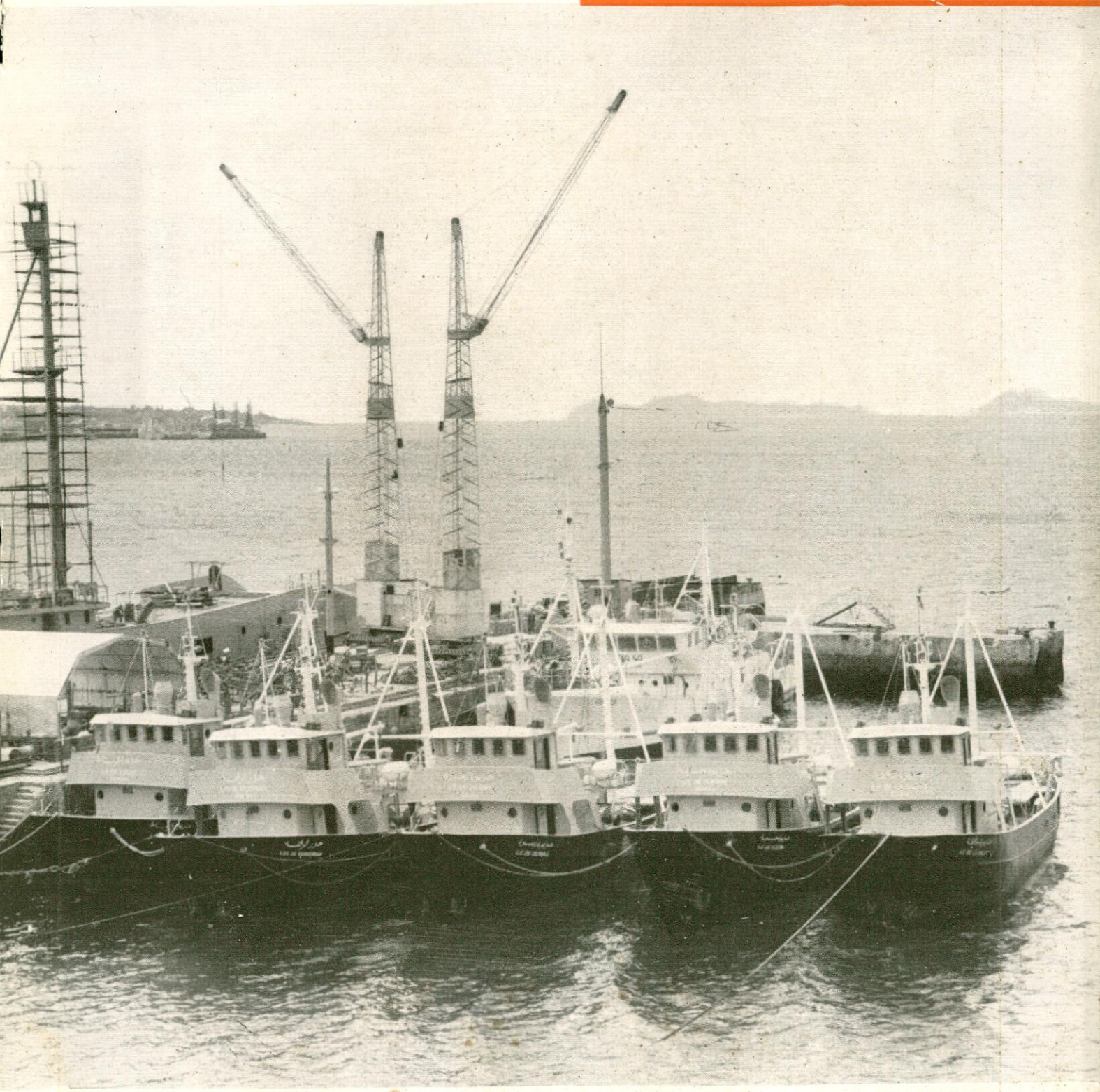
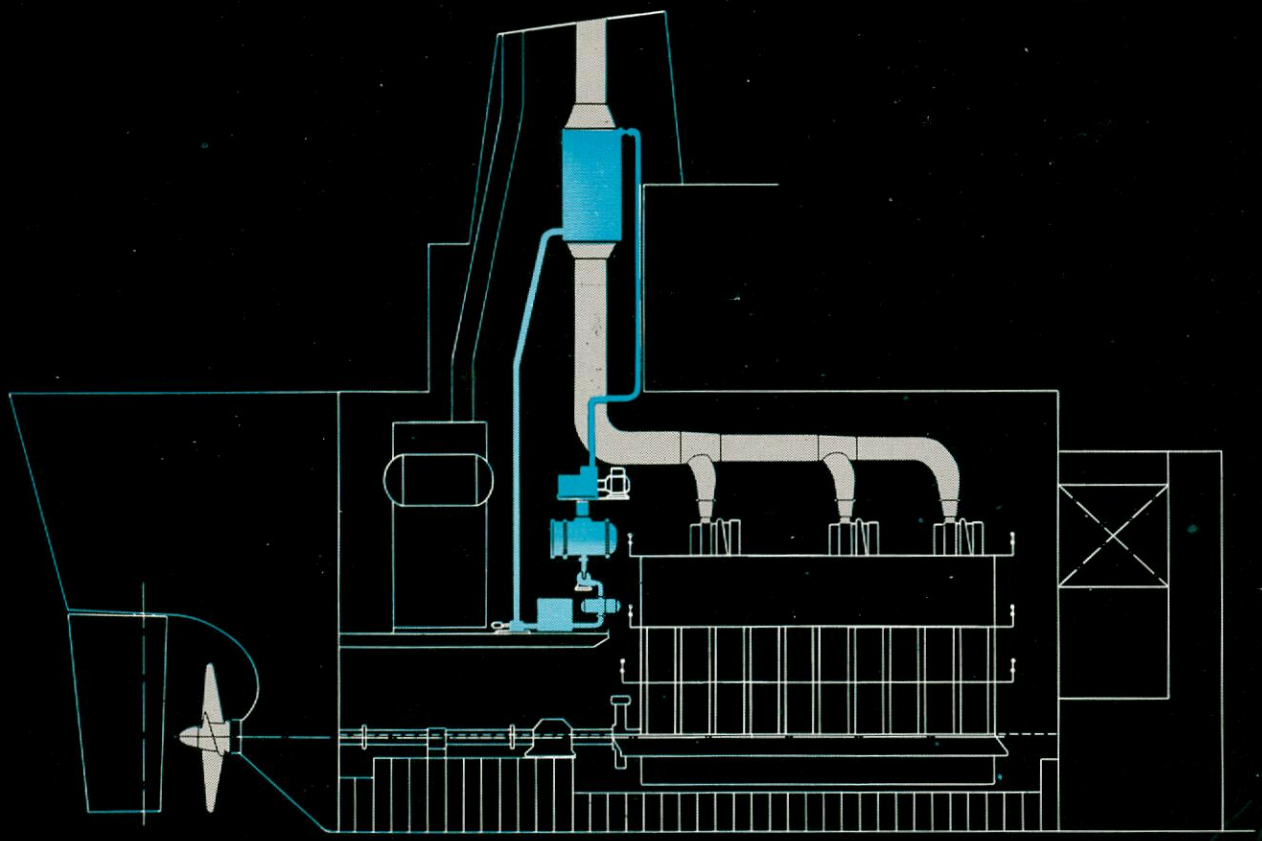
Ingenieria Naval

Revista Técnica de la Asociación de Ingenieros Navales



AÑO XXXIX - NUM. 435 SEPTIEMBRE 1971



La incorporación de una caldera de recuperación en el sistema de escape de una instalación Diesel Marina B&W grande puede acarrear una considerable reducción de los gastos de explotación de un buque - tanque.

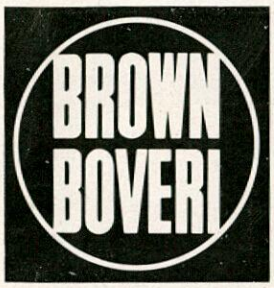
Casi todo tipo de Motor Diesel Marino B&W con una potencia normal en servicio continuo de unos 20.000 BHP o más puede satisfacer - en combinación con tal sistema - cualquier demanda con respecto a la producción de energía eléctrica y de vapor para fines de calentamiento (excluyendo calentamiento del petróleo de carga), durante la navegación, sin recurrir a motores ni calderas auxiliares.

Arriba se muestra una instalación compuesta por un motor B&W K98FF de 9 cilindros que desarrolla 34.200 BHP (potencia máx. en servicio continuo), una caldera de recuperación y un turbogenerador de apr. 600 kW.

BURMEISTER & WAIN

COPENHAGUE DINAMARCA

Filial para España: BURMEISTER & WAIN S. A. E., Castelló, 88, Madrid 6 - Teléf. 2-268490.
Licenciados en España: ASTILLEROS ESPAÑOLES, S. A., MADRID.
LA MAQUINISTA TERRESTRE Y MARITIMA S. A., Barcelona.
Sociedad Española de Construcciones BABCOCK & WILCOX, Bilbao.



STOTZ-KONTAKT

Seguridad

con aparatos

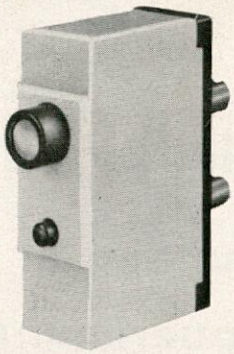
STOTZ-KONTAKT

(Brown-Boveri)

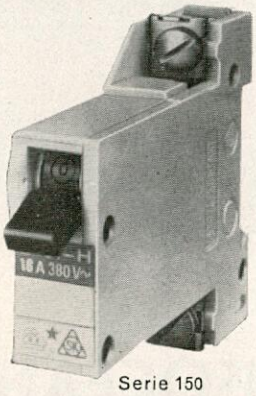
Interruptores automáticos miniatura STOTZ

modelos desde 0,5 a 63 A, 440 V~, 250 V— de elevada capacidad de ruptura

mini-STOTZ
modelo de rosca



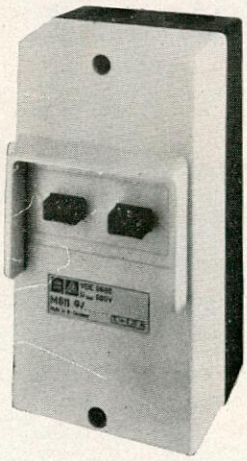
pico-STOTZ
modelo enchufable



Serie 150

Serie 200

Fijación rápida; sobre superficie plana, etc.
Uno, dos o tres polos. Se suministran también colocados en armarios metálicos con una, dos o tres hileras de automáticos.



M 611 - GJ

Guardamotores para pequeños motores

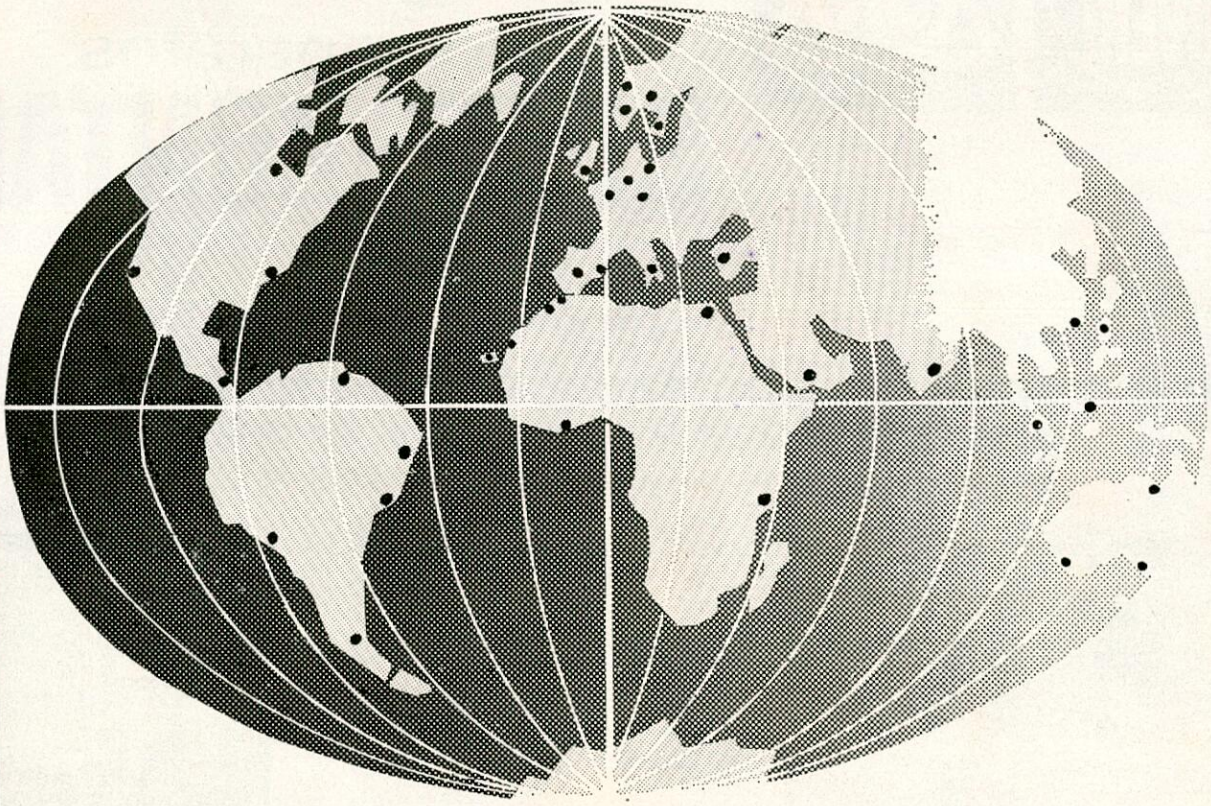
de elevada capacidad de ruptura. Hasta 10 A, 500 V~, 440 V—

Maniobra manual por pulsador, con protección térmica de sobrecarga y electromagnética de cortocircuito.
Más de 300.000 maniobras garantizadas.

APARELLAJE ELECTRICO

BARCELONA (12) - Menéndez y Pelayo, 220 - Tels. 228.17.08 y 217.74.54
Delegaciones en Barcelona, Madrid, Bilbao, Sevilla, Valladolid y Vigo

SK-56-1



TRANSOCEAN MARINE PAINT

La potente Organización mundial al servicio de la Marina, ofrece en cada puerto una misma calidad en pinturas marinas garantizada por el más importante fabricante de pinturas de cada nación.

MIEMBRO FUNDADOR:

urruzola, s.a.

DEPOSITOS EN TODOS LOS PUERTOS DEL LITORAL ESPAÑOL

FABRICA Y OFICINAS:

EMBAJADORES, 225 / 233 - TELEFONO 239 96 00 - MADRID - 5

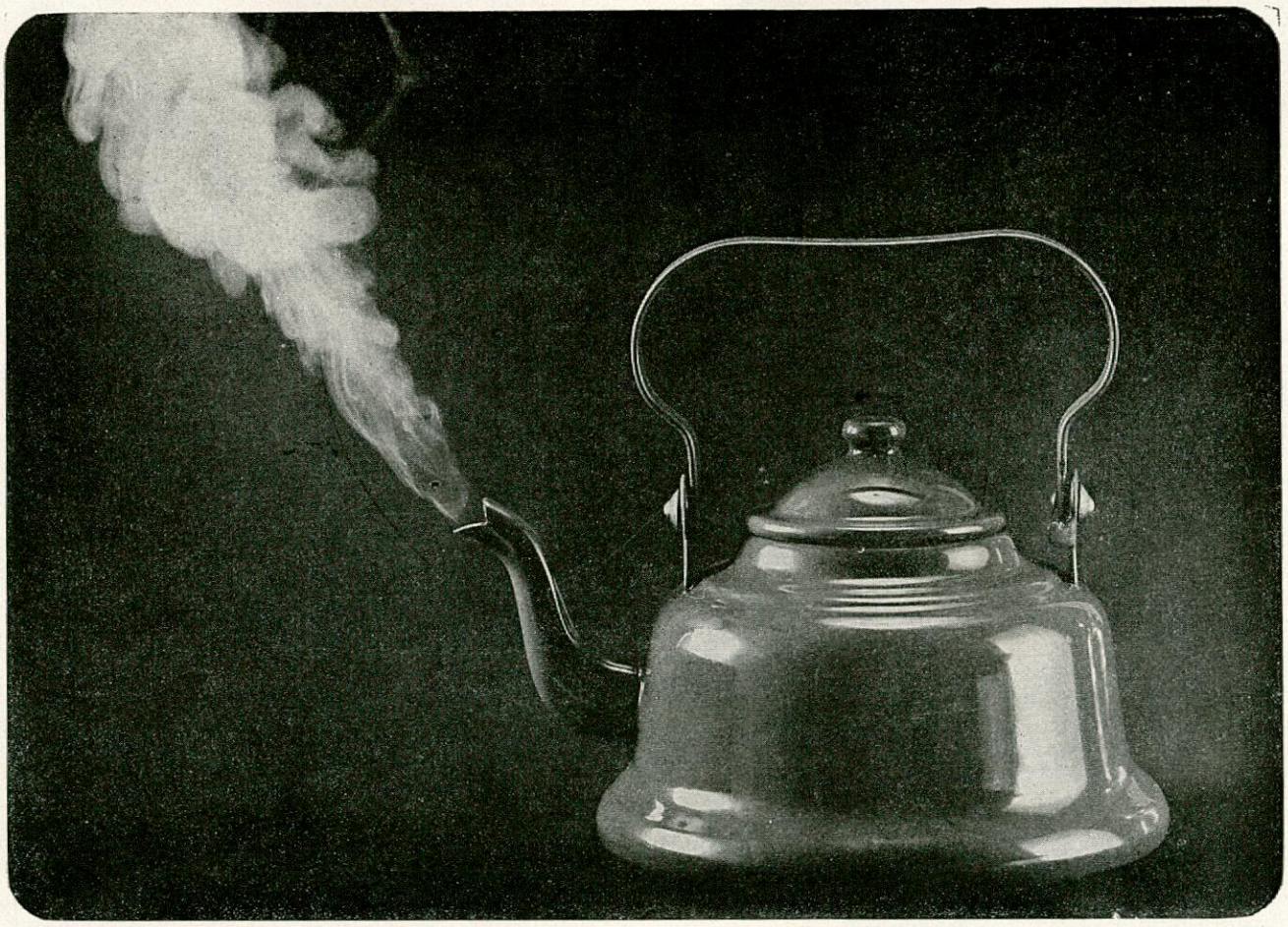
SOMOS
LA FUERZA MOTRIZ

Si quiere equipar sus barcos con sistemas de propulsión a vapor; si necesita calderas auxiliares, turbinas para accionar bombas o alternadores de buques propulsados por motor diesel; si quiere usar calderas de gases de escape incluso en conexión con turboalternadores; siempre que se trate de la generación o el uso de vapor, póngase en contacto con nosotros. Tenemos una amplia gama que ofrecerle:

Turbinas principales de propulsión con potencia hasta 60.000 SHP; Turbinas auxiliares de los tipos vertical y horizontal; Instalaciones principales de calderas, incluso con licencia Babcock, Foster-Wheeler, Combustion Engineering; Calderas auxiliares de gases de escape o quemando fuel, también mixtas; Calderas OEW de dos presiones de trabajo; Plantas quemadoras de aceite caliente; Aparatos para ciclos térmicos; Silenciadores.

Haga uso de nuestros conocimientos y experiencias. Consúltenos o pídanos información.

Blohm + Voss AG
2 Hamburg 1
P. O. Box 720 - Telephone 3061



Blohm+Voss

El hombre de WISAC

Ingeniero o supervisor de servicio. Mecánico montador o ajustador. O acaso investigador. ¿Quién es el hombre de Wisac?

Fácil.

Es un concepto, un símbolo de un grupo humano compuesto por especialistas de la más alta profesionalidad. Wisac es el Servicio de Asistencia a Cliente creado por **Worthington,** para el servicio Post-Venta de sus equipos, aunque, bajo petición, también realiza revisiones y reparaciones de equipos de otras marcas.

El hombre de Wisac le ofrece servicios de:

Revisiones de bombas, turbinas y compresores con reparaciones en su planta o en los talleres de Wisac.

Instalaciones y mantenimiento por contrato.

Recuperación por metalización de piezas gastadas, con aportación en frío o en caliente.

Análisis de vibraciones y corrección de sus causas.

Fabricación de repuestos en casos de emergencia.

Confíe en el hombre de Wisac. No le defraudará.

Solicite cuanta información precise a **Worthington Internacional Servicio Asistencia Cliente, S. A.** - (WISAC)

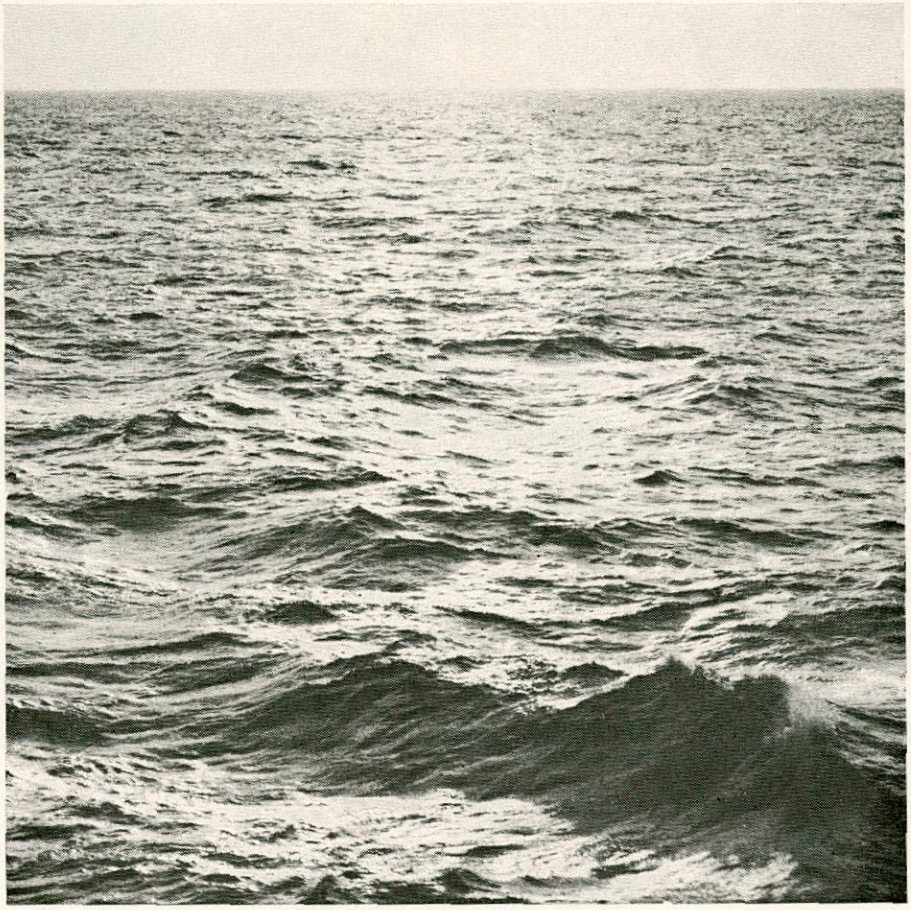
Antonio Cabezón, 69
Apartado de Correos, 31044
Madrid-20 - Teléf.: 209 42 79 - 209 09 45

WORTHINGTON INTERNACIONAL
SERVICIO ASISTENCIA CLIENTE, S. A.

INTERMARCO

HOBART
Hobart disminuye los costos de soldadura con una nueva gama de equipos semiautomáticos con atmósfera de CO_2
FGRC-156. Este equipo, ligero, portátil y compacto es ideal para las necesidades de los talleres de carrocería y fabricantes de tuberías y bastidores de chapa.
FGRC-226. Equipo verdaderamente flexible, está diseñado para soldadura de aceros en espesores pequeños y medios en todas posiciones y empleando alambres de hasta 1,2 mm. de diámetro. Sus usuarios potenciales son los fabricantes de carpinteria metálica, de tuberías, de acondicionadores de aire y calentadores y, en general, los servicios de mantenimiento de las factorías. Es sencillo, económico y muy compacto.
FGRC-326. Es ideal para pequeños y grandes talleres transformadores de chapa con una amplia gama de aplicaciones y diferentes espesores a soldar. Combina eficiencia y economía.
FGRC-307/407. Su diseño lo hace apropiado para cualquier tipo de fabricante que haya de soldar aceros suave, inoxidable, aluminio o cualquier otro material no férreo. El 407 puede emplearse con alambres sólidos hasta de gran diámetro, y con alambres tubulares.
HOBART
WELDERS · ELECTRODES
HOBART BROTHERS CO.
DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO PARA ESPAÑA
UNION TECNICAS DE SOLDADURA, S.A.
MADRID BARCELONA GIJON SAN SEBASTIAN BILBAO

Creemos que les gustaría saber a donde va su dinero.



Este anuncio va dirigido a todos los navieros y constructores de buques que utilizan todo... excepto tuberías de cupro-níquel.

Porque si sus barcos tienen tuberías de acero galvanizado, tarde o temprano tendrán que sustituirlas.

Y eso es costoso.

Les sugerimos que utilicen de una vez ya, tuberías de cupro-níquel 90/10.

Y les resultará más económico.

Aparte de su seguridad, el coste inicial de las tuberías de cupro-níquel es competitivo con otras tuberías de metales no férreos, porque con aquéllas se pueden emplear mayores velocidades de agua.

Por consiguiente, son más ligeras, más delgadas y necesitan menos -y más pequeñas- costosas bridas y otros acoplamientos.

También son fáciles de trabajar y tienen una excelente soldabilidad.

Así pues, a menos que les sobre el dinero para arrojarlo al océano, envíen este cupón a:

INTERNATIONAL NICKEL

International Nickel Ibérica Ltd.,
Núñez de Balboa, 108, Madrid-6

Les rogamos nos envíen más información sobre las tuberías de cupro-níquel.

Nombre: _____

Cargo: _____

Compañía: _____

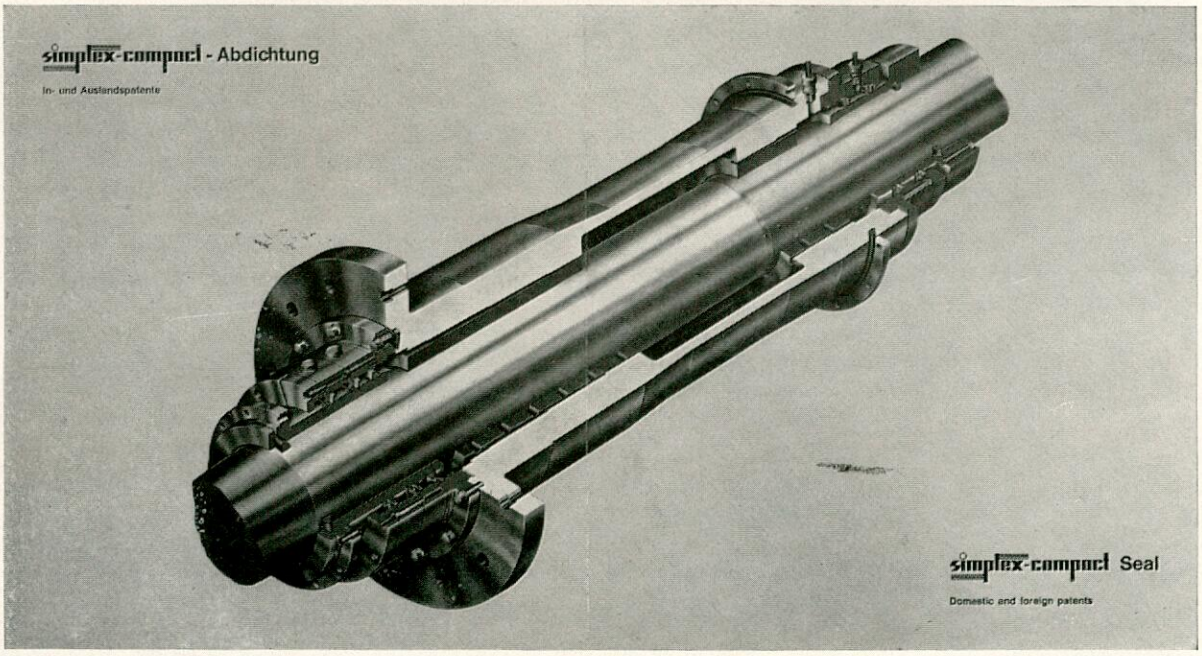
Dirección: _____

_____ 3

PASCH Y CIA S.A.

BILBAO	**- Alameda de Recalde, 30.**	**Telf. 21 78 64.**	**Telex: 33720**
MADRID	**- Capitán Haya, 9.**	**Telf. 270 01 00.**	**Telex: 22696**
BARCELONA	**- Tusset, 8-10.**	**Telf. 217 19 63.**	**Telex: 52063**
GIJON	**- General Mola, 52.**	**Telf. 35 09 39.**	**Telex: 37367**

Motores marinos, propulsores y auxiliares	M.A.N.
Motores industriales y para locomotoras	M.A.N.
Grupos electrógenos	M.A.N.
Grupos motobombas	M.A.N.
Grúas para buques, astilleros, puertos, containers y plantas industriales.	M.A.N.
Bombas para diques flotantes	M.A.N.
Automotores y unidades de metropolitano	M.A.N.
Centrales térmicas, calderas y gasómetros	M.A.N.
Hélices de paso fijo y variable	ZEISE
Hélices transversales de proa «TORNADO»	LMG
Montajes y aislamientos industriales	APLINSA
Proyectos de diques flotantes	DOCKBAU
Equipos de control y maniobra para diques flotantes	ROM
Líneas de ejes	H. DEUTSCHE WERFT
Bocinas, casquillos de bocina, cierres de bocina «SIMPLEX»	H. DEUTSCHE WERFT
Chumaceras de empuje y apoyo	H. DEUTSCHE WERFT
Separadoras de agua y aceite «TURBULO»	H. DEUTSCHE WERFT
Calderetas de gases de escape	H. DEUTSCHE WERFT
Recubrimientos de basalto fundido	SCHMELZ BASALT
Instalaciones de engrase centralizado	LUBRIMONSA (DE LIMON)
Depósitos para gases licuados	LINDE
Instalaciones contra incendios «sprinkler», espuma y Co_2	PASCH



Cierres de bocina "Simplex".

Agentes en:
VIGO - SANTANDER - VALENCIA - HUELVA - TENERIFE

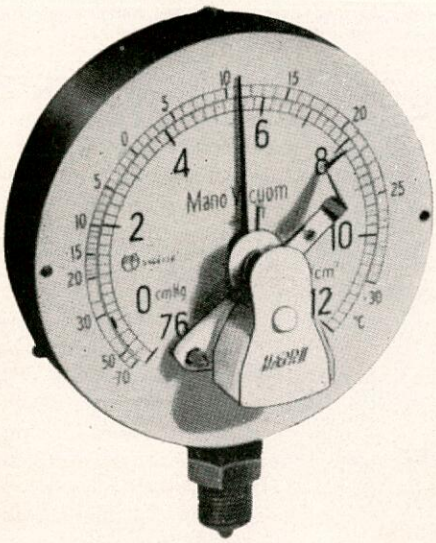
SANCHEZ-RAMOS Y SIMONETTA • INGENIEROS

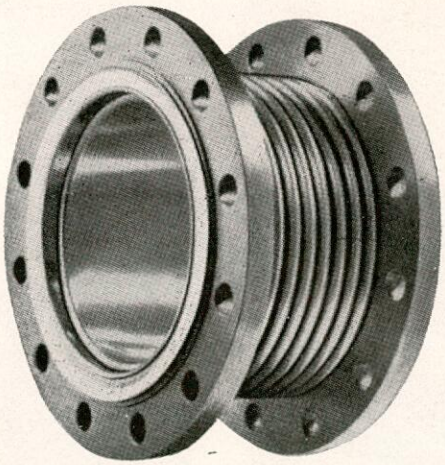
Avda. José Antonio, 27
Apt. 1033 Teléf. 221 46 45
MADRID-13

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.



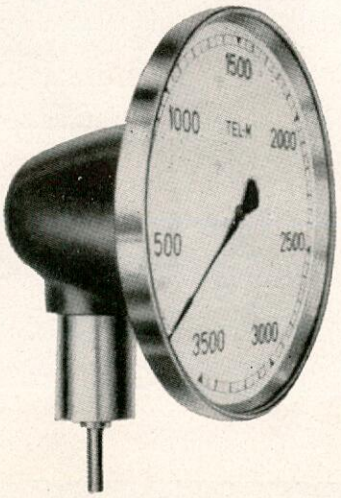


BOA, S. A.
LUCERNA (Suiza)

Compensadores de dilatación, axiales, laterales y angulares.
Tubos flexibles metálicos.
Membranas metálicas.
Eliminadores de vibraciones.

HASLER, S. A.
BERNA (Suiza)

Tacómetros y tacógrafos electricos y mecánicos para intalaciones fíjas y móviles (ferrocarriles, buques).
Tacómetros de mano, cuentarrevoluciones.
Contadores de rodillos, métricos, de producción, de preselección.
Impulsógrafos.



RADIOMAR

COMUNICACIONES • AYUDA A LA NAVEGACION

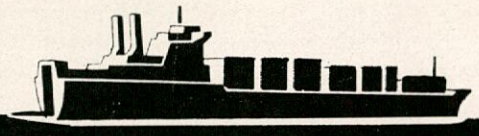
Toda clase de equipos electrónicos para buques

- ☐ Proyecto
- ☐ Instalación
- ☐ Entretenimiento
- ☐ Reparación

HISPANO RADIO MARITIMA, S. A.

Dirección y oficinas: Jorge Juan, 6 - MADRID-1

Tel. 276 44 00 - Telegramas RADIOMAR - Telex 22648



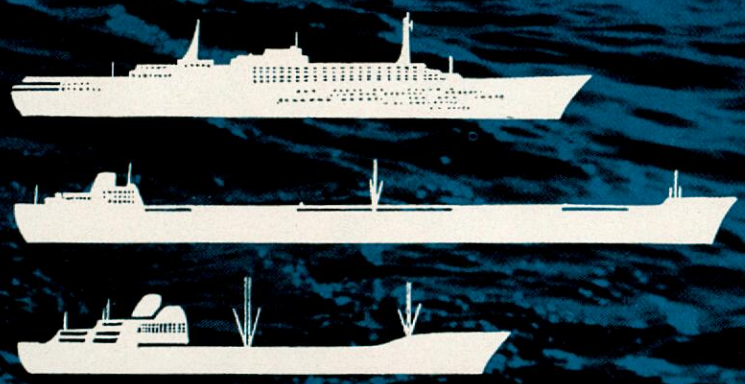
Nunca se "quedará en seco" con Shell Melina

¿Conoce usted la historia del Capitán que no pudo abrir su mueble-bar para invitar a una persona importante?
- La llave no pudo girar en la cerradura -
¡La primera vez que algo fallaba en su barco!
Una situacion bastante violenta pero fácil de salvar: Debería haber usado MELINA, el aceite marino verdaderamente multifuncional.
Motores principales y auxiliares, servomotores, maquinillas, hélices de paso variable y un gran número de maquinaria auxiliar instalada sobre cubierta o en las salas de máquinas, son lubricadas por SHELL MELINA con plena garantía.
Como aceites de Sistema y Carter, SHELL MELINA proporciona, a cualquier temperatura de operación, una perfecta y constante protección. La utilidad de estos aceites se complementa por su muy larga vida y su tolerancia a la contaminación por agua.
Su versatilidad significa poder reducir al mínimo el número de aceites. Manipulado y almacenamiento se simplifican notablemente al poder hacer pedidos a granel.
No sorprende saber que más de 1.000 buques utilizan, con éxito, SHELL MELINA.

SHELL

Melina
el aceite número uno

"Servicio SHELL de Marina en todo el mundo"



EN TODOS LOS PUERTOS

AUXINASA puede solucionar sus problemas de limpiezas marinas

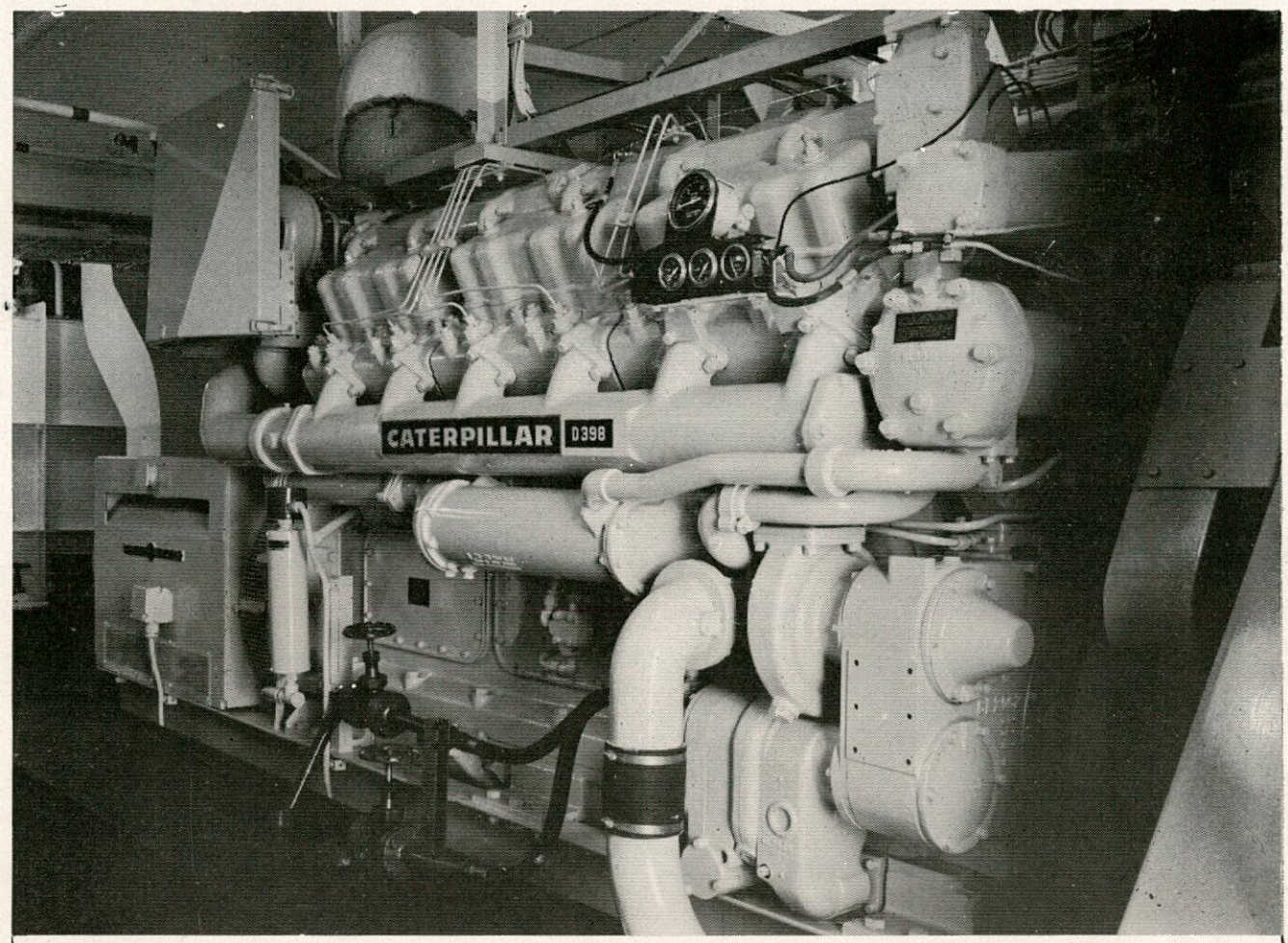
- Proyectos
- Reparaciones
- Tratamientos de aguas
- Tratamientos de combustibles
- Asesoramientos técnicos
- Control de resultados.
- 6 equipos móviles
- 10 representaciones
- 18 asociaciones con países europeos dentro de la Organización Mundial de HOUSEMAN AND THOMPSON.

Navegue usted más seguro con productos y sistemas AUXINASA bajo la garantía de HOUSEMAN & THOMPSON, London.

AUXINASA

HOUSEMAN & THOMPSON SERVICE

Puerto Rico, 11 - Madrid - 16



F-4-71

CATERPILLAR:
LA MAS COMPLETA GAMA DE
MOTORES MARINOS

Motores marinos propulsores, para servicios auxiliares y de emergencia y grupos para servicio contínuo y de emergencia.

Motores para remolcadores, petroleros, cargueros, buques de pesca, embarcaciones de recreo, etc.

Motores marinos propulsores desde 85 HP hasta 1.425 HP.

Motores para servicios auxiliares y de emergencia desde 65 HP hasta 1.300 HP.

Grupos para servicio contínuo y de emergencia desde 56 KVA hasta 1.125 KVA.

Un servicio total de atención pre y post-venta a través de la red de Bases Finanzauto y el servicio mundial de los distribuidores Caterpillar.

