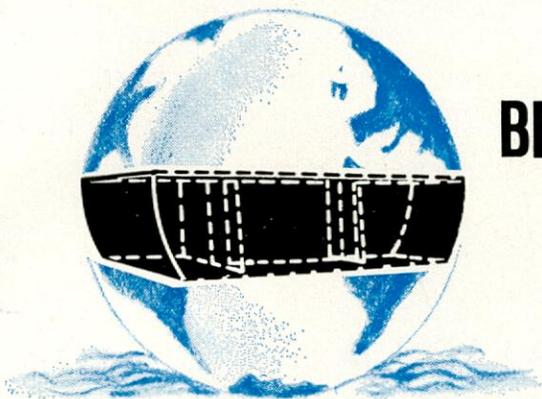
**BOA, S. A.**  
LUCERNA (Suiza)

Compensadores de dilatación, axiales, laterales y angulares.  
Tubos flexibles metálicos.  
Membranas metálicas.  
Eliminadores de vibraciones.

**HASLER, S. A.**  
BERNA (Suiza)

Tacómetros y tacógrafos eléctricos y mecánicos para instalaciones fijas y móviles (ferrocarriles, buques).  
Tacómetros de mano, cuentarrevoluciones.  
Contadores de rodillos, métricos, de producción, de preselección.  
Impulsógrafos.



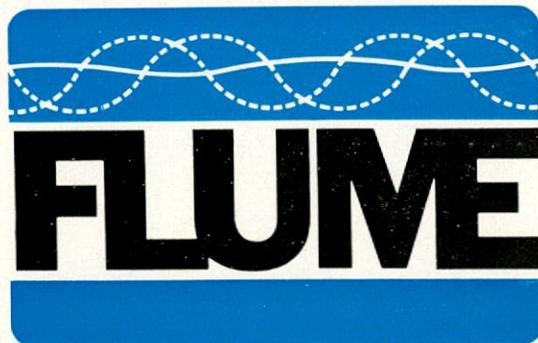


## BRINGING STABILITY TO AN UNSTABLE WORLD

There's not much you can count on today. With money in short supply, inflation and the high cost of fuel, more shipowners and operators are working for fewer dollars. Thus, in order to compete effectively, shipowners and operators must do everything possible to insure the most efficient and economical performance of their vessels. That's why it's more important than ever to consider the FLUME Stabilization System.

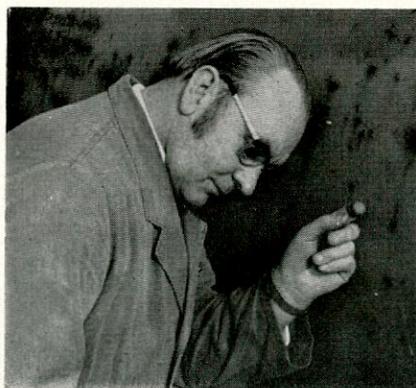
With more than 1000 installations worldwide, FLUME can custom design a stabilization system for vessels of all types and sizes.

FLUME *means* maximum economy and efficiency. Count on it.



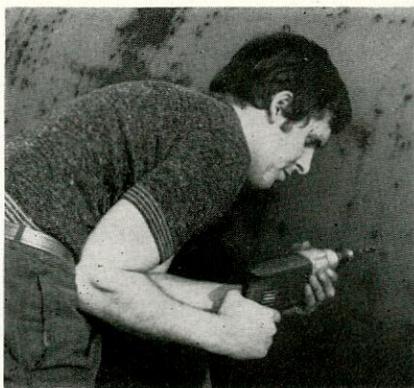
DESIGNED AND ENGINEERED BY  
**JOHN J. McMULLEN ASSOCIATES, INC.**  
NAVAL ARCHITECTS • MARINE ENGINEERS • CONSULTANTS  
One World Trade Center, Suite #3000, New York, N.Y. 10048  
Representatives throughout the world.

### MEDICION DE ESPESORES EN CASCOS DE BUQUES, DEPOSITOS, TUBOS O PAREDES UNICAMENTE ACCESIBLES DESDE UN SOLO LADO



#### Método 1

Se confía en un especialista con experiencia que conoce las zonas críticas y que presume dónde pueden producirse los reventones, grietas o pérdidas.



#### Método 2

Se efectúan taladros en las zonas expuestas, midiéndose mecánicamente el espesor, y a continuación se vuelven a tapar los agujeros mediante soldadura.



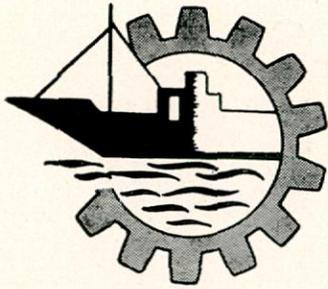
#### Método 3

Se utiliza un medidor de espesores por ultrasonidos, apoyando el palpador sobre la pared y leyendo directamente su espesor.