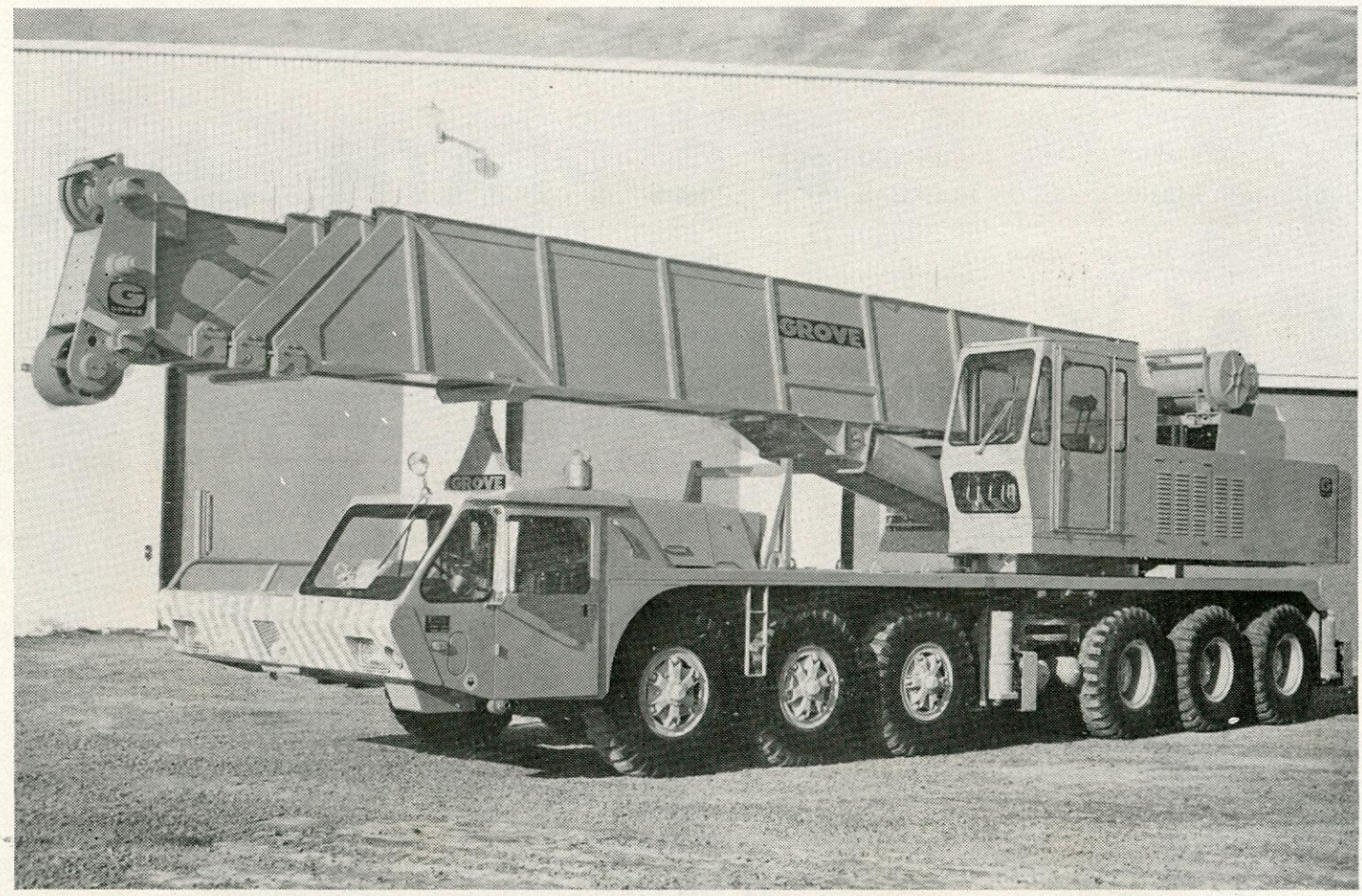
FINANZAUTO
DISTRIBUIDOR EN ESPAÑA DE
CATERPILLAR

Dr Esquerdo, 136 Tfnos. 251 54 00 - 251 86 00 MADRID-7

CENTRAL	**Doctor Esquerdo, 136. Teléfs. 251 54 00 - 251 86 00. MADRID.**
BASE CATALUÑA	Carretera Barcelona-Ribas, Km. 15,400. Teléfs. 319 28 12-16-62-66. STA. PERPETUA DE MOGUDA (Barcelona).
BASE ANDALUCIA. ...	Km. 553 de la CN IV de Madrid a Cádiz. Teléf. 72 13 50. DOS HERMANAS (Sevilla).
BASE LEVANTE	Carretera Madrid-Valencia, Km. 332. Teléfs. 263707 y 263903-04. Valencia. CHIVA (Valencia).
BASE NORTE	Camino de S. Pedro a Boroa, a 150 m. del punto kilométrico 93,200 de la C. N. 634 de San Sebastián a Bilbao. Teléfs. 33 41 03-04-05. AMOREBIETA (Bilbao).
BASE ASTURIAS	Km. 451,60. C. N. 630 Sevilla-Gijón (Sección Adanero-Gijón). Teléfs. 22 47 40-41-42. LUGONES (Oviedo). Delegación en La Coruña: Juan Florez, 65. Teléfs. 22 68 49 y 22 87 98.
BASE TENERIFE	Autopista de Santa Cruz a La Laguna, Km. 4,500. Teléfs. 22 90 40-41-42. TENERIFE.
BASE LAS PALMAS ...	Autopista del Sur, Km. 17,500. Teléfs. 25 53 47-48. Apartado 943 de Las Palmas TELDE (Gran Canaria).

Caterpillar, Cat y ⊞ son Marcas de Caterpillar Tractor Co.

GRUAS HIDRAULICAS GROVE®



MODELO TM-800

- LA MAYOR GRUA HIDRAULICA DEL MUNDO
- CAPACIDAD DE CARGA MAXIMA 72,5 Tm.
- PLUMA DE 44,5 m.
- PLUMIN DE 8,5 m.
- CARRIER DE 6 EJES, TRACCION 12 × 6 y 2,98 mts. DE ANCHO

RECIENTEMENTE HEMOS ENTREGADO LA PRIMERA UNIDAD ADQUIRIDA POR UNA EMPRESA ESPAÑOLA Y ENTREGAREMOS PROXIMAMENTE OTRAS DOS UNIDADES

DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS:

Maquinaria de Obras Públicas, S. A.

NUÑEZ DE BALBOA, 85 - MADRID (6) - TELEF. 226 75 00

MOPSA: Córcega, 96 - BARCELONA (15) - Teléfs. 250 40 74 - 321 50 34
ARJONA: Luis Montoto, 84 a. c. c. - SEVILLA - Telefs. 25 43 04 - 25 42 25
VYMSA: Heros, 1 - BILBAO - Teléf. 21 23 83
VYMSA: Marqués de Teverga, 7 - OVIEDO - Teléfs. 23 09 65 - 23 34 29.

MOPSA

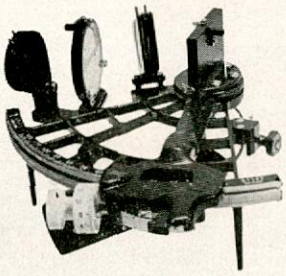
OTROS PRODUCTOS: EXCAVADORAS, DRAGALINAS Y GRUAS LINK-BELT ● PLANTAS ASFALTICAS STANSTEEL ● EQUIPOS DE RIEGO ASFALTICO ETNYRE ● EXTENDEDORAS DE AGLOMERADO BLAW-KNOX ● PLANTAS DE DOSIFICACION ROSS ● CENTRALES DE HORMIGONADO KABAG CENTROMAT

UNILUX, S. L.

FABRICA DE INSTRUMENTOS NAUTICOS

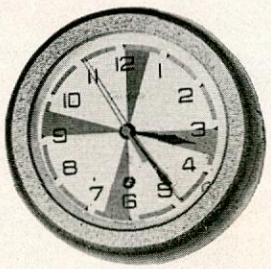
AVENIDA PEDRO DIEZ, 31 - MADRID - 19
TELEFONOS 471 24 70 - 471 05 09

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS
FABRICANTES CON LICENCIAS DE **C. PLATH** (HAMBURGO)



SEXTANTES

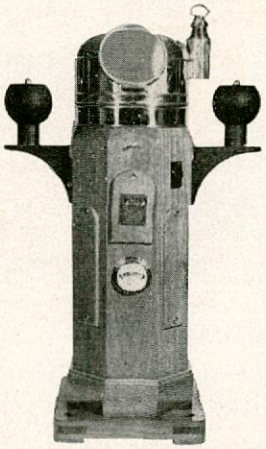
GIROSCOPICA "MINI-STANDARD"



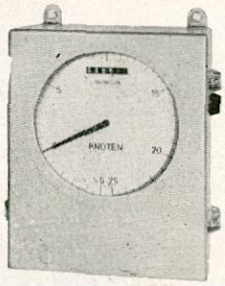
RELOJES

COMBINACION
GIROSCOPICA + AUTOPILOTO

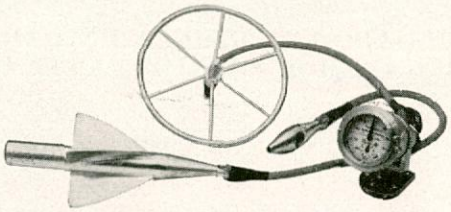
PLATH
GEOMAR



BITACORAS



CORREDERA
ELECTROMAGNETICA



CORREDERAS DE PATENTE

RADIOGONIOMETRO
DE DOBLE CANAL

Y TODA CLASE DE INSTRUMENTOS NAUTICOS

UNASA

FERRAZ, 2 - MADRID
Teléf. 248 34 00

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO
PARA LA FLOTA PESQUERA DE

GIROSCOPICAS
AUTOPILOTOS
RADIOGONIOMETROS
CORREDERAS E-M

Lista de referencias de hélices de paso controlable, fabricadas por NAVALIPS en sus instalaciones de Cádiz.

ARMADOR	NOMBRE	BHP	RPM	DIAMETRO	FECHA DE ENTREGA	ASTILLERO
Remolcadores						
Sertosa	Sertosa once	1.500	288	2.300	1968	Astilleros Españoles-Sevilla
"	Sertosa doce	1.500	288	2.300	1968	" " "
Fletamentos y Remolques Artola	Tarraco	2.000	288	2.350	1970	Enrique Lorenzo-Vigo
Cory Hermanos	Vulcano tercero	1.650	200	2.690	1970	" " "
Vicente Boluda	Boluda primero	1.800	215	2.600	1970	Astil. Neptuno-Valencia
" "	Boluda segundo	2.400	200	3.000	1971	" " "
Empremar: Chile	C-360	2 x 840	150	2.600	1971	Enrique Lorenzo-Vigo
" "	C-361	2 x 840	150	2.600	1971	" " "
Sertosa	C-72	1.650	205	2.700	1971	S. M. Duro-Felguera-Gijón
Unión Naval de Levante	C-73	1.650	205	2.700	1971	" " "
Pesqueros						
Emilio González	Playa Mataleñas	800	250	2.100	1970	Astil. Zamacona-Bilbao
Cargueros						
Neasa	Benimar	2.000	288	2.600	1968	S. A. Juliana C. Gijonesa
"	Benisa	2.000	288	2.600	1968	" " "
"	Beniali	2.000	288	2.600	1968	" " "
"	Benimusa	2.000	288	2.600	1970	" " "
"	Benisalem	2.000	288	2.600	1970	" " "
"	Beniajan	2.000	288	2.600	1970	" " "
"	Benifaraig	2.000	288	2.600	1971	" " "
"	Benimamet	2.000	288	2.600	1971	" " "
Roll-on-roll-off						
Marítima del Norte	Cometa	3.150	250	3.000	1971	Astil. Construcciones-Vigo
Petroleros						
Cepsa	Moncloa	2.440	288	2.550	1971	Astil. del Cantábrico y Riera-Gijón
"	Arapiles	2.440	288	2.550	1971	" " " " "
Portacontainers						
D. Oltmann-Alemania	C-65	4.600	176	3.850	1971	Astil. Duro Felguera-Gijón
" " "	C-66	4.600	176	3.850	1972	" " " "
Coships Corp.-Liberia	C-119	4.450	215	3.500	1971	Astil. y Construcciones-Vigo
" " "	C-120	4.450	215	3.500	1971	" " "
" " "	C-121	4.450	215	3.500	1972	" " "
Sea Containers-Inglaterra	C-128	3.200	275	2.800	1971	Basse Sambre Corcho-Santander
" " "	C-129	3.200	275	2.800	1972	" " " "
Cementeros						
Transportación Marítima Mexicana	Anahuac segundo	2 x 2.080	300	2.650	1969	Astilleros Españoles-Sevilla

EL grupo LIPS del que NAVALIPS forma parte, tiene factorias en Holanda, Bélgica, Francia, Italia, Alemania, U.S.A., Canadá, Japón, Australia y Singapur.
Esto supone una extensa red de talleres donde atender al cliente por personal especializado.

OTROS TALLERES EN EL EXTRANJERO

LIPS-Drunen (Holanda)
LIPS-Rotterdam (Holanda)
LIPS-Delfzijl (Holanda)
LIPS-Ijmuiden (Holanda)

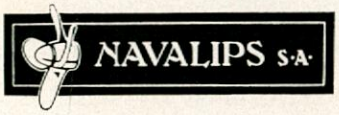
LIPSUDEST-Marsella (Francia)
LIPSUDEST-Dunkerke (Francia)
CAILLARD-El Havre (Francia)
LIPS-Burcht (Bélgica)

LIPS-41 Duisburg (Alemania)
LIPS-68 Mannheim (Alemania)
ANSALDO LIPS-Livorno (Italia)

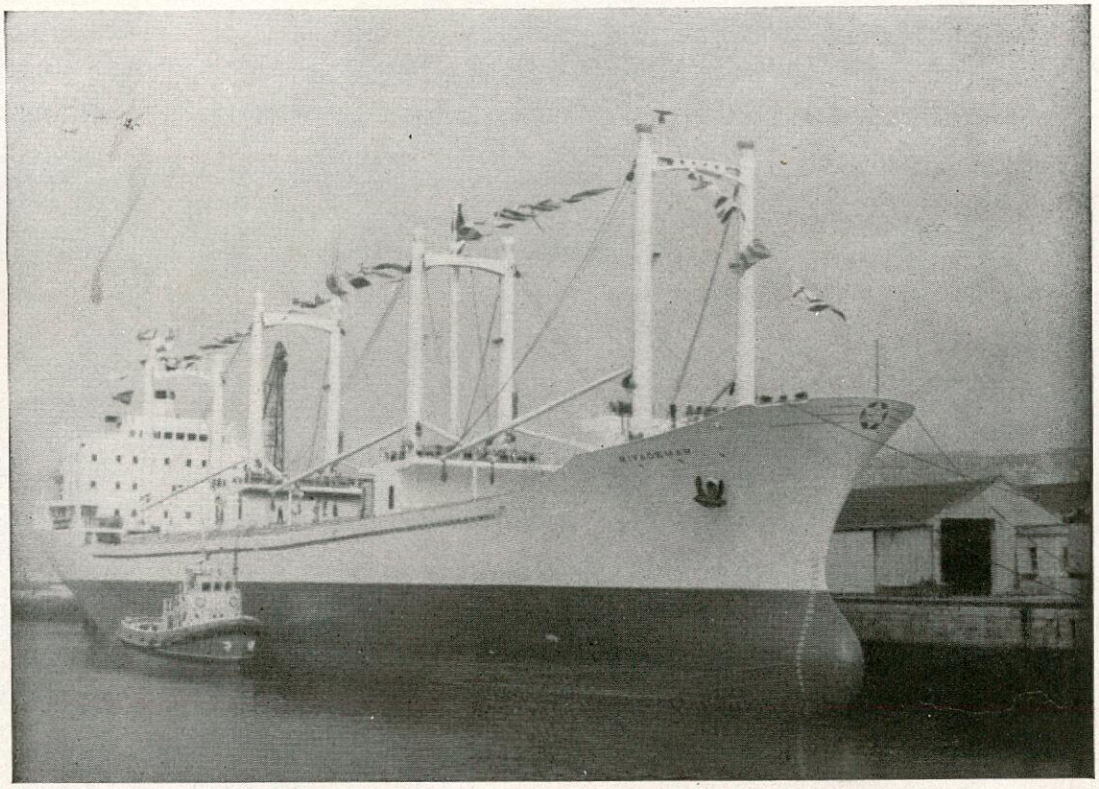
LIPS-Pascagoula (U.S.A.)
DORAN-Oakland (U.S.A.)
AMPOWER-Dorval P. Q. (Canadá)
CHUETSU-LIPS - Tokio (Japón)

LIPS-PERRY PTY. LTD.-Adelaide (Australia)
ANTELOPE ENGINEERING PTY. LTD.-Sydney (Australia)
LIPS- Singapur

AGENTES PARA LA VENTA EN ESPAÑA DE: HELICES DE MANIOBRA DE PROA, TIPO DE LIPS CIERRE DE BOCINA Y CHUMACERAS "WAUKESHA-LIPS"



GLORIETA ZONA FRANCA - CADIZ - TELEGRAMAS: NAVALIPS. TELEX: 76032 - Telf.: 23 58 08



BUQUE MADERERO DE 8.550 T. P. M.

ASTILLEROS DEL CANTABRICO Y DE RIERA, S. A.

G I J O N

DIQUES, GRADAS Y VARADEROS PARA LA CONSTRUCCION Y REPARACION DE BUQUES HASTA 11.000 TON. P. M.

Construcción de pesqueros clásicos y de nuevas técnicas.
Construcciones metálicas.
Pinturas industriales y marinas.

Vista parcial de la factoría Astilleros del Cantábrico.

FACTORIAS

ASTILLEROS DEL CANTABRICO
ASTILLEROS DE RIERA
FACTORIA NAVAL DE CEUTA
FABRICA DE PINTURAS "CHILIMAR"

Looking for the perfect naval consultants?

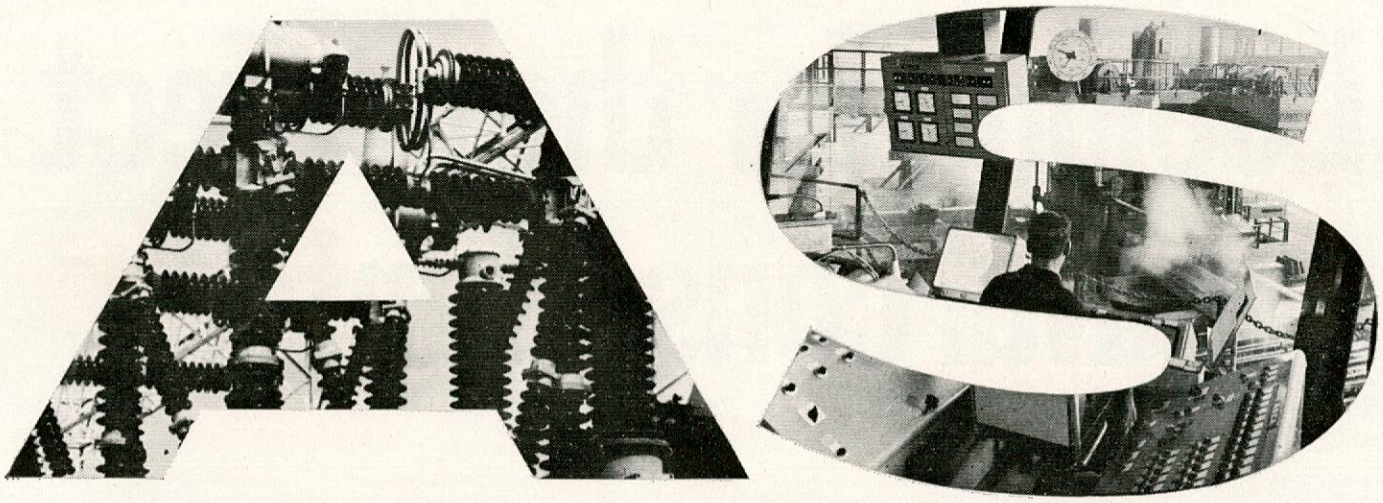
Try us.

We're here to solve any problem you should have in the field of dredger design, offshore engineering or naval consultancy as a whole. As a part of IHC HOLLAND we've got a wealth of knowhow, completely at your disposal. So, whether it is for consulting services only, or for extensive turnkey projects, try us.

Smit Engineering has the answers.

IHC

Smit Engineering, P. O. Box 2, Kinderdijk, Holland, 'phone (01859) 38 66, telex 21448.



Generación y transmisión de energía

ASEA ocupa una posición de vanguardia entre los fabricantes de Ingeniería eléctrica pesada. No queremos hablar de récords mundiales. Unos cuantos ejemplos de nuestras realizaciones serán suficientes.

Primera transmisión de energía HVAC del mundo para 500 KV, 735 KV y 765 KV con equipo ASEA. Nuestros objetivos actuales se dirigen a 1000 KV y tensiones todavía más altas.

Transmisiones HVDC basadas en la técnica descubierta por ASEA,se han llevado a cabo en Escandinavia, Francia, Gran Bretaña, Italia, Japón, Nueva Zelanda, Canadá y los Estados Unidos.

Reactores del tipo BWR para plantas de energía nuclear. ASEA-ATOM, una compañía del grupo, es el primer fabricante europeo de este tipo de reactor, con pedidos en cartera por 2.350 MWe de planta de reactor.

Cuatro de las centrales eléctricas en las Montañas Nevadas, Australia,están equipadas con 22 generadores ASEA de una potencia total de 2.250 MVA.

Accionamientos industriales y metalurgía

ASEA suministra, no sólo accionamientos y mandos de control seguros e importantes en sí mismos, sino también sistemas completos e integrados, diseñados para dar resultados de producción óptima. Algunas de nuestras especialidades:

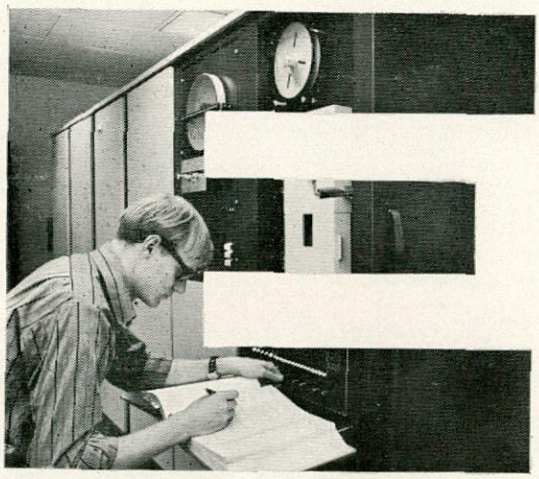
Máquinas de extracción—que se encuentran en más de 300 minas en 21 países—locomotoras controladas por tiristores, vagonetas de mina y sistemas automáticos de pesada.

Hornos de arco con bobina agitadora, hornos de inducción, equipos refino y desgasificación al vacío.

Ya han sido entregados, o pedidos, alrededor de 200 accionamientos y sistemas de control con tiristores para trenes de laminación en unos 20 países.

La singular prensa QUINTUS de alta presión, ofrece nuevas posibilidades para el moldeo de metales, extrusión y prensado isostático. Los descubrimientos recientes han facilitado métodos para la producción de herramientas de acero de gran velocidad,con duración excepcional.

Se han desarrollado también equipos avanzados de accionamiento y control para, prácticamente, cualquier rama de la industria—producción de papel, imprentas, fábricas textiles, refinamiento de azúcar.



Control de procesos por ordenadores

ASEA ha desarrollado y suministrado avanzados sistemas para controlar procesos industriales, sistemas de energía y transportes, basados en ordenadores trabajando "on-line". Aplicaciones típicas son: trenes de laminación, máquinas de papel, procesos de fibras de vidrio, centrales de energía nuclear, centrales eléctricas, almacenes automáticos y automatización marina. ASEA coopera con el fabricante de ordenadores Control Data Corporation, en la comercialización del poderoso ordenador de procesos ASEA—System 1.700 en todo el mundo.

Transporte y manejo de materiales

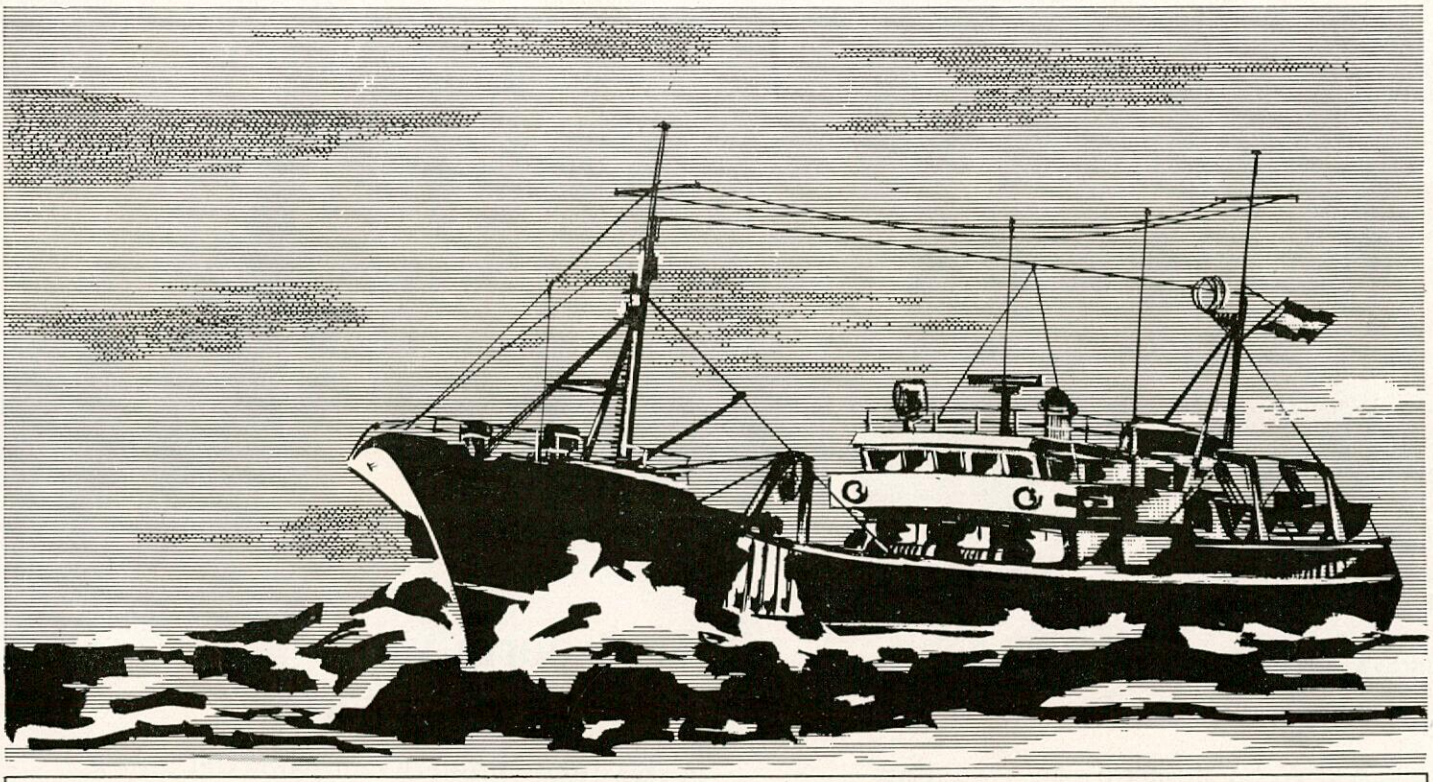
ASEA fue la primera compañía del mundo que comenzó la producción en serie de locomotoras controladas por tiristores. En la actualidad, 100 locomotoras de ASEA y 102 trenes de 2 coches, con tiristores, han sido pedidos o funcionan en Suecia. El manejo de "containers" es un campo en la actualidad que sufrirá un desarrollo revolucionario. Las grúas para "containers" de ASEA pueden verse en acción en todo el mundo, en puertos y en barcos de carga. ASEA tiene también un programa completo que cubre las necesidades del manejo de materiales, motores de combustión interna y baterías para carretillas, grúas, cabrestantes, montacargas, cintas transportadoras, apiladores automáticos y locomotoras industriales.

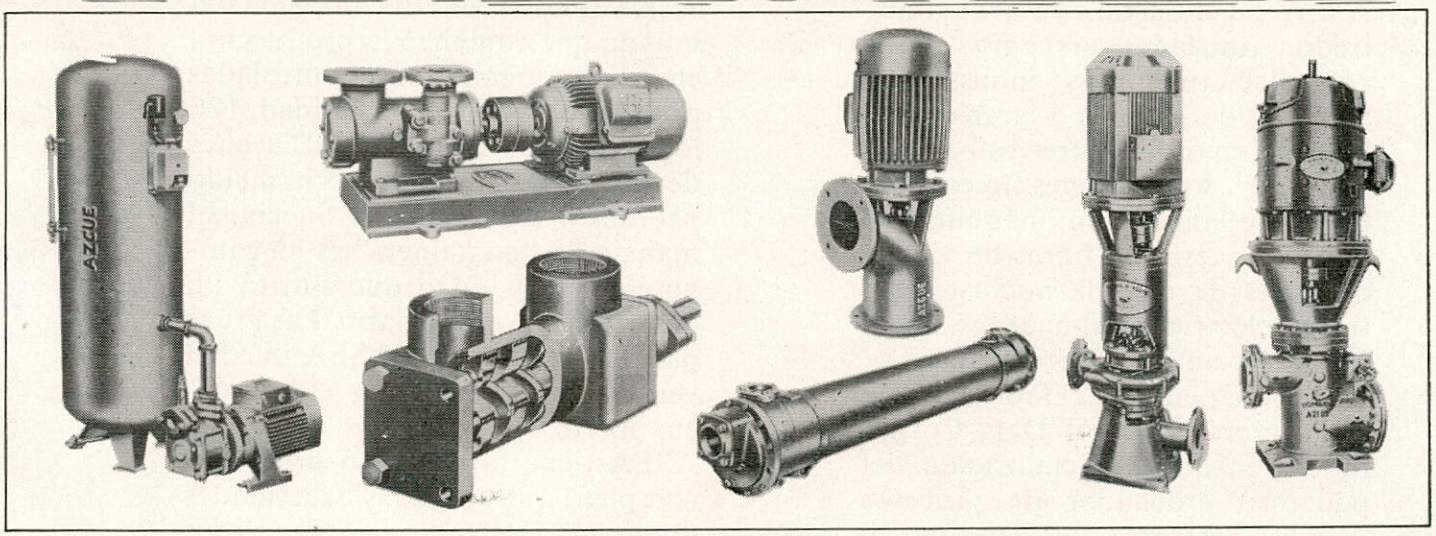
ASEA ES UNA RENOVACION CONTINUA DE PRODUCTOS Y PROCESOS.

¿Está usted interesado?
Póngase en contacto con nosotros

ASEA
Eléctrica, S.A.

Oficina Central: Fernando El Santo, 20
Tfno. 419 05 62 - Madrid - 4
Delegaciones en: MADRID BARCELONA, BILBAO, ZARAGOZA, SEVILLA, SAN SEBASTIAN, PONTEVEDRA, LAS PALMAS.





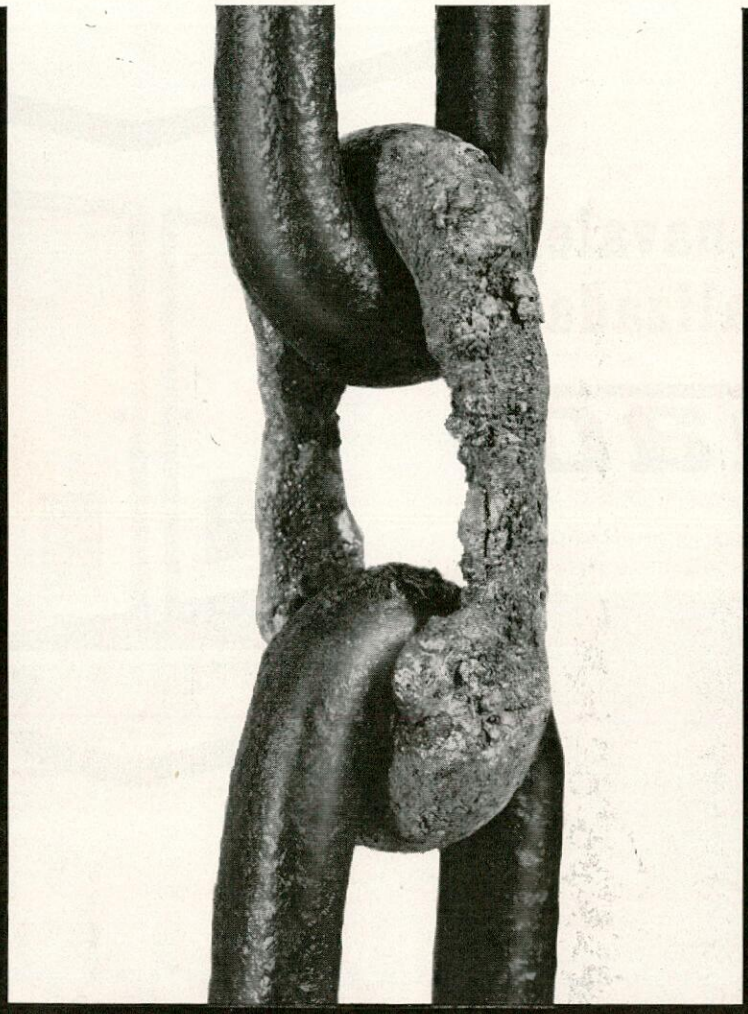
publivasc

bombas
para la industria naval...

construídas especialmente para los rudos trabajos de la mar, que garantizan todos los servicios de a bordo, tales como: bombas para viveros, alta presión y lluvia artificial ● bombas para servicios generales, de sentinas, contra-incendios, achique, de cubierta, etc. ● bombas para trasiego de combustibles ● bombas para engrase de motores en buques ● bombas para refrigeración ● hidróforos para servicios sanitarios de agua dulce y salada ● refrigeradores de agua y aceite.

bombas azcue tel. 831004 - **arrona** - cestona (guipúzcoa)

puertas navales
normalizadas
Tecnao
AVDA. ZONA FRANCA - TELEFONO 23 67 33 - CADIZ
MAS DE 100 BUQUES, TANTO NACIONALES COMO PARA LA EXPORTACION, LLEVAN INSTALADAS NUESTRAS PUERTAS
Ref. 2.113 Clase B con escape.
(Fotografía cedida por el Dep. Prog. de Astilleros de Cádiz.)



KELATE®

NEUTRALIZA LA HERRUMBRE EN PROFUNDIDAD

KELATE es el único producto que trata quimícamente Y DE MODO EFICAZ las superficies oxidadas. KELATE es 10 % más barato que cualquier chorreado con arena.

Sobre la herrumbre tratada con KELATE se puede aplicar todas las pinturas. Las pinturas resisten del triple al cuádruple del tiempo.

Por su acción electroquímica, el estabilizador de herrumbre KELATE proporciona una excelente pasivación anódica de las superficies ferrosas corroídas.

Los estabilizadores de herrumbre a base de KELATE son commercializados por los mayores productores de pinturas del mundo entero.

INFÓRMESE ! Para recibir gratuitamente nuestras informaciones completas, sírvanse remitir el bono inserto a continuación a :
s.a. PRB - Depart. de Química - Av. de Broqueville, 12 - 1150 Bruselas - Bélgica

SOLICITUD DE INFORMACION KELATE

NOMBRE Y APELLIDOS : .....

CARGO : .....

EMPRESA : .....

ACTIVIDAD : .....

DIRECCION : .....

FIRMA

YN

Ing. Naval - Núm. 435. Sep. 1971

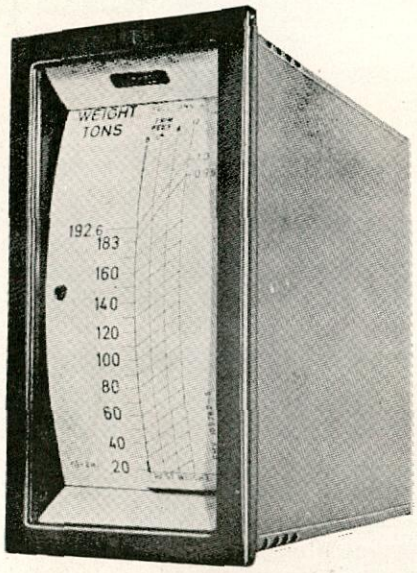
PRB

KELATE : un producto patentado en el mundo entero.

m & w kemp via plus

JUNGNER

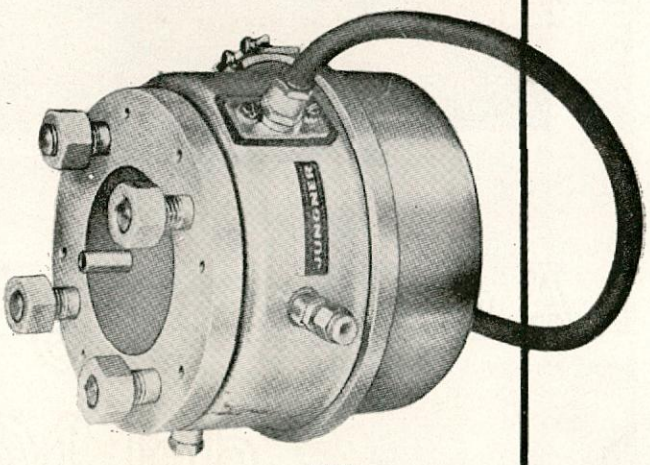
INDICADOR DE NIVEL



SHE-7-2

El equipo medidor consiste en un instrumento indicador SHE-7-2 y un monitor o transmisor NG-3, estanco al agua.
La transmisión de la medición se hace por medio de un sistema sincro (NIFE-GON). La corriente se toma de la red de a bordo por medio de un transformador. La distancia entre el transmisor y el indicador no tiene ninguna influencia sobre la exactitud, como tampoco las posibles variaciones en frecuencia y voltaje, siendo la exactitud mejor que un ± 3%.

El medidor de nivel tipo NM-1-3 está diseñado para obtener indicaciones precisas y seguras del nivel de líquidos en depósitos o tanques (e.d. la cantidad de líquido existente). El instrumento reemplaza el sistema de sonda manual y es adecuado para emplear en tanques de fuel-oil. El medidor NM-1-3 está aprobado para empleo en tanques con líquidos con un punto de inflamación superior a 65° C (150° F), con temperaturas no superiores a 70° C (160° F).



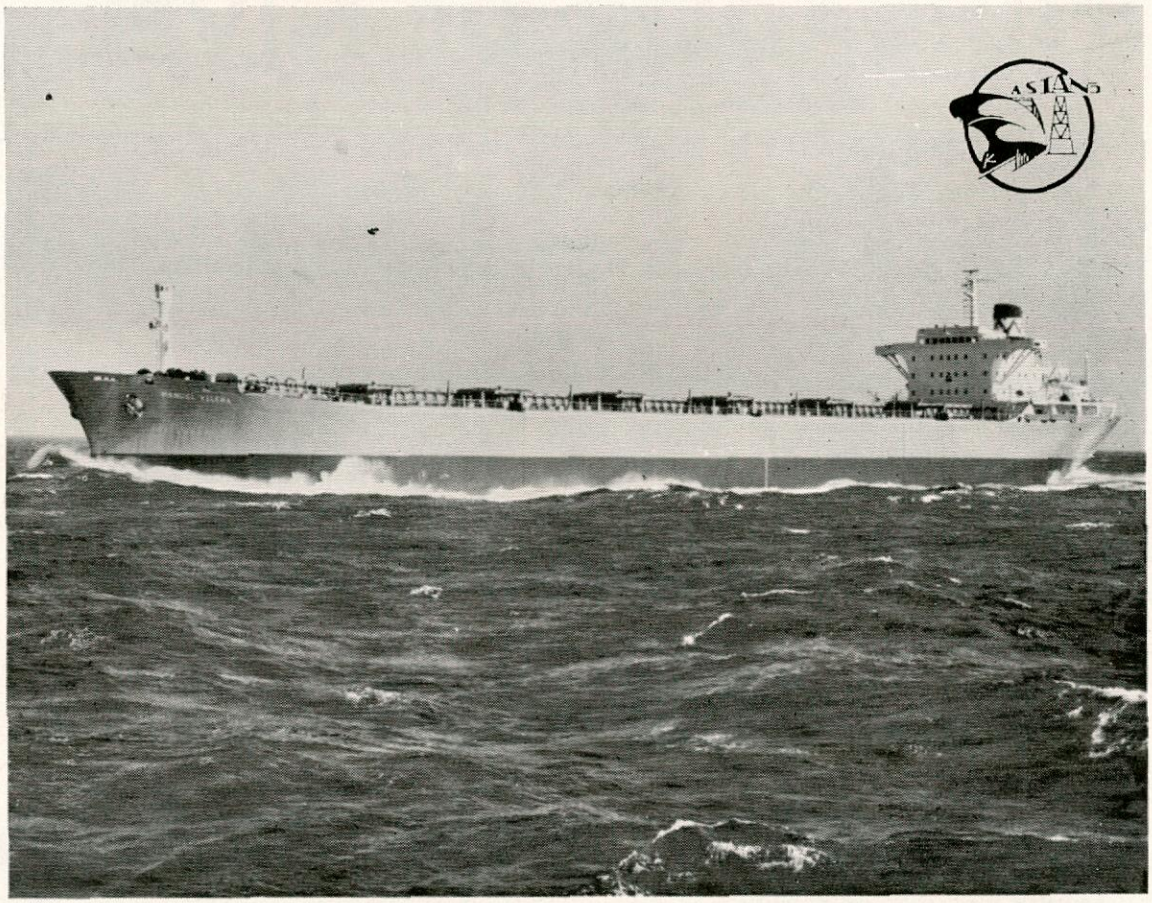
NG-3

Fabricado en España bajo licencia y distribuido por

HERMOSILLA, 117 - TELEFONO 256 06 07 - MADRID - 9

ACUMULADORES
NIFE S.A.

BULKCARRIER "MANUEL YLLERA" DE 51.200 TONS. DE P.M.



Astilleros y Talleres del Noroeste S.A.

DIRECCION COMERCIAL:
Avda. del Generalísimo, 30 - MADRID-16
Apartado 14.603 - Telf. 250 12 07 (3 líneas)
Dirección Telegráfica ASTANO-MADRID. Telex 27608

Astilleros en EL FERROL DEL CAUDILLO
Dirección Postal: Apartado, 994 FERROL
Teléfonos: 35 81 40 y 35 81 41 FERROL; 1 y 4 de FENE
Dirección Telegráfica: ASTANO-FERROL

Ingeniería Naval

REVISTA TECNICA

ORGANO OFICIAL DE LA ASOCIACION DE INGENIEROS NAVALES

FUNDADOR:
Aureo Fernández Avila, Ingeniero Naval

DIRECTOR:
Luis de Mazarredo Beutel, Ingeniero Naval

DIRECCION Y ADMINISTRACION

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

Dirección postal: Apartado 457.

Teléfs. 244 06 70 / 244 08 07 *)

SUSCRIPCION ANUAL

España, y Portugal..... 500 pesetas
países hispanoamericanos: 600 »
Demás países..... $ USA 12.—

Precio del ejemplar ..... 60 pesetas

NOTAS

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

PUBLICACION MENSUAL

Depósito legal M. 51 - 1958.

DIANA, Artes Gráficas. Larra, 12. Madrid-1971

AÑO XXXIX N.° 435
SEPTIEMBRE 1971

INDICE DE MATERIAS

Páginas

Artículos Técnicos

Proyecto y construcción de grandes buques con mayor seguridad contra fracturas utilizando aceros soldables de alta resistencia, por *J. Carlsson, B. Lindwall G. Kullberg y C. Nordström* 376
Los aceros de alto límite elástico en construcción naval, por *J. Fernández de Palencia y Roc* 397
Observaciones referentes a la estabilidad de buques pesqueros con rampa, por *Hans Suckow* 402

Extranjero

Ceremonia de entrega del buque "Río Paraná" y botadura del buque "Río Cincel" 410
Generador de corriente continua con arrollamientos superconductores 410
Puesta de quilla del primer porta-barcazas para armador alemán 411
Entrada en servicio del portacontainers "Taeping" 411
Primer portacontainers construido en Dinamarca 411
El buque para transporte de petróleo y minerales más grande construido hasta la fecha 412
Entrega del ferry "Travemünde" 412

Nacional y Profesional

Botadura del buque Canguro "Cabo San Sebastián" ... 413
Botadura del carguero rápido "Valvanuz" 414
Entrega de los pequeros "Ile de la Galite", "Ile de Zembra", "Ile Kuriat", "Iles de Kerkennah", "Ile de Djerbal" 414
Motopesquero "FAO 59" 416
Botadura del bulkcarrier "Aegis Progress" 418
Dekabón "1300" para conducciones neumáticas 418

Portada

Flota de cinco pesqueros construidos por Factorías Vulcano de Enrique Lorenzo y Cía. para la casa armadora Office National des Peches de Túnez.

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE GRANDES BUQUES CON MAYOR SEGURIDAD CONTRA FRACTURAS UTILIZANDO ACEROS SOLDABLES DE ALTA RESISTENCIA (*)

Por J. Carlsson
Catedrático de KTH en Estocolmo

Por B. Lindwall
Metalúrgico de Soldadura de Gränges Steel, Oxelösend, en Suecia

Por G. Kullberg
Catedrático de LTH, Lund, en Suecia

Por C. Nordström
Técnico del Departamento de Templado y Revenido de acero, Gränges Steel, Oxelösund, Suecia

SUMMARY

Normalised, niobium treated, fine grain steels with good fracture toughness and corresponding weldability offer economical possibilities and safer design for large vessels.

The growing sizes of these types of designs bring the working condition for mild steel closer to its limits. To reduce weight and build with a safer material considering crack propagation, a series of steels with increased fracture toughness have been developed using the micro-alloying technique and heat treatment such as normalisation and quenching and tempering on a yield stress level of 36, 40, 50 and 70 kp/mm². Compared to mild steel, these new steel types are even better in their weldability judged by their carbon equivalents. The demand for high strength and toughness in welds requires low hydrogen welding methods. Experience with steels on the yield stress levels 36 and 40 kp/mm² shows that the following advantages are obtained when these steels are used for construction of super-tankers:

a) Increased deadweight at principally unchanged dimensions.

b) Or, a constant deadweight in somewhat smaller ships.

c) This means increased speed at constant power or cheeper machinery and less fuel consumption at constant speed.

d) Decreased plate thickness to obtain better workability.

e) Increased welding and cutting speed.

f) Less weight, i. e. larger sections at a given lifting capacity.

g) Thinner plates will reduce the risk of brittle fracture.

h) On-deck equipment, such as masts, covers and hatches can be made lighter which means increased stability of the ship.

These steels may also replace less weldable steels used for fast-going liner, oil drilling rigs and oil storage tanks.

INTRODUCCIÓN

Los grandes buques, tales como petroleros, containers, transportadores de mineral —petróleo, cargueros rápidos, así como tanques de almacenamiento de petróleo, y plataformas de perforación de petróleo, se construyen y trabajan en tales condiciones que es de máxima importancia la elección del tipo de acero soldable, que asegura una solución óptima, tanto desde el punto de vista de seguridad como de economía.

Para buscar una solución es necesario tener en cuenta no sólo problemas y costos de construcción, sino también la seguridad de la estructura durante un largo tiempo de servicio. Un riesgo evidente de fallo de estructuras de grandes tamaños es la posibilidad de fractura frágil, o fractura por baja energía, que se puede producir en dirección transversal a la dirección de las tensiones principales de la estructura. En los buques, una de las direcciones prin-

(*) Trabajo presentado en las VI Sesiones Técnicas celebradas en Madrid en enero de 1971 bajo los auspicios de la Asociación de Ingenieros Navales de España.

cipales de tensión es la dirección longitudinal. En estructuras muy grandes, la energía almacenada en la propia estructura obliga al proyectista a tener en cuenta el riesgo de fractura frágil, debido a los grandes espesores y/o las mayores tensiones, cuando se utiliza acero dulce. La energía almacenada en grandes buques puede, juntamente con las entallas, o desigualdades de la estructura, y grietas, producidas en zonas afectadas por el calor, producir fallos drásticos a bajas temperaturas e incluso con bajas tensiones, si el acero de la chapa no tiene suficientes propiedades de detención de grietas. Esto ha sido discutido, cuando se trata de depósitos a presión, en un documento por J. S. Clarke y W. P. Bedesem, Esso Research and Engineering Co. New Jersey, presentado a la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, en 1968 (1).

Las tensiones y temperaturas a las cuales un material es seguro contra iniciación y propagación de fracturas frágiles, dependen del espesor y de las propiedades del acero en cuanto se refiere a detención de grietas. Estas propiedades pueden ser evaluadas por medio de por ejemplo el aparato probador de grietas de Wells y por medio del ensayo de Robertson.

Grietas muy peligrosas pueden producirse debido a la disminución de la tenacidad en una zona afectada por el calor de una soldadura, o también pueden iniciarse por grietas producidas por la fatiga en el servicio. Cuando se juzgue el aumento en el nivel de tensiones, al utilizar aceros de alta resistencia, hay que tener en cuenta también el correspondiente aumento en la resistencia o tenacidad contra fracturas, que debe obtenerse simultáneamente. Si la tenacidad o la resistenica contra fracturas aumenta proporcionalmente con el aumento de las tensiones en el trabajo o más, entonces la seguridad no se verá disminuída si se utiliza el mismo sistema de control de calidad.

Si la tenacidad no aumenta, entonces deberá aplicarse un sistema de control de calidad mucho más complicado. Por motivos económicos, sin embargo, un control de este tipo no puede ser cien por cien efectivo. Por lo tanto hay un mayor riesgo de fallo en grandes estructuras, construidas con acero dulce con mayores espesores. Si por una razón u otra se producen grietas en regiones de bajas tensiones, también es posible que la energía almacenada en la estructura pueda ser la causa de una fractura frágil, aún en los casos en que las tensiones de trabajo sean consideradas como seguras desde el punto de vista de iniciación de fracturas frágiles. Esto ha sido experimentado en depósitos a presión construídos con espesores de más de 2" cuando los depósitos se rompían por fragilidad durante la prueba hidrostática (1).

El uso de los aceros de alta resistencia está principalmente motivado por la reducción del peso, pero también si la elección del acero está bien hecha resultaría en un menor costo de fabricación y un costo igual o menor de acero, y sobre todo un margen de seguridad más alto contra fracturas frágiles.

Fracturas frágiles, soldabilidad y fatiga.

En este capítulo se discuten los tres factores más importantes relacionados con un proyecto seguro contra fractura:

a) Seguridad contra fractura frágil.
b) Criterios de soldabilidad.
c) Significado de las grietas de fatiga.

Seguridad contra fractura frágil .

Las filosofías de diseño o proyecto moderno basadas sobre la mecánica de las fracturas, consideran dos criterios principales, la iniciación de la fractura y la detención de las grietas.

Estos criterios se prueban en ensayos en gran escala, desde ensayos de tipo estático hasta ensayos dinámicos, y se utilizan como guía de los valores Charpy-V, que deben ser elegidos para cumplir con las exigencias necesarias. Estos ensayos indican que para los aceros de alta resistencia deben elegirse valores Charpy altos, y también deben elegirse valores altos para evitar la propagación e iniciación de grietas. Además, cuando se trata de chapas de gran espesor, se requieren valores de Charpy más altos.

Estos principios han sido utilizados por Lloyd's Register of Shipping para el proyecto de barcos y también por ESSO para el proyecto de grandes tanques de almacenamiento de petróleo. También se utilizan estos principios en otras ocasiones (1) (6).

2.11. *Criterios.*

Los estudios mecánicos de fractura en lo que se refiere a fracturas frágiles, dan un método directo para proyectar, de forma que se eviten estas fracturas, y teniendo en consideración los efectos de la carga, temperatura de trabajo, y posibles defectos de forma simultáneamente, por medio de la fórmula siguiente:

$$\sigma_c = \frac{K_c}{\sqrt{\pi \cdot a}} \qquad \text{donde} \qquad [1]$$

σ_c = Valor crítico de la tensión por encima de la cual una grieta de longitud 2 acrecerá o se propagará (figura 1).

a = La mitad de la longitud de la grieta.

K_c = "Tenacidad contra fractura" del material que es una propiedad del material (que varía con la temperatura) y expresa la resistencia a la iniciación de fractura frágil.

La fórmula 1 es por lo tanto válida para la iniciación de crecimiento de un defecto de una longitud de 2 a a un nivel de tensión de σ_c. Una condición si-

milar puede ser determinada para obtener la detención de una grieta en marcha:

$$\sigma \leqslant \frac{K_a}{\sqrt{\pi \cdot a}} \qquad [2]$$

donde Ka es la *tenacidad o resistencia dinámica contra la fractura.*

Mientras que Kc en la ecuación 1 es la *tenacidad o resistencia estática contra la fractura.*

Ka es siempre más pequeño que Kc. Esto quiere decir que para detener una grieta ya iniciada, el nivel de tensión debe disminuirse o si no, las propiedades del material deben mejorarse. Estas dos condiciones pueden ser usadas para probar el material.

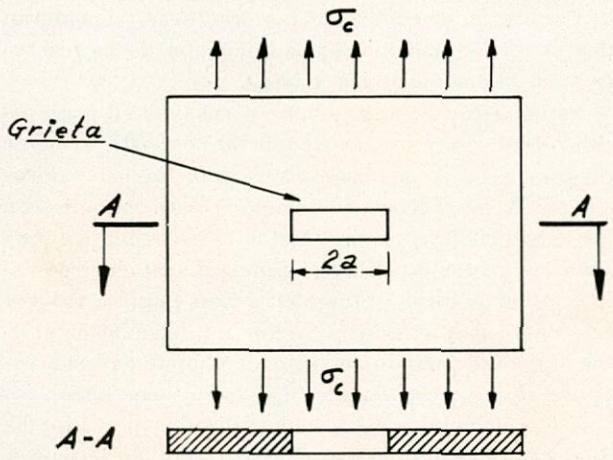


Fig. 1

Las tensiones en una estructura pueden ser más altas en unas partes que en otras, por ejemplo, las tensiones longitudinales paralelas a una soldadura son más altas en la zona de la soldadura que en áreas alejadas de la misma. Figuras 2a y 2b.

Para que una grieta de longitud 2a comience a crecer en la presencia de una tensión $\sigma_r + \sigma_a$, se requiere, de acuerdo con la ecuación 1, que:

$$\sigma_r + \sigma_a = \frac{K_c}{\sqrt{\pi \cdot a_1}}$$

Cuando la grieta haya crecido y rebasado el área de tensiones residuales hasta una longitud de $2a_2$, se *detendrá de acuerdo con la equación* [2], *si*

$$\sigma_a < \frac{K_a}{\sqrt{\pi \cdot a_2}}$$

Con objeto de evitar la propagación catastrófica de una grieta ya iniciada, es fundamental que la segunda de estas condiciones sea satisfecha.

Esto es muy importante, ya que se ha demostrado que en las estructuras existen a menudo condiciones para la iniciación y propagación de una grieta, siendo las causas defectos grandes, fragilidad local y tensiones locales altas.

Para evitar que se produzcan estos fallos catastróficos, se utiliza en la construcción de barcos componentes de un material muy tenaz que tenga características para la detención de grietas. Las fracturas frágiles crecen usualmente en el sentido transversal al barco. Los componentes para la detención de grietas mencionados, se colocan longitudinalmente y proporcionan los medios para detener las grietas antes de que el barco quede cortado en dos partes.

De acuerdo con esta idea se ha utilizado acero ordinario en gran parte de la estructura de un barco sin peligro, con la condición de que las tensiones se mantengan bajas en las partes en acero dulce ordinario.

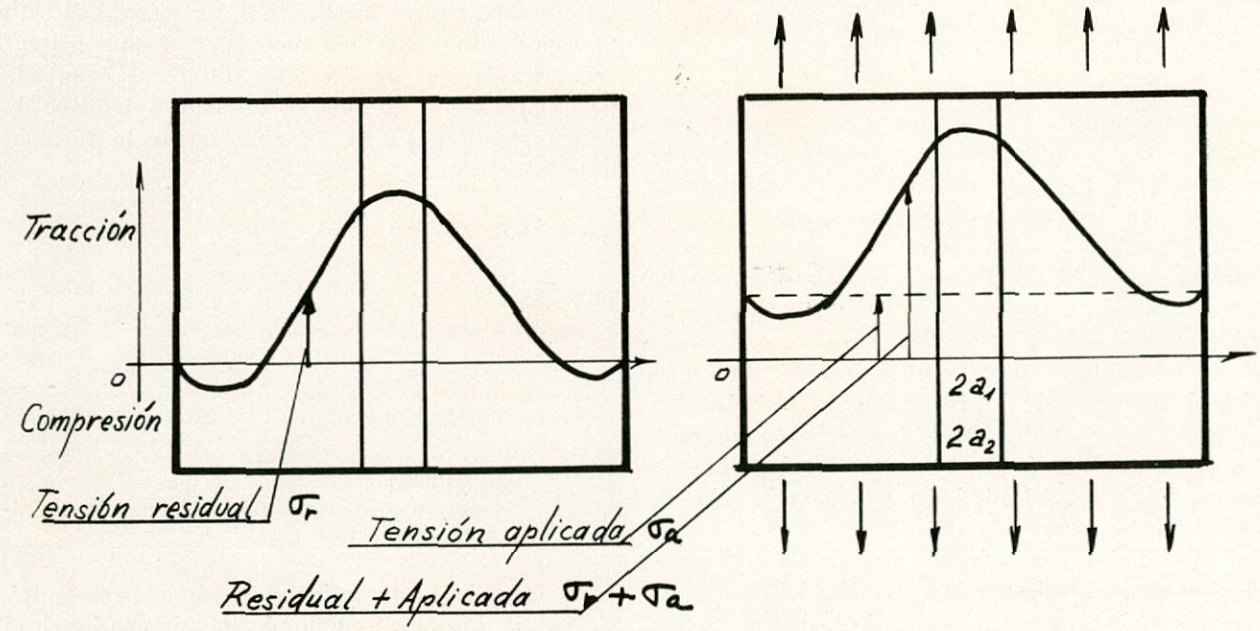


Fig. 2-a Fig. 2-b

2.12. *Prueba de tenacidad o resistencia contra la fractura.*

La resistencia contra la fractura se puede determinar de la siguiente manera: Una chapa conteniendo una grieta aguda se va cargando con tensiones hasta que la grieta pierde su estabilidad y produzca la rotura. El nivel de tensión cuando esto se produce (σ_c) y el largo de la grieta (2_a) determinan la resistencia (K_c) contra la fractura por medio de la equación [1].

Para poder determinar la tenacidad dinámica es necesario utilizar chapas muy grandes. Esta circunstancia y otras dificultades hacen estas pruebas muy complicadas.

Para los materiales que se tratan aquí, la resistencia o la tenacidad estática contra la fractura se ven en el diagrama 1.

1. Calidad A (aprox.):

$K_c = 90$ MN m$^{-3/2}$ (290 kp mm$^{-3/2}$) a —60° C corresponde a una longitud crítica de grieta de 140 milímetros a 20 kp/mm².

2. Acero de grano fino, tratado con niobio y normalizado:

$K_c \simeq 180$ MN m$^{-3/2}$ (585 kp mm$^{-3/2}$) a —80° C corresponde a una longitud crítica de grieta de 550 milímetros a 20 kp/mm².

3. Acero al CMn templado y revenido:

$K_c = 220$ MN m$^{-3/2}$ (710 kp/mm$^{3/2}$) a —60° C corresponde a una longitud crítica de grieta de 800 milímetros a 20 kp/mm².

Datos para la detención de grietas para otros aceros similares indican que los datos de la resistencia dinámica contra fractura para estos materiales son:

Acero de grano fino, tratado con niobio y normalizado:

$K_a = 60$ MN m$^{-3/2}$ (195 kp mm$^{-3/2}$) corresponde a una longitud de detención de grieta de 60 mm a 20 kp/mm² a (—80°).

Calidad A (valor aprox.):

$K_a = 30$ MN m$^{-3/2}$ (95 kp/mm$^{3/2}$) corresponde a una longitud de detención de grieta de 20 mm. a 20 kp/mm² a —60° C.

El primero de estos materiales tiene una longitud crítica que garantiza que las grietas iniciadas en la región de altas tensiones residuales de una soldadura, son detenidas cuando al crecer rebasan o salen de la zona afectada por el calor. La comparación de detención de grietas entre acero de alta tensión y aceros dulces debe de hacerse a diferentes niveles de tensión para cada uno de estos dos tipos de acero. Además, el espesor equivalente de chapa de acero de alta tensión es $K \times$ espesor de acero dulce. Si un acero tiene y = 36 kp/mm² y u = 50-60 kp/mm², entonces el factor es 0.77 y el nivel de tensión es

$$\frac{\sigma \text{ acero dulce}}{0{,}77}$$

Si se hace una comparación entre el grado A y el grado AH por medio de la prueba Charpy, se encuentra que el valor de 2.8 kpm está entre + 20 y 0° C para el grado A, mientras que el AH, de acero fino tratado con niobio y normalizado, tendrá un valor de 2.8 kpm de energía en la prueba de Charpy, entre —40 y —60° C.

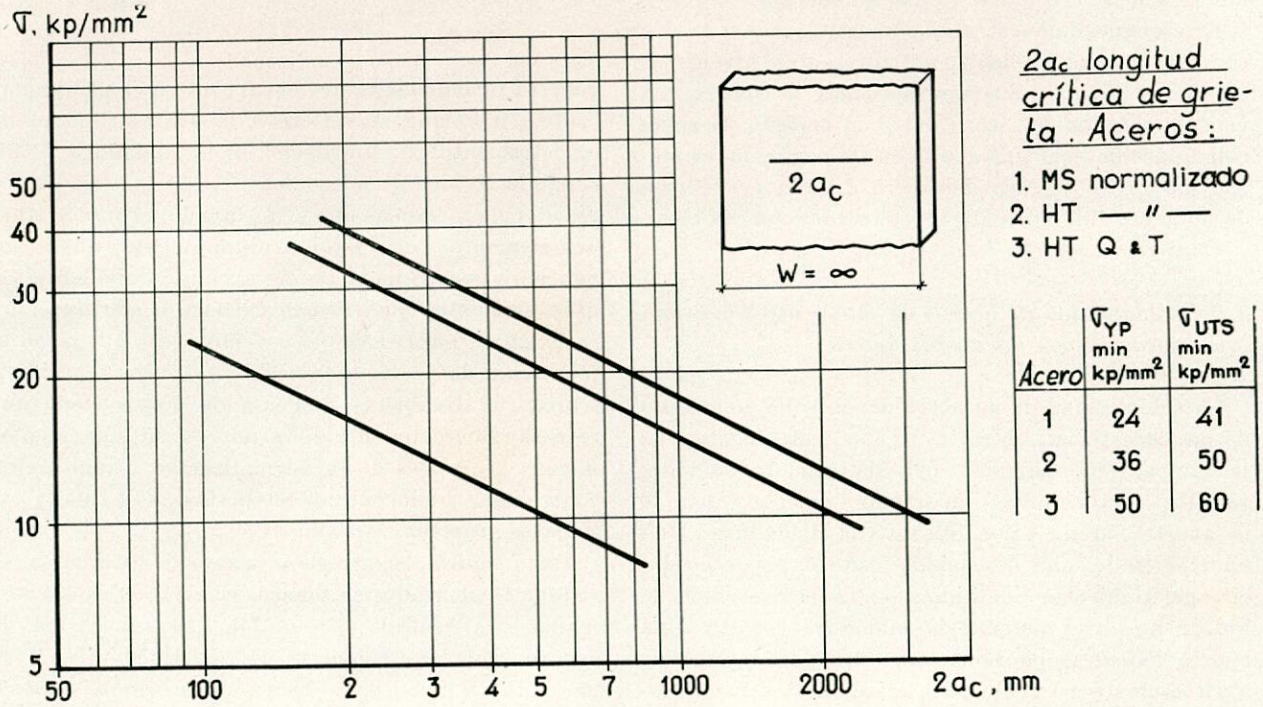


Diagrama 1

El acero dulce grado A no puede considerarse como capaz de detener grietas a temperaturas de trabajo por debajo de 0º C. Si el espesor supera los 25 mm., se necesita por lo menos el grado D y, por lo tanto, la comparación debe hacerse entre el grado D y el acero de alta resistencia, en lo que se refiere a la detención de grietas.

Los valores Charpy para estos dos tipos de acero son:

GRADO D		ACERO DE ALTA RESISTENCIA GRADO AH	
º C	Energía	º C	Energía
+ 20	7,9	+ 20	8,7
± 0	5,2	± 0	8,3
± 20	3,1	— 20	4,6
— 40	0,5	— 40	3,2
— 50		— 50	2,3
— 60		— 60	1,5

En lo que se refiere a la detención de grietas en espesores de 25 mm., aunque ambos materiales están normalizados, la temperatura difiere a los niveles de tensión elegidos en 18 kp/mm² para el grado D y en 23.4 kp/mm² para el acero de alta resistencia, en aproximadamente 20º C en favor del acero de alta resistencia. Si se hiciera la corrección del espesor, se obtendría además una diferencia de aprox. 5º en favor del acero de alta resistencia. En total hay una diferencia de aprox. 25º C.

En esta comparación se ha elegido una muestra de acero de alta resistencia de baja energía, y una muestra de acero dulce de mayor energía.

El ejemplo demuestra claramente que aunque la comparación se ha hecho en diferentes niveles de tensión, y para los mismos espesores, lo cual es una ventaja a favor del acero dulce, el margen de seguridad para detener una grieta en propagación, es mucho mayor en el caso del acero de alta resistencia de un acero fino normalizado y tratado con niobio.

2.2. *Soldabilidad de aceros de alta tensión en comparación con los aceros dulces.*

La soldabilidad de un acero depende no solamente de las características metalúrgicas y del espesor de la chapa, sino también del sistema de soldadura. Un factor muy importante es por ejemplo la aportación de calor durante la soldadura. Una aportación de calor demasiado pequeña puede producir agrietamientos por hidrógeno, si el contenido de hidrógeno en el sistema de soldadura es alto. Una aportación de calor demasiado alta puede producir agrietamiento por calor, o perjudicar las propiedades mecánicas en las zonas afectadas por el calor.

Cuando se estudian los problemas de soldabilidad de un acero moderno de alta resistencia, deben considerarse los siguientes factores:

1. Resistencia contra *agrietamiento por hidrógeno.*
2. Resistencia contra *agrietamiento por calor.*
3. *Propiedades mecánicas* estables en la zona afectada por el calor.
4. Resistencia al *desgarramiento lamelar* o buenas propiedades de tenacidad en la dirección del espesor de la chapa.

El problema de la corrosión en relación con la soldadura, no será considerado en este estudio, ya que tratándose de corrosión, no existen diferencias generales entre los aceros de alta resistencia y los aceros dulces.

2.21. *Agrietamiento por hidrógeno.*

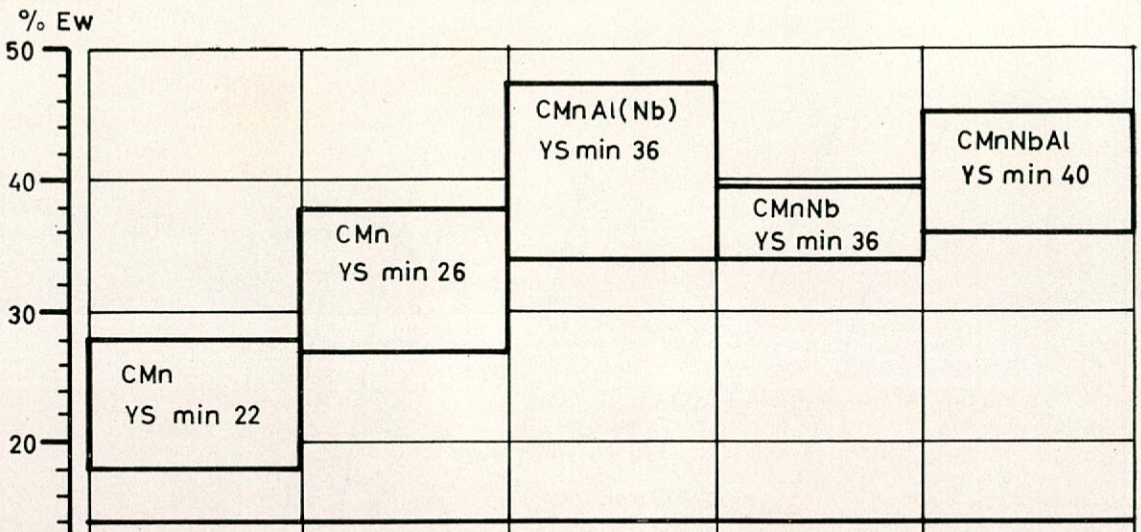
Hay varios métodos de aumentar la resistencia de un acero. Un método usado anteriormente consiste en añadir aleaciones tales como *Cr, Mo* y *Ni.* Un aumento del contenido de carbono lleva consigo un aumento de perlita en la estructura. Estos dos métodos mencionados tienen desgraciadamente el defecto que disminuyen la resistencia contra agrietamiento por hidrógeno, y por este motivo, la cantidad de elementos de aleación suele estar limitada por la fórmula de elementos de aleación que sigue:

$$Ew = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15$$

En esta fórmula se ve que el carbono es el más importante, en lo que se refiere a la susceptibilidad de agrietamiento por hidrógeno en la soldadura. Utilizando la técnica de microaleación se consigue mayor resistencia y además una afinación del grano. Se añaden elementos como nioblio, aluminio, etc., que influyen muy poco o nada en el carbono equivalente. Se usan elementos que forman carburo o nitruros muy resistentes, para poder aprovechar la ventaja de la formación de precipitaciones de carburos o carbonitruros fuy finamente dispersados. Estos elementos retrasan el crecimiento del grano durante el calentamiento y después de la normalización o laminación controlada, producen una estructura muy fina, y excelentes propiedades al impacto.

En la figura 3 se muestran aceros de diferentes resistencias utilizados en Suecia. El acero OX 525, normalizado y tratado con nioblio, se suministra de acuerdo con las exigencias de LREH 36 y NVE 36 para aceros navales, es decir, con un límite elástico de 36 mín. y resistencia a la rotura de 50-62 kg/milí-

$$Ew = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15} \quad (\%)$$



	SIS 1312	Grade A	DIN St 52-3	Fine grain steel LREH 36	Fine grain steel LREH 40
UTS kp/mm^2	37 - 45	41 - 50	52 - 62	50 - 62	54 - 64
KV kpm/°C	-	-	3,5/-20	7,1/-10	7,4/-10
C % max	.20	.17	.22	.18	.20
P % max	.06	.05	.045	.04	.04
S % max	.05	.05	.045	.04	.04
Others	-	-	Al or Nb	Nb	NbAl

Fig. 3.—Valores E_w para distintos tipos de acero.

metro cuadrado. El acero tiene un E_w de 0,41% máx.

Otro sistema para aumentar la resistencia del acero es el método moderno de templado y revenido para chapas fabricadas con un acero que ha sido desulfurizado y tratado en un desgasificador por vacío para conseguir un acero con pocas inclusiones. Los aceros fabricados por este sistema de templado y revenido con bajas proporciones de elementos de aleación, tienen unos niveles de resistencia muy altos, en comparación con los aceros de baja aleación. En las figuras 4 y 5 se muestran los diagramas CCT (Continuos cooling transformation: transformación por enfriamiento continuo) para dos aceros; uno de ellos de baja aleción, y el otro templado y revenido. Estos dos aceros tienen aproximadamente el mismo nivel de resistencia, pero se ve que el acero Q&T (Quenched and tempered = templado y revenido) tiene una templabilidad menor que los aceros de baja aleación.

El tiempo crítico de enfriamiento durante la soldadura es 1,8 segundos para el acero Q&T y 11,5 para los aceros de baja aleación, cuando se enfrían desde 800 a 500°, siendo la temperatura punta 1.350 grados centígrados, es decir, cerca de la temperatura de fusión. El agrietamiento por hidrógeno es debido a la presencia de micro-estructuras sensibles al hidrógeno, por lo que la susceptibilidad a este tipo de agrietamietno es mucho más baja en los aceros Q&T que los aceros de baja aleación.

La fórmula Ew anteriormente mencionada es un procedimiento para expresar las condiciones de soldadura de un acero referente al peligro de agrietamiento por hidrógeno, que se induce en la zona afectada por el calor. Sin embargo, esta fórmula debe emplearse únicamente para aceros microaleados en condiciones de laminación controlada y normalizada. Recientemente se ha desarrollado otra fórmula para aceros de baja aleación y aceros Q&T, el denominado "cracking parameter", o sea, el parámetro de agrietamiento

$$Pc = C + Si/30 + (Mn + Cu + Cr)/20 + Ni/60 + Mo/15 + V/10 + 5\,B + t/600 + H_2/60$$

Esta fórmula es más complicada que la fórmula *Ew*, ya que tiene en consideración un mayor número de elementos, y además también el espesor de la chapa (mm.) y el contenido de hidrógeno (ml. hidrógeno difusible /100 g. metal de aportación).

Como se ve, de la figura núm. 6, esta fórmula muestra que el acero de grano fino, tratado con niobio equivalente a *LREH* 36 y *NVE* 36, da unos valores *Pc* situados en la misma zona que los correspondientes al grado A. De aquí se puede sacar la conclusión de que la soldabilidad de ciertos aceros de alta resistencia no es más complicada que la soldabilidad de aceros de grado *A*, en lo que se refiere a la seguridad contra agrietamiento por hidrógeno en la zona afectada por el calor. Sin embargo, la soldadura de aceros de alta resistencia da origen a mayores esfuerzos de soldadura en la estructura, y por

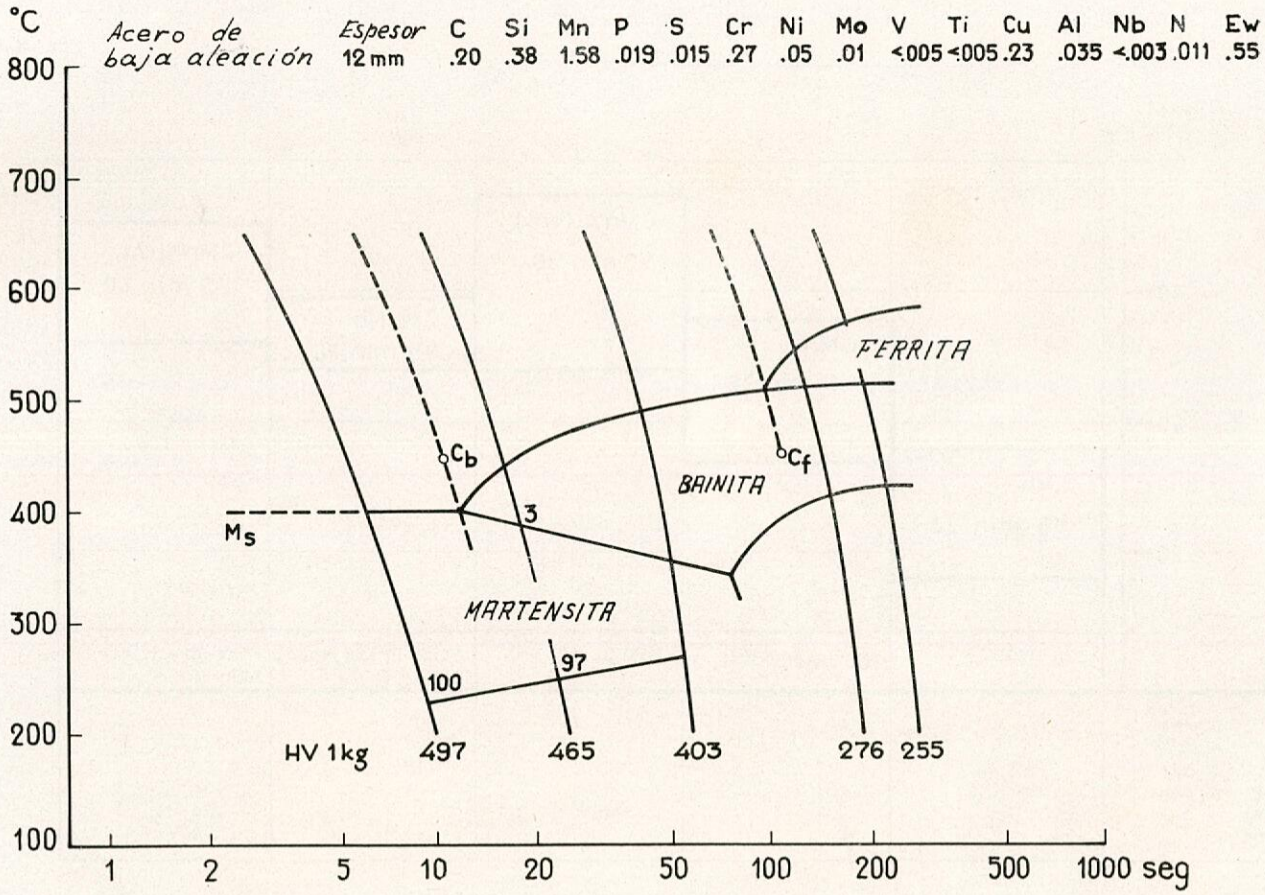


Fig. 4.—Diagrama CCT para acero de baja aleación (Temperatura máxima, 1350° C)

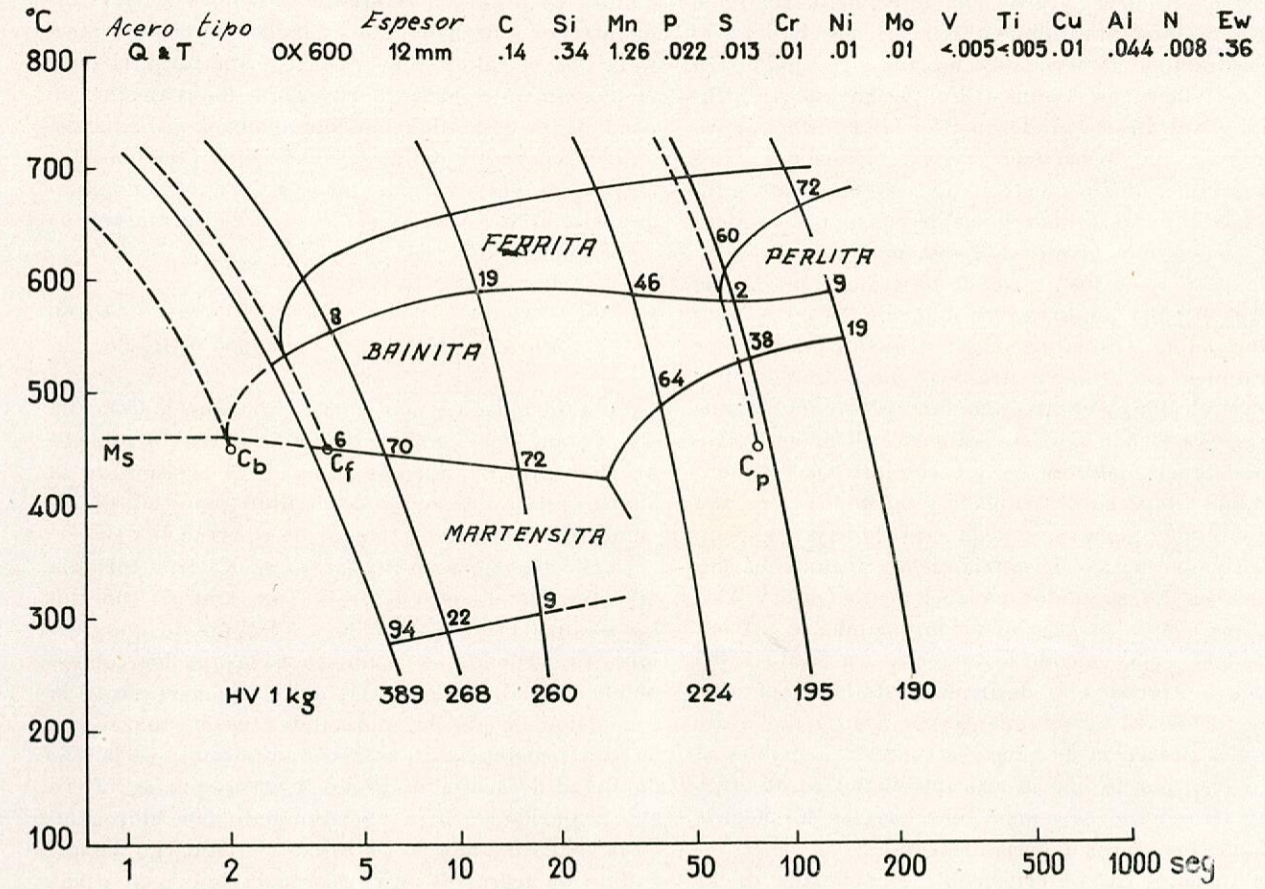


Fig. 5.—Diagrama CCT para el OX600 templado y revenido (Temperatura máxima, 1.350° C)

$$Pc = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn + Cu + Cr}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5\,B + \frac{t}{600} + \frac{H_2}{60}$$

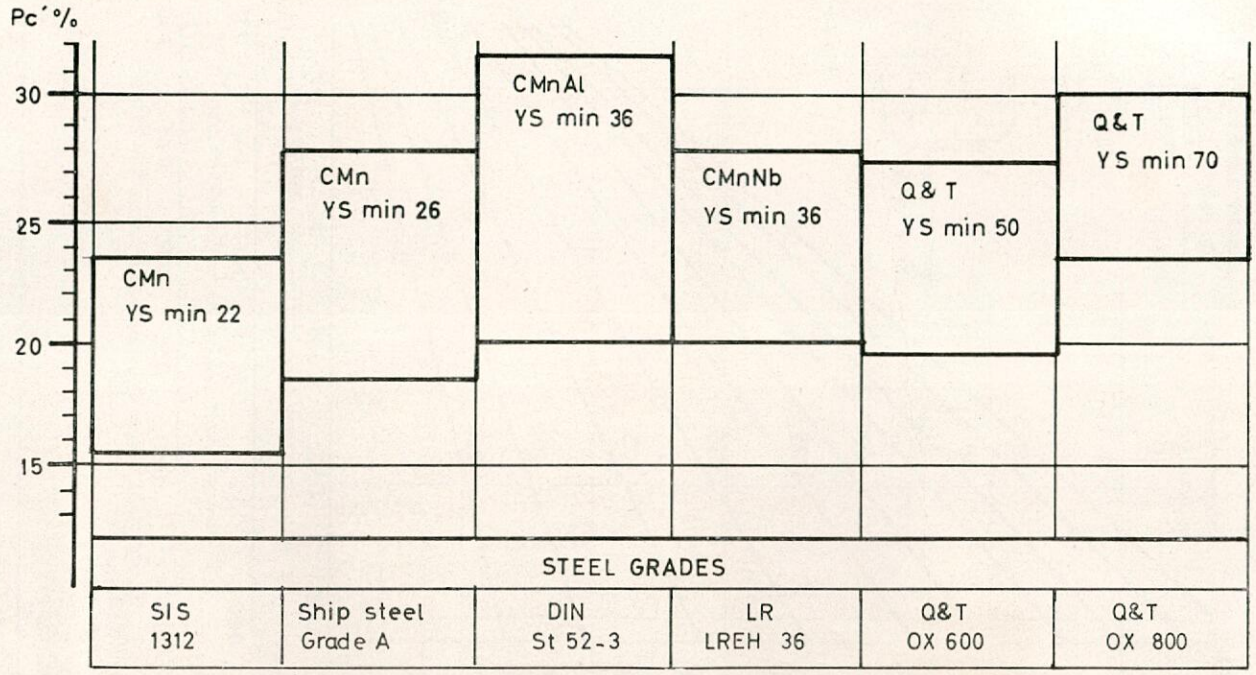


Fig. 6.—Valores de Pc para diferentes tipos de acero, excluidos t y H_n (= Pc).

lo tanto, desde el punto de vista de la mecánica de las fracturas, debe tomarse más consideración al soldar estos aceros de alta resistencia, a menos de que el acero de alta resistencia tenga propiedades suficientes para detener grietas en los niveles actuales de tensión y temperatura. Sin embargo, también es conveniente emplear un sistema de soldadura para disminuir el peligro de iniciación de fractura frágil en la zona afectada por el calor. Por lo tanto, es necesario elegir cuidadosamente el material de aportación, tal como *AWS Class E* 7015, *EE* 7016 ó *E* 7018 para soldadura manual y también almacenarlo con las debidas precauciones. También puede usarse el sistema MAG o el sistema de arco sumergido que producen bajos contenidos de hidrógeno en el material de aportación, y mayor aportación de calor que en los electrodos revestidos para la soldadura manual. En la figura 7 se muestra un ejemplo de elección de los parámetros correctos de soldadura para diferentes tipos de aceros BS (Metal Construction and British Welding Journal ,pág. 4424, 1970).