Los medidores de espesores de Krautkrämer (especialista de fama mundial en la verificación de materiales por ultrasonidos), miden también en paredes corroídas a altas temperaturas de hasta 500° C.

Para cualquier información, dirigirse a:

**KRAUTKRÄMER FÖRSTER ESPAÑOLA, S. A.** Avda. de Alfonso XII, núm. 50. MADRID-16



José Santodomingo Figueroa

*construcciones navales*  
*santodomingo*

DIRECCION:  
Avda. Orillamar, 191  
Apartado 614  
VIGO (España)

TELEFONOS:  
Dirección: 23 29 68  
Centralita: 235601-02-03  
Almacén: 23 27 18  
Telegramas: TRIPLE

**ASTILLERO - VARADERO - TALLER MECANICO - FUNDICION - CALDERERIA GRUESA**



Pesquero tipo 25,5 R.

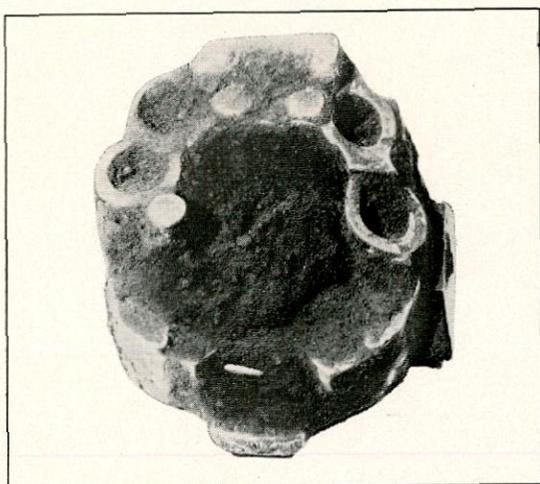
**BUQUES ENTREGADOS DURANTE EL AÑO 1974**

**PESQUEROS**

PEVEGASA SEGUNDO .....	314 T. R. B.
OTUR .....	461 T. R. B.
MADROA .....	257 T. R. B.
FARPESCA CUARTO .....	471 T. R. B.
RIA DE PONTEVEDRA .....	314 T. R. B.
PLAYA DE MENDUIÑA .....	257 T. R. B.
LUNES SANTO .....	280 T. R. B.
PUENTE MIÑOR .....	314 T. R. B.
PESCAPUERTA TERCERO .....	442 T. R. B.
MARTES SANTO .....	280 T. R. B.
CONBAROYA III .....	314 T. R. B.
MIERCOLES SANTO .....	280 T. R. B.
VILLA DE MARIN .....	314 T. R. B.

# 4 de cada 5 veces

la diferencia se debe a un sistema de granallado



El granallado es, hoy, el sistema más utilizado para la limpieza y el acabado de piezas y superficies metálicas en todo tipo de actividades industriales.

Es por lo que de cada 5 equipos de granallado que se instalan en España, 4 son MEBUSA SISSON-LEHMANN.

Porque nuestros equipos están garantizados por una tecnología de vanguardia, fabricados bajo las más rigurosas normas de calidad. Con la seguridad de un servicio completo, que incluye desde el estudio técnico exhaustivo de cada caso, hasta la asistencia post-venta, controles y revisiones periódicas de las máquinas, formación de personal para su manejo, etc.

Si aún no utiliza nuestros sistemas, consúltenos sin compromiso. Tenemos el equipo de granallado que usted necesita.



Sistemas de granallado de  
METALURGICA DE BURCEÑA, S. A.  
Avda. de Zumalacárregui, 32 - Tfno. 37 08 00  
Burceña-Baracaldo (Vizcaya)

#### DELEGACIONES

Andrés Torrejón, 15  
Teléfono 251 46 07  
MADRID-7

Balmes, 197, 1.º C  
Teléfono 227 90 01  
BARCELONA-6

Recaredo, 20, 3.º  
Teléfono 25 69 24  
SEVILLA-3

Paseo Echegaray y Caballero, 120  
Teléfono 29 12 20  
ZARAGOZA

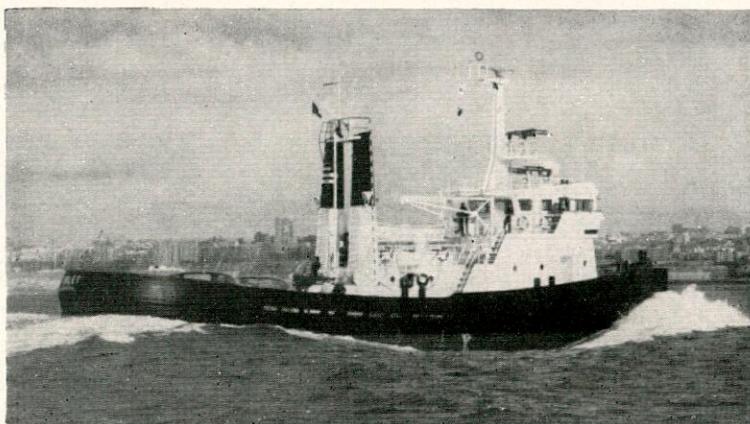
Ercilla, 21, 1.º  
Teléfono 24 77 22  
BILBAO