Se ve que deben elegirse valores de enfriamiento más bajos, cuando se suelde con electrodos normales de rutilo que con electrodos de bajo contenido en hidrógeno o soldadura automática. Por lo tanto deben elegirse electrodos de alta aportación de calor.

2.22. *Agrietamiento por calor.*

Los aceros Q&T desarrollados recientemente, tienen bajo contenido de azufre y están desgasificados, lo que quiere decir, que el contenido de inclusiones no metálicas se reducen considerablemente en comparación con aceros dulces. Esto reduce el riesgo de desgarramiento por calor y quemado en la zona afectada por el calor. También disminuye el peligro de grietas longitudinales centrales en el metal aportado cuando se suelda con arco sumergido, ya que los contenidos de carbono y azufre son muy bajos.

Los aceros de alta resistencia tratados con niobio y normalizados tienen un contenido de azufre menor de 0.04 por 100 y el carbono máx. es 0.18 por 100. Se ha podido comprobar que este acero no tiene más riesgos de agrietamiento por calor que el acero dulce en general.

2.23. *Propiedades mecánicas en la zona afectada por el calor.*

En muchos casos se necesitan valores altos de aportación de calor por motivos económicos. Algunos de estos procesos, como por ejemplo la soldadura electrogas, soldadura electro-escoria y soldadura en arco sumergido por un lado, pueden producirse un grado de enfriamiento después de la soldadura bastante lento, cuando se utilizan altas aportaciones de calor. Esto lleva consigo un cierto crecimiento del grano en el metal aportado y en la zona afectada por el calor, y por lo tanto, una disminución de las propiedades al impacto en ambos lados de la línea de fusión. Cuando se necesiten altos valores con impacto o baja temperatura de transición, es decir, cuando las sociedades de clasificación tienen exigencias sobre la resistencia al impacto y sobre la tem-

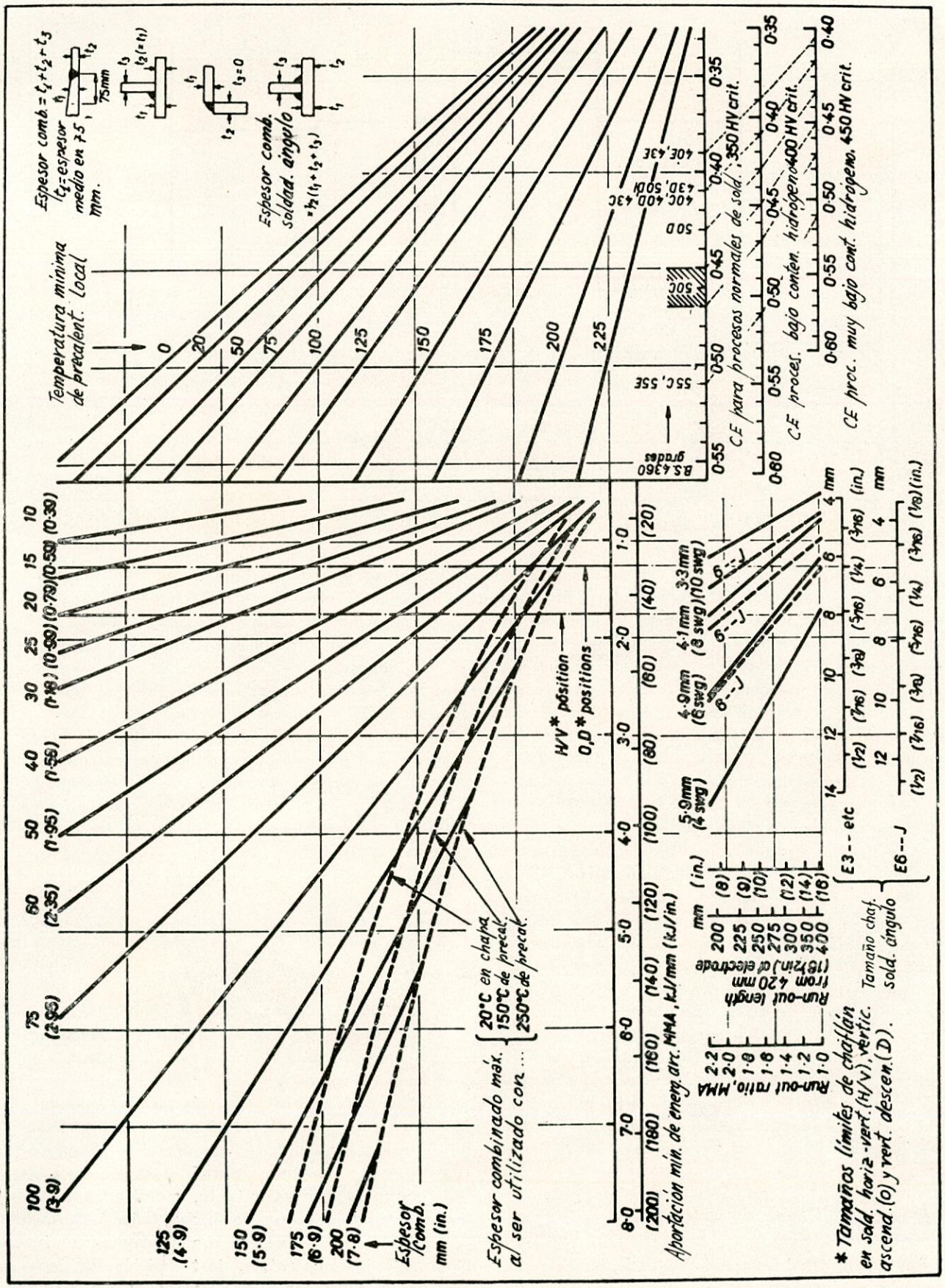

Espesor comb. = t1+t2+t3
t2 = espesor medio en 75 mm.
Espesor comb. soldad. angulo = ½(t1+t2+t3)
Temperatura mínima de precalent. local
0
20
50
75
100
125
150
175
200
225
Espesor /Comb. mm (in.)
Espesor combinado máx. al ser utilizado con ...
20°C en chapa
150°C de precal.
250°C de precal.
H/V* position
O,D* positions
Aportación mín. de energ. arc. MMA, kJ/mm (kJ/in.)
Run-out ratio, MMA
Run-out length from 420 mm (16½in.) of electrode
Tamaño chaf. sold. ángulo
E3 -- etc
E6 --J
B.S. 4360 grades
55C, 55E
50C
50D
40C, 40D, 43C
43D, 50D
40E, 43E
C.E para procesos normales de sold. 350 HV crit.
C.E proces. bajo conten. hidrógeno 400 HV crit.
C.E proc. muy bajo cont. hidrógeno, 450 HV crit.
* Tamaños límites de chaflán en sold. horiz.-vert. (H/V), vertic. ascend. (O) y vert. descen. (D).

Fig. 7

peratura de transición, se necesita soldar con más de un cordón.

En la figura 8 se muestran las curvas de transición para la zona afectada por el calor en la soldadura de acero de alta resistencia, tratado con niobio, después de haberse soldado únicamente por un lado, espesor 25 mm., aportación de calor 105 kJ/cm., comparada con la soldadura en dos pasadas, aportación de calor 65 kJ/cm. La comparación muestra que la temperatura correspondiente a 35 ftlbs (pies/libra) cambia de —15 a 35° C para la soldadura de menor aportación de calor. Por lo tanto, la temperatura de transición descenderá cuando se suelde con menor aportación de calor.

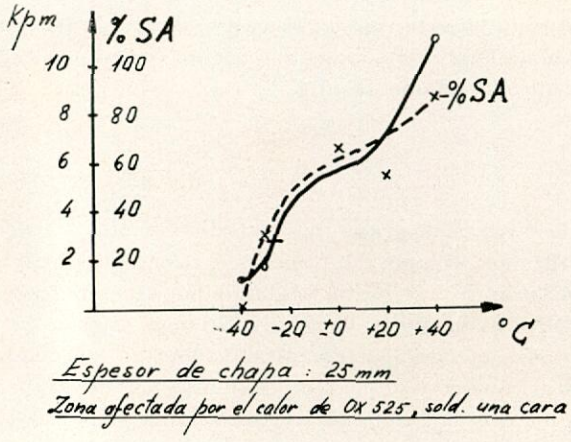


Fig. 8

Los aceros de alta resistencia anteriormente mencionados, con bajo contenido de aleaciones, tienen una excelente tenacidad en su estado de normalizado o templado o revenido. La soldabilidad de este acero es igual o mejor de la del acero dulce, pero si se tiene en cuenta que las tensiones en la estructura serán más altas cuando se use aceros de alta resistencia, y que a menudo también se exigen mayor resistencia contra impacto en el material aportado y en la zona afectada por el calor, el resultado es que estos aceros de alta resistencia deben de ser soldados de forma que las excelentes propiedades del acero o material base no sean perjudicadas por el proceso de soldadura.

2.24. *Desgarramiento lamelar.*

El desgarramiento lamelar es un problema de agrietamiento que se presenta en soldadura en ángulo en espesores superiores a 25 mm. Este problema no está relacionado especialmente con el acero de alta resistencia, pero como este acero trabaja a tensiones más altas, resulta que la posibilidad de este tipo de grietas puede ser afectada por un aumento del nivel de tensiones.

Teniendo en cuenta que la fabricación de chapa de acero se hace en laminadoras, resulta que se produce una anisotropía en las propiedades de la chapa gruesa. Por eso, las propiedades plásticas en la dirección del espesor no alcanzan los mismos valores como en las direcciones longitudinales y transversales. Además, la cantidad y distribución de inclusiones no metálicas tienen influencia en la resistencia y ductibilidad en la dirección del espesor. El acero fabricado en colada continua tiene mejores propiedades contra el desgarramiento lamelar que el acero fundido en lingotes. Esto se explica por las inclusiones no metálicas que se dispersan en tamaños muy finos y que se producen por una solidificación rápida.

Para evitar estos problemas en tanto como sea posible, se recomienda el efectuar desulfuración y desgasificación de los aceros de alta resistencia. Esto es también una ventaja para obtener mejor resistencia a la fractura frágil o tenacidad. Este tratamiento está incorporado en la producción de los aceros templados y revenidos antes mencionados. Los aceros que se vayan a utilizar para plataformas de perforación y para construcciones pesadas, y que no han sido templados y revenidos durante su fabricación, pueden ser sometidos a este tratamiento antes del suministro.

Sin embargo, hay también otros factores además de la limpieza del acero que pueden afectar el riesgo de desgarramiento lamelar. Las medidas de limpieza mencionadas pueden únicamente reducir el riesgo de desgarramiento lamelar hasta un límite aceptable. Es necesario también una elección correcta del sistema de soldadura, del material de aportación de baja resistencia, del tipo de junta, técnica de preparación de la chapa, precalentamiento, etc., todo lo cual puede mejorar las propiedades mecánicas.

2.3. *El significado de las grietas por fatiga.*

Las grietas por fatiga pueden probablemente ocurrir en detalles que tengan entallas o irregularidades debido al proyecto o entallas que aparezcan en la construcción. En las zonas de un buque donde se utiliza acero de alta resistencia con más frecuencia, el tipo de fatiga que se produce es de baja frecuencia, debido al movimiento del buque en el mar y a las tensiones en aguas tranquilas. Para soldar a tope en general, el acero de alta resistencia muestra sus ventajas por debajo de 106 ciclos de fatiga. En soldadura en ángulo y debdo a un mayor efecto de entalla, aparecen una divergencia entre los materiales por debajo de 105 ciclos, según Frost .

Sin embargo, si se utilizan materiales con propiedades de detención de grietas no ocurrirá ningún fallo catastrófico.

La iniciación estática de una rotura frágil no ocurrirá con un acero de alta resistencia normalizado y tratado con niobio, como se menciona antes, aunque exista una grieta de 500 mm. a —80° si el nivel de tensión es igual o menor de 20 kp/mm². Además se ha podido observar que una grieta en estado de pro-

pagación se detiene a —20° C, aun cuando la tensión nominal es 23.4 kp/mm².

Se puede por lo tanto afirmar que pueden aparecer grietas de fatiga muy largas en estos aceros antes de que se alcance el estado de iniciación crítica, pero que siempre cabrá la posibilidad de detener la propagación de estas grietas.

Experiencias en Suecia con aceros de grano fino, tratados con niobio y normalizados.

En una publicación anterior (2), se trató de experiencias suecas en la utilización de aceros de grano fino, tratados con niobio, completamente calmados y normalizados, con un límite elástico de 36 kp/mm², y una resistencia a la rotura de 50-60 kp/mm², y con un bajo contenido de carbono equivalente ($\leqslant$ 0.41) en construcciones de buques. Todos los grados de acero AH, DH y EH son fabricados de la misma manera, diferenciándose sólo en las exigencias de los ensayos o pruebas.

Hasta ahora grandes buques totalizando aproximadamente 10 millones t. p. m. han sido construidos, o están siendo construidos, utilizando este tipo de acero en cubiertas, fondos y longitudinales, es decir, en las partes que llevan la carga del buque, y donde es más económica esta utilización.

Los grandes almacenes de petróleo en Bantry Bay en Irlanda se construyeron en 1968 utilizando un acero similar con una resistencia a la rotura de 52 kp/mm² en las partes inferiores de los tanques de petróleo, con el fin de reducir el espesor del material.

Otro ejemplo de construcción moderna son los buques de transporte de mineral y petróleo de 220.000 t. p. m., que están actualmente en preparación en los Astilleros de Arendal en Gotemburgo. Estos buques serán construidos con acero tratado al niobio, y normalizado, con un límite elástico de 36 kp/mm² en fondo y longitudinales, y con acero con límites de elasticidad de 40 kp/mm² en la cubierta, con el fin de conseguir menores espesores. Estos buques se construirán de acuerdo con el Lloyd's Register of Shipping, y tendrán un peso total de acero de 30.000 toneladas, de las cuales un 43 por 100 es de acero de alta resistencia. La relación L/D es tal que las propiedades del acero de alta resistencia pueden aprovecharse al máximo de acuerdo con el reglamento de la sociedad de clasificación. El acero con un límite elástico de 40 kp/mm², tiene un mayor carbono equivalente, $E_W \leqslant 0.454$, según la fórmula de LR:

$$E_w = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Mo + V + Cr}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

La utilización de estos dos aceros produce una disminución del peso de acero de aproximadamente 11 por 100. La mayoría de los astilleros suecos que construyen buques grandes utilizan estos aceros de alta resistencia de grano fino, tratados con niobio y normalizados, en las cubiertas, fondos y longitudinales, como material standard.

Otro ejemplo es la construcción de dos buques para armadores suecos en astilleros yugoslavos. Se trata de buques para el transporte de mineral y petróleo de 265.000 t. p. m. Se están construyendo actualmente de acuerdo con las normas del Det Norske Veritas. Tienen un peso total de acero de aproximadamente 40.000 toneladas, que se compone de 29.100 toneladas de chapa, de las cuales 6.700 toneladas son de acero de alta resistencia, normalizado y tratado con niobio. El resto, o sea, 10.900 toneladas, es de perfiles, de las cuales 2.400 toneladas son de acero de alta resistencia. La utilización de acero de alta resistencia en este caso produce un ahorro de peso de 8 por 100 aproximadamente, para un coeficiente L/D de aproximadamente 11,4.

Resumen

Los aceros de grano fino tratados con niobio y normalizados, con alta tenacidad o resistencia, contra fracturas, y con buena soldabilidad, ofrecen posibilidades económicas, y un diseño más seguro para grandes buques. El tamaño creciente de los buques lleva consigo el que las posibilidades de trabajo de los aceros dulces se acerquen a sus límites. Para reducir el peso y también para construir más seguro, teniendo en cuenta el peligro de iniciación y propagación de grietas, se han desarrollado nuevos tipos de aceros con una mayor tenacidad, utilizando la técnica de la microaleación, y tratamientos térmicos tales como normalización y templado y revenido ("quenching and tempering"), obteniendo límites de elasticidad de 36 y 40 kp/mm², 50 y 70 kp/mm². Comparado con aceros dulces, estos nuevos tipos de acero son mejores desde el punto de vista de la soldabilidad, debido al carbono equivalente. La exigencia de alta resistencia y tenacidad en la soldadura requiere métodos de soldadura de bajo hidrógeno. Las experiencias obtenidas con acero de límite de elasticidad de 36 y 40 kp/mm² en la construcción de supertanques, han demostrado las siguientes ventajas:

a) Aumento de peso muerto manteniendo las mismas dimensiones.

b) O, alternativamente, el mismo peso muerto con dimensiones menores.

c) Esto representa un aumento de velocidad del buque con la misma potencia de máquina, o alternativamente, maquinaria más económica, y menor consumo de combustible para la misma velocidad.

d) Disminución del espesor de la chapa, obteniéndose mejores condiciones de trabajo.

e) Aumento de las velocidades de soldeo y de corte.

f) Menor peso, es decir, pueden construirse mayores secciones con la misma capacidad de grúas.

g) La chapa más delgada reduce el riesgo de fractura frágil.

h) Los equipos sobre cubierta tales como mástiles, escotillas, cierres de escotillas, pueden hacerse más ligeros, lo que aumenta la estabilidad del buque.

Estos aceros pueden sustituir también a otros tipos de acero de peor soldabilidad que se han utilizado para los buques rápidos, plataformas de perforación, y tanques de almacenaje de petróleo.

5. *Reconocimiento.*

El autor desea agradecer a los señores A. Berglie y R. Bergstrand, de los Astilleros de Arendal, Gotemburgo, señor D. E. Thelander, del departamento de Astilleros de Gränges, y el señor D. E. Friis, de las acerías de Gränges Oxelösund, por su generosa contribución en esta publicación, por medio de sus aportaciones de datos, discusiones y críticas.

BIBLIOGRAFIA

1. W. B. Bedesem, J. S. Clarke: "Prevención contra fracturas frágiles catastróficas en depósitos de presión de paredes gruesas". ASME 68-PVP-4.
2. G. Kullberg: "La utilización de acero de alta resistencia en la construcción naval, materiales, soldadura, proyecto y economía". Publicación para la comisión de estructuras de buques, Washington, 1967.
3. La asociación de astilleros suecos: "Estudio de la utilización de acero de alta resistencia en la construcción naval", por astilleros suecos y acerías suecas, 1966-68.
4. H. Wintermark: "Acero de construcciones modernas". Congreso Nórdico de soldadura en Helsinki, 3-VI-1970.
5. G. Kullberg: "Metalurgia del acero-soldabilidad. Tendencias modernas". Sveise teknikk, No. 5.
6. G. M. Boyd: "La selección de un criterio de energía en el ensayo Charpy". IIW com IX-552-67.
7. E. Steneroth: "Puntos de vista sobre la utilización de acero de alta resistencia en la construcción naval". Conferencia en las acerías de Oxelösund, 24-IV-1970.
8. El Instituto de Soldadura: "Soldabilidad de aceros de construcción, y de los aceros para depósitos a presión". Londres, 16-19-XI-1970.

APENDICE I

Aceros templados y revenidos ("quenched and tempered") con alta tenacidad, o resistencia a fracturas, y buena soldabilidad, fabricados por el sistema de enfriamiento rápido continuo sobre rodillos ("Roller quench system").

Introducción

En vez de aumentar la resistencia de un acero, actuando sobre la resistencia de la estructura perlítica, el sistema de templado y revenido ("Quench and temper") crea una estructura totalmente diferente, definida como revenida, martensítica, bainítica y ferrítica. (figura 9).

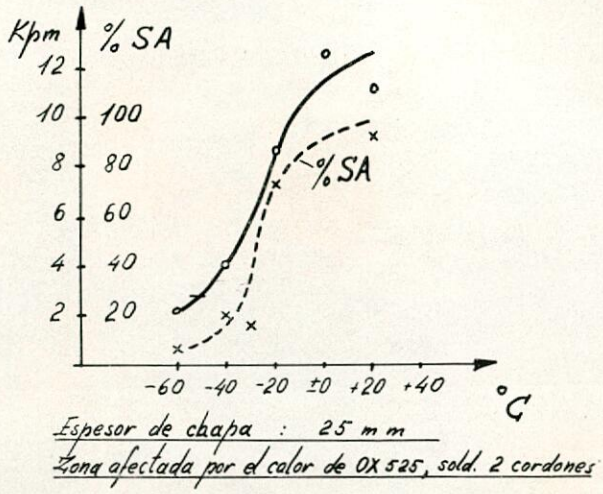


Fig. 9

Hasta hace poco tiempo, el templado se hacía sumergiendo las chapas en tanques de agua, o templando según demuestra la figura 10. Por medio de estos dos métodos se puede obtener una chapa de propiedades mecánicas relativamente buenas, pero la planicidad no es satisfactoria, debido a que la velocidad de enfriamiento es diferente en las diferentes partes de la chapa. Esta circunstancia hizo necesario el desarrollo de un sistema para producir chapas templadas bajo condiciones mejor controladas.

En el templado continuo sobre rodillos, la chapa avanza continuamente a velocidad constante (figura 11). El agua se proyecta contra la chapa a una velocidad mayor que en otros sistemas, con lo que se obtiene una velocidad de enfriamiento más uniforme, ya que la evaporación no se produce. Entre otras ventajas del sistema "roller quench", se pueden mencionar las siguientes:

— El tiempo desde que la chapa sale del horno hasta que entra en la zona de enfriamiento, o templado, es mucho más corto en este sistema que en sistemas anteriores. Por este motivo la temperatura de austenitización para ciertas temperaturas de templado es mucho más baja, por lo que se consigue un grano más fino.
— La mayor presión del agua, y la mayor cantidad de agua, produce un enfriamiento más rápido.
— En otros sistemas la chapa está en contacto con soportes que pueden rozar con la chapa durante la contracción.
  En el sistema "roller quench", este riesgo no existe.
— En el sistema "roller quench" toda la chapa es enfriada uniformemente, mientras que en sistemas anteriores pueden aparecer zonas blandas debajo de los soportes.

Figura 12 muestra una disposición de la línea de templado y revenido.

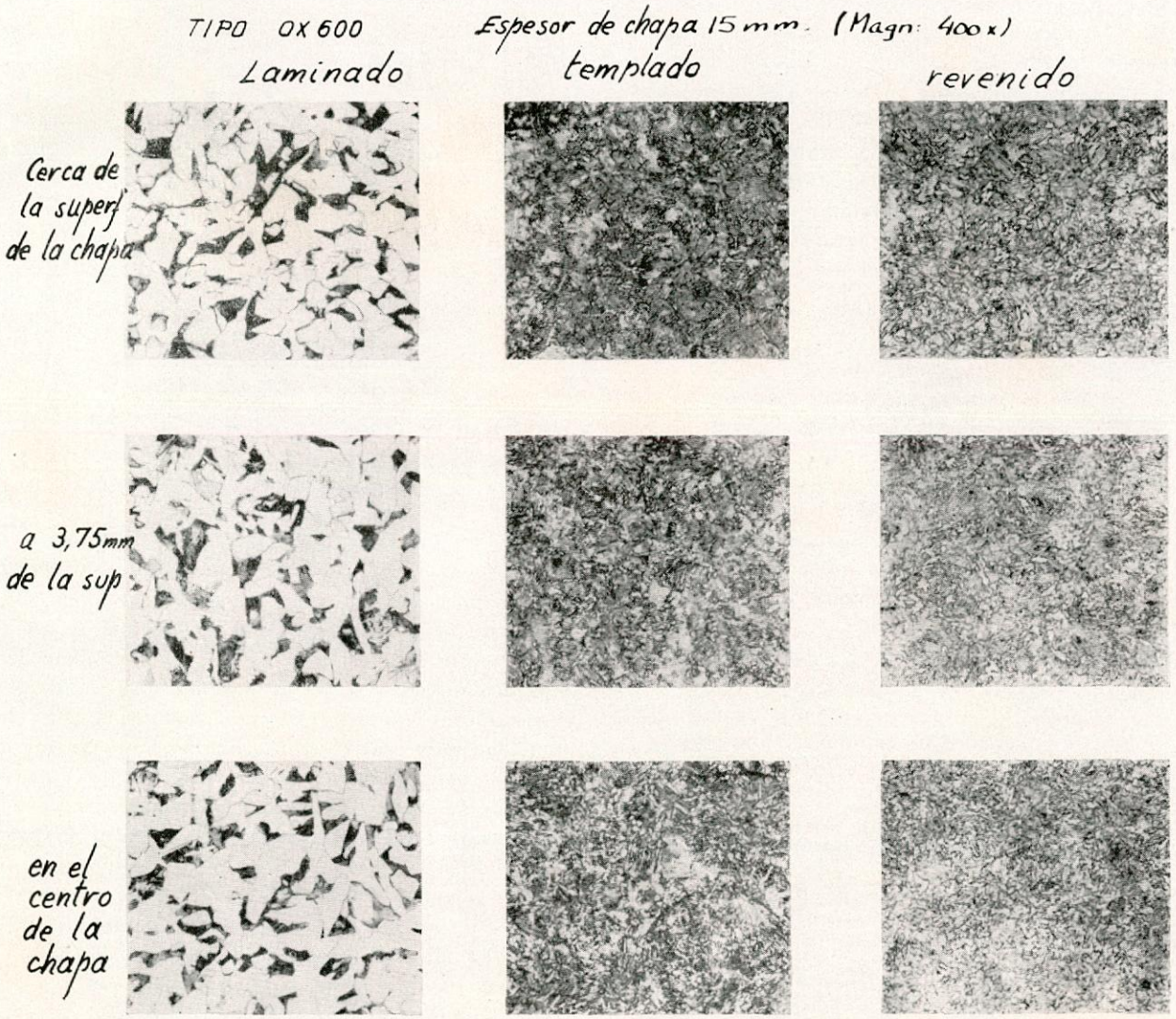


Fig. 10

Propiedades de la chapa.

Las chapas templadas por el sistema "roller quench" se caracterizan por una resistencia a la rotura más alta, en relación con la composición química, por una gran tenacidad con entallas, por una gran uniformidad, y por su gran planicidad. Debido al bajo carbono equivalente, la soldabilidad es excelente.

Con este sistema se consigue una alta velocidad de enfriamiento y por lo tanto una eficaz transmisión del calor, con lo que las propiedades de la chapa en todo su espesor son uniformes. En chapas muy gruesas, sin embargo, la velocidad de enfriamiento en el centro del espesor de la chapa está limitada debido al hecho de que la conductibilidad dentro de la chapa misma limita la transmisión del calor. Por tanto, cuando se fabrican chapas de grandes espesores, se utiliza otra composición química, pasando del acero al carbono - manganeso al acero de baja aleación, para disminuir la velocidad crítica de enfriamiento.

Esta aleación está combinada con un contenido bajo de carbono para formar una martensita no frágil. Este método se utiliza para fabricar el acero tipo A, descrito más adelante.

Otro modo de fabricar aceros templados y revenidos, es aprovechar el efecto de precipitación producido por el templado.

Las exigencias en lo que se refiere a bajo contenido de azufre y baja cantidad de inclusiones no metálicas, deben cumplirse por medio de una desulfuración y tratamiento en vacío.

Programa de acero templado y revenido.

Acero tipo A.

Este acero se fabrica en hornos tipo Kaldo, y después es tratado en un equipo ASEA-SKF. El límite elástico es de 50/kg./mm² y la resistencia a la rotura de 60-72 kg./mm². Las propiedades al impacto pueden garantizarse hasta por lo menos —40°C.

Con objeto de obtener la resistencia especificada cuando se trata de espesores grandes, se modifica la composición química, según el espesor.

La afinación del grano con aluminio tiene un efecto positivo en las propiedades al impacto.

El acero "A" está templado a aproximadamente 900° C y revenido a aproximadamente 650° C.

Acero tipo "B".

La resistencia a la rotura es de 80-95 kg./ mm².

Este acero utiliza el efecto de precipitación de temple, tanto del molibdeno como del niobio. El nivel de

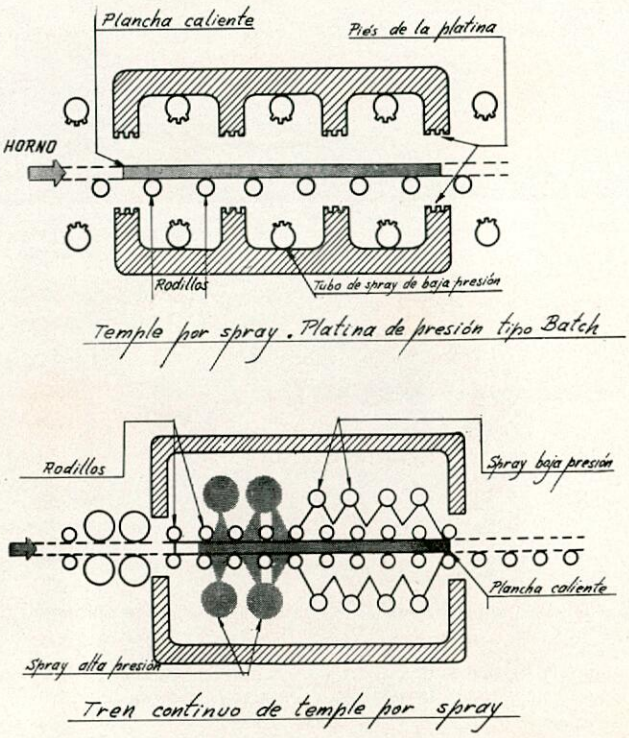


Fig. 11

resistencia es el mismo que en el bien conocido T1, pero con un carbono equivalente mucho más bajo, para obtener una soldabilidad satisfactoria. A pesar de la drástica reducción en los elementos de aleación, este acero tiene la misma resistencia y tenacidad que un acero de la clase 80 kg/mm².

Se ha podido encontrar que con adición simultánea de aproximadamente 0,03 por 100 de Nb y 0,6 por 100 de Mo, la resistencia después del templado desde 900° C y revenido a 600-650° C es mucho más alta que lo que se puede calcular con adición por separado de estos dos elementos.

El aumento de la resistencia es motivado por una precipitación que se forma durante el revenido. Los precipitados contienen (NbMo) (CN) y NbC(N), conteniendo Mo. Se añade aluminio para obtener un grano más fino.

Los aceros A y B se fabrican en hornos tipo Kaldo, y después se tratan en un equipo ASEA-SKF de desgasificación por vacío. Los dos tipos de acero se fabrican con un contenido de azufre muy bajo con objeto de obtener la tenacidad apropiada para este nivel de resistencia.

Aplicación.

Los aceros templados y revenidos tipo A y B han sido desarrollados para atender a la demanda de acero de alta resistencia para varios campos de aplicación. Entre ellos podemos mencionar especialmente:

Grandes tanques de almacenamiento de petróleo.
— Tanques LPG.
— Depósitos a presión.
— Grúas.
— Equipos para movimiento de tierras.
— Transporte.
— Construcciones en minas resistentes al desgaste.
— Partes en buques (por ejemplo cubiertas y tracas de cinta en porta-containers.
— Material para conducciones de tubería.

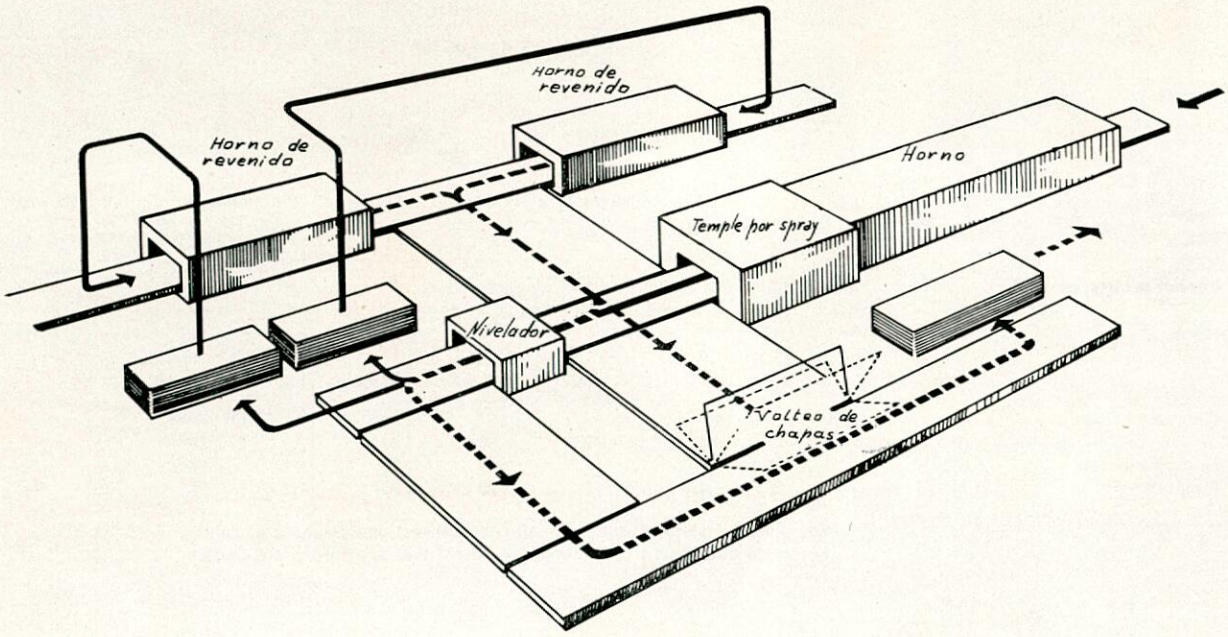


Fig. 12

ACERO "A"

Carbon content max. 0.17 %
Yield stress min. 50 kg/mm² (abt. 49 hbar, 32 tonf/in², 71 000 psi
Fully killed, quenched and tempered
Grain-refined with aluminium

Designation

GRADO B Without toughness guarantee

C With notch toughness guarantee at ±0°C (32°F)

D With notch toughness guarantee at −20°C (−4°F)

E With notch toughness guarantee at −40°C (−40°F)

Chemical composition (Ladle analysis)	C max. %	Si %	Mn max. %	P max. %	S max. %	Al abt. %
Guaranteed values	0.17	0.15–0.50	1.50	0.030	0.030	0.03

The chemical composition varies with the plate thickness in accordance with the following:

$6 \leq t \leq 20$ mm: C Mn Al steel
$20 < t \leq 30$ mm: C Mn Al steel with abt. 0.05 % V
$30 < t \leq 40$ mm: C Mn Al steel with abt. 0.05 % V, 0.1 % Cu, 0.1 % Ni, 0.05 % Cr
$40 < t \leq 50$ mm: C Mn Al steel with abt. 0.05 % V, 0.2 % Cu, 0.5 % Ni

Mechanical properties All grades	Plate thickness mm/in	Condition	Yield stress min.	Tensile strength min.	Elongation $5.65\sqrt{A}$ min.	Bend test[1] 180° Former diam. D
Guaranteed values	6–50 / 0.24.–1.97	Quenched and tempered	50 kg/mm²	60–72 kg/mm²	16 %	3 x t
			abt. 49 hbar	abt. 59–71 hbar		
			32 tonf/in²	38–46 tonf/in²		
			71 000 psi	85 000–102 000 psi		

[1]) t=plate thickness. The test refers to the bending of specimens in accordance with Swedish Standard SIS 11 26 10 (substantially equivalent to ISO/R85 – 1959).

Impact properties	Designation	Testing temperature °C	°F	Min. impact values Average of three tests t ≥ 12 mm (0.47") kgm	Nm abt.	ft lbs	t < 12 mm (0.47") kgm	Nm abt.	ft lbs
Guaranteed values	GRADO B	–	–	–	–	–	–	–	–
	C	±0	32	2.8	28	20	2.1	21	15
Charpy-V-notch	D	−20	−4	2.8	28	20	2.1	21	15
longitudinal[1])	E	−40	−40	2.8	28	20	2.1	21	15

[1]) For plate thickness t ≥ 12 mm, 10 x 10 mm test specimens are used.
For plate thickness t < 12 mm, 5 x 10 mm test specimens are used.

Steelmaking process	Kaldo and subsequent vacuum degassing. Fully killed steel.
Form of supply	Plates, quenched from approx 900°C (1650°F) and tempered at approx. 650°C (1200°F) in thicknesses from 6 mm (1/4") up to and incl. 50 mm (2"). Max. plate width 3300 mm (130"). Max plate length 15 m (49'3").
Applications	Bridges, tanks, houses, cranes, machines etc., where the strength of the steel permits a reduction of the plate thickness.
Tests	Unless other agreements have been made, the selection of tensile test pieces shall be carried out as per Swedish Standard SIS 11 01 20. Impact test samples for grades OX 602 C, D and E shall be selected according to Swedish Standard 11 01 51. Two plates per thickness range (breakdown as per above SIS Standards) and cast are tested. The test pieces are taken longitudinally from the bottom end of the plate.
Stress-relieving	When stress-relieving is considered necessary the following temperatures and holding times should be used: Temperature: 550–600°C (1020–1110°F) Holding time: 2 minutes/mm but not less than 30 minutes. In stress-relieving requiring long holding time we recommend a max. temperature of 580°C (1080°F).
Welding	Steel OX 602 can be subjected to the same type of workshop welding as ordinary structural steels with corresponding contents of carbon, silicon and manganese. We recommend basic electrodes only. The steel can normally be welded without pre-heating. However, pre-heating may be required under difficult conditions or in humid weather. 100–150°C (200–300°F) is a suitable pre-heating temperature range. The steel can readily be welded to other weldable steels.

ACERO "B"

Carbon content max. 0.16 %
Yield stress min. 70 kg/mm² (abt. 69 hbar, 44 tonf/in², 100 000 psi)
Fully killed, quenched and tempered
Grain-refined with niobium

Designation

GRADO

B Without toughness guarantee

C *With notch toughness guarantee at ±0°C (32°F)*

D With notch toughness guarantee at −20°C (−4°F)

E With notch toughness guarantee at −40°C (−40°F)

Chemical composition (Ladle analysis)	C max. %	Si %	Mn %	P max. %	S max. %	Cu abt. %	Mo abt. %	Nb abt. %	B max. %
Guaranteed values	0.16	0.15–0.50	1.00–1.50	0.025	0.025	0.2	0.5	0.04	0.005

Mechanical properties	Plate thickness mm/in	Condition	Yield stress min.	Tensile strength min.	Elongation $5.65\sqrt{A}$ min.	Bend test[1] 180° Former diam. D
All grades						
Guaranteed values	6–40/ 0.24–1.57	Quenched and tempered	70 kg/mm²	80–95 kg/mm²	15 %	3 x t [2]
			abt. 69 hbar	abt. 78–93 hbar		
			44 tonf/in²	51–60 tonf/in²		
			100 000 psi	114 000–135 000 psi		

[1] t=plate thickness. The test refers to the bending of specimens in accordance with Swedish Standard SIS 11 26 10 (substantially equivalent to ISO/R 85 – 1959).
[2] For plate thickness $30 < t \leq 40$ mm the former diameter D shall be 4 x t.