# ASTILLEROS DE TARRAGONA DE JUAN BTA. GARCIA

PROYECTO, CONSTRUCCION Y REPARACION DE BUQUES

ESPECIALISTAS EN  
REMOLCADORES  
Y PESQUEROS

VARADEROS  
HASTA 900 TONE-  
LADAS DE PESO



Remolcador «POBLET». Tarragona.

**TARRAGONA**

Río Francolí, s/n.

Teléf. { 21 23 47  
21 23 48  
21 04 12\*

Teleg.: GARCIMAR

Telex: 56479

# Ingenieria Naval

es la revista técnica nacional que más se lee en España, dentro del ramo de su especialidad. Su difusión llega a los siguientes países:

Alemania

Argentina

Brasil

Canadá

Colombia

Cuba

Chile

Dinamarca

Estados Unidos

Finlandia

Francia

Holanda

Inglaterra

Italia

Japón

Marruecos

México

Noruega

Paraguay

Perú

Polonia

Portugal

Rumania

Rusia

Suecia

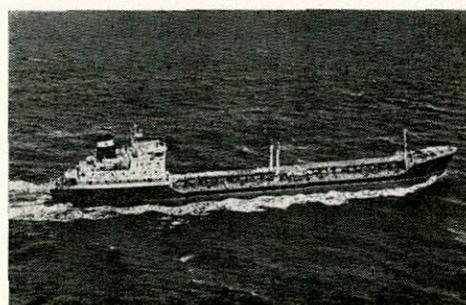
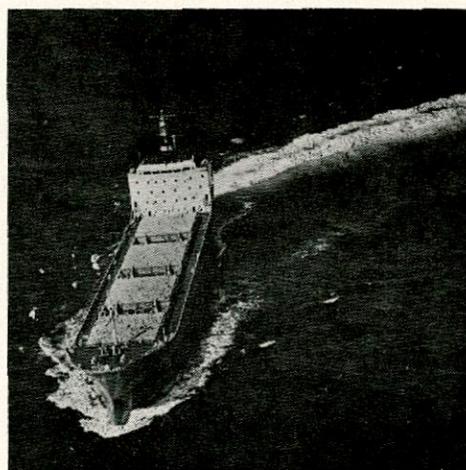
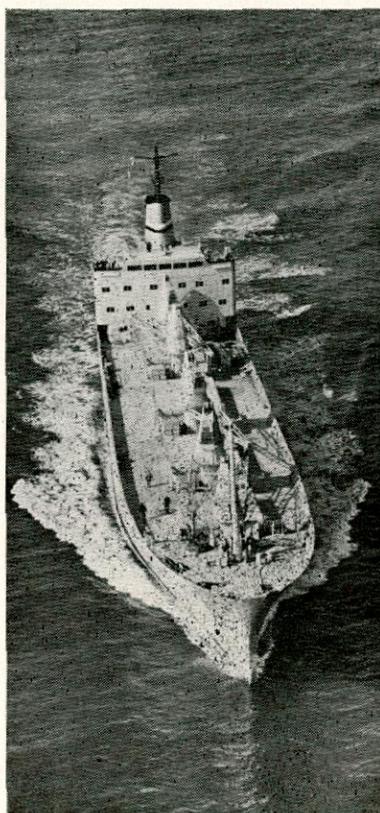
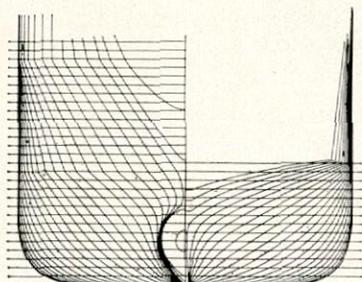
Suiza