Impact properties	Designation	Testing temperature °C	°F	Min. impact values Average of three tests $t \geq 12$ mm (0.47") kgm	Nm abt.	ft lbs	$t < 12$ mm (0.47") kgm	Nm abt.	ft lbs
Guaranteed values	GRADO B	–	–	–	–	–	–	–	–
	C	±0	32	2.8	28	20	2.1	21	15
Charpy-V-notch longitudinal[1]	D	−20	−4	2.8	28	20	2.1	21	15
	E	−40	−40	2.8	28	20	2.1	21	15

[1] For plate thickness $t \geq 12$ mm, 10 x 10 mm test specimens are used.
For plate thickness $t < 12$ mm, 5 x 10 mm test specimens are used.

Steelmaking process	Kaldo and subsequent vacuum degassing. Fully killed steel.
Form of supply	Plates, quenched from approx. 900°C (1650°F) and tempered at approx. 650°C (1200°F) in thickness from 6 mm (1/4") up to and incl. 40 mm (1 9/16"). Max. plate width 3300 mm (130"). Max. plate length 15 m (49'3").
Applications	Pressure vessels or tanks or components thereof, where the strength of the steel permits a reduction of the plate thickness.
Tests	Unless other agreements have been made, the selection of tensile test pieces shall be carried out as per Swedish Standard SIS 11 01 20. Impact test samples for grades OX 800 C, D and E shall be selected according to Swedish Standard 11 01 51. Two plates per thickness range (breakdown as per above SIS Standards) and cast are tested. The test pieces are taken longitudinally from the bottom end of the plate.
Stress-relieving	When stress-relieving is considered necessary the following temperatures and holding times should be used: Temperature: 550–600°C (1020–1110°F) Holding time: 2 minutes/mm but not less than 30 minutes. In stress-relieving requiring long holding time we recommend a max. temperature of 580°C (1080°F).
Welding	Steel OX 800 can be subjected to the same type of workshop welding as ordinary structural steels with corresponding contents of carbon, silicon and manganese. We recommend basic electrodes only. The steel can normally be welded without pre-heating. However, pre-heating may be required under difficult conditions or in humid weather. 100–150°C (200–300°F) is a suitable pre-heating temperature range. The steel can readily be welded to other weldable steels.

Discusión

Sr. Gómez Moreno.

Quisiera que el autor me aclarara una duda sobre los ensayos de soldadura por una sola cara con grandes espesores de plancha y una gran aportación de calor. ¿No hay peligro, en dichos casos, de que aumente el grano fino que se consigue con aceros tratados con Niobio? ¿Podría usted explicarnos cuál es la diferencia entre las tres clases de aceros (acero dulce, acero de alta tensión y acero de alta tensión con tratamiento térmico) en lo que se refiere a la máxima aportación de calor admisible, a la máxima velocidad de soldadura, etc...?

Sr. Kullberg.

Desde el punto de vista de la soldadura, el problema es independiente del tipo de acero. No obstante, el acero de alta tensión tiene grandes ventajas en lo que se refiere a la propagación de grietas que se forman en la zona afectada por el calor. Los sistemas de soldadura por una sola cara producen una fuerte modificación de la estructura interna del acero y esta modificación afecta a las propiedades mecánicas del mismo. Pero, el acero de alta tensión que ha pasado previamente por un tratamiento térmico, tiene la propiedad de detener las grietas cerca de la unión soldada en que se han producido.

Sr. Gómez Moreno.

Quisiera preguntar si la preparación para la soldadura, en un astillero que no disponga de modernas instalaciones, lleva más tiempo para los aceros de alta tensión que para los tipos normales de ace-

ros. Por ejemplo, si no se pueden soldar puentes para alinear las chapas, llevará más tiempo la preparación previa a la unión, ¿podría explicarnos ésto?

Sr. Kullberg.

Cuando se utiliza acero de gran resistencia, el espesor medio de las planchas es menor. Por lo tanto no es de esperar que las dificultades de preparación sean mayores, y pueden ser suficientes las instalaciones disponibles en la mayor parte de los astilleros. La única precaución a tomar con esta clase de aceros es la de controlar las propiedades mecánicas de la unión, y no es necesario un tratamiento térmico posterior.

Sr. Sáenz Sayas.

Me gustaría saber si las planchas de acero de alta tensión necesitan una preparación de bordes especial para la soldadura, para evitar un exceso de aportación de calor y realizar la unión.

Sr. Kullberg.

En el acero de alta tensión los contenidos de carbono y manganeso son similares a los del acero dulce, por lo que no son necesarias preparaciones especiales.

Las propiedades de detención de grietas, antes mencionadas, son debidas al contenido de Niobio y el tratamiento térmico al que ha sido previamente sometido el acero para obtener la adecuada estructura interna, pero no hay necesidad de introducir ninguna modificación en el proceso de construcción con dicho acero. Quiero también añadir que dentro de lo que llamamos acero de alta tensión, hay tres clases diferentes: AH, DH y EH. Lo que acabo de decir es aplicable al tipo AH. Las especificaciones para soldar aceros de la clase DH aumentaron en exigencias dos años atrás para mejorar las propiedades de detención de grietas. Cuando se utilice este tipo de acero, debe realizarse la soldadura en varias pasadas cuando el espesor sea mayor que unos 25 milímetros para cumplir las especificaciones arriba mencionadas. Lo mismo se puede decir del tipo EH, que por otra parte sus especificaciones de soldadura son más exigentes para poder satisfacer las características Charpy-V que se le exigen en el material depositado.

DISCUSION ESCRITA

Sr. Jaroszinsky.

Cuando hace unos pocos meses tuve el gusto de conocer por vez primera al señor Kullberg en Madrid, de la conversación que mantuvimos saqué la impresión de que en tal momento creía que el L. R. en España no está en favor del uso de acero de alta resistencia a la tracción. Le dije entonces que ello no era así y me gustaría aprovechar la oportunidad de esta reunión para insistir de nuevo en tal punto.

Al iniciarse el crecimiento de los petroleros y buques de transporte a granel, nos dimos cuenta tanto en el Lloyd's Register, así como en las industrias dedicadas a la construcción naval que tal tendencia únicamente podría mantenerse si las siderúrgicas podían producir un material de tal calidad que permitiese utilizar altas resistencias en el proyecto, permitiendo consiguientemente una reducción en los escantillones de los principales miembros estructurales, tales como forro, cubiertas, longitudinales, etc. Al mismo tiempo, dicho material no debería ser susceptible a la iniciación de fracturas frágiles.

Al considerar entonces la aplicación del acero de alta tensión en la construcción de buques, la idea fue que la deformación máxima del buque considerado como una viga no debería exceder el valor que se consideraba como máximo admisible en un buque construido con acero ordinario.

Por lo tanto, no habría ventaja alguna en utilizar acero de alta tensión cuando la relación L/D era mayor de 16 y en realidad, el punto óptimo se presentaba cuando la relación eslora-calado es del orden de 12.

En lo que se refiere a la calidad del acero, la industria siderúrgica, que en tiempos pasados mejoró la calidad de los aceros ordinarios evitando así el peligro de los fallos estructurales que ocurrieron al principio en los buques totalmente soldados se ha embarcado ahora en la tarea de obtener aceros de alta resistencia a la tracción allanando así el camino para otra etapa en el desarrollo de la construcción naval.

Los requisitos del Lloyd's para el acero de construcción naval exigen una buena soldabilidad y alta resistencia en el impacto Charpy en V. Estos requisitos han sido aplicados al acero de alta tensión. Nos dimos cuenta de que, por consideraciones de orden práctico, tenía que poder prescindirse de precalentamiento para la soldadura de este acero y consiguiente los fabricantes de acero fueron estimulados a obtener aceros con un bajo contenido de carbono, como se indica en la fórmula del párrafo P. 302 de las vigentes Reglas de esta Sociedad.

En Suecia, los autores de este trabajo, en colaboración con el Dr. Noren, se dedicaron al desarrollo de aceros al carbono-manganeso tratados con niobio, con una carga de rotura de unos 35 Kg/mm^2 y una resistencia a la tracción de unos 55 Kg/mm^2 con un contenido de carbono inferior a 0,42 por 100.

La fabricación de un acero de tales características exigía un control muy cuidadoso en el horno de fusión y durante la laminación. Los resultados obtenidos justifican totalmente el esfuerzo realizado y los aceros de las características indicadas anteriormente no han causado, en general,, problemas de sol-

dadura. El uso de tales aceros se ha extendido con gran éxito a tanques de almacenamiento, oleoductos y estructuras soldadas en general.

El bajo contenido de carbono, que es la característica básica de los aceros de alta tensión aceptables a las Sociedades Clasificadoras, puede obtenerse únicamente si los elementos residuales se mantienen bajos y ello precisa un gran cuidado en la fabricación. Si estos elementos residuales no se mantienen en el mínimo practicable, debe aumentarse el carbonato a 45 por 100 o incluso más para alcanzar la resistencia a la tracción deseada. Tales aceros han aparecido en el mercado y cuando se han utilizado en algunas instalaciones terrestres soldadas sin un adecuado precalentamiento, por no haber apreciado la perniciosa influencia de alto contenido de carbono, han aparecido grietas en las soldaduras en ángulo en las zonas afectadas por el calentamiento, en particular donde ha habido un alto grado de fijación y la soldadura sobre techo fue efectuada en tiempo frío.

Las consecuencias de tales fallos para los fabricantes y clientes son considerables y el coste adicional que supone el producir acero de un contenido de carbono de 0,42 por 100 o menos, queda perfectamente justificado. Por tal razón mis colegas de la Oficina de Londres, Mr. Rfl Liston y Mr. P. Smedley, y yo mismo, creemos que el mejor medio de acelerar el progreso en el desarrollo de aceros de alta tensión para construcción naval es lograr las características requeridas por medio de templado y revenido en unión de un bajo contenido de carbono. Me gustaría conocer la opinión de los autores de este trabajo sobre este punto de vista.

Por lo que se refiere a los aceros al carbono-manganeso, existe cierta duda sobre la influencia del silicio en su soldabilidad. Algunos investigadores alegan que un 0,45 por 100 de silicio en el acero tiene la misma influencia en la soldabilidad que un 0,1 por 100 de carbono. Otros son de opinión que el silicio tiene menos influencia y sugieren un veinticuatroavo del contenido de silicio como el equivalente apropiado.

También ha habido opiniones de que un alto contenido de silicio en el material base y metal aportado agrava el peligro de agrietamiento en caliente, en especial en los cordones de raíz. Un contenido de silicio del 0,6 por 100 o más en el material depositado parece causar tendencia al agrietamiento en caliente, riesgos que se agravan con las temperaturas de precalentamiento..

No obstante, es necesario un alto precalentamiento para evitar zonas de agrietamiento cuando se suelda un acero de alta tensión con alto contenido de carbono y un contenido de silicio de, digamos, 0,5 por 100. Por consiguiente, existe un conflicto en cuanto a los requisitos de precalentamiento para los metales base y depositado para evitar agrietamientos en los aceros con alto contenido de silicio. Por ello, agradecería mucho la experiencia de los autores en cuanto a la influencia de este elemento en la soldabilidad de los aceros de alta resistencia a la tracción.

La mayor parte de los aceros de alta tensión utilizados en la construcción de buques mercantes ha sido producida en cinco países: Suecia, Japón, Gran Bretaña, Alemania e Italia. En 1968 más del 10 por 100 de la totalidad del acero para construcción naval fabricado en tales países era de este tipo. Suecia era el país más adelantado en tal aspecto, con un 25 por 100.

La tendencia de utilizar aceros de alta resistencia a la tracción en construcción naval parece continuar, Lo que, sin duda, se debe a las ventajas de orden económico que tal tipo de acero ofrece a astilleros y armadores. Pero estas ventajas varían de un país a otro y dependen del precio y disponibilidad de tales aceros, posibilidades de importación, derechos de aduanas, etc. Hasta ahora no se ha utilizado acero de alta resistencia en buques construidos en España, pero estimo que ello no se debe a la falta de apreciación de las posibilidades técnicas que ofrece tal acero, sino más bien a los factores económicos antes mencionados y quizá el remedio para ello esté en los fabricantes de acero que determinan el precio de dicho material.

Finalmente, quisiera dar mis gracias a los autores por el muy interesante trabajo que han presentado.

Sr. Fernández de Palencia.

La conferencia del Profesor Kullberg creo que es de gran interés, por señalar una de las líneas del desarrollo futuro de las estructuras de acero en los barcos.

Desearía, no obstante, agregar que el uso de los aceros de alto límite elástico, exigirá nuevas concepciones de proyecto, para paliar las mayores flexiones de las estructuras, la menor resistencia al pandeo y el efecto de disminución de las frecuencias naturales del casco y locales, al reducir los espesores. Quizás en la gama del límite elástico de 30 a 36 kilogramos, no requerirá grandes modificaciones el proyecto, pero sí exigirá una mayor rigidez en las estructuras en las que se empleen aceros de 36 kilogramos/mm^2 a 50 Kg/mm^2.

Estimamos que será necesario el uso de una amplia gama de aceros, según su situación respecto al eje neutro; teniendo en cuenta cuando sean conectados aceros de diferente resistencia, que las tensiones no excedan el límite elástico del acero más débil, pues podrían producirse concentraciones de tensión en estas conexiones.

En líneas generales coincido con el autor en cuanto las buenas condiciones de soldabilidad y resistencia a la fractura frágil de los aceros microaleados, debido especialmente al bajo contenido de carbono,

por lo que la fabricación de estructuras y su soldadura pueden seguir el proceso normal de los aceros C-Mn usados corrientemente en construcción naval. Ahora bien, estimo que es preciso señalar la necesidad de un mayor control de la soldadura dirigido hacia una calidad más alta; ya que al aumentar las cargas, los efectos de los defectos de los cordones son mayores y por otra parte como la tendencia es ir aumentando la relación límite elástico-carga de rotura, hay un menor margen de adaptación del flujo plástico en las zonas de altas concentraciones de esfuerzos debidas a defectos de la saldadura.

Sr. Kullberg.

Cuando comenzaron a desarrollarse los aceros microaleados tratados con niobio en la factoría Gränges Steel de Oxelösund (Suecia) la característica más importante fue el bajo contenido de carbono equivalente.

El contenido de silicio de este tipo de acero es del orden del 0,3-0,5 por 100 y no se han presentado dificultades en su soldadura. Se ha indicado que un contenido superior al 0,5 por 100 puede dar lugar a dificultades en la soldadura automática con gran aportación de calor. No obstante es más importante la carencia de silicatos en el acero que el silicio como tal.

Otro elemento importante para la soldadura es el azufre. Según investigaciones del Welding Institute de Inglaterra, el contenido en azufre no debe ser demasiado bajo por consideraciones de grietas por hidrógeno.

LOS ACEROS DE ALTO LIMITE ELASTICO EN CONSTRUCCION NAVAL

Por J. Fernández de Palencia y Roc
Dr. Ingeniero Naval

1. Generalidades.

Aunque este tema ha sido ampliamente tratado por gran número de expertos en estas cuestiones y estimo que prácticamente no vamos a aportar nada nuevo; es posible, no obstante, que comentarios desde el punto de vista del usuario con alguna experiencia en soldadura pudieran ser de utilidad, pudiendo a su vez contribuir a crear una conciencia de las posibilidades y de las precauciones que deben tomarse cuando se emplean estos aceros, así como los tipos de éstos que son más adecuados para el empleo en las condiciones ambientales de los astilleros.

Hemos observado que desgraciadamente se producen roturas en estructuras de aceros de alto límite elástico que pueden, en gran parte, achacarse a algunas de estas cuestiones:

Elección de acero no adecuado, al no tener en cuenta que la ejecución se realizará sin protección ambiental.

Procesos de soldadura inadecuados.

Descuido en el control y homologación, de procesos de soldadura y soldadores.

Incorrecta disposición de las juntas soldadas.

Excesivo o insuficiente calor aportado a la junta soldada.

Tratamientos térmicos inadecuados.

Con estos primeros comentarios parecerán enormes las posibilidades de fracaso por el uso de estos aceros, pero debemos insistir que no es así, lo que ocurre es que es necesario tener una conciencia de lo que debe exigirse al elegir el tipo de acero y al construir la estructura. Por otra parte es necesario tener la seguridad de que lo especificado se cumple, cuestión que mi experiencia me ha demostrado que realmente no sucede así, pues en ocasiones la dureza de los trabajos y la dificultad de una fuerte inspección, originan que no se controle suficientemente el desarrollo de la obra y aunque posteriormente se haga un control radiográfico o ultrasónico, no es a veces suficiente para asegurar que la junta soldada y la zona afectada tienen condiciones de resistencia adecuadas, puesto que puede haber microfisuras y pegaduras, debido a un mal método y proceso, que no pueden ser descubiertas por estos métodos no destructivos y que a veces suelen ser origen de roturas catastróficas.

Esta situación que planteamos para las grandes estructuras ejecutadas al aire libre, nos obliga a la elección de aceros en los que las condiciones de soldabilidad sean buenas en condiciones ambientales desfavorables, que su posibilidad de formación de fisura en la zona afectada sea mínima y su resistencia a la fragilidad y propagación de grietas sea máxima. Si no concurren estas circunstancias, en unión de una fácil mecanización en cuanto al corte, doblado y forja se refiere, podemos decir que este acero no es adecuado para construcción naval, y por ello no debe emplearse en las estructuras de los barcos.

Teniendo esta conciencia anteriormente señalada necesaria para poder usar estos aceros de alto límite elástico, estimamos que es conveniente el empleo de éstos en las zonas cargadas de la viga-barco, por el ahorro de peso de acero que se obtiene tan fundamental para el aumento de rentabilidad del buque. Los aceros que comentamos van siendo constantemente mejorados por las acererías, consiguiendo mayor seguridad en cuanto se refiere a las roturas por fragilidad y por fatiga y unas condiciones de soldabilidad mejores. Por ello, aunque hay proyectistas que debido a una falta de conocimiento profundo de estos aceros usan éstos indebidamente y producen en ocasiones fracasos, que originan un cierto retraimiento en otros proyectistas; el futuro de las zonas altamente cargadas en la viga-barco, será para los aceros de alto límite elástico en variadas gamas según su posición en la viga respecto al eje neutro y creemos que en los próximos años el consumo de estos aceros en la construcción naval aumentará, en especial en grandes unidades, estimando puede alcanzar un 30 por 100 del total peso del acero.

Se está produciendo en el mundo industrial una aceleración en el consumo de los aceros de alto límite elástico de variadas composiciones y en la industria naval este consumo se orienta hacia los aceros C-Mn, dentro de las gamas de límites elásticos comprendidos entre 36 Kg/mm^2 a 50 Kg/mm^2 y cargas de rotura de 50 a 70 Kg/mm^2; con una relación límite elástico-carga de rotura inferiores a 0,8, para permitir mayores posibilidades de adaptación plástica de la estructura y por tanto mayor seguridad.

2 ¿Qué son los aceros microaleados?

Las características mecánicas de los aceros de estructuras ferrítico-perlíticas quedan influenciadas por el tanto por ciento de perlita que hay en las mi-

croestructuras, el tamaño del grano y el endurecimiento de la solución sólida. Por ello en estos aceros para conseguir un aumento en el límite elástico y en su resistencia, es necesario seguir uno de estos tres caminos.

El incremento de *C* aumenta la resistencia, pero puede originar agrietamiento en la zona afectada por el calor de la soldadura que es uno de los principales problemas. Durante el proceso de soldeo, se alcanzan temperaturas de reaustenización y el posterior enfriamiento origina una estructura templada con cierta fragilidad debida a la martensita. Por ello se ha desistido de estos aceros en la construcción soldada ejecutada en ambientes adversos, yendo a bajos contenidos de *C* con adición de pequeñas cantidades de *Ni, Cr, Mo* e incluso *Bo,* etc., que mejoran las características mecánicas y sus condiciones de soldabilidad, pero encarecen grandemente el producto, por lo que no es usado en las grandes estructuras, siendo en cambio de gran interés la adición de pequeñas cantidades de *Al, Nb* y *V* u otros debido a que el precio del producto no aumenta sustancialmente. La influencia del tanto por ciento de *Mn, Si,* tamaño de grano y tanto por ciento de perlita, en el límite elástico, carga de rotura y temperatura de transición, explica, en cierto modo, la proliferación de las microaleaciones. Estas relaciones pueden resumirse en las expresiones siguientes:

$$\text{Límite elástico} = C_1 + C_2\,Mn + C_3\,Si + C_4\,d^{-1/2}$$

$$\text{Resistencia a la rotura} = C_5 + C_6\,Mn + C_7\,Si + C_8\,d^{-1/2} + C_9\ (\%\ \text{de perlita})$$

$$\text{Temperatura de transición al impacto} = C_{10} - C_{11}\,d^{-1/2} + C_{12}\ (\%\ \text{de perlita})$$

Siendo C_1, C_2 ... C_{12} constantes y d el tamaño del grano.

Estas ecuaciones revelan que la perlita no aumenta el límite elástico y tiene un efecto nocivo sobre bre la temperatura de transición. Por lo que para alcanzar un alto límite elástico y buenas propiedades al impacto en los aceros farríticos-perlíticos, el contenido de *C* debe ser bajo y el tamaño del grano lo más fino posible.

La disminución del tamaño de grano en estos aceros puede conseguirse mediante el *Al,* por la formación de AlN_2 o bien con *Nb* o *V,* con los que se obtiene además de este refinado de grano, un endurecimiento adicional debido a la precipitación de los carburos, contribuyendo a la mejora del límite elástico y carga de rotura.

Aunque sin comentarios para evitar alargar este trabajo innecesariamente, se indica en la figura 1 la influencia del tamaño del grano en el límite elástico en estos tipos de aceros.

Se pueden definir tres tipos de aceros *C-Mn* de alto límite elástico ;aquéllos de carbono aproximadamente de 0,2 por 100 y de manganeso alrededor de 1,4 por 100 y con límites elásticos no superiores a 32 Kg/mm², los aceros del tipo ferrítico-perlítico de grano fino que utilizan pequeñas cantidades de *Nb, V* o *Al* para el refinado del grano y además producir precipitados endurecedores, que alcanzan límites elásticos entre 32 y 50 Kg/mm², manteniendo bue-

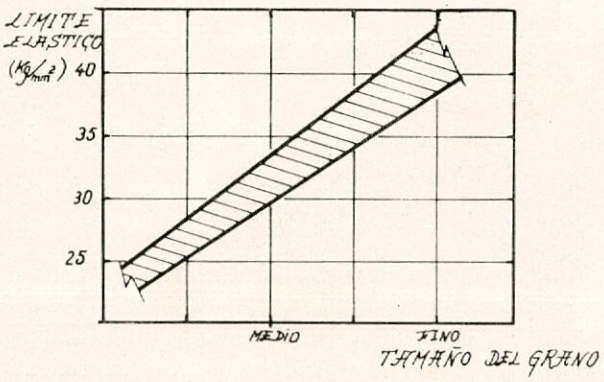


Fig. 1.

nas propiedades al impacto, y otro grupo de 50 a 70 Kg/mm² de límite elástico, que pueden obtenerse con bajas aleaciones endurecibles al aire. En estos dos últimos grupos en ocasiones se consiguen ciertas mejoras mecánicas y estructurales, normalizando o templando y reviniendo; estas mejoras obtenidas por tratamientos térmicos hay que sopesarlas a la hora de soldar, por lo que se debe conocer las curvas *CCT* (transformaciones con enfriamiento continuo) para saber las estructuras que se formarán de acuerdo con el proceso elegido de soldadura y de acuerdo con los enfriamiento que sufrirá el metal de soldadura y zona afectada, pudiendo, de esta forma, tomar medidas para conseguir mantener o restaurar las propiedades del metal base con los mínimos tratamientos.

En la figura 2 se indican las zonas de la fabricación usual de diversos tipos de aceros de bajo contenido en *C* en relación con sus propiedades mecánicas.

Como es conocido, la soldabilidad puede ser, en gran parte, controlada por la elección del carbono y por los contenidos de aleción; de forma que cuan-

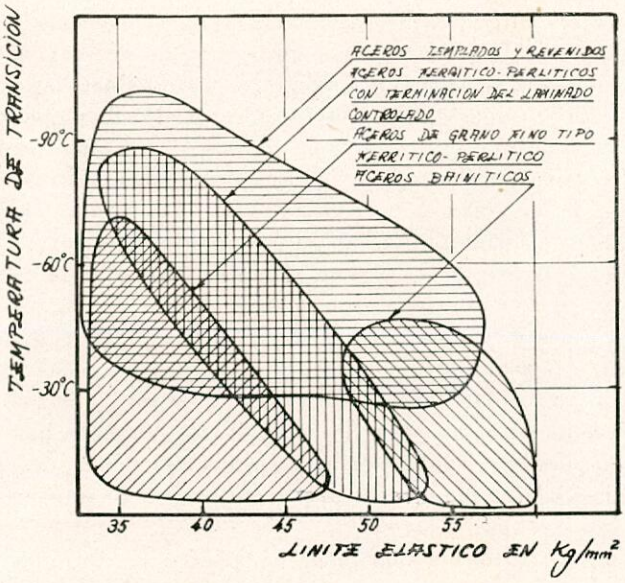


Fig. 2.

to más bajo es el *C*, mejor soldabilidad tiene, y precisamente esta característica es la que necesitan los aceros de alto límite elástico y alta resistencia, siendo su importancia creciente cuanto las características de éstos son más altas. Por ello la tendencia general en estos aceros, es que el contenido de *C* sea lo más bajo posible, llegando en los aceros que comentamos a valores en ocasiones inferiores al 0,15 por 100 *C*. Ahora bien, para compensar la disminución de resistencia debida al bajo contenido en *C*, es necesario refinadores de grano, precipitados endurecedores o tratamientos, como someramente señalamos anteriormente.

Uno de los refinadores que hemos comentado es el AlN_2, siendo el mecanismo de refinado producido mediante partículas precipitadas por el tratamiento inicial, que fija o clavan, en términos carpinteros, los bordes de grano y retardan, por tanto, el crecimiento del grano durante el tratamiento térmico. Pero debido a que el *Al* es ávido por el oxígeno, el acero debe ser calmado por otros medios antes de añadir el *Al*, siendo, en cierto modo, un inconveniente y pudiendo, en ocasiones, encarecer el producto.

Otro refinador de grano con menos afinidad por el oxígeno es el *Nb*, siendo el mecanismo de refinado de grano similar al nitruro de aluminio, pero formando un complejo de carbonitruros de niobio, siendo predominante el precipitado de carburo. Este carburo se disuelve por encima de 1.050° C y se separa durante el enfriamiento, como un precipitado finamente distribuido. Con el *Nb* se obtienen incrementos en el límite elástico que alcanzan de 13 a 20 Kg/mm² con el 0,06 por 100 de *Nb*, estos aumentos son debidos a la combinación del endurecimiento por precipitación y la disminución del tamaño del grano.

En cuanto al vanadio es un elemento precipitador endurecedor, teniendo una temperatura de solución más baja que el *Nb*, pudiendo ser usado en conjunción con el *Al*, pues el AlN_2 necesita más de 1.200° C para redisolverse. El nitruro de vanadio es más efectivo que el carburo de vanadio, por lo que estos aceros requieren un más alto contenido de nitrógeno. Los aceros calmados con *Al-V*, llegan a alcanzar límites elásticos superiores a 40 Kg/mm² y valores de resiliencia Charpy *V* superiores a 2.765 Kgm. a — 30° C.

En estos tipos de aceros microaleados es posible obtener unos más altos límites elásticos templando y reviniendo, ya que se produce un mayor refinado de grano, que unido a la precipitación endurecedora de las soluciones, se pueden alcanzar niveles de límites elásticos de 65 Kg/mm². El templado en los aceros *C-Mn*, con bajos contenidos en *C*, en unión de su mayor contenido de *Mn*, permite obtener mejoras sustanciales en la resistencia y ductibilidad, siendo su límite elástico notablemente mejorado durante el tratamiento de revenido si tiene el acero elementos como el *Nb*, *V*, incluso *Cu* (aunque este último no sea adecuado para las estructuras navales) producir los precipitados endurecedores y de fijación de grano tales como *NbC* o *VN*, que anteriormente comentamos.

Podemos resumir que la tendencia general de estos aceros de posible uso en construcción naval es la de estructuras de grano fino, con contenido de carbono bajos, pero no intefiores a 0,1 por 100, por otras consideraciones que no vamos a desarrollar y con aumentos en los contenidos de *Mn* que permitan aumentar las relaciones límites elástico a carga de rotura, complementados con ligeras adiciones de algunos de estos elementos, *Al*, *Nb*, *V* o combinación entre ellos. La adición de *Al* mejorará la resistencia a la entalla y disminuirá el nitrógeno libre y en cambio la adición de *Nb* o *V* o ambos, mejorará la resistencia, aunque a expensas de ligera disminución en la ductilidad. Por tanto, es interesante en estos aceros elegir situaciones de compromiso, según las exigencia técnicas, a las que se le puede agregar en algunos tipos de aceros, una laminación controlada en cuanto a temperaturas e incluso un templado y revenido, con diferentes temperaturas de acabado de laminación.

3. Consideraciones de proyecto.

3.1. Con el desarrollo de estos aceros anteriormente comentado, se han conseguido sustanciales mejoras en los límites elásticos y moderadas mejoras en la resistencia a la rotura, con lo cual las relaciones límites elástico a carga de rotura ha ido aumentando, alcanzando valores de 0,8 a 0,9. Estas relaciones son demasiado altas sin tener un conocimiento muy grande del trabajo, del material y de las consecuencias que seguirán después del proceso de elaboración y soldadura, pues al tener un pequeño margen de adaptación el material en la zona plástica, se aumenta la importancia de los cambios de forma, defectos y tensiones internas. Por ello es aconsejable que en las estructuras navales no sobrepasen los aceros valores de relación límite elástico a carga de rotura de 0,75 a 0,8, pues aunque su ejecución y forma sean adecuadas, la imprecisión de los cálculos, nos impide este deseable ajuste o aumento de esta relación sin peligro.

En este tipo de estructuras las consideraciones sobre la resistencia a la fractura frágil son de importancia vital, porque cuando la resistencia del acero aumenta se le hace trabajar a tensiones más altas, siendo necesario una ductilidad mayor, para poder mantener la adecuada protección a la fractura frágil. Es aconsejable, por tanto, que la resistencia al impacto a bajas temperaturas sea alta, quizás es conveniente exigir un mínimo de 4,8 Kgm. a — 20° C en probeta Charpy *V* en la gama de los aceros entre 35 a 50 Kg/mm² de límite elástico.

La soldabilidad tan importante como la ductilidad y ligada con ella debemos tenerla muy en cuenta, pues grietas que posteriormente originan una rotura frágil, empiezan en la soldadura o en la zona afec-

tada. Esta soldabilidad en estos tipos de acero está en cierto modo relacionada con el carbono equivalente, cuya fórmula adoptada por el IIW es

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mn + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

por lo que es conveniente que éstos no traspasen límites de CE de 0,45, siendo aconsejable que el CE sea igual o menor de 0,41, siempre que las condiciones de resistencia lo permitan, con el fin de asegurarnos una fácil soldabilidad. En general en estos aceros el bajo CE facilita la soldadura por las técnicas convencionales, pero siendo cuestión muy importante en la soldadura de estos aceros, el agrietamiento de la zona afectada, debido al más alto endurecimiento, es necesario, a veces, el uso del precalentamiento, aunque no es deseable en construcción naval. Este precalentamiento del área de soldadura es un camino efectivo de retardar la velocidad de enfriamiento de la soldadura a través de temperaturas críticas, pudiendo evitar, en ocasiones, el agrietamiento de la zona afectada térmicamente. La soldadura, en general, de los aceros de alta resistencia se basa en la disminución de la dureza de la zona afectada, cuestión que se consigue retardando el enfriamiento de esta zona después de su soldadura; en cambio esto no es adecuado para los aceros que se suministran templados y revenidos, porque una disminución de velocidad de enfriamiento da, generalmente, una menor ductilidad en la zona afectada. Esto demuestra una vez más que es necesario el conocimiento profundo de los aceros antes de aplicarlos, siendo una de las ramas principales la aplicación correcta de las curvas CCT del acero en cuestión, como anteriormente comentábamos. Complemento de todas estas cuestiones dirigidas a evitar microfisuras o fisuras, es la elección conveniente del metal depositado que debe ser, en general, de bajo contenido en hidrógeno y el incremento razonable de inspección del proceso y desarrollo de la soldadura.

También es necesario agregar que en estas estructuras sometidas a una moderada fatiga y para prevenir una rotura por este tipo de solicitación, se estima necesario el encaje de los puntos críticos más solicitados en el diagrama de Goodman, para conocer si el acero con estas cargas y teniendo en cuenta los coeficientes de formas y acabado superficial se sitúa dentro del entorno de seguridad. En los barcos, como sabemos, es de cierta importancia la fatiga, pues aun siendo sus tensiones relativamente bajas en las condiciones de servicio con cargas fluctuantes bajas pueden desarrollarse grietas por fatiga, que originarán inexorablemente roturas frágiles en la mayor parte de los casos, debido a la aguda fisura o entalla producida.

3.2. El amplio uso de los aceros de alto límite elástico que se prevén en la gama entre 35 a 50 Kg/mm² de límite elástico, en las estructuras navales, hace necesario el replanteo de los tipos de estructuras más convenientes para evitar las mayores flexiones de éstas y la disminución de las frecuencias vibratorias de la viga-barco.

Como estos aceros se emplean en las zonas de mayor carga o tensión y siendo el módulo de elasticidad prácticamente igual que el de los aceros de uso corriente, se originan unas flexiones mayores; en consecuencia las Sociedades de Clasificación han establecido cortapisas conservadoras relacionadas con las dimensiones, en especial con la relación L/D y, en cierto modo, hasta el momento son lógicas. Por todo esto estimamos necesario hacer unas ligeras consideraciones sobre los problemas que originan estas flexiones y otras que citaremos a continuación, pues creemos es posible encontrar soluciones satisfactorias que eviten cortapisas en el uso racional de los aceros de alto límite elástico.

Las flechas originadas por la flexión en la estructura de un barco, están influenciadas por la distribución de los momentos flectores, por los esfuerzos cortantes y las flexiones de origen térmico. Estos dos últimos conceptos producen flechas pequeñas en comparación con el primer efecto y pueden ser corregidos en gran parte, disminuyendo las flexiones debidas a los momentos flectores como veremos más adelante.

El alcance de la influencia de los diversos factores en las flexiones debidas a los esfuerzos cortantes y a las diferencias de temperaturas, pueden verse en las fórmulas dadas a continuación y que no detallamos por evitar alargar innecesariamente este trabajo.

$$y_s = \int \frac{\iint \tau_s{}^2 dy \,.\, dz}{G\,V} \,.\, dx$$

siendo

$$\tau_s = \frac{F \,.\, S}{I \,.\, d}$$

donde

y_s = flecha debida al esfuerzo cortante.
τ_s = esfuerzo cortante local.
$G = \dfrac{E}{2\,.\,(1+\mu)}$ E = módulo de elasticidad. μ = coeficiente de Poisson.
OX = eje longitudinal.
OY = eje transversal.
OZ = eje vertical.
F = fuerza cortante.
S = momento estático al eje neutro de la sección hasta el punto considerado.
I = momento de inercia de la sección total.
d = espesor del material en el punto considerado.

$$Y_t = C\,\frac{L^2\,t}{D}$$

donde

Y_t = flechas térmicas en la zona central del barco.
L = eslora.
t = diferencia de temperatura entre cubierta y fondo.
D = puntal del barco.
C = constante.

Siendo las flexiones debidas a la distribución de los momentos flectores en el sentido longitudinal,

las que verdaderamente tienen importancia, nos vamos a detener en su consideración.

Si analizamos la fórmula que nos permite obtener las flechas en cualquier punto de la estructura

$$Y =: \frac{1}{E} \int\int \frac{M}{I} \, . \, dX \, . \, dX$$

donde

$Y =:$ flecha.
$M =:$ momento flector.
$I =:$ momento de inercia.
$E =$ módulo de elasticidad.
$OX =:$ eje longitudinal.

se observa que las flechas serán menores cuando M sea menor o I mayor, ya que E prácticamente permanece constante en los aceros de alto límite elástico, respecto a los de uso normal.

Si se emplean estos aceros en barcos que mantienen el mismo tipo de estructura, no es posible aumentar el momento de inercia, incluso debido a la disminución de espesores el valor de éste es menor y solamente es posible su aumento incrementando el puntal, cuestión que con frecuencia es imposible hacer por otras consideraciones que no son objeto de este trabajo comentar.

El establecimiento modernamente de dobles fondos en petroleros, ubicando en estos espacios los tanques de lastre permiten, además de hacer un servicio interesante, aumentar el momento de inercia, esto, además, pudiera complementarse con estructuras celulares similares a los dobles fondos para bajo de cubierta, siendo esta solución también factible para los mineraleros, con lo cual se refuerzan las dos alas de la viga, aumentando considerablemente el momento de inercia y, por tanto, disminuyendo las flechas. En cuanto a los buques de carga seca estimamos necesario que las brazolas de las escotillas sean elementos longitudinales continuos, solución dada ya en algunos barcos, contribuyendo así al aumento de I.

Pero en mi opinión lo más importante a considerar, es conseguir la disminución de los momentos flectores máximos, con lo que se disminuirían las flechas debidas a estos momentos e indirectamente las correspondientes a los esfuerzos cortantes.

El planteamiento del problema teóricamente, consistirá en obtener un equilibrio o compensación en cada pequeña zona del barco, de forma que los pesos y los empujes estén equilibrados en cada zona, es decir, que las ordenadas de las cargas resultantes de la curva de pesos-empujes sean la menor posible y así su primera integral que da las fuerzas cortantes, así como la segunda integral que da los momentos flectores serán menores.

Este planteamiento que hace unos años era de resolución prácticamente imposible, dada la gran cantidad de variables que intervienen tales como: dimensiones del barco, forma, situación de máquinas, distribución de la capacidad bodega, distribución de tanques, etc., e incluso cuestiones económicas tales como el valor del barco; en los momentos actuales con la ayuda tan importante como son los ordenadores, estimo se podría plantear este problema, para que mediante un programa adecuado, poder llegar a obtener una disminución importante de los esfuerzos cortantes y momentos flectores en las diversas situaciones del barco.

La resolución de este problema en unión de las consideraciones anteriores sobre el posible aumento de momento de inercia, permitiría una utilización más amplia de los aceros de alto límite elástico en los barcos sin un aumento en las flexiones, que puede, en ocasiones, perturbar su funcionamiento.

Creemos necesario recordar que cuando se usen aceros de diferentes resistencias en una estructura, es importante tener en cuenta las compatibilidades estructurales. Como hemos señalado el módulo de elasticidad de estos aceros no varía grandemente, por lo que es necesario que las tensiones en las zonas de empalmes no excedan del límite elástico del acero más débil, pues si esto ocurre se originan fuertes concentraciones de tensión en las conexiones de los diferentes aceros. Por ello, estas condiciones deben cuidarse, principalmente cuando las tensiones del acero de alto límite elástico, exceden de las del acero conectado, siendo en estos casos necesario extender el acero de alto límite elástico a regiones donde la tensión es más baja que el límite elástico del acero suave conectado.

Debemos hacer notar, aunque no es el objeto del artículo, que la reducción de los escantillones por el uso de los aceros de alto límite elástico, sin modificar el tipo de la estructura del barco, suele ocasionar que las frecuencias naturales del casco sean más bajas, por lo que éstas pueden perturbar grandemente al acercarse a las revoluciones económicas del propulsor. Esto nos indica también la necesidad de una modificación sustancial en el proyecto de las estructuras de los barcos, para conseguir el uso racional de los aceros de alto límite elástico.

Como resumen de estos comentarios sobre los aceros de alto límite elástico, estimo necesario para construcción naval, el establecimiento de dos programas de investigación, uno que estudie los aspectos metalúrgicos y de soldabilidad de estos aceros y otro que investigue las estructuras más convenientes para el uso amplio de estos materiales.

REFERENCIAS

K. J. Irvine: "The development of high-strength structural steels". 1967.
M. J. May: "The use of high-strength structural steels". 1967.
"Rules of Lloyd's Register of Shipping".
E. Signis: *Brit. Weld. J.* 1966.
G. M. Boyd: "Higher-tensile steel in ships". 1967.
H. J. Adams y A. J. Johnson: "Some consideration of the use of higher tensile strength steels in ships". 1967.
Gunnar Kullberg: "Application of higher-tensile steels sin ship construction". 1967.
Gololobov: "Shipbuilding steel weld cracking". 1969.
W. Santini: "Weldable H. T. S. steels in shipbuilding for hull structures". 1970.
R. Benichou: "Quality of welded structures in shipbuilding". 1970.
"Organisation Internationale de Normalisation. Aciers a haute limite d'elasticite". 1970.
J. E. Roberts: "British structural steels". 1969.
"Weldable structural steels". B. S. 4360. 1969.

OBSERVACIONES REFERENTES A LA ESTABILIDAD DE BUQUES PESQUEROS CON RAMPA

Por Hans Suckow

Dipl. Ing. (Ing. Naval). Navitecnia, S. A., San Sebastián

1. Control de estabilidad.

Las recomendaciones de la IMCO para buques pesqueros, elaboradas en su reunión a principios de octubre de 1967, ya han sido aprobadas en varios países y también en España, donde han sido publicadas en el "B. O. del E." núm. 198, del 19 de agosto de 1970. Entre otras cosas se establecen en esta ley criterios referente a la estabilidad inicial y también valores mínimos para diferentes puntos de las curvas de brazos de estabilidad estática y dinámica.

El control de los criterios de las curvas de brazos, durante el desarrollo de un anteproyecto, es incómodo y requiere tiempo, además es necesario disponer de las carenas inclinadas. Las oficinas técnicas de grandes astilleros que poseen un centro de computadoras, pueden conseguir rápidamente —y sin considerar el precio— las curvas hidrostáticas y carenas inclinadas. Pero los grandes astilleros normalmente no construyen buques pesqueros. La construcción de este tipo de buques se hace más bien en astilleros medios y pequeños y muchas veces se encarga el proyecto de estos buques especiales a una aficina técnica independiente. Para estas oficinas sí puede ser problema económico y/o de tiempo la ejecución de los cálculos de carenas inclinadas. Por eso es interesante saber si puede prescindirse de las carenas inclinadas durante el anteproyecto.

Si se transforma un criterio de la curva de brazos de estabilidad dinámica en un criterio de la curva de estabilidad estática, se ahorra la integración de la curva de brazos estáticos. Todavía se saca mayor provecho conociendo la forma característica de la curva de brazos estáticos para unas ciertas formas del casco o para todo un tipo de buque, especialmente cuando se ve la relación entre la curva de brazos y su tangente en el origen, definida por la altura metacéntrica inicial *GM*.

Un proyectista experimentado es capaz de comprobar con buen criterio el cumplimiento o no cumplimiento de los nínimos reglamentarios en un momento muy temprano del proyecto, disponiendo solamente del valor *GM* y del trimado aproximado, sin disponer de las carenas inclinadas.

A) *Criterios y sus transformaciones.*

Los criterios para buques pesqueros son los siguientes:

1) La altura metacéntrica inicial no será inferior de $GM = 0{,}35$ m., después de la corrección por el efecto de las superficies libres en los tanques y considerando, en su caso, pescado en cubierta y/o acumulación de hielo en superestructuras, arboladura, etc.

2) El brazo adrizante *GZ* será como mínimo 0,20 metros para un ángulo de escora igual o mayor de 30º.

3a) El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva *GZ*, de los brazos de estabilidad estática) no será menor de 0,055 metros-radián (m. rad.) hasta un ángulo de escora de $\theta = 30^\circ$.

3b) El área bajo la curva de brazos adrizantes (*GE*) no deberá ser menor de 0,09 m. rad. hasta un ángulo de escora $\theta = 4^\circ$ o hasta el ángulo de inundación θ_f, si este es menor que 40º.

3c) El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva *GZ*), entre los ángulos de escora de 30º y 40º o entre 30º y θ_f, si θ_f es menor de 40º no será menor que 0,03 m. rad.

4) El máximo brazo adrizante *GZ* corresponderá a un ángulo de escora que preferiblemente exceda a 30º, pero que nunca será menor de 25º.

Los criterios 1) 2) y 4) no necesitan ninguna simplificación o transformación.

Para comprobar, si se cumplen los criterios del apartado 3), normalmente se integrará la curva *GZ*, representando gráficamente la curva de brazos de estabilidad dinámica. Muchas veces basta la simple integración junto con la siguiente comparación de sus resultados con los criterios, sin trazar la curva dinámica. Con el fin de evitar la integración de la curva *GZ*, se puede conseguir la representación de los criterios del punto 3) ,en el plano de la misma curva *GZ*.

Criterio 3a): La curva *GZ* sale del origen con una inclinación, determinada por la tangente que pasa por 0 y por el valor *GM* en 57,3º de escora. El área bajo esta curva hasta un ángulo de escora de

30, se parece a un triángulo rectángulo, cuya hipotenusa está más o menos curvada. Es evidente comparar el área reglamentaria con aquella de un triángulo rectángulo. Este triángulo con el área de 0,055 m. rad. cuya hipotenusa se une con un cateto en el origen, tiene para 30° de escora el valor $b_{30} = 0{,}210$ metros (ver fig. 1). Fácilmente se puede comprobar

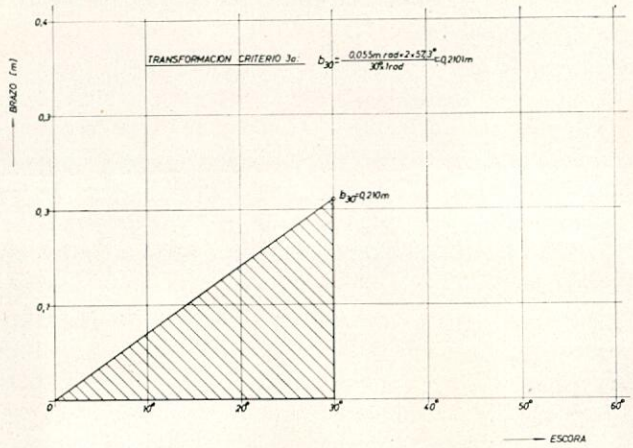


Fig. 1

si el área bajo la curva tiene por lo menos el área del criterio o no.

Criterio 3b): Aplicando el mismo tipo de transformación al criterio de 0,09 m. rad. para 40° de escora, se obtiene el valor $b_{40} = 0{,}258$ m. (representado en figura 2). En caso de que el ángulo de inunda-

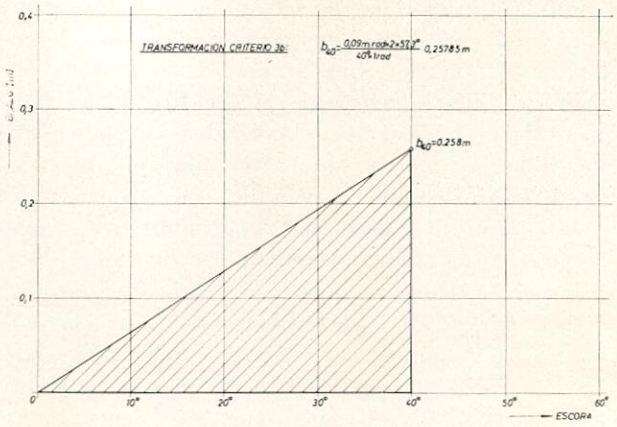


Fig. 2

ción θ_f, sea inferior de 40°, se puede corregir el valor de 0,258 m. por el factor (40°): (θ_f). Este nuevo valor determinaría el triángulo crítico.

Criterio 3c): El área de este criterio se representará convenientemente como un rectángulo entre las ordenadas de 30° y 40° de escora con un valor de $b_{(40-30)} = 0{,}172$ m. (ver fig. 3). Para comprobar el cumplimiento de este criterio se comparará este rectángulo con el área trapezoidal determinada por la curva *GZ* entre 30° y 40° de escora. Para el caso en que el ángulo de inundación sea inferior de 40°, se incrementará el valor de 0,172 m. recíprocamente a la reducción de la diferencia de los ángulos.

Conjunto de los criterios 1) hasta 3): En la figura 4 se representa el conjunto de los diferentes criterios, representados en plano de las curvas *GZ*. Esta representación será válida siempre y cuando el ángulo de inundación no sea inferior de 40° de escora.

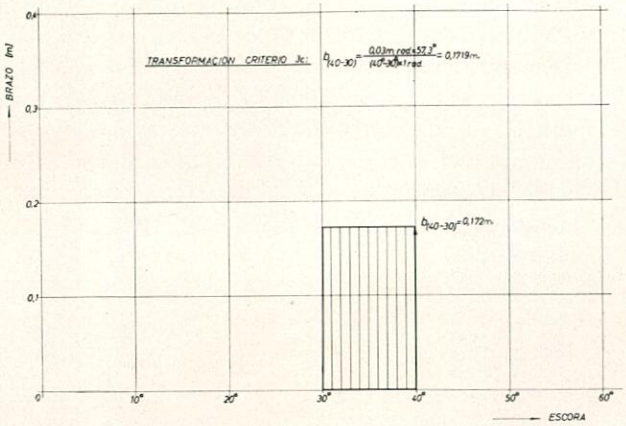


Fig. 3

B) *Conclusiones para buques pesqueros con rampa.*

La mayoría de los buques arrastreros con rampa son buques de dos cubiertas. Para este tipo de buque se puede reconocer claramente una regularidad en la tendencia de las curvas de brazos adrizantes.

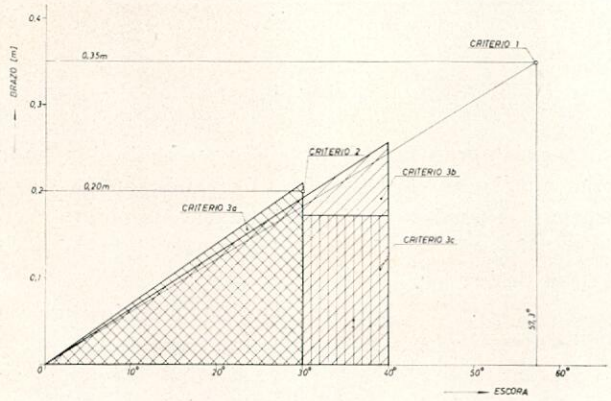


Fig. 4

El proyectista debería definir sus formas de casco de tal manera que la estabilidad residual sea inicialmente positiva. En caso de duda tendría que calcularse, para una condición de carga, la curva de brazos adrizantes para comprobar la tendencia de esta curva en relación a su tangente en el origen. De confirmarse que la curva de estabilidad toma inicialmente valores superiores a los de la tangente en el origen, puede afirmarse lo siguiente:

1) En las demás condiciones de carga la curva de brazos adrizantes toma también inicialmente valores superiores a los de la tangente en el origen.

2) El máximo brazo adrizante *GZ* corresponderá

prácticamente siempre a un ángulo de escora mayor de 30° (criterio 4 cumplido). Este ángulo para *GZ* es mayor en buques de poca manga, ya que la altura del entrepuente, encima de la cubierta de francobordo, tendrá siempre un mínimo de aprox. 2.100 mm.

3) Considerando que la tangente inicial corresponde a un $GM = 0{,}35$ m. como mínimo y el brazo máximo (por lo arriba mencionado en el punto 2) corresponde a una escora de más de 30°, siendo además la curva de brazos ascendiente desde su tangente inicial, se deduce de la figura 4 claramente que con cumplir el criterio 1) se cumplirán normalmente a la vez los criterios 2) y 3a).

Siendo el ángulo de inundación de 40° (prácticamente siempre y cuando el calado sea bastante menor que aquél que corresponde a la condición de plena carga) se puede considerar también cumplido el criterio 3b), sin que haga falta trazar ni calcular la curva de brazos.

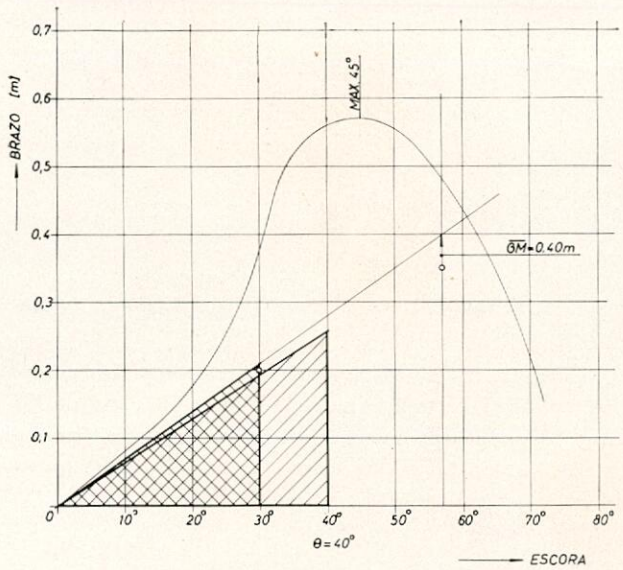


Fig. 5

4) El criterio 3c) no tiene importancia para un "Sterntrawler" con dos cubiertas completas.

Resumiendo se ve que para este tipo de buque, con formas favorables a la estabilidad, el cumplimiento del criterio 1) referente a la altura metacéntrica inicial $GM \geqq 0{,}35$ m. garantiza el también cumplimiento de los restantes criterios. Se puede hablar de un solo "Criterio Principal" para buques pesqueros de tipo "Shelterdeck" y varios "Criterios Auxiliares". Solamente en casos especiales se requiere un control de los "Criterios Auxiliares" durante el desarrollo del anteproyecto y del proyecto del buque.

En la figura 5 está representada la curva de brazos adrizantes *GZ* para la condición "Llegada a Puerto" del buque rampero "Sara Costas". La curva está trazada sobre un diagrama que lleva representados los diferentes criterios de interés. El criterio 3c) no está indicado. Se ve en este ejemplo bien claro que con un $GM = 0{,}40$ m. se cumplirán todos los restantes criterios.

Todo lo relacionado arriba no es aplicable directamente a buques pesqueros de una sola cubierta. Especialmente el criterio 3c) es de gran importancia para buques pesqueros de arrastre clásico con una sola cubierta.

2. Influencia del asiento en la estabilidad de los pesqueros con rampa.

Los valores de la altura metacéntrica inicial *GM*, y los brazos adrizantes, *GZ*, pueden variar sensiblemente por efecto del cambio de asiento, especialmente en la zona de 20° a 40° de escora, la zona de los criterios.

Los efectos producidos por el asiento sobre la estabilidad son especialmente importantes en los ramperos y otros buques con líneas de agua finas a proa y salidas de líneas de agua llenas a popa. En buques pesqueros con rampa a popa, a calados normales de servicio, se consigue, trimando a popa, una mejoría considerable de la estabilidad inicial, mejoría que puede alcanzar valores de 0,3 hasta 0,4 m. Para determinar esta ganancia es imprescindible elaborar curvas hidrostáticas en condiciones de trimado ("Carenas rectas con asiento").

A) *Aplicación de "carenas con asiento".*

En la figura 6 se muestran las carenas rectas con asiento del pesquero "Sara Costas", buque con Epp = 67,2 m., que hizo en esta primavera su primer viaje. Para conseguir este gráfico de las carenas rectas con asiento se han calculado nueve curvas hidrostáticas con diferentes trimados. Las curvas hidrostáticas se calculan de forma abreviada, ya que los momentos de inercia longitudinales y sus derivados no se necesitan. Podría ser suficiente hacer sólo 5 ó 6 cálculos de curvas hidrostáticas, pero ello dificultaría la interpolación gráfica, necesaria para el trazado de las curvas *KM*, y la exactitud de aquellos valores podría sufrir. En las carenas rectas con asiento se indican el desplazamiento D, centro de carena longitudinal x_c y el valor *KM* en función de los calados en la perpendicular de popa (ordenada) y en la perpendicular de proa (abscisa). Las rectas paralelas a la bisetriz de los ejes coordenados corresponden a un asiento constante. Los puntos situados sobre la bisectriz de los ejes corresponden al buque adrizado (líneas de agua paralelas a la de la construcción). A las líneas paralelas a la bisectriz corresponde un trimado que se puede leer en su intersección con la ordenada del calado a popa (trimado hacia popa) o con la abscisa del calado a proa (trimado hacia proa).

En la parte izquierda se indican los desplazamientos, también en función de sus centros longitudinales y en la parte derecha los valores *KM*.

En el diagrama *KM* se representa de izquierda a derecha una recta, una "línea de codo", la cual une los puntos donde entra la popa ideal de espejo en el agua. Realmente la rampa no forma un canto vivo abajo, sino estará redondeada, pero para los cálculos de carenas rectas con asiento se puede despreciar esta pequeña complicación. Otra línea característica, pero con forma irregular, es aquella que une todos los valores mínimos de *KM*, donde las curvas *KM* tangentean a las diagonales de 45º (en presentación normal de curvas hidrostáticas el punto de la tangente vertical a la curva *KM*).

La utilización de las carenas rectas con asiento es de una gran sencillez. Su aplicación origina un ahorro de tiempo en el momento preciso de los cálculos de trimado y estabilidad, pudiendo dar lugar también a una ganancia de estabilidad por lo que se recomienda calcularlas y trazarlas lo antes posible. El incremento del primer trabajo es insignificante en comparación a las reducciones de trabajo y ganancia de calidad para los cálculos durante la construcción, y a la entrega del buque (y también después de la entrega).

Se calcula solamente el cuadro de pesos y centros de gravedad. Entrando con D y x_c (en este caso en forma de distancia hasta 1/2 Epp), en la parte izquierda se leen directamente los dos calados en las perpendiculares de proa y de popa. A estos dos calados pertenece, en el diagrama del lado derecho, un *KM*. El trimado es el correcto, no solamente estimado, y el *KM* pertenece específicamente a este trimado. En caso de necesidad se podrá corregir *KM* todavía según el ángulo de trimado.

En el diagrama *KM* se ha superpuesto, como orientación, dos curvas correspondientes a los desplazamientos aproximados del "Buque en rosca" y "Plena carga". Se puede ver de ellas en seguida que, al trimar el buque hacia popa, el incremento en *KM* es mucho más fuerte con desplazamientos menores. Esto se explica porque el incremento de las mangas en popa tiene relativamente más efecto con poco calado. Esta tendencia ocurre también en formas con bulbo, aunque éste emergería con fuerte trimado a popa. Cuanto más finas las líneas de proa, mayor será el incremento en *KM* por un trimado o popa. En los ramperos lentos diseñados para la pesca de pareja que tienen un semiángulo de entrada de 30º o más, por lo que sus líneas de agua a proa son muy llenas, el incremento de *KM* con el trimado a popa es algo menor.

B) *Curvas de brazos de palanca para el buque con asiento.*

Normalmente se calculan las carenas inclinadas para un solo trimado, para aquél que tiene las líneas de agua paralelas a la línea de base o a la línea de agua de construcción (CWL). En los buques de pesca con rampa, no es posible que su flotación sea siempre paralela a la línea de base, porque en todas las condiciones de pesca éllos requieren un calado mínimo a popa para asegurar la suficiente inmersión de la rampa en el agua. En la condición "Llegada al caladero" se presentará normalmente un trimado considerable hacia popa. Al final de la pesca, cuando las bodegas estén llenas y el buque desplace más, el trimado será menos fuerte. Las diferencias de trimado son más pronunciadas en buques congeladores que en pesqueros al fresco, que llevan normalmente una gran cantidad de hielo en la bodega. El trimado a popa se incrementa todavía en el momento del izado del primer copo a la cubierta superior. Este es el momento de la estabilidad crítica. En caso de que se quieran cumplir los criterios de la IMCO mediante cálculos a base de curvas hidrostáticas y carenas inclinadas convencionales, se puede hacer más difícil la explotación del barco al obligarle a tener que llevar más lastre fijo o lastre líquido del que realmente es necesario. Es recomendable disponer de las carenas rectas con asiento y calcular, en caso necesario, las carenas inclinadas para una o dos condiciones con trimado a popa.

Para el pesquero "Sara Costas" se decidió calcular —después de disponer de los cálculos de estabilidad preliminares y de las carenas inclinadas usuales— adicionalmente dos series más de carenas inclinadas con asiento, una para 1,2 m. y otra para 1,8 m. de trimado a popa. Con estas tres series de carenas inclinadas se puede controlar la estabilidad del proyecto completamente.

La hoja de estabilidad y trimado para la condición "Llegada a caladero; empezando a pescar, con copo de 100 t. en cubierta, 75 por 100 provisiones, combustible, etc." (fig. 7) demuestra muy bien cómo se puede dominar esta difícil situación de estabilidad, utilizando las "carenas rectas con asiento" y las "carenas inclinadas con asiento". Aplicando solamente los datos geométricos del buque horizontal el *GM* sería con 0,03 m. insuficiente y la curva de par, *GZ*, cumpliría solamente los criterios 3c) y 4). Para la "línea de agua real", con un trimado de 2,32 m. a popa, existe una estabilidad inicial de $GM = 0{,}39$ m. Este valor cumple el criterio 1), el "Criterio Principal". No existen carenas inclinadas para este trimado. Se aplicará la serie de carenas inclinadas con el trimado próximo inferior, que son las de 1,8 m. de asiento por la popa. La curva de brazos *GZ* para un trimado de 1,8 m. a popa cumple ahora los restantes criterios 2), 3a), 3b), 3c) y 4). La estabilidad inicial correspondiente a 1,8 m. de trimado tiene un valor de $GM = 0{,}30$ m. y no cumpliría el criterio 1). Este valor no se toma en cuenta porque el criterio 1) será cumplido por el valor de *GM* real. También la curva de brazos para el trimado real de 2,32 m. daría, por la menos hasta aproximadamente 50º de escora, valores superiores que aquéllos calculados para 1,8 m. de trimado.

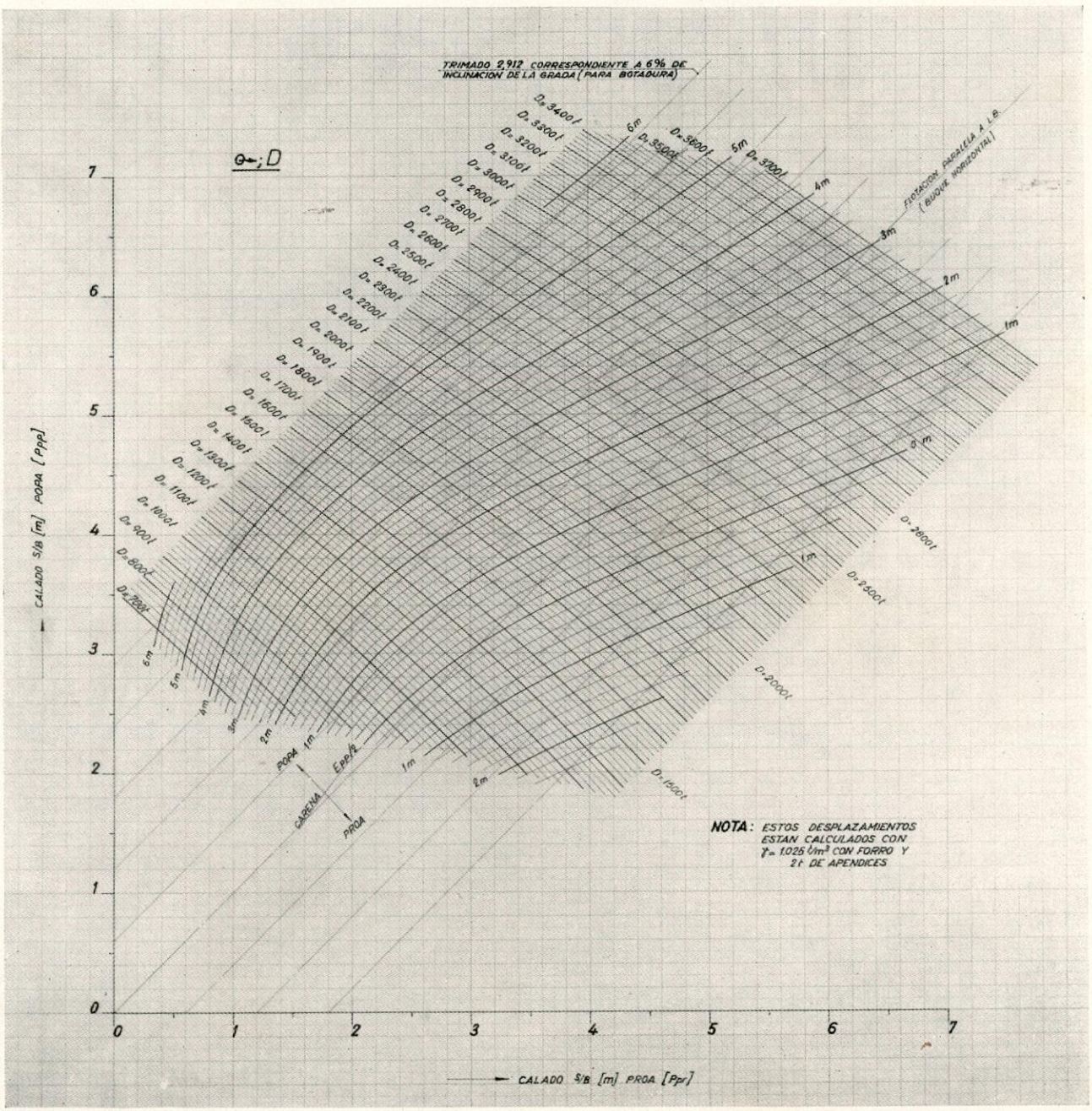


Fig. 6

Como puede observarse las tangentes en el origen se levantan hacia arriba en función del mayor trimado a popa. También las curvas del brazo *GZ* siguen esta tendencia, por lo menos hasta la zona de 30º y 40º de escora, donde rigen los criterios de la IMCO.

No es difícil ver e interpretar que se cumplan todos los criterios, disponiendo solamente del *GM* real (de la línea de flotación real) y de la curva de brazos *GZ* para la condición horizontal con su *GM*, demostrando con ella que la curva está saliendo hacia arriba desde su tangente en el origen.

Realmente es suficiente, y la experiencia lo demuestra, que el proyectista se preocupe durante el anteproyecto y proyecto exclusivamente del cumplimiento del "Criterio Principal". Sea repetido aquí, que este vale siempre para buques pesqueros de dos cubiertas con rampa en popa o buques de formas y francobordo parecidos. Naturalmente es necesario que el proyectista domine las formas que él diseñe o por lo menos compruebe que la curva de brazos *GZ* supere los valores correspondientes a su tangente inicial. En este caso puede suponerse que, teniendo una estabilidad inicial del $GM \geqslant 0{,}35$ m., se cumplan también todos los demás criterios de la IMCO.

Las carenas inclinadas con asiento normalmente sólo serán necesarias cuando las Autoridades Nacionales no consideren suficiente la comprobación a ba-

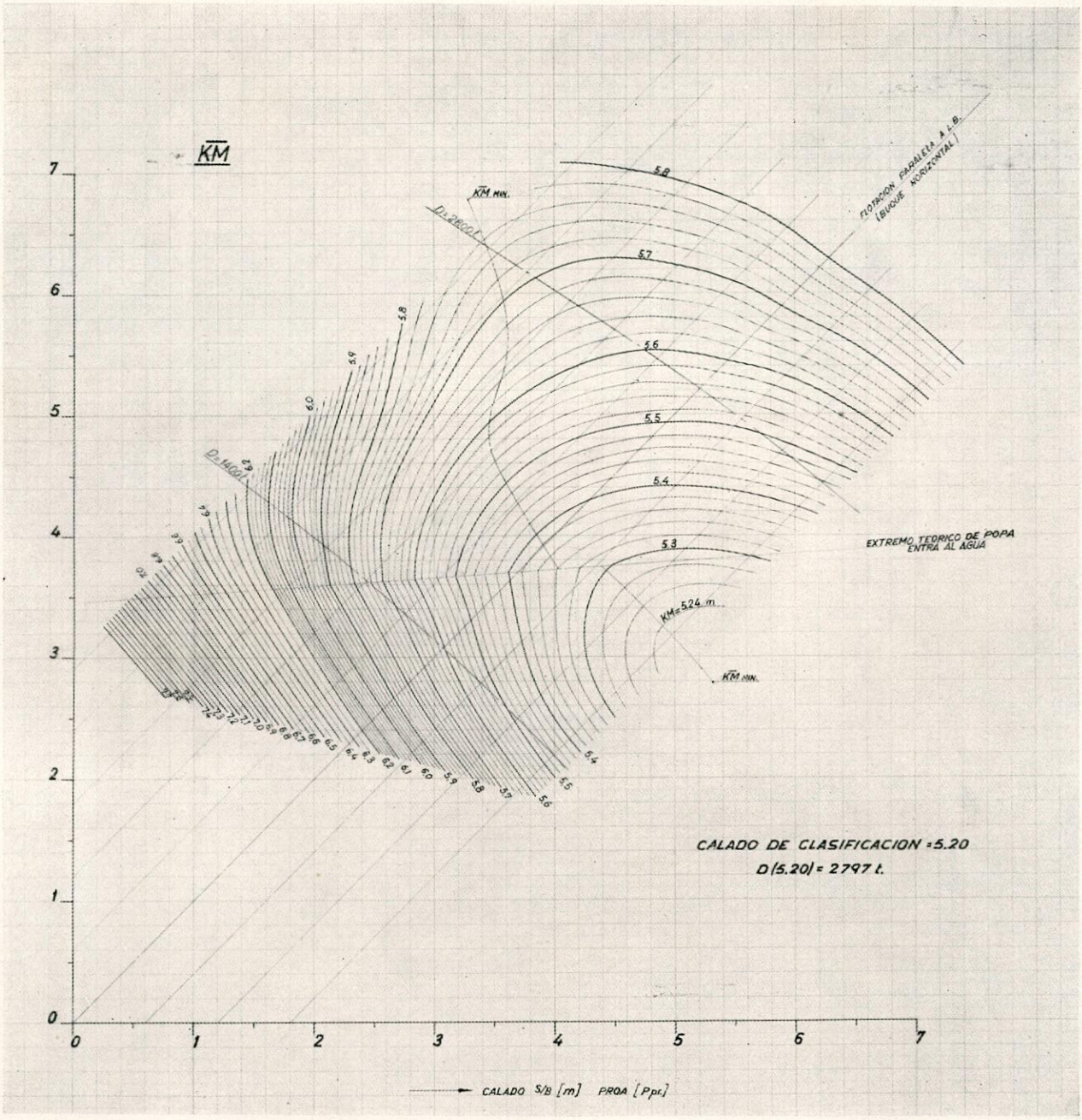


Fig. 7

se de analogía y, pidan una comprobación numérica. En este caso siempre se podrán hacer uso de algunos resultados previos y limitarse así solamente a una o dos series de carenas inclinadas con asiento adicionales.

C) *Pérdida de estabilidad debida al asiento por la proa.*

Como contrapartida a la ganancia de estabilidad por trimar el buque hacia popa existe la pérdida de estabilidad en el momento de trimar el buque hacia proa.

El trimar al buque excesivamente hacia proa puede ser peligroso para otros buques, además de los ramperos. Ello puede comprobarse con facilidad en el diagrama *KM*: Antes de entrar en dique se trata de poner el buque a quilla horizontal. Especialmente en buques con máquinas a popa se trasiegan combustible y agua hacia los tanques de proa. El buque, trimado a popa, dispone de suficiente estabilidad inicial pero reduciendo este trimado se reduce también el valor *KM*. En condiciones con desplazamientos cercanos al del buque en rosca la reducción de *KM* es tan grande, que muchas veces un trasiego de líquidos desde tanques altos a popa hacia tanques de doble fondo a proa no compensa la pérdida de *KM*. Por el trasiego se produce, lenta, pero constantemente, una

NAVITECNIA

TRIMADO Y ESTABILIDAD

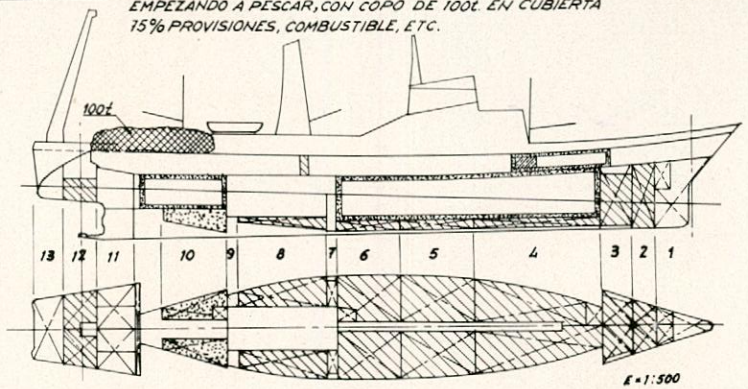
CONSTR.Nº **348** BUQUE **SARA COSTAS**

	CUAD.-CUAD.	BR	C	ER	VOLUMEN [m³]	LL %	γ [t/m³]	PESO [t]	∂zg/∂p [m]	MOM. VERT. [mt]	∞xg/Rpp [m]	MOM. LONG. [mt]	Msl (*) [mt]
BUQUE EN ROSCA													
CON PARTE FIJA EQUIPO PESCA								1394.5	5.78	8060.2	27.82	38795.8	
PERTRECHOS DE PESCA MOVIL								60.0	8.00	480.0	8.00	480.0	
TRIPULACION Y EFECTOS								8.0	9.50	76.0	43.00	344.0	
VIVERES						75		11.3	7.50	79.1	46.00	519.8	
								1473.8		8695.3		40139.6	
COMBUSTIBLE													
TANQUE USO DIARIO						100		5.0	7.49	37.2	22.86	114.3	—
" Nº1	105÷Proa												
" Nº2	101÷105					100		44.5	4.44	197.6	61.73	274.7	
" Nº3	95÷101					88		85.1	3.87	329.3	58.66	4992.0	
" Nº4 Br.	72÷95					100		35.1	0.98	34.4	48.45	1700.6	
" Nº4 Er.	72÷95					100		38.5	1.01	38.9	49.28	1897.3	
" Nº5	59÷72					100		65.1	0.84	54.7	39.26	2555.8	34
" Nº6 Br.	47÷59					100		26.8	0.69	18.5	32.11	860.5	
" Nº6 Er.	47÷59					100		30.3	0.68	20.6	31.78	962.9	
" Nº8	29÷45					100		35.2	0.86	30.3	23.09	812.8	
" Nº11	3÷10												
TANQUE Nº12	-3÷3					100		50.1	5.12	256.5	-0.02	-1.0	
								415.7		1018.0		16642.2	34
ACEITE													
TANQUE Nº7	45÷47					75		11.6	2.50	29.0	27.60	320.2	2
								427.3		1047.0		16962.4	36
AGUA DULCE													
TANQUE Nº10 Br.	15÷27					100		12.0	1.79	21.5	12.97	155.6	1
TANQUE Nº10 Er.	15÷27					100		16.6	1.67	27.7	13.63	226.2	3
								28.6	1.72	49.2	13.35	381.8	4
CARGA													
BODEGA DE ENTREP. (EMBALAJE)	79÷97							50.0	7.50	375.0	49.60	2480.0	
BODEGA DE PROA	47÷95												
BODEGA DE POPA	11÷27												
								50.0		375.0		2480.0	
AGUA DE LASTRE													
TANQUE Nº4 Br.	72÷92												
" Nº4 Er.	72÷95												
" Nº5	59÷72												
" Nº6 Br.	47÷59												
" Nº6 Er.	47÷59												
TANQUE Nº13	Rpa÷-3												
TOTAL													
BARCO EN ROSCA CON TRIP Y EFECTOS								1473.8		8695.3		40139.6	
CARGA								50.0		375.0		2480.0	
AGUA DE LASTRE								—		—		—	
COMBUSTIBLE Y ACEITE								427.3		1047.0		16962.4	36
AGUA DULCE								28.6		49.2		381.8	4
ACUMULACION DE HIELO (ZONA POLAR)								—		—		—	
PESCADO ADICIONAL EN CUBIERTA								100.0	9.30	930.0	10.00	1000.0	
								2079.7	5.34	11096.5	29.31	60963.8	40

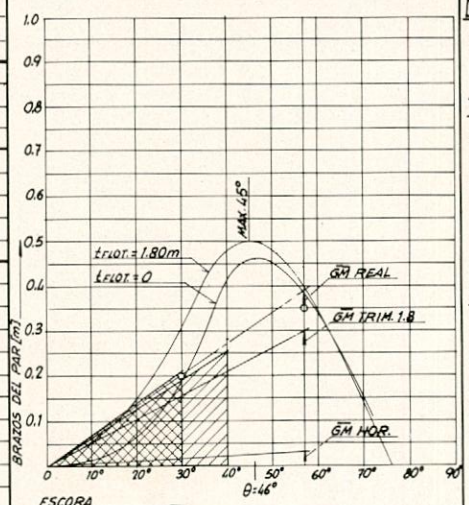
(*) MOMENTO DE SUPERFICIE LIBRE

CONDICION **LLEGADA A CALADERO**

EMPEZANDO A PESCAR, CON COPO DE 100t. EN CUBIERTA
75% PROVISIONES, COMBUSTIBLE, ETC.



TRIP Y EFECT. | CARGA | LASTRE | COMBUST. Y ACEITE | AGUA DULCE | ACEITE



∠	sen θ	ρ [m]	KG sen θ [m]	BRAZO [m]
10°	0.1737			
20°	0.3420			
30°	0.5000			
40°	0.6428			
50°	0.7660			
60°	0.8660			
70°	0.9397			
80°	0.9848			

V = 2015 [m³]
$\overline{KG'} = \overline{KG} + \overline{MM'}$ = 5.36 [m]

DIMENSIONES PRAL

E [m] = 67.2 Co [m] = 4.17
M [m] = 12.0 Quilla [m] =
C [m] =

TRIMADO Y CALADO

Xg [m] = 29.31 Δ [t] = 2079.7
1/2 Epp [m] = 33.60 t FLOT. [m] = 2.32
∞G [m] = 4.29 t MARC [m] = 3.09
CAL. TRAZ.: Copp [m] = 5.14 Co PR [m] = 2.82
CAL. MARC.: Cpp [m] = 5.82 C PR [m] = 2.73

ESTABILIDAD

FLOTACION:	REAL	t FLOT. = 1.8m	HORIZONTAL
$\overline{KM}$ [m] =	5.75	5.66	5.39
$\overline{KG}$ [m] =	5.34	5.34	5.34
$\overline{GM}$ [m] =	0.41	0.32	0.05
$\overline{MM'}$ [m] =	0.02	0.02	0.02
$\overline{GM}$ [m] =	0.39	0.30	0.03

CALCULO	MC/AG	23-II-71
COMPROBO		
VISTO		23.II.71

CLIENTE – PROY. Nº

VULCANO

NUMERO DEL DIBUJO		
PEDIDO	PLANO	HOJA
A193	B61B	4.11
		TOTAL

reducción de la estabilidad inicial hasta que pueda llegar a ser negativa. Más de una vez han volcado barcos en puerto por esta razón, o han podido salvarse en último momento de la zozobra. La existencia de superficies libres durante el trasiego es poco importante en comparación con la pérdida continua del valor *KM*. El siguiente ejemplo da una idea acerca de la disminución de estabilidad, debida a un asiento por la proa.

El pesquero congelador "Sara Costas" tiene en la condición "en rosca" un trimado (referente a la CWL) de algo más de 3 m. El buque tiene para esta línea de agua real una estabilidad inicial de $GM = 0{,}52$ m. Supuesto que se pudiera modificar el trimado del buque de tal manera de que el desplazamiento se quedase constante y el centro vertical del buque no varíe, llegando a una posición en que la línea de agua quedase paralela a la CWL, su estabilidad inicial se hubiese reducido a $GM = -0{,}17$ m. (en esta condición el buque todavía dispone de un asiento de quilla de aproximadamente 1 m.). ¡La pérdida en *KM* es de 0,69 m.! Esta cifra es un valor extremo pero demuestra claramente el peligro.

Las pérdidas de estabilidad inicial del orden de 0,2 hasta 0,3 m. son corrientes.

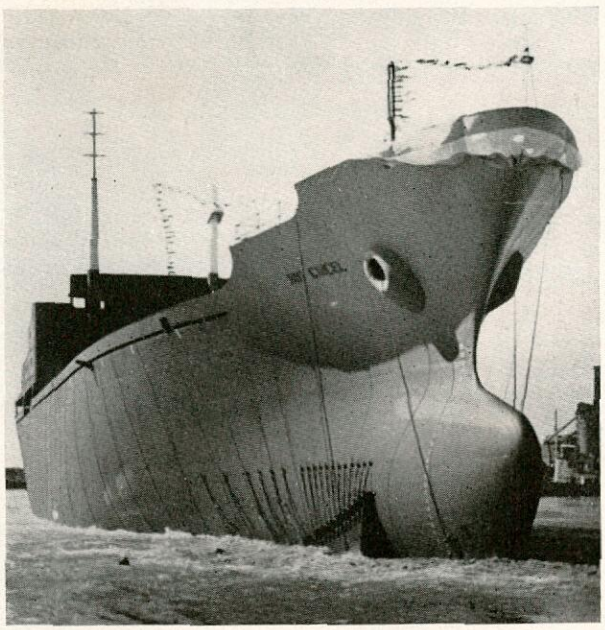
Otra advertencia hay que hacer aquí en relación a una costumbre de varios capitanes de pesca. A la salida del caladero suelen trimar el buque hacia proa para "sacar la rampa del agua" con la intención de reducir la resistencia en el agua. Muy frecuente es esta costumbre en Inglaterra, pero también algunos capitanes españoles siguen esta tendencia. Este trimado hacia proa requiere imprescindiblemente sus cálculos de control. En caso de que se prescinda de este control pueden producirse accidentes de estabilidad.

En general se puede recomendar que todas las condiciones calculadas por el proyectista que trimen más a proa que el trimado correspondiente a las carenas inclinadas calculadas, solamente deben entregarse a bordo en el caso de que la "pérdida de la estabilidad inicial por trimado a proa" haya sido comprobado mediante el diagrama *KM* de las carenas rectas con asiento.

INFORMACION DEL EXTRANJERO

CEREMONIA DE ENTREGA DEL BUQUE "RIO PARANA" Y BOTADURA DEL BUQUE "RIO CINCEL"

El 11 de septiembre se efectuó en el Astillero de Río Santiago, en Ensenada (Argentina), empresa dependiente de AFNE, S. A., la ceremonia de entrega y recepción de la motonave "Río Paraná" y el bautismo y botadura de la motonave "Río Cincel" para Empresa Líneas Marítimas Argentinas (Elma).