Venezuela

# 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.

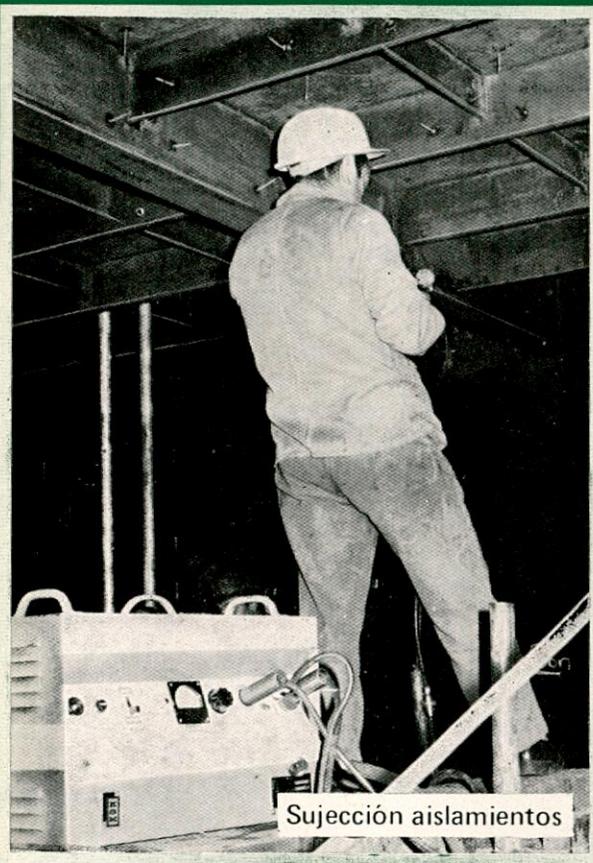
DOS GRADAS de 180 m.



S. A. JULIANA CONSTRUCTORA GIJONESA - GIJON  
Apartado 49 - Teléfono: 321250 - Telex: 37409 - Telegramas: JULIANA



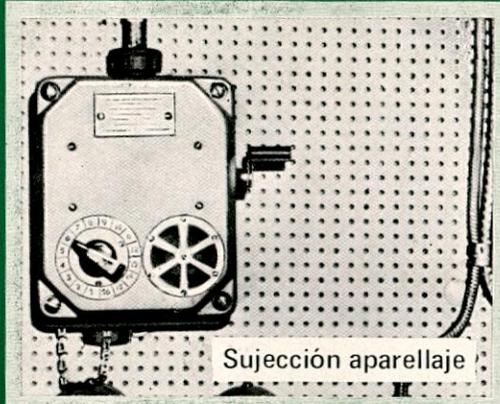
# Soldadura de pernos en Construcción Naval



Sujección aislamientos



Pasos de hombre



Sujección aparellaje

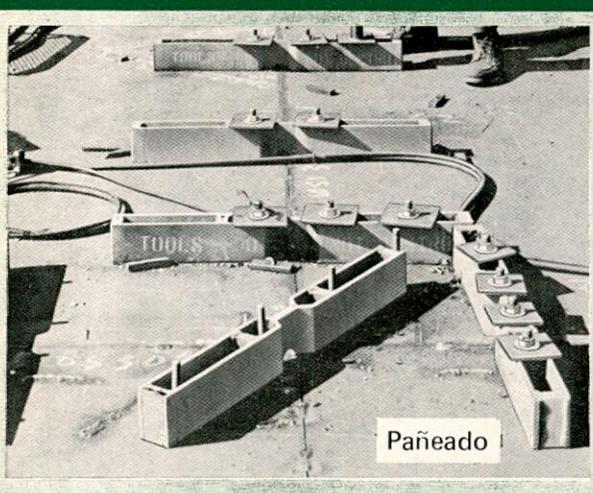
Equipos y pernos fabricados con licencia KSM

Reducción de costes

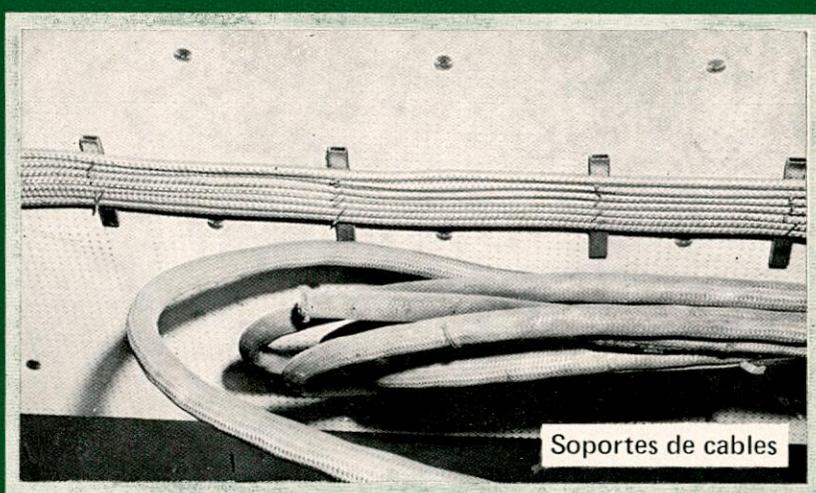
Más rapidez

Mejor acabado

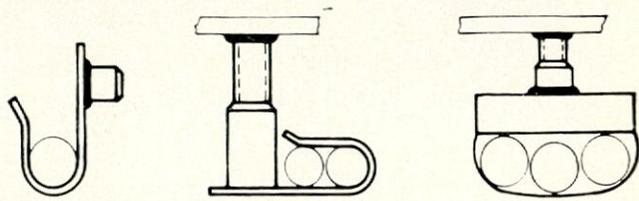
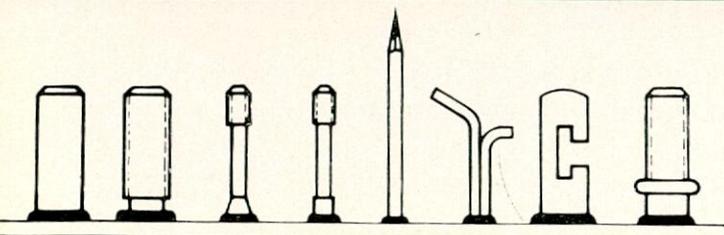
Máxima seguridad sin accidentes



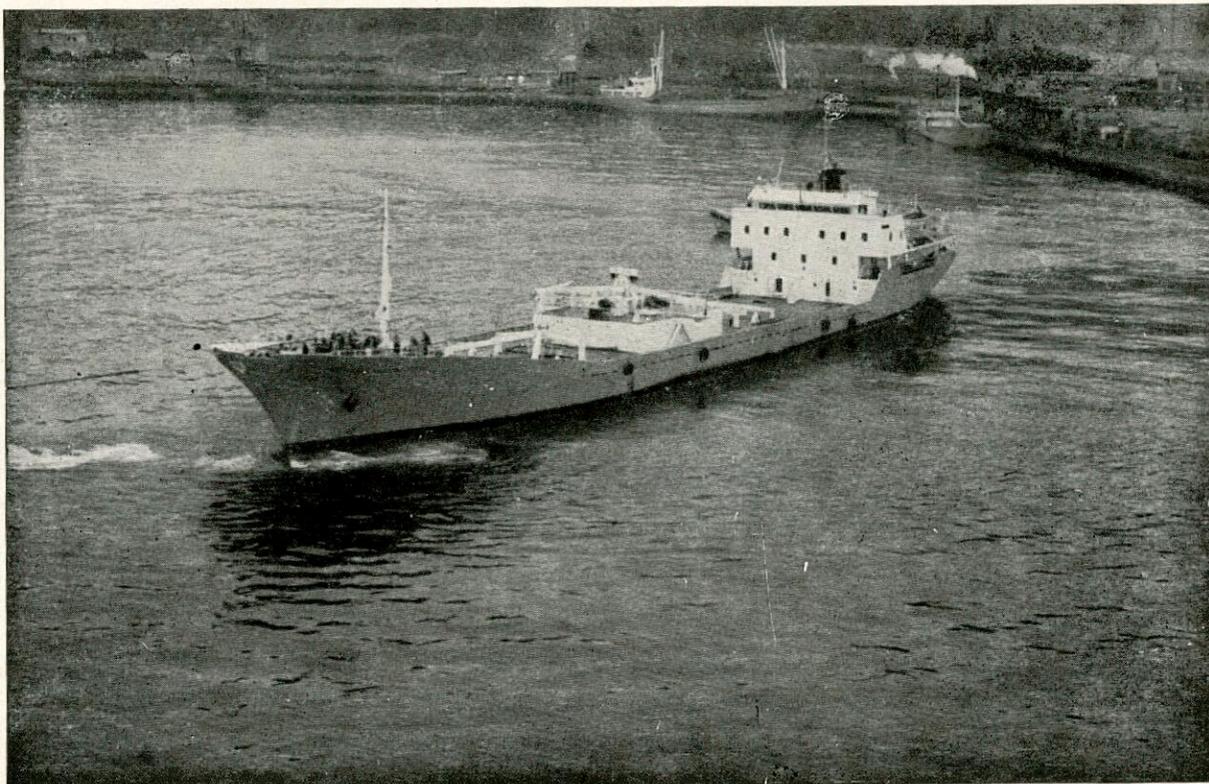
Pañeado



Soportes de cables



Numerosas aplicaciones. Solicite información detallada.



BUQUE CEMENTERO DE 3.350 T.R.B.

## CONSTRUCCION Y REPARACION DE BUQUES

### FACTORIAS:

ASTILLEROS DEL CANTABRICO  
ASTILLEROS DE RIERA  
FACTORIA NAVAL DE CEUTA  
FABRICA DE PINTURAS "CHILIMAR"

## ASTILLEROS DEL CANTABRICO Y DE RIERA, S. A.



Apartado 319 - Teléfonos: 32 01 50 - 32 05 00  
Telegramas: CANTABRICORIERA - Télex: ASCAN  
GIJON - ESPAÑA

# OTRA NUEVA ESTELA DEL FORAN

Un nuevo buque surca los mares.