El "Río Paraná" es el segundo buque de un Plan de Renovación de 19 unidades que está en marcha destinado a dicha naviera.

Sus principales características son las siguientes:

Eslora total	152,60 m.
Manga máxima	20,60 m.
Puntal a la cubierta superior	12,20 m.
Calado	8,65 m.
Peso muerto	10.900 t.
Potencia	10.500 CV.
Velocidad	17,40 nudos

Propulsión: motor AFNE-FIAT B-757-S.

A su vez el "Río Cincel" es el primero de una nueva serie, siguiéndole el "Río Teuco", que se encuentra en gradas y el "Río Deseado" en etapa de prefabricación ,todos estos para E. L. M. A. y cuyas características son:

Eslora total	147,60 m.
Manga máxima	20,20 m.
Puntal a la cubierta superior	11,80 m.
Calado de diseño	7,65 m.
Porte bruto	9.600 t.

Propulsión motor Afne-Fiat B-757-S.

Potencia	10.500 CV.
Velocidad	18 nudos

GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA CON ARROLLAMIENTOS SUPERCONDUCTORES

Con un generador eléctrico de corriente continua del siglo XIX y con la tecnología del siglo XX, en la General Electric se espera reducir en un 50 por 100 el tamaño y el peso de los sistemas de producción eléctrica de buques de la Armada Norteamericana.

El generador es similar, en cuanto a proyecto, a la máquina acíclica (homopolar) con la que Michael Faraday hizo demostraciones en 1831: el sencillo disco giratorio e imán de herradura, familiar para la mayoría de los estudiantes de física de las escuelas superiores. La espectacular reducción en peso y tamaño, con respecto a las máquinas normales, se ha logrado instalando en un generador basado en el principio de Faraday, unos arrollamientos superconductores y contactos eléctricos de metal líquido.

El resultado es un generador tetradisco de 150 kilovatios (200 CV.) aproximadamente de la mitad del peso y del tamaño de un motor de corriente continua normal de rendimiento comparable. Funcionando a una velocidad de los discos de 3.600 r. p. m., el nuevo generador produce 17.000 amperios a 9 voltios.

El arrollamiento del campo del generador accionado a la temperatura extraordinariamente baja de 4.º K, punto en que la bobina inductora se convierte en superconductor de electricidad.

Esta bobina puede desarrollar un campo magnético de hasta 60.000 gauss, frente a los 15.000 de las bobinas de núcleo de hierro de los generadores normales. Está formada por una delgada capa de cinta de niobio-estaño, emparedada entre dos delgadas capas de cobre. Cuando el generador está funcionando, la bobina está sumergida en helio líquido. Como quie-

ra que el arrollamiento es estacionario, no hay necesidad de un recipiente giratorio para el helio.

Los generadores acíclicos superconductores han permanecido durante años en los tableros de dibujo y se han construido diversos modelos experimentales, con un rendimiento limitado. Sin embargo, los colectores sólidos de corriente normales, construidos de materiales a base de carbón, no han podido manejar las elevadas corrientes producidas. Los ingenieros de GE han resuelto el problema utilizando una aleación de metal líquido de sodio y potasio. El metal líquido llena el intersticio existente entre el rotor y el estator, sirviendo de conductor de electricidad entre el estator y los cuatro discos. Su capacidad es más de 30 veces superior a la de las escobillas normales y no requiere prácticamente mantenimiento alguno.

El proyecto del Centro de Investigación y Desarrollo de G. E. se encuentra en marcha desde hace dos años aproximadamente. El modelo experimental original era un generador monodisco de 20 kilovatios (27 CV.) que funcionaba a unas velocidades de los discos de 4.000 r. p. m., produciendo 10.000 amperios a 2 voltios.

Aunque el trabajo se haya enfocado hacia el generador de corriente continua los resultados obtenidos pueden aplicarse también a los motores de corriente continua. En realidad, en la actualidad, se encuentran sobre el tablero de dibujo proyectos de motores y generadores hasta 30.000 CV. Según los actuales proyectos, el motor de 30.000 CV. contará con 10 discos con una velocidad de proyecto de 200 r. p. m., y funcionará a 200 voltios.

PUESTA DE QUILLA DEL PRIMER PORTA-BARCAZAS PARA ARMADOR ALEMAN

Los Astilleros belgas Cockerill Yards Hoboken, han procedido recientemente a la puesta de quilla del primer buque para el transporte de barcazas del tipo Lash ,destinado a la Naviera alemana Hapag-Lloyd AG.

Con la puesta en servicio de esta nueva unidad, la Hapag-Lloyd dispondrá de un nuevo sistema de transporte que aparte del sistema de containers, ya muy utilizado en diversas rutas, está considerado como muy interesante para el porvenir de las líneas marítimas regulares.

Las Navieras Hapag-Lloyd y la Holland Amerika Lijn ,piensan utilizar dos porta-barcazas en el servicio combinado Combi-Line, entre el Norte de Europa, el Golfo de Méjico y el Sector Sur atlántico de los Estados Unidos.

Este primer buque porta-barcazas será botado en abril de 1972 y podrá tranportar 83 barcazas, lo que supone una capacidad de carga de 43.000 toneladas.

ENTRADA EN SERVICIO DEL PORTA-CONTAINERS "TAEPING"

El primer portacontainers de gran capacidad y alta velocidad, construido en Italia, ha entrado en servicio recientemente.

Bautizado con el nombre de "Taeping", ha sido construido en el Astillero de Génova, Sestri de Italcantieri, para la Naviera Adam Scffahrtsgesellschaft KG, de Bremen y que será arrendado a largo plazo a la Naviera C. Y. Tung Group.

Este es el primer container de una serie de cuatro que tiene en cartera el Astillero y su precio es de unos 12 millones de dólares.

Sus principales características son las siguientes:

Eslora total	208,00 m.
Eslora entre perpendiculares	192,00 m.
Manga máxima	30,50 m.
Puntal	18,00 m.
Calado de proyecto	9,18 m.
Calado de escantillonado	10,00 m.
Desplazamiento al calado de proyecto	31.000 t.
Peso muerto al calado de proyecto	19.600 t.
Tonelaje de registro neto	13.824 t.
Tonelaje de registro bruto	13.824 t.
Capacidad de containers bajo cubierta	433 de 40 pies
Sobre cubierta	264 de 40 pies
Coeficiente de bloque al calado de proyecto	0,57

La maquinaria propulsora consiste en turbinas de vapor que desarrollan una potencia de 37.500 SHP, a 120 r. p. m., proporcionando al buque una velocidad de servicio (a 80 por 100 de la potencia), de 23,41 nudos, no obstante, haberse alcanzado en pruebas y en la condición de lastre, los 25,85 nudos. El consumo de fuel al 90 por 100 de la potencia es de unas 179 toneladas por día, a 200 gramos/caballo y hora.

PRIMER PORTACONTAINERS CONSTRUIDO EN DINAMARCA

El Astillero de Nakskov acaba de entregar a la Naviera danesa del Este Asiático, el primer portacontainer de tipo celular construido en Dinamarca. Esta nueva unidad bautizada con el nombre de "Falstria" tiene un tonelaje de registro bruto de 20.187 toneladas y un peso muerto de 18.229 toneladas. El "Falstria" se destinará al servicio entre Europa y la costa Oeste de América del Norte, que se explota en cooperación con la Blue Star Line .

La capacidad en containers del citado buque es de 446 de 20 pies, 46 containers de 40 pies y 84 contai-

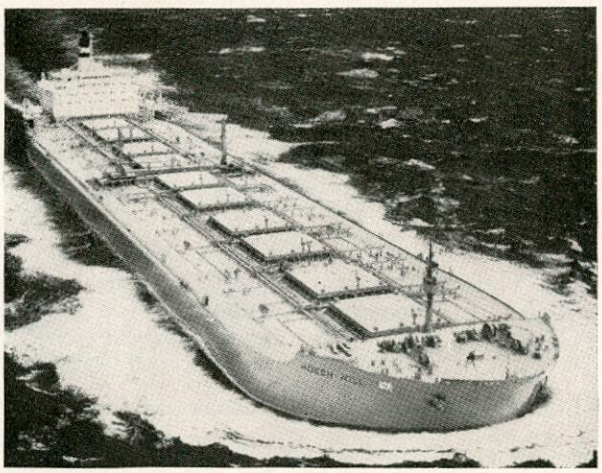
ners frigoríficos de 20 pies, todo esto en bodega. En cubierta puede llevar 296 containers de 20 pies.

La bodega de popa se destina exclusivamente al transporte de containers refrigerados con un equipo frigorífico que permite mantener 6 temperaturas diferentes.

La maquinaria propulsora consiste en un motor Burmeister & Wain, del tipo 10K84EF, que desarrolla una potencia de 25.000 caballos, proporcionando al buque una velocidad en servicio de 21,5 nudos.

EL BUQUE PARA TRANSPORTE DE PETROLEO Y MINERAL MAS GRANDE CONSTRUIDO HASTA LA FECHA

Ha entrado recientemente en servicio el buque "Höegh Hill", primer buque de una serie de tres gemelos encargados por A/S Alliance, a los Astilleros de Kawasaki Heavy Industries Ltd.



Este buque inicialmente fue contratado con un peso muerto de 200.000 toneladas y poco antes de comenzar su construcción fue aumentado su tonelaje a 240.000. Esto fue como consecuencia de los resultados de los estudios económicos llevados a cabo por el armador y el astillero sobre este tipo de buque y una investigación de los puertos a los que sería accesible el buque más grande.

Las características principales de este ore/oil carrier que es el mayor del mundo construido hasta la fecha son las siguientes:

Eslora total	326,00	m.
Eslora entre perpendiculares	313,00	m.
Manga	52,00	m.
Puntal	27,30	m.
Calado	20,50	m.
Peso muerto	245.323	t.
Desplazamiento	283.240	t.
Tonelaje de registro bruto	128.980	t.

La maquinaria instalada consiste en un conjunto de turbinas de vapor Kawasaki UA, que desarrolla una potencia máxima continua de 33.000 caballos, a 90 r. p. m., lo que proporciona al buque una velocidad de 15,3 nudos.

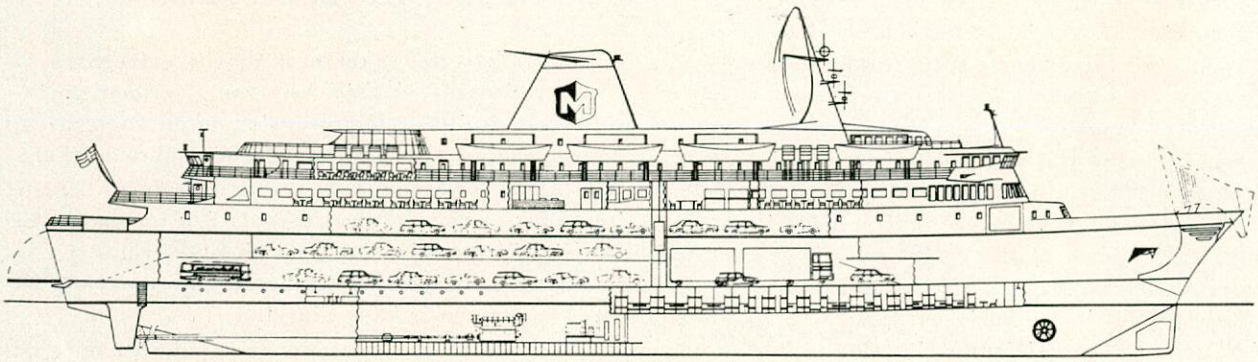
ENTREGA DEL FERRY "TRAVEMUNDE"

Construido por el Astillero Schiffbau-Gesellschaft Unterweser AG, ha sido entragado recientemente el ferry "Travemünde" para la naviera Moltzau Line A-S, para incorporarlo al servicio entre Dinamarca y la República Federal.

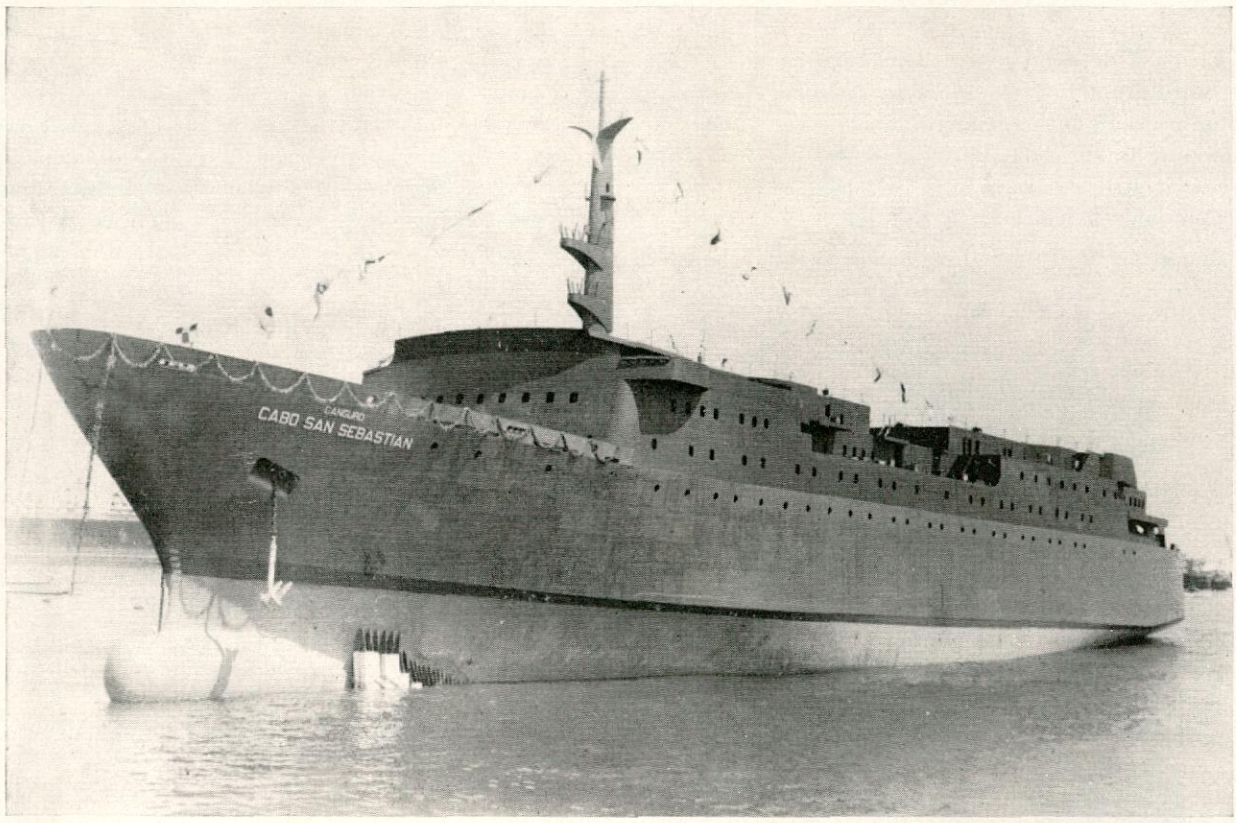
Las características principales de este nuevo ferry son:

Eslora entre perpendiculares	103,00	m.
Eslora total	118,00	m.
Manga	18,90	m.
Manga a la cubierta de coches	18,50	m.
Calado	5,00	m.
Tonelaje de registro bruto	3.900	t.
Capacidad de pasajeros	1.500	

La maquinaria propulsora consta de un motor diesel marca M. A. N., tipo V6V 40/54, que desarrolla una potencia de 6.700 caballos, a 430 r. p. m., que proporciona al buque una velocidad de 21 nudos. Dispone también a proa de una hélice longitudinal y un propulsor lateral.



INFORMACION NACIONAL Y PROFESIONAL



BOTADURA DEL BUQUE CANGURO "CABO SAN SEBASTIAN"

El día 4 de septiembre en los Astilleros de Unión Naval de Levante, S. A., en Valencia, tuvo lugar la botadura del buque Canguro "Cabo San Sebastián". Este buque que se construye para Ybarra y Compañía, S. A., está destinado al transporte de pasajeros y vehículos.

Sus principales características son las siguientes:

Eslora total	140,00	m.
Calado máximo	5,50	m.
Arqueo bruto aproximado	12.500	TRB.
Velocidad en pruebas (mantenible en en servicio)	21	nudos
Potencias de máquinas	17.800	BHP.
Pasajeros	800	
Garaje para coches	110	coches

Garaje para vehículos de: 45 semirremolcadores o vehículos industriales.

Esta nueva unidad es el resultado de la experiencia adquirida durante los tres últimos años por la Compañía Carguero-Iberia. El servicio Barcelona-Génova, iniciado en 1968 con los buques transbordadores de bandera italiana tipo Canguro, se verá ahora incrementado con este nuevo buque de bandera española, construido con arreglo a los últimos adelantos de la técnica naval, en todas sus facetas de casco, maquinaria, radionavegación, radiocomunicación, etcétera y cumpliendo rigurosamente todas las exigencias del Convenio para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar.

En cuanto a las comodidades e instalaciones que se ofrecen a los pasajeros, es de señalar el hecho de que las 800 personas que podrá transportar en cabinas de clase única, todas y cada una de ellas están dotadas de cuarto de aseo completo.

La amplitud, decoración y acondicionamiento de los salones, comedores, cubiertas y varandas, superará, sin duda alguna, a todo lo conseguido hasta la fecha en este tipo de buques.

Lo mismo ocurre en los espacios destinados a garajes de coches y camiones, donde los transportistas de mercancías, cada día más numerosos, en el uso de este tipo de transporte roll-on, roll-off, habrán de encontrar un poderoso auxiliar para el desarrollo de sus actividades.

A esta nueva unidad, cuya entrada en servicio se prevé para el próximo mes de abril de 1972, habrán

de seguir, en plazo breve, otros dos de características similares, que se construirán también en los Astilleros de la Unión Naval de Levante, S. A.

BOTADURA DEL CARGUERO RAPIDO "VALVANUZ"

El día 7 de septiembre tuvo lugar en la factoría de San Fernando de la Empresa Nacional Bazán, la botadura del buque carguero rápido "Valvanúz", segundo de la serie de cuatro unidades que esta Empresa construye para la modernización de la flota de la Compañía Trasatlántica Española.

Sus principales características son las siguientes:

Eslora	140,00	m.
Manga	19,20	m.
Puntal	11,00	m.
Desplazamiento en carga	12.310	t.
Capacidad en balas	403.000	pies³
Potencia del motor propulsor	9.300	BHP.
Autonomía	10.000	millas

El equipo propulsor consta de un motor Manises-Sulzer 6RND68, estando prevista una velocidad próxima a los 20 nudos.

El buque lleva proa de bulbo y la cubierta, entrepuentes y doble fondo están proyectados para el desplazamiento sobre los mismos de carretillas para carga paletizada que tendrán acceso al buque a través de portas laterales en el costado. Sobre sus escotillas y dobles fondos podrá llevar un total de 56 containers.

Actuó de madrina la distinguida señora doña Elena García Botín, esposa del Consejero Delegado de la Compañía Trasatlántica Española don Jaime Pérez Maura, siendo presidido el acto por el Ministro de Marina Almirante don Alfonso Baturone Colombo, a quien acompañaban las autoridades de Marina del Departamento y otras personalidades y autoridades provinciales y locales y en representación de la Compañía Armadora, el Consejero Delegado y otros altos cargos de la misma. Por parte de la Empresa Nacional Bazán, el Vicepresidente don Angel Morales Martínez, Director Gerente don Angel J. Simón, Director de la Factoría de San Fernando don Antonio Villanueva y demás personal directivo e ingenieros.

ENTREGA DE LOS PESQUEROS "ILE DE LA GALITE", "ILE DE ZEMBRA", "ILE DE KURIAT", "ILES DE KERKENNAH", "ILE DE DJERBAL"

El día 24 del pasado mes de junio han sido entregados a la casa armadora L'Office National des Peches, de Túnez, los cinco pesqueros epigrafiados, los cuales van equipados para la pesca por popa.

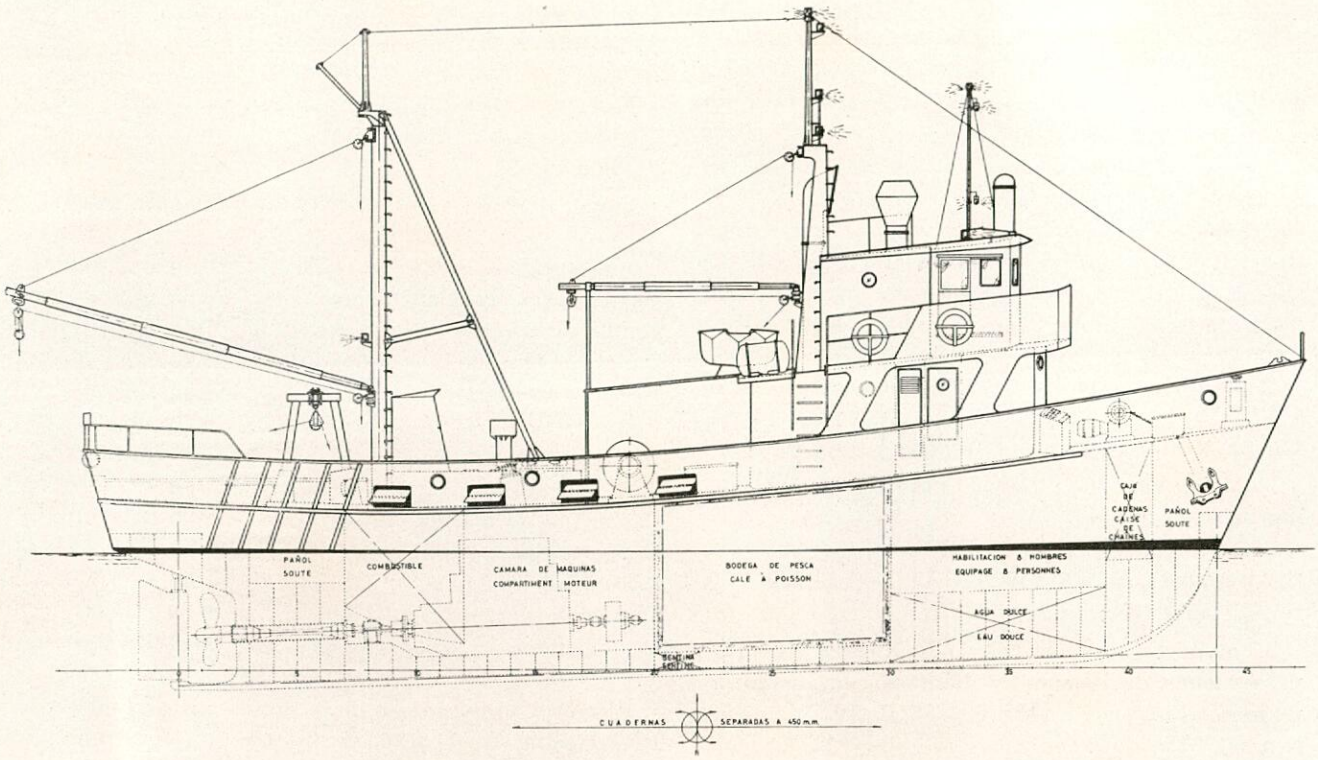
Para la conservación del pescado en hielo en bodegas disponen de un equipo frigorífico capaz de mantener el frío en las citadas bodegas a 0º C.

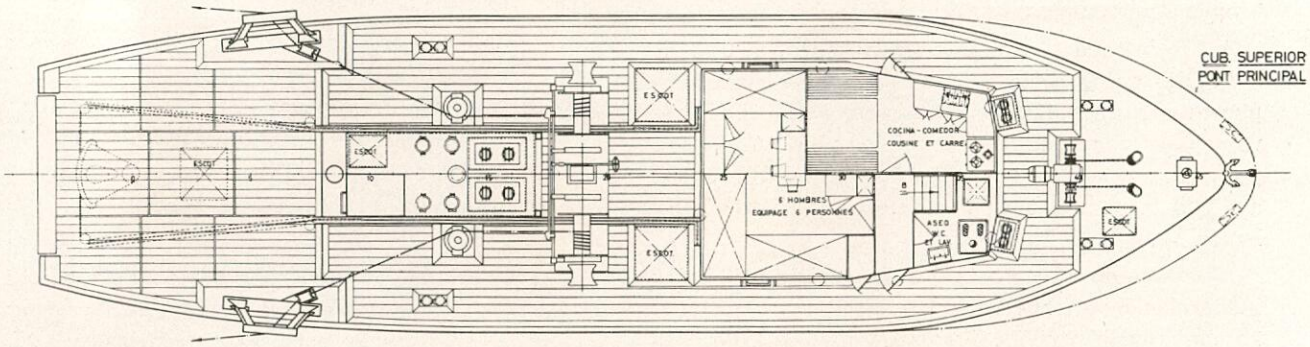
La construcción se llevó a cabo en Factorías Vulcano de Enrique Lorenzo y Compañía, S. A., de Vigo, conforme el Proyecto y Planificación de Sener, S. A., de Bilbao.

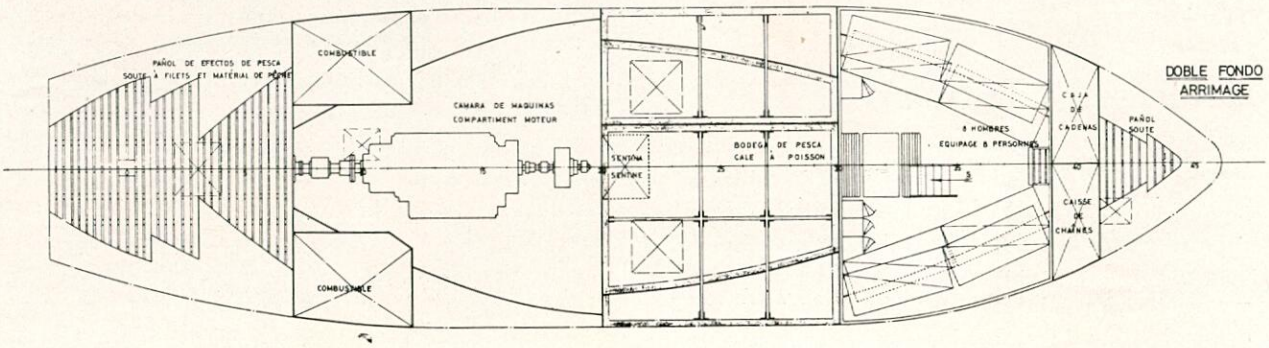
Fue construido de acuerdo con las reglas y bajo la inspección del Lloyd's Register of Shipping, alcanzando la cota de + 100 A 1 (Trawler) + LMC 8 CP Mediterráneo.

Sus principales características son las siguientes:

Eslora total	23,20	m.
Eslora entre perpendiculares	19,70	m.
Manga de trazado	6,00	m.
Puntal de trazado	3,25	m.
Registro bruto	93,10	tm.
Registro neto	31,20	tm.
Registro bajo cubierta	80,41	tm.
Peso muerto	40,00	t.
Capacidad de bodegas	45,00	m³
Capacidad de combustible	12,40	m³
Capacidad de agua	10,30	m³
Capacidad de aceite	0,60	m³


PAÑOL
SOUTE
COMBUSTIBLE
CAMARA DE MAQUINAS
COMPARTIMENT MOTEUR
BODEGA DE PESCA
CALE À POISSON
HABILITACION 8 HOMBRES
EQUIPAGE 8 PERSONNES
AGUA DULCE
EAU DOUCE
CAJA DE CADENAS
CAISSE DE CHAINES
PAÑOL
SOUTE
CUADERNAS SEPARADAS A 450 mm


CUB. SUPERIOR
PONT PRINCIPAL
ESTOT
COCINA - COMEDOR
COUSINE ET CARRE
8 HOMBRES
EQUIPAGE 8 PERSONNES
ASEO
W.C.
ET LAV


DOBLE FONDO
ARRIMAGE
PAÑOL DE EFECTOS DE PESCA
SOUTE À FILETS ET MATÉRIAL DE PÊCHE
COMBUSTIBLE
CAMARA DE MAQUINAS
COMPARTIMENT MOTEUR
SENTINA
SENTINE
BODEGA DE PESCA
CALE À POISSON
8 HOMBRES
EQUIPAGE 8 PERSONNES
CAJA DE CADENAS
CAISSE DE CHAINES
PAÑOL
SOUTE
COMBUSTIBLE

Maquinaria y equipo.

El motor principal es un Alpha Echevarría, tipo 400-24-VO, de 2 tiempos, simple efecto, émbolo buzo de 4 cilindros, 340 HP., a 400 r. p. m., carrera 400 milímetros y diámetro cil. 240 mm.

Para el arranque dispone de dos botellas de aire de 110 litros cada unidad, a 30 kg/cm².

Grugos electrógenos: Motor Lister Backstone, tipo HRW2MA de 21,5 CV., a 1.500 r .p. m., de dos cilindros, 4 tiempos refrigerados por agua.

Dínamo c. c. Fenya, tipo G-230-24, de 10 KW, a 1.500 r. p. m., 115 V, 91 A.

Bomba Azcue, tipo 1-C-1/N, de 16.000 litros/hora, a 25 m. a. m., accionada por el motor Diesel a través de un embrague Basor, tipo IH de 25 CV.

Un compresor VA-30 40/30 atmósferas, 475 revoluciones por minuto.

Lleva además una dínamo de cola, marca Fenya, tipo G-230-24, de 8,5 KW, 115 V, 74 A, 1.000/1.500 revoluciones por minuto.

El molinete de anclas es de Indupesca, tipo 2LF, para cadena de 19 mm. de diámetro, accionado por un motor Lanfer c. c., tipo 600/85, de 10 CV, a 1.500 r. p. m., 81A, serv. cont.

El gobierno se realiza a mano por mediación de un montante con su reductor de engranaje con barbotén para la transmisión por cadenas.

La hélice es de 3 palas orientables construidas en bronce manganeso, de 1.650 mm. de diámetro.

A fin de conseguir mantener la bodega a 0º C + 25º C, lleva instalada una unidad frigorífica compuesta por un compresor Ortofrigor F623, a 640 revoluciones por minuto, capaz de producir 7.500 frigorías/hora, movido por un motor eléctrico de 5 CV, a 1.500 r. p. m., 110 V c. c. El refrigerante es Freón 12.

El equipo de salvamento y C. I. consiste en 2 balas insufables Beaufort-Sanpere de 8 plazas cada una. 15 chalecos salvavidas, 4 aros salvavidas, 2 de ellos con rabiza de 30 m. de longitud y luces de encendido automático. 2 extintores de espuma de 12 litros cada unidad. 2 mangueras de goma de 5 m. de largo. 4 palas con mango de madera. 4 cubos galvanizados. 1 lanza de 12 mm. de diámetro. 1 caja de arena y 1 hacha de bomberos.

MOTOPESQUERO "FAO 59"

El día 27 del pasado mes de julio ha sido entregado a la armadora Food and Agliculture Organizatiion of the United Nations (FAO), para Malasia, el epigrafiado buque, preparado para la pesca al cerco y arrastre. Para la conservación de la pesca en bodegas dispone de un equipo frigorífico para mantenimiento del frio en las citadas bodegas.

La construcción se llevó a cabo en Factorías Vulcano de Enrique Lorenzo y Cía., S. A., de Vigo, conforme al proyecto y planificación de Sener, S. A., de Bilbao.

Fue construido de acuerdo con las reglas del Lloyd's Register of Shipping con la cota + 100 A1 Fishing-Vessel.

Sus principales características son las siguientes:

Eslora total	29,70	m.
Eslora entre perpendiculares	26,50	m.
Manga de trazado	7,60	m.
Puntal de trazado	3,70	m.
Registro bruto	184,02	tm.
Registro neto	76,40	tm.
Registro bajo cubierta	141,40	tm.
Peso muerto	110	t.
Capacidad de bodega	95	m³
Capacidad de gas-oil	52	m³
Capacidad de agua	21	m³
Velocidad	10,20	nudos
Tripulación	24	hombres

El motor propulsor es de la marca Lister Blackstone Marine, tipo ERS6, de 495 CV, a 750 r. p. m., que acciona:

— Un reductor A. M. Liaaen, tipo ACE45, reducción 2:1, con acoplamiento flexible Nodal Damper entre reductor y motor.

— Dos bombas hidráulicas Wickers, tipos 4525V5-0A21 y 2520V21A12, accionadas por el motor principal a través de un reductor RAPP, tipo Hytek, para accionamiento maquinaria hidráulica de cubierta.

— Una bomba de reserva de lubricación del reductor Dowty, tipo GP3/250 CV., de 9,5 m³/hora, a 2,8 kilogramos/cm², suministrada con el reductor.

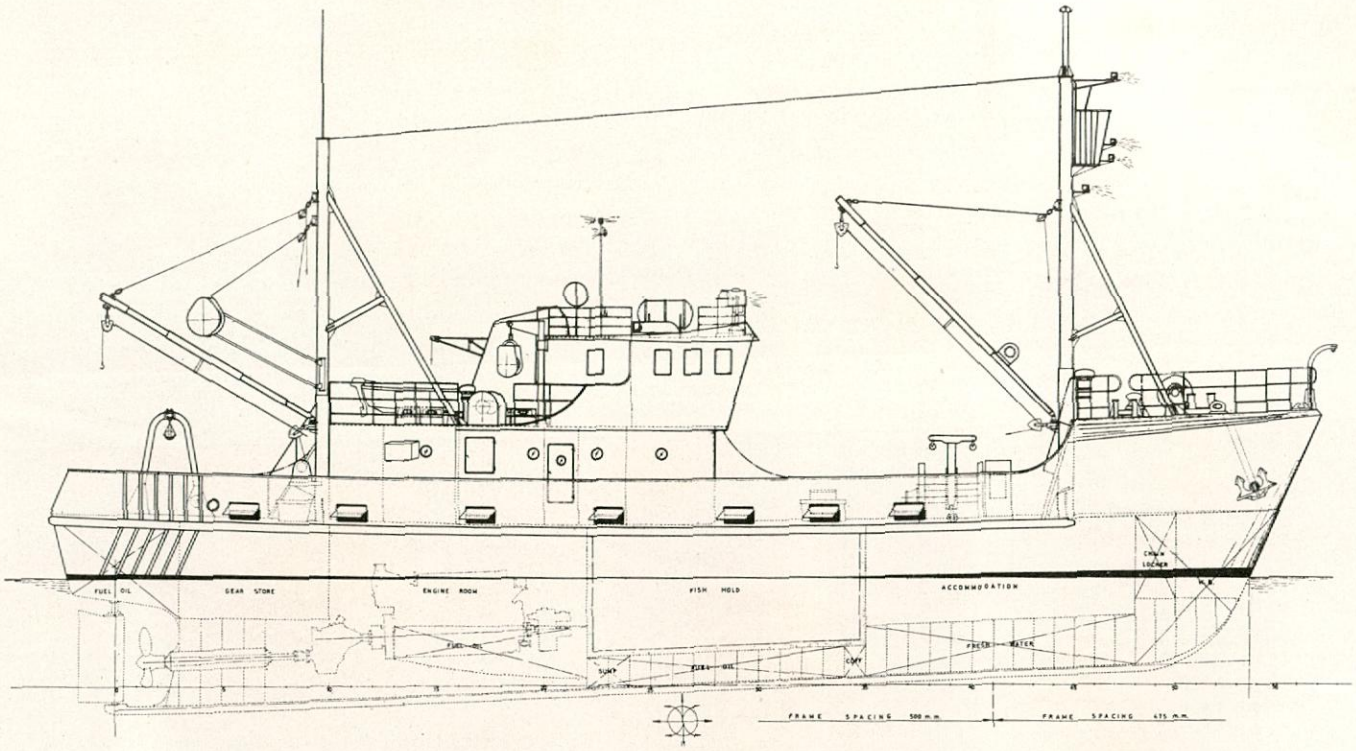
— Una bomba Desmi, tipo SA-80-MAJOR, de 55 m³ hora, a 15,5 m. a. m. para lastre, sentinas y C. I.

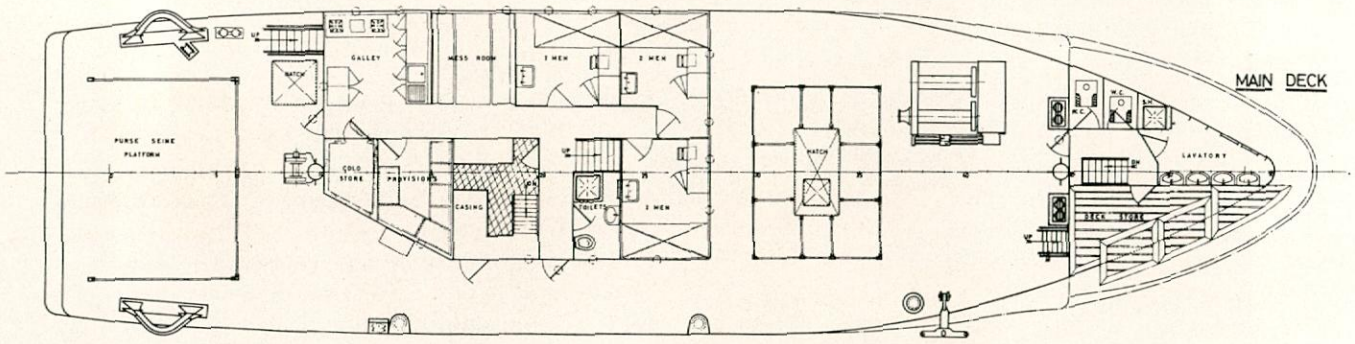
— Un compresor Worthington, tipo FTT8 con una presión de 24,6 kg/cm², 1.500 r. p. m. suministrado con el motor.

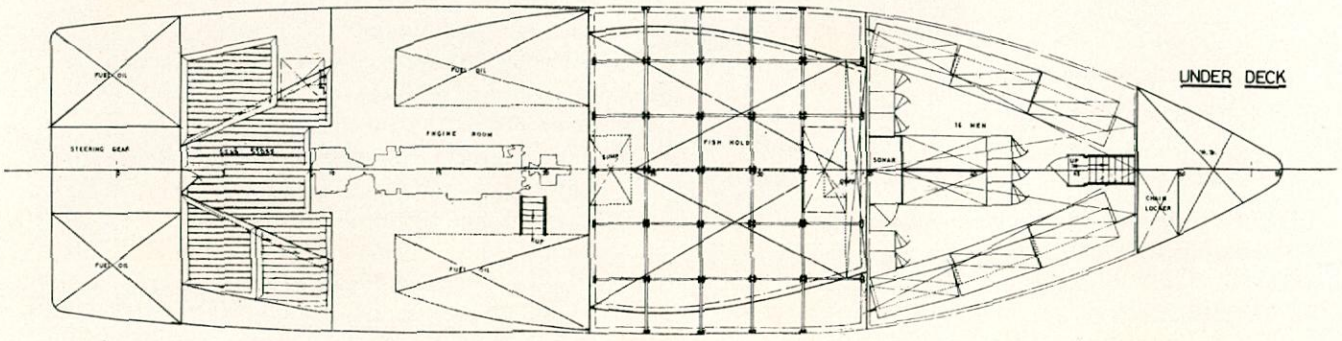
El grupo auxiliar de babor está compuesto de un motor Lister Blackstone, tipo HRW6MA, de 64,5 CV, a 1.500 r. p. m.; un alternador Indar, tipo 250 m., de 50 KVA, a 1.500 r. p. m., 380 V. y una bomba hidráulica para equipo de cubierta, Vickers, tipo 2520V21A12.

El grupo auxiliar de estribo incorpora un motor Lister Blackstone, tipo HRW4MA, de 43 CV, a 1.500 revoluciones por minuto; un alternador Indar, tipo 200L de 25 KVA, a 1.500 r. p. m., 380 V.; una bomba Azcue, tipo SP51/30, de 20.000 litros/hora, a 30 m. a. m., 7 CV, a 1.440 r. p. m.

La línea de ejes incluye un eje de cola perforado de 130 mm. de diámetro construido en acero Martín


FUEL OIL
GEAR STORE
ENGINE ROOM
FISH HOLD
ACCOMMODATION
CREW LOCKER
FRESH WATER
SUMP
FUEL OIL
GRY
FRAME SPACING 500 m.m.
FRAME SPACING 475 m.m.


MAIN DECK
PURSE SEINE PLATFORM
GALLEY
MESS ROOM
7 MEN
2 MEN
COLD STORE
PROVISIONS
CASING
TOILETS
2 MEN
HATCH
W.C.
LAVATORY
DECK STORE


UNDER DECK
FUEL OIL
STEERING GEAR
GEAR STORE
ENGINE ROOM
SUMP
FISH HOLD
SONAR
16 MEN
CREW LOCKER

Siemens, fabricado por Liaaen; una bocina convencional construida en hierro fundido con casquillo de antifricción (el sistema de obturación es a base de juntas de goma sintética resistentes al aceite) y una hélice Liaaen de 3 palas de paso controlable.

Las electrobombas son las siguientes: una bomba para servicio diario de combustible, R. Azcue, tipo 1YE de 1.000 litros/hora, a 15 m. a. m., accionada por motor eléctrico de 1 CV.

Una bomba para trasiego de combustible, R. Azcue, tipo 5YE, de 20.000 litros/hora, a 15 m. a. m. accionado por motor eléctrico de 7,5 CV.