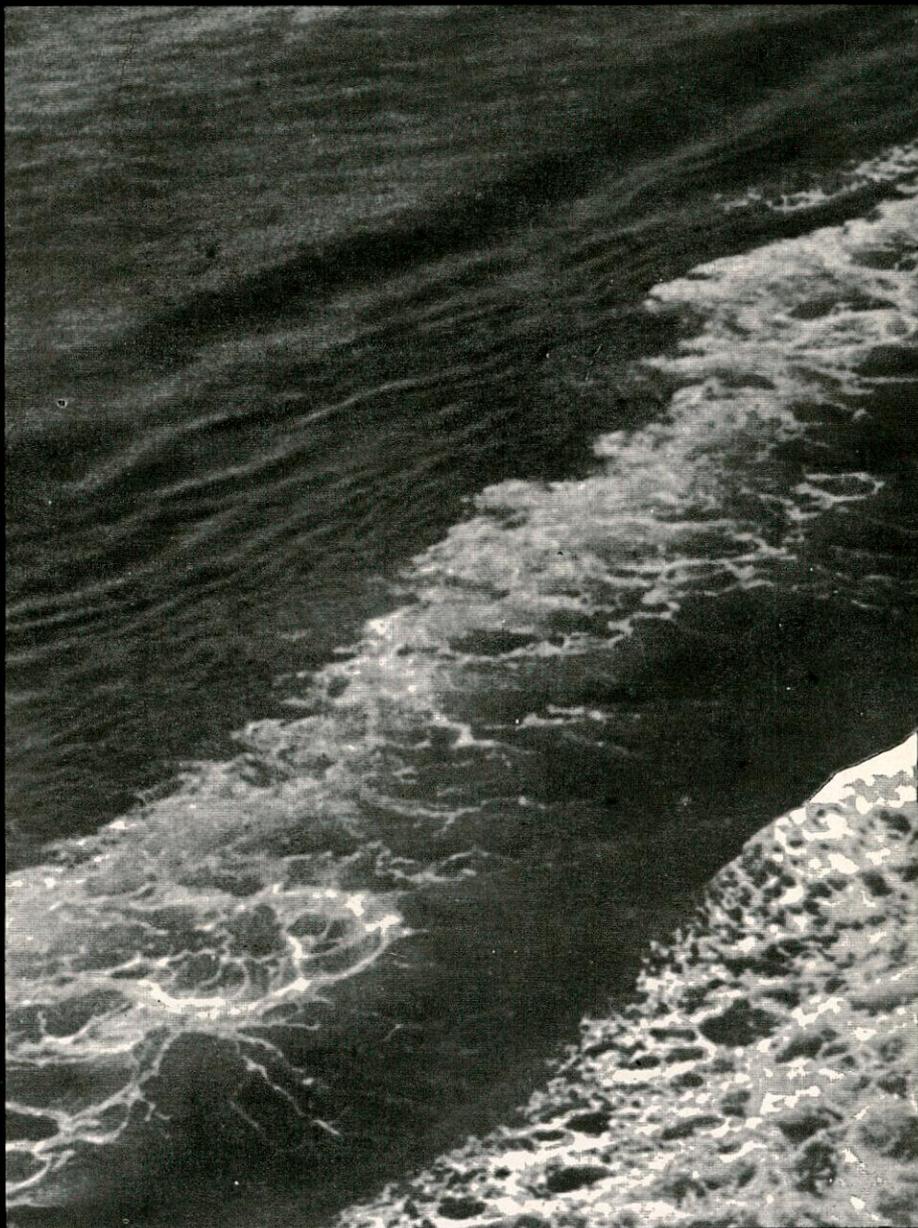
Es el buque 106 proyectado y construido con el FORAN, el Sistema desarrollado por la firma de ingeniería española SENER, que cuenta ya con una experiencia reconocida en todo el mundo.

El SISTEMA FORAN de SENER es el único que genera formas intrínsecamente corregidas a partir de los datos básicos de un proyecto.

Permite realizar el Proyecto Básico de un barco en una semana.

Proporciona datos para oxicorte con control óptico y numérico, conformado de planchas, fabricación de perfiles y control de gestión.

Los 106 buques proyectados y construidos con el SISTEMA FORAN para astilleros de todo el mundo son el más elocuente y claro exponente de su pujante realidad.