Una bomba para refrigeración agua salada, Itur, tipo BE-13, de 35.000 litros/hora, a 25 m. a. m., accionada por un motor eléctrico de 7,5 CV.

Una bomba para reserva de aceite, tipo 4YF, de 10.000 litros/hora, a 28 m. a. m., accionada por motor eléctrico de 4 CV. Incorpora además, un E. compresor A. B. C., tipo VA2E, de 2 CV, 135 litros minuto, a 30 kg/cm² y otro manual de la misma marca, de 1.800 litros/hora.

El servomotor es hidráulico, marca Hydrapilot, tipo HS09A, de 0,9/1,2 Tom/m. El sistema de gobierno de socorro es a base de un sector desmontable con su aparejillo.

Para facilitar las faenas incorpora una maquinilla hidráulica, para arrastre y cerco, RAPP, tipo KTW-12, siendo su par máximo de 2.400 kg/m., tracción a tambor vacío, 12 toneladas.

Una maquinilla hidráulica para carga palo, popa, RAPP, tipo LSW-19p0, con un tiro de 1.000/1.300, a tambor vacío y una velocidad de 24/28 m/min.

Una maquinilla hidráulica de ostas RAPP, tipo BSW-240 para motor, 13 Kpm., a 1.200 r. p. m. Tiro del tambor 1.960 kilogramos.

Un halador RAPP hidráulico, tipo LS 360 de un tiro de 2.800 kilogramos y una velocidad de 50 metros/min.

También el molinete es hidráulico, RAPP, tipo ASW-300, 9,8 HP, para cadena de 22 mm. de diámetro.

La instalación frigorífica es capaz de mantener en cada una de las bodegas 0º C, a + 1º C y bajar la temperatura de la misma desde + 15 a + 1º C ,en 4 horas. Para ello lleva instalado:

— Un compresor Sabroe para R-12, tipo PKO-14, accionado por motor eléctrico de 4 CV.

— Un condensador recipiente Sabroe para R-12, tipo CNRK221034, con una superficie de condensación de 4,43 m² y una capacidad de 14 kilogramos.

— Una electrobomba Bominsa, para circulación condensador, tipo 210 modelo 125, de 4.000 litros/h., a 15 m. a. m., accionada por motor eléctrico de 0,75 CV.

Capacidad de bodegas: 95 m³.

Sistema de refrigeración: serpentines de aletas.

BOTADURA DEL BULKCARRIER "AEGIS PROGRESS"

El 18 de septiembre, en la Factoría de Olaveaga de Astilleros Españoles, S. A., tuvo lugar el lanzamiento del bulkcarrier "Aegis Progress" C/253 de la citada Factoría.

Este bulkcarrier se construye por encargo de la Cía Armadora Akastos Schiffahrtegesellschatf Mbh & Co., de Bremen y hace el número 10 de los prototipos Euskalduna-27 botados hasta la fecha.

Fue madrina de la ceremonia Mrs. K. H. Stevens, a quien acompañaban en la tribuna con el Comandante de Marina, los directivos de Astilleros Españoles, Sociedad Anónima y de la Cía Armadora.

Sus principales características son las siguientes:

Eslora total	182,80	m.
Manga	22,40	m.
Puntal	14,20	m.
Calado	34,06	m.
Peso muerto	27.100	TPM.
Arqueo bruto	15.650	TRB.
Velocidad	15,5	nudos

El equipo propulsor está compuesto de un motor principal Aesa-Man, con una potencia de 9.800 BHP, a 140 r. p. m., construido en Factorías de Astilleros Españoles, S. A.

La ceremonia que se celebró como un acto más de trabajo, supone la quinta botadura en la Factoría de Olaveaga en lo que va de año.

DEKABON "1300" PARA CONDUCCIONES NEUMATICAS

Un nuevo producto en el campo de las conducciones neumáticas es el Dekabón "1300", que consiste en una lámina de aluminio recubierta interior y exteriormente de polietileno de alta densidad. Es resistente a los agentes químicos, pues el polietileno protege al aluminio y se fabrica en haces de 1 a 19 tubos y longitudes continuas de hasta 300 metros.

Las características de este nuevo tipo de tubo son:

Suficientemente rígido para permitir vanos de hasta 2 m. entre puntos de fijación, pudiendo colocarse directamente sobre la pared, sin necesidad de protección exterior alguna.

Se dobla fácilmente sin herramientas y aguanta bien los golpes y la abrasión. No es necesario tubo exterior de protección.

Es muy ligero, aproximadamente un 50 por 100 más ligero que los tubos de aluminio equivalentes y un 75 por 100 más ligero que los de cobre.

Se instala con la misma rapidez que un tubo simple, no obstante su condición de polítubo gracias a su flexibilidad.

Resiste, sin daño posibles, salpicaduras de metal fundido por soldadura, etc.

SILLAN

Sillan es un producto de lana de roca pura, de fibras largas y dúctiles, fabricado en España con minerales seleccionados y fundidos a altas temperaturas, según los procedimientos más avanzados de la técnica alemana (patente GRÜNZWEIG + HARTMANN AG) Aislamiento térmico de bodegas, cámaras frigoríficas, túneles de congelación, acomodaciones, conductos de exhaustación Aislamiento y acondicionamiento acústico de salas de máquina y acomodaciones, etc

SILLAN aislamientos térmicos y acústicos para la industria naval.

Completa gama de productos para todos los casos posibles de aislamiento.

Es un producto de

FIBRAS MINERALES, S. A.

Jenner, 3, 2.º - MADRID-4

INSTALADORES-DISTRIBUIDORES EN TODAS LAS PROVINCIAS.

GRUPOS ELECTROGENOS

DE 5 a 145 KVA

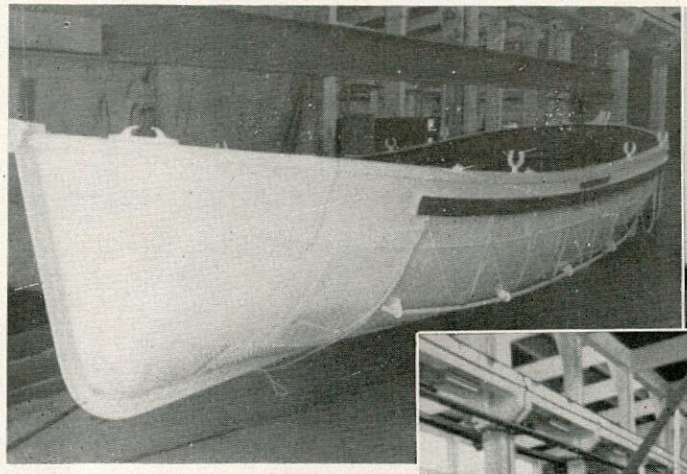
VAMES ®

TERRESTRES
MARINOS
AUTOMATICOS
DE CONTINUIDAD

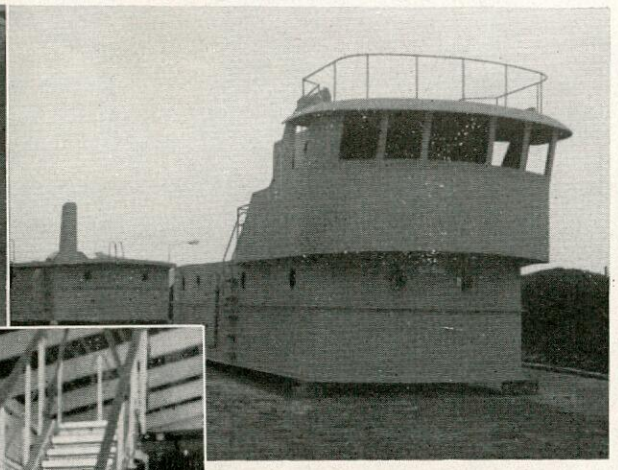
Apartado de Correos 1273 - MADRID
Teléfono 2755476·2254167

Mediterráneas, s.a.

MANUFACTURAS METALICAS MEDITERRANEAS. S. A.



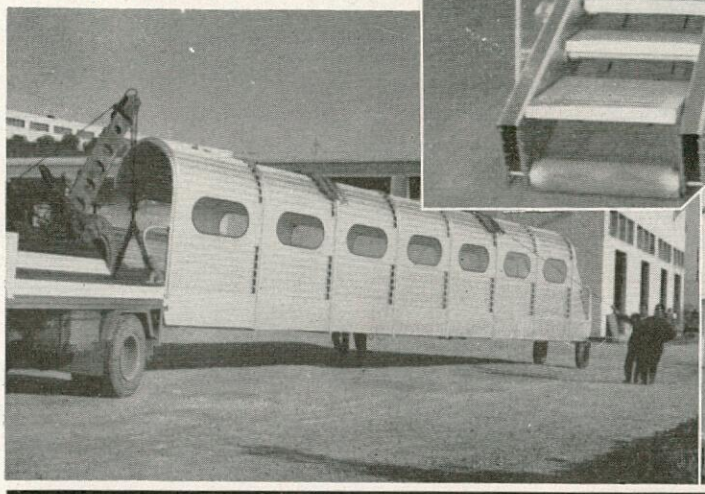
botes de salvamento para la marina a motor-remo y propulsión mecánica botes de servicio

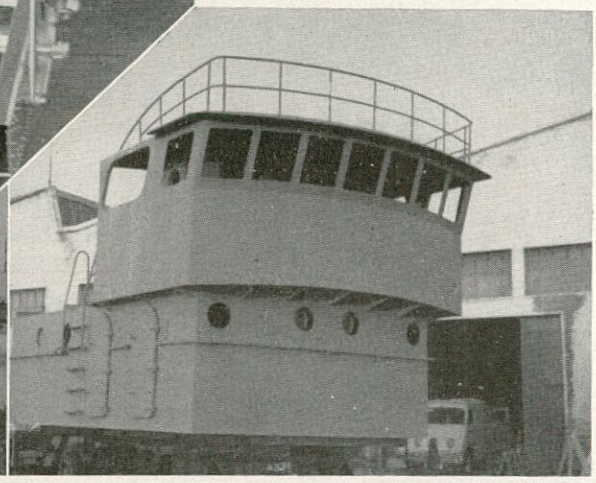


guardacalores y puentes para barcos

Escalas reales y planchas de desembarco

pasarelas





Domicilio Social y Fábrica: Av. de Elche, s/n. - Alicante
Teléfonos 22 01 01 - 22 01 02 - 22 01 03 - 22 53 41 - 22 53 42 y 22 53 43 - Telegramas: MANUFACTURAS

DELEGACIONES:

NOROESTE - La Coruña.—Payo Gómez, 16, 1.º B-Tel. 227967.
NORTE - San Sebastián.—San Martín, 36, 1.º - Tel. 19 4 48.
NORDESTE - Barcelona.—Consejo de Ciento, 332 principal Teléfono 221 56 80.
LEVANTE - Valencia.—Císcar, 15 - Tels. 33 65 14 y 27 83 05
CENTRO - Madrid.—Maestro Victoria, 6, Tels. 231 16 53 y 231 14 22
SUR - Sevilla.—Virgen de Setefilla, 8 - Tel. 27 49 10

IMO BOMBAS DE TORNILLO PARA LUBRICACION Y TRASIEGO

JÖNKÖPINGS MEKANISKA WERKSADS
TURBOBOMBAS DE CARGA,
TURBOGENERADORES Y BOMBAS

HYDRAUDYNE
CILINDROS HIDRAULICOS PARA GRUAS
MAQUINILLAS, GANGUILES, ETC.

Robur S.A.

Juan de Mena, 8 - MADRID - 14

Constructor, naviero...

proteja el fondo de sus buques, con la mundialmente conocida

"PATENTE SUBMARINA"

de la

"BRITISH PAINTS LIMITED"

LONDON, NEWCASTLE, LIVERPOOL & GLASGOW

TORPEDO
BRAND
REGISTERED
TRADE MARK

Conseguirá una economía, no sólo por su mayor duración antiparasitaria disminuyendo el número de pintados, sino también por su menor costo de adquisición.

FABRICADA POR SU ASOCIADA

Cía. Peninsular de Industrias. S.A.

P.º de las Acacias, 35 - Teléf. 239 82 05 - Dir. Teleg.: Copinturas - MADRID - 5

antigüedad y experiencia en la màs moderna tècnica y tecnologìa

Las propiedades caracteristicas del aluminio (solidez, ligereza, inalterabilidad, etc....), hacen de este metal un elemento de fundamental importancia para determinados tipos de industria.

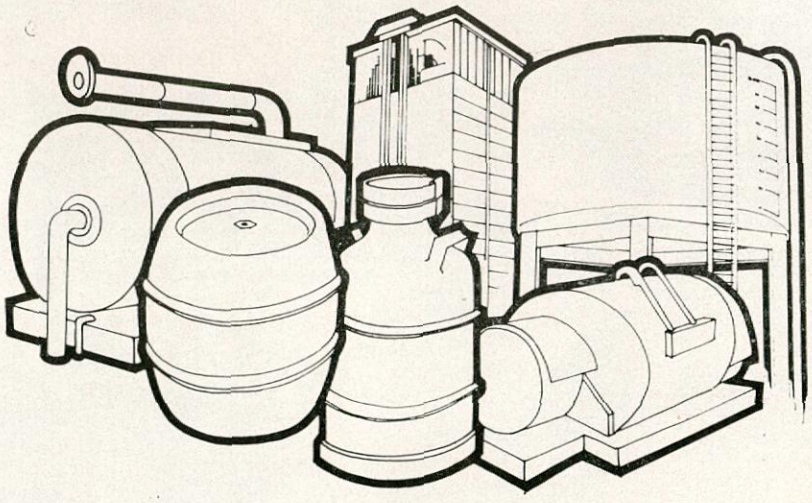
- En **PRODUCTOS DE SERIE** (Bidones lecheros, barriles de cerveza, bandejas para las industrias cárnicas, pescados, etc....).
- En **CALDERERIA PESADA** (Depósitos, auto-claves, equipos, plantas petroquímicas, pantallas para depósitos de petróleo, intercambiadores, condensadores, columnas de destilación, silos y cisternas fluidificados, tanques criogénicos, etc....).

ALUMINIO DE GALICIA absorbe las tres cuartas partes de la producción nacional de esta clase de bienes de equipo.

Desde sus tres factorías de: **LA CORUÑA - SABIÑANIGO** (Huesca) - **AMOREBIETA** (Vizcaya).

Aluminio de Galicia, s.a.

constituye un grupo gigante para un mundo màs ligero



ancema

La Coruña, Sabiñánigo y Amorebieta: tres fábricas, una técnica y experiencia internacional

Domicilio Social: Castelló, 23 - Apartado 367 - MADRID-1 - Tel. 226.02.00 - Dirección Teleg.: Alugasa - Telex 27-255 - MADRID. **Delegaciones Comerciales:** Viriato, 55 - Tel. 257.08.07 - MADRID-10 • Paris, 120 - Tel. 321.18.04 - Telex 53-040 - BARCELONA-11 • Iparraguirre, 12 - Tel. 21.26.63 - BILBAO-9 • Pascuala Perie, 20 - Tel. 29.95.50 - ZARAGOZA • Imagen, 12-6.° B - Tel. 22.38.01 - SEVILLA • San Fernando, 15-3.° D - Tel. 22.57.70 - VALENCIA. **Fábricas:** Zona Industrial de La Grela - Telex 82-150 - LA CORUÑA - Tel. 23.16.44 • SABIÑANIGO (Huesca) - Telex 58-615 - Tel. 15 • AMOREBIETA (Vizcaya) - Telex 32-068 - Tel. 33.80.00 - Apartado 1.514 - BILBAO.

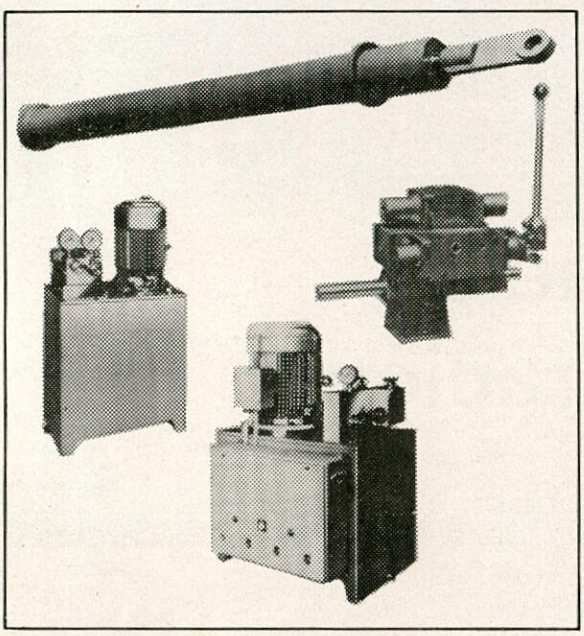
este lujoso hotel va navegando por el mundo

¡Cualquiera diría que es un barco!
Es un barco, habilitado con un humano concepto de funcionalidad.
Pensando ante todo en las personas, que pasaron en él días alegres e inolvidables.
Si estamos especializados en habilitación naval y además de proyectos, ideas, frigos y muebles, ponemos también carazón.
Todo en la vida tiene que tener su toque de humanidad.
Por muy dinámicos, y eficientes que seamos en nuestro trabajo.
Posiblemente por eso seamos más, porque ha sido muchas veces las que lo hemos tenido en cuenta.
Nuestra experiencia se ha ido acumulando. Tenga en cuenta que hemos habilitado tantos barcos que podríamos hacer con ellos toda una flota.

YARCO S.A.

Alameda Mazarredo, 47, 8.º - Teléfono 24 13 28 BILBAO

elementos para circuitos oleodinámicos



- Bloques de válvulas para servomotores bajo plano del cliente
- Válvulas de retención pilotadas
- Cilindros hidráulicos para cierres de escotillas
- Centrales oleodinámicas
- Cilindros de doble efecto de hasta 350 mm. ∅ interior y 6 metros de carrera
- Variadores de caudal
- Variadores de presión
- Bombas pistones radiales alta presión

OLEOHIDRAULICA ESPAÑOLA
sociedad anónima

c/. las rosas, 20–22 tfnos: 35-36-23 y 25-11-54,
ZARAGOZA

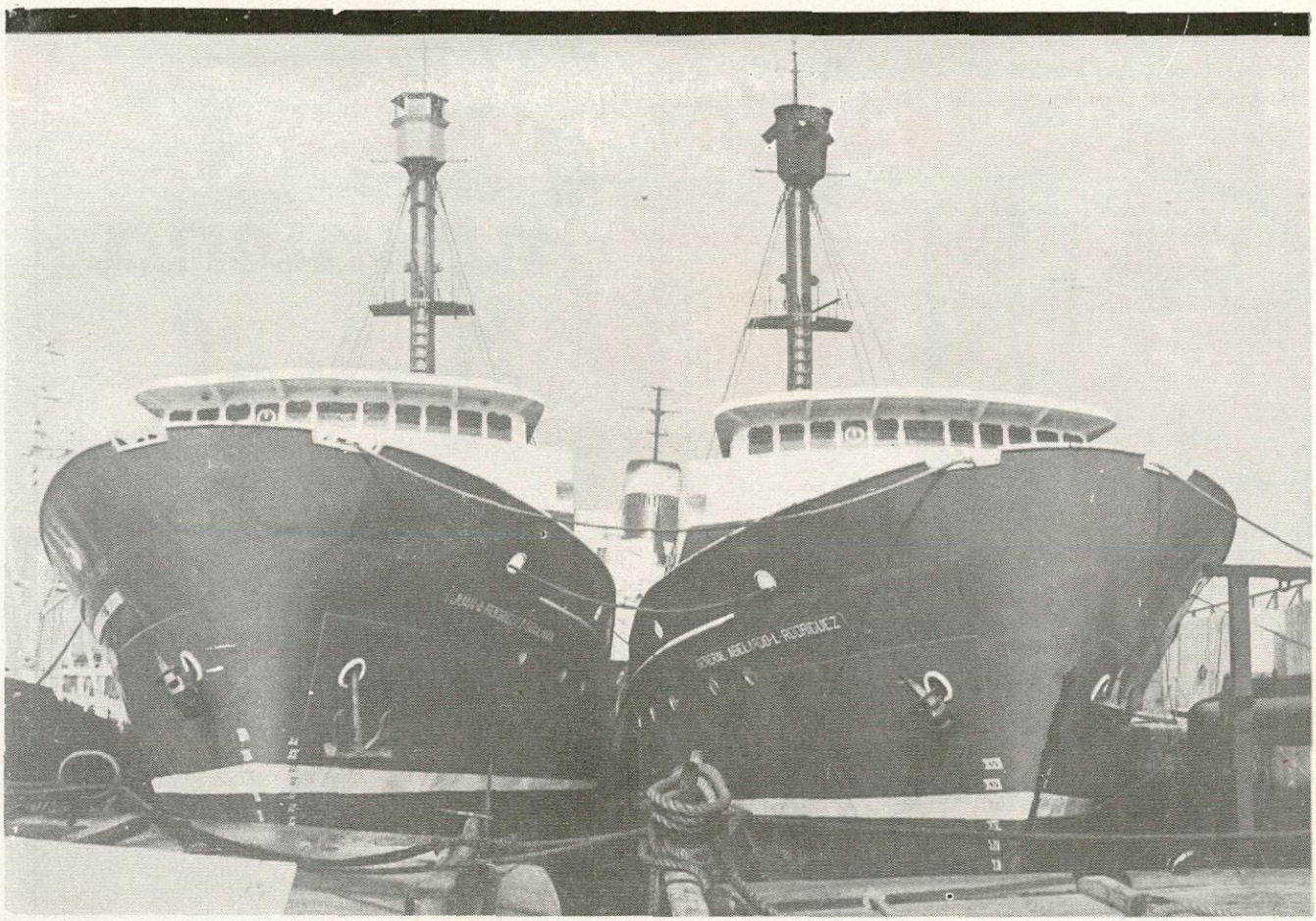
Ingenieria Naval

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

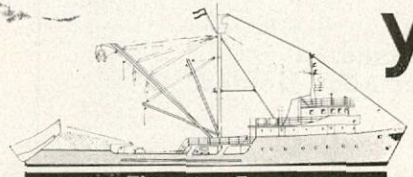
Finlandia
Francia
Holanda
Inglaterra
Italia
Japón
Marruecos
México
Noruega

Paraguay
Perú
Polonia
Portugal
Rumania
Rusia
Suecia
Suiza
Venezuela

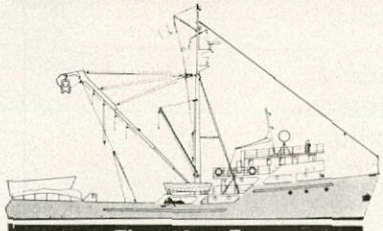


publivasc

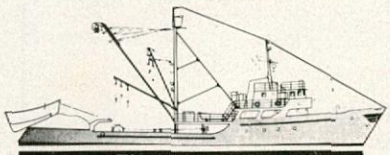
congelación y refrigeración



Tipo 41 m.Epp.



Tipo 40 m.Epp.



Tipo 39 m.Epp.

Tipo 37 m.Epp.

proyecto, construcción e instalación de plantas para congelación de atún, pescado blanco y crustáceos.

instalaciones de conservación de pescado a baja temperatura.

equipos para gambuzas refrigeradas.

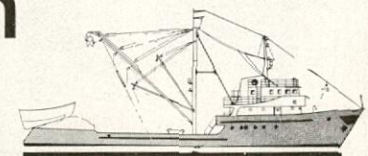
acondicionamiento de aire y calefacción en buques pesqueros de cualquier tipo.

una gran organización de oficinas técnicas que, además extiende sus talleres de servicio por los más importantes puertos del mundo.

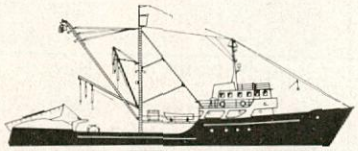
Ramón Vizcaíno, s.a.
DIVISION NAVAL/AIRE ACONDICIONADO
REFRIGERACION

SAN SEBASTIAN/APARTADO 1363
TELEX 36244 RVSA E

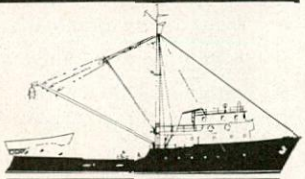
LICENCIAS: SEMCO A/S MARINE



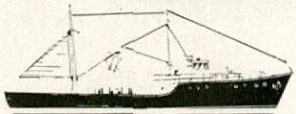
Tipo 36 m.Epp.



Tipo 36 m.Epp.



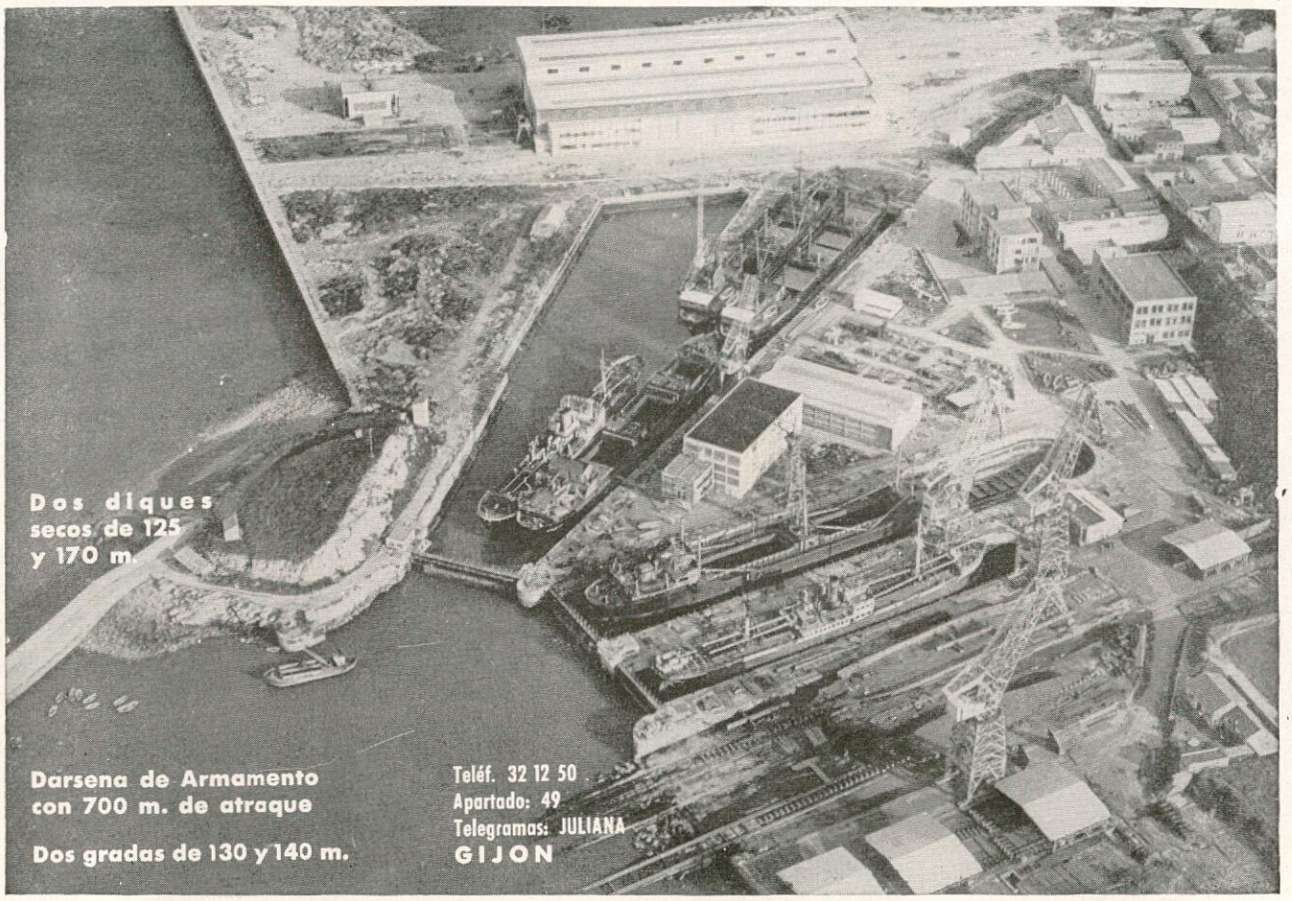
Tipo 30 m.Epp.



Tipo 28 m.Epp.

S. A. JULIANA CONSTRUCTORA GIJONESA

Filial de ASTILLEROS ESPAÑOLES, S. A.



Protección - incendio a medida

Detección de humos y extinción por CO_2 en bodegas.
Detección térmica diferencial.
Extinción en cámara de máquinas, y calderas por espuma física (espuma de aire), espuma química, anhídrido carbónico y agua pulverizada. Instalaciones especiales para buques petroleros. Material móvil de protección general.

PROVEEDORES DE LOS MAS IMPORTANTES ASTILLEROS DE ESPAÑA

PASA INGENIERIA DE INCENDIO

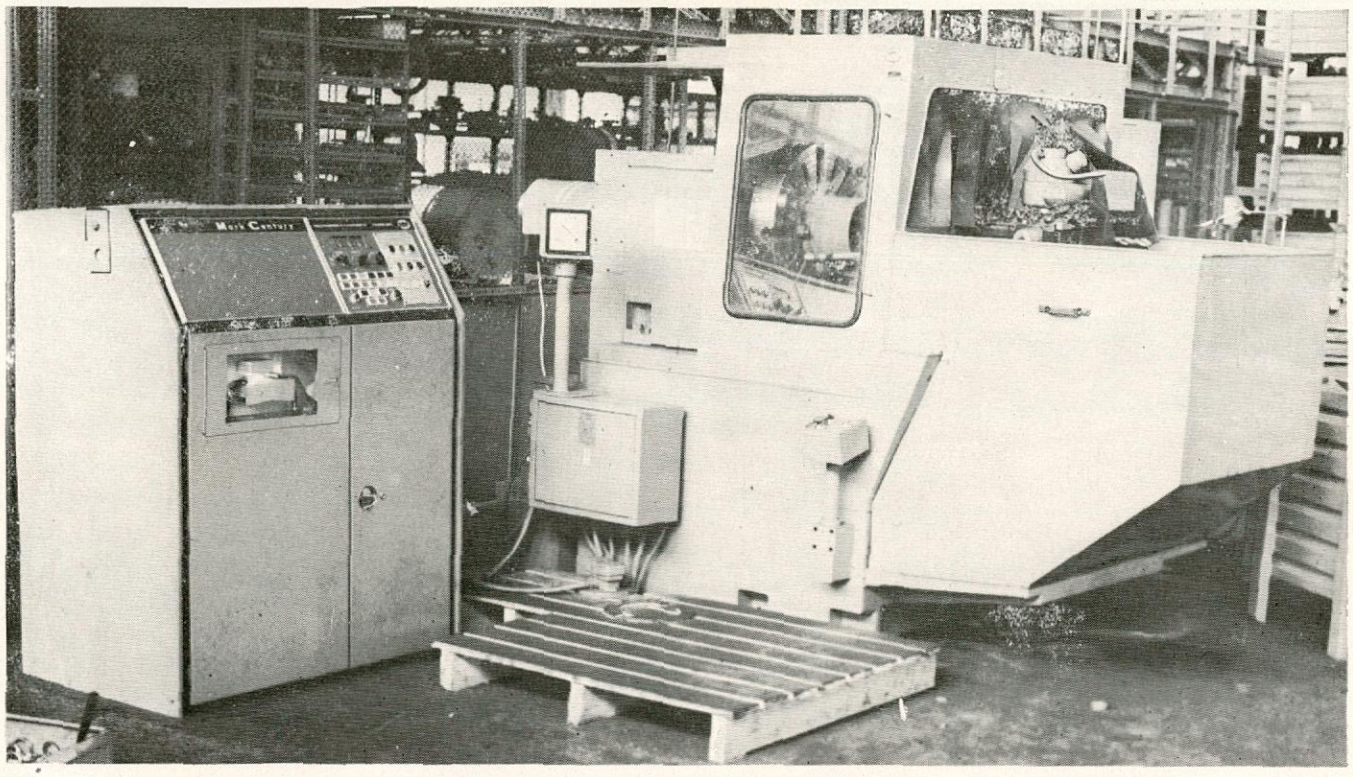
PURIFICADORES DE AGUA, S. A

SOLICITE INFORMACION

Rambla de Cataluña, 68
Teléfono * 215 18 54
BARCELONA-7

Montalbán, 13
Teléfono 222 52 53
MADRID-14

Lo hemos estrenado al mismo tiempo que la NASA



ahora colabora en la fabricación de bombas ITUR

Se trata del nuevo torno frontal automático, de mando *numérico, que trabaja siguiendo un programa grabado* en cinta perforada.

En su género, es la máquina herramienta más moderna del mundo.

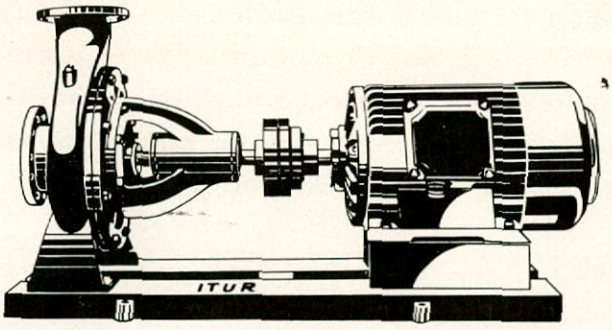
Su presencia en nuestra fábrica es efecto -y a la vez causa- de nuestro puesto de vanguardia tecnológica.

Constantes actos como éste nos permiten estar orgullosos de la calidad ITUR. Y así llevamos más de medio siglo.

Por eso ITUR se impone en todos los sectores de actividad.

En los buques, en la construcción, en las plantas de proceso, en las explotaciones agrícolas, en la siderurgia, en las minas. . .
ITUR es actividad infatigable.

Por eso las exportaciones de bombas ITUR a todo el mundo aumentan día tras día.



Para cualquier problema de bombeo, por especial que sea, existe una bomba ITUR que lo resuelve con facilidad.

BOMBAS ITUR

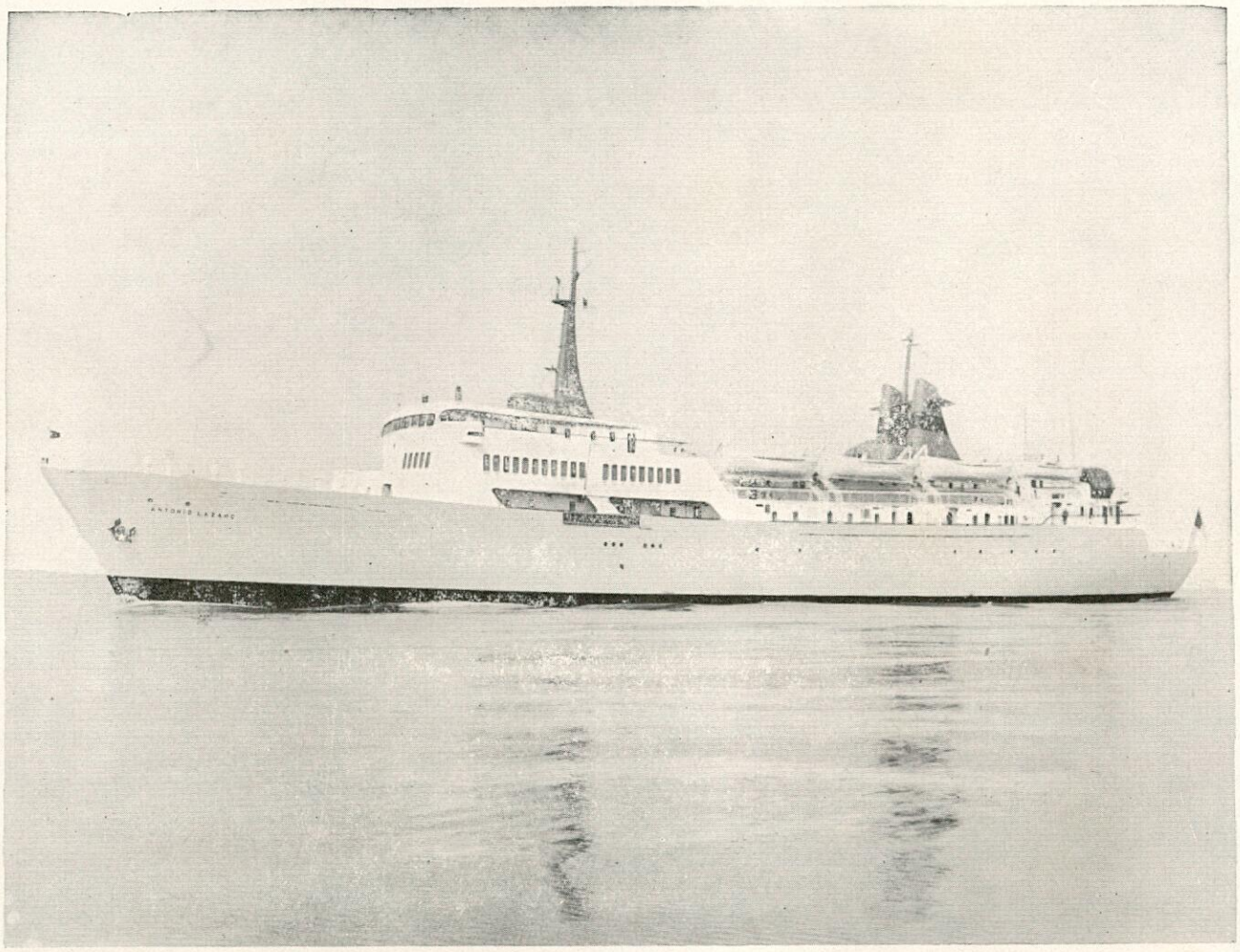
de actividad infatigable

MANUFACTURAS ARANZABAL, S. A.

Apartado 41 - Teléfono 85 13 45 (8 líneas)
Telegramas: ITUR - Telex: 36228-CAMIN-E-ITUR
ZARAUZ (Guipúzcoa) España

REPRESENTANTES Y SERVICIO POST-VENTA EN TODO EL PAIS

UNION NAVAL DE LEVANTE, S.A.



CONSTRUCCION Y PROYECTO DE BUQUES DE TODOS LOS TIPOS, HASTA 22.000 T.R.B.

- PASAJE
- PASAJE Y CARGA
- CARGA SECA
- PETROLEROS
- TRANSBORDADORES
- BUQUES ESPECIALES
- FRIGORIFICOS
- TRANSPORTE DE G.P.L.
- MADEREROS
- DRAGAS
- GANGUILES
- ETC., ETC.

REPARACION DE BUQUES Y MAQUINARIA. DIQUES FLOTANTES DE 8.000 TONELADAS, EN VALENCIA Y 6.000 (J. O. P.) Y 4.000 TONELADAS EN BARCELONA (FUERZA ASCENSIONAL)

OFICINAS CENTRALES EN MADRID: AVDA. CALVO SOTELO, 12 - TELEF. 225 98 25

ASTILLEROS Y TALLERES DE VALENCIA:
APARTADO, 229 - TELEFONO 23 08 30

TALLERES NUEVO VULCANO
APARTADO, 141 - BARCELONA - TEL. 219 42 00

ASTILLEROS ESPAÑOLES, S.A.

CONSTRUCCION NAVAL

Capacidad de producción **500.000** TRB/Año

FABRICACION DE MOTORES

Capacidad de producción **500.000** BHP/Año

SIDERURGIA

Capacidad de producción de aceros especiales, forja y molderia, **200.000** Tons/Año

OFICINAS CENTRALES:

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

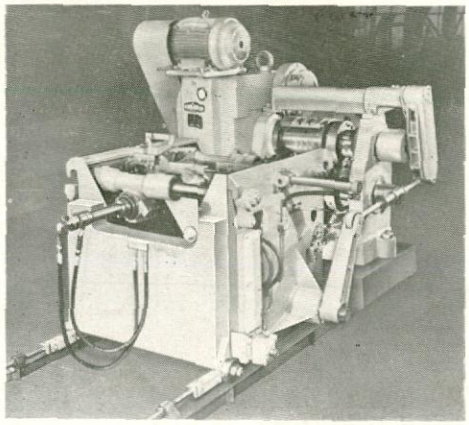
the Sea, when in fury, finds your ships under MacGREGOR protection

HOW

With equipment, designed as an integral part of your ship, ensuring robustness and watertightness.

MacGREGOR international organisation

Camino hacia una automatización total



La laminadora de estirar EUMUCO con transporte automático de piezas aumenta el rendimiento y permite ser instalada en líneas de forja, sin que haga falta un operario para la fase de laminado. Es particularmente adecuada para el laminado previo en serie de piezas forjadas en estampa. Desde la introducción de la pieza hasta su avance después del prelaminado, el transportador automático de piezas ejecuta toda la manipulación.

Cualquier laminadora EUMUCO puede equiparse incluso posteriormente con transportador automático de piezas.

Ventajas de la laminadora EUMUCO con transportador automático de piezas:

Gran cadencia, elevada capacidad de producción, gran precisión de piezas fabricadas, alta seguridad de funcionamiento, *automatización total.*

EUMUCO

SIAISA

Sociedad para Investigaciones y Aplicaciones Industriales, S. A.

OFICINA CENTRAL Y EXPOSICION: ALCALA, 52 - T. 232 28 04 - T. MODUL - Télex 27466 - MADRID-14

Delegaciones: Barcelona - Cádiz - Vizcaya - Guipúzcoa - Oviedo - Vigo - Zaragoza