**SISTEMA FORAN**

**SENER**

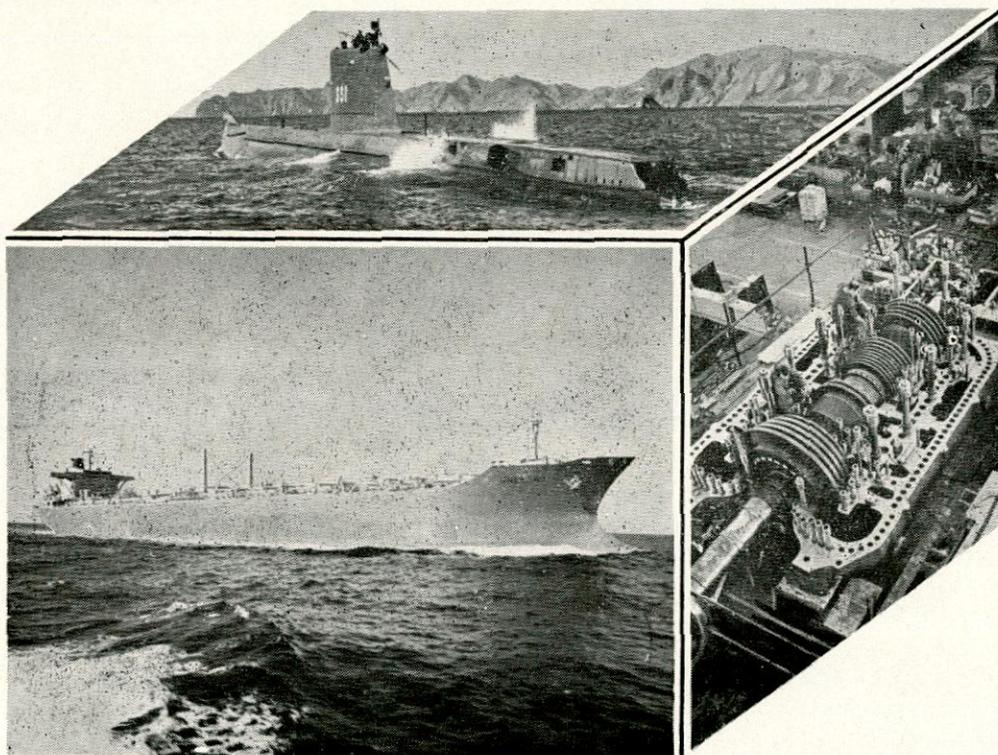
**DIVISION NAVAL**

Avenida del Triunfo, 56. Las Arenas (Bilbao)  
Teléfono 63 64 00 - Telex 33745

3a Lower Grosvenor Place.  
Londres SW1 WOEN  
Teléfono 01-828-8696 - Telex 918582

**EMPRESA NACIONAL**

# "BAZAN"



**CONSTRUCCION DE BUQUES DE GUERRA  
Y MERCANTES DE TODAS CLASES  
REPARACIONES EN GENERAL**

- Equipos propulsores instalaciones terrestres de turbinas y diesel.
- Calderas marinas y terrestres.
- Armas navales y municiones.
- Maquinaria auxiliar, grúas locomóviles, artefactos navales, material agrícola, etc.



**Factorías en:**

El Ferrol del Caudillo  
Cartagena  
San Fernando (Cádiz)

**Fábricas de armamento en:**

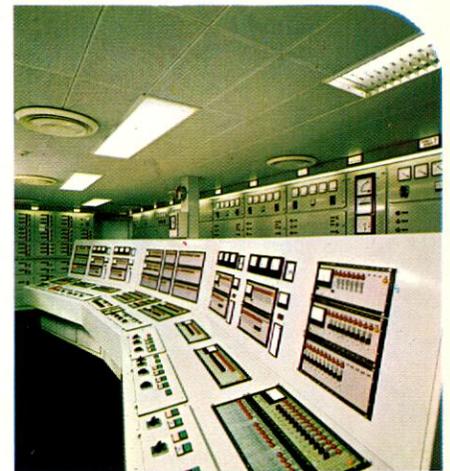
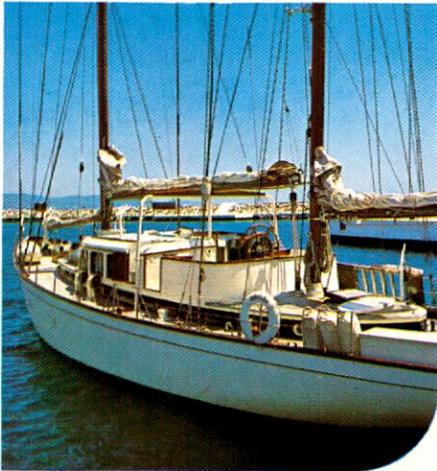
San Fernando (Cádiz)  
Cartagena

**Diques Secos y Flotantes**



# PROYECTA- MOS • INSTALAMOS • CON- SERVAMOS • REPARAMOS

TODA CLASE DE EQUIPOS ELECTRONICOS EMPLEADOS EN LA MARINA MERCANTE, FLOTA PESQUERA Y NAUTICA DEPORTIVA.



Departamentos Técnico-  
Comerciales especialmente  
dedicados a:

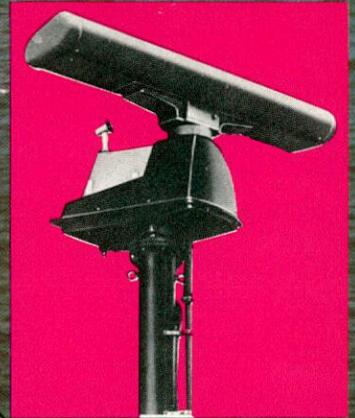


- AUTOMATIZACION Y CONTROL • COMUNICACIONES
- MOVILES, TERRESTRES Y AEREAS • ELECTRONICA
- INDUSTRIAL • EQUIPOS MOVILES

**HRM** HISPANO RADIO MARITIMA, S.A. c/ JORGE JUAN, 6  
Tel. 276 44 00 - Telex: 226 48 MADRID-1

# POR TODAS LAS RUTAS CON DECCA

UN MODELO PARA CADA TIPO DE EMBARCACION



**GRUPO 12/16**  
- 23 modelos -

RM 914/916  
RM 926/929

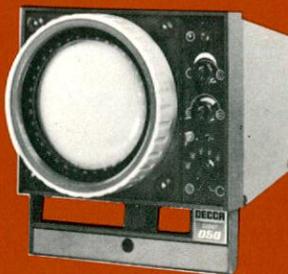


ALCANCE, 48 MILLAS  
POTENCIA, 3/25 Kw.  
PANTALLA, 9"



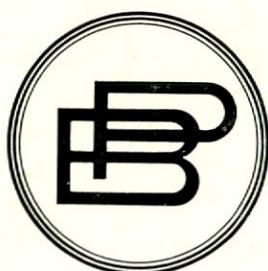
ALCANCE, 48 MILLAS  
POTENCIA, HASTA 30 Kw.  
PANTALLA, HASTA 16"  
BANDAS "S" y "X"

**SUPER 050**  
**SUPER 101**  
110



ALCANCE, 12 a 36 MILLAS  
POTENCIA, 3 Kw.  
PANTALLA, 6" a 7"

**URM**  
ELECTRONICA



# **BANCO PENINSULAR, S. A.**

Fundado en 1879

Casa Central: Carrera de San Jerónimo, núm. 44

M A D R I D - 1 4

El Banco Peninsular, como Banco Local, orienta sus servicios a la pequeña y mediana industria y comercio de Madrid

## **O F I C I N A S**

### **M A D R I D :**

Oficina principal: Carrera de San Jerónimo, 44  
Agencia Urbana núm. 1: Avda. Donostiarra, 26  
Agencia Urbana núm. 2: Calle Mayor, 58  
Agencia Urbana núm. 3: Capitán Haya, 52  
Agencia Urbana núm. 4: Goya, 58  
Agencia Urbana núm. 5: C e a Bermúdez, 63  
(en instalación)

### **POZUELO DE ALARCON:**

Plaza del Rey, 2

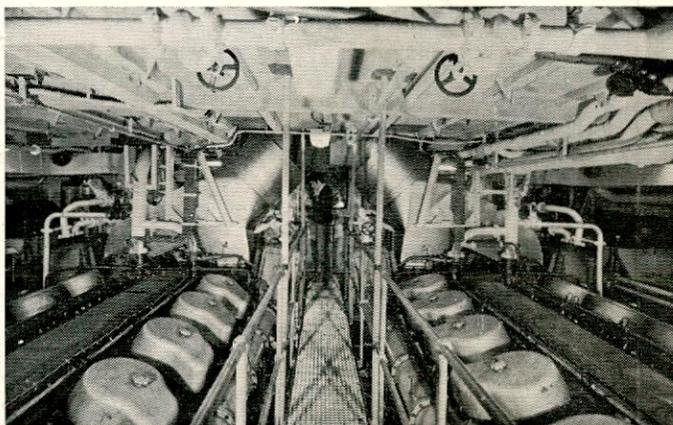
### **ALCORCON:**

Calle Colón, 37

### **FUENLABRADA:**

Generalísimo, 20

# El aislamiento en la INDUSTRIA NAVAL está resuelto con "VITROFIB-TEL" y "ROCLAINE"



La depurada técnica y calidad de estos aislantes termo-acústicos, solucionan los principales problemas de la industria naval:

- por su incombustibilidad, proporcionan un mayor índice de seguridad de la vida en el mar.
- por su bajo coeficiente de conductibilidad térmica permiten el máximo ahorro de calorías y frigorías.
- por sus cualidades acústicas, mejoran el confort del pasaje y de la tripulación.

SOLICITE INFORMACION Y ASESORAMIENTO A:  
FIBRAS MINERALES, S. A.



Jenner, 3 - Teléf. 410 31 00 - MADRID-4

## ¡aislar... es ahorrar!

### DELEGACIONES EN:

**Barcelona-14:** Galileo, 303-305 - Teléfono 321 89 08 • **Bilbao-11:** Darío Regoyos, 1 - Teléfono 41 25 86 • **Sevilla:** Plaza Nueva, 13 - Teléfono 22 05 36 • **Oviedo:** Posada Herrera, 3 - Teléfono 22 12 85 • **Zaragoza:** Coso, 87 - Teléfono 29 36 42 • **Valencia-10:** Naturalista Rafael Cisterna, 4 - Teléfono 60 47 76.