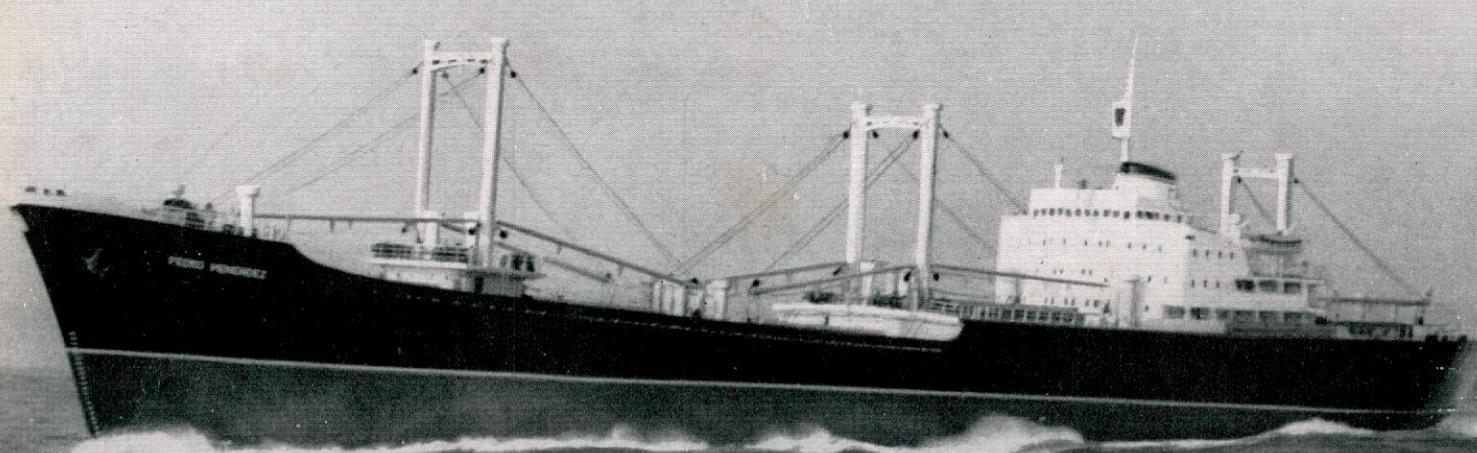


Revista Técnica de la Asociación  
de Ingenieros Navales

# Ingeniería Naval



PROPULSION DIESEL  
BURMEISTER & WAIN

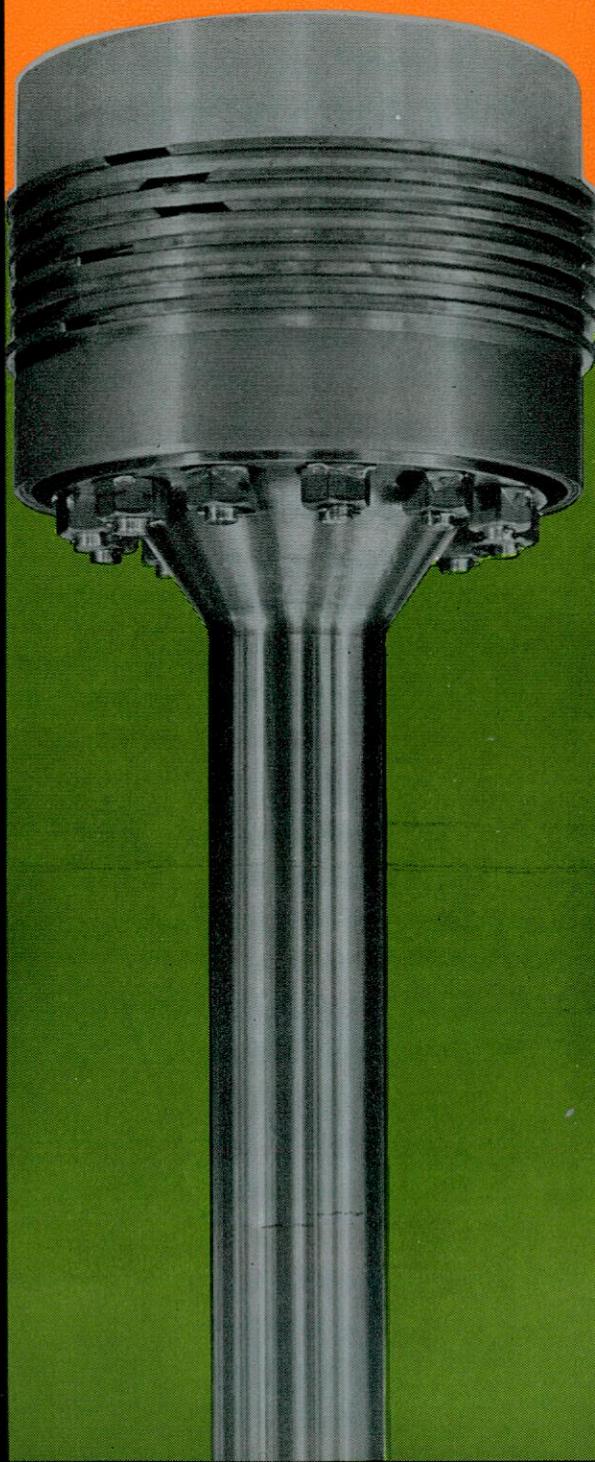
hasta

44.400

de potencia máxima continua

en un solo eje

BHP



MOTORES DIESEL MARINOS **B&W**  
PROPULSAN BUQUES DE TODOS  
LOS TIPOS EN LAS FLOTAS  
MERCANTES DEL MUNDO.



**BURMEISTER & WAIN**

COPENHAGUE

DINAMARCA

Filial para España: BURMEISTER & WAIN S. C. E., Castello 88, Madrid 6 - Teléf. 2 76 20 08.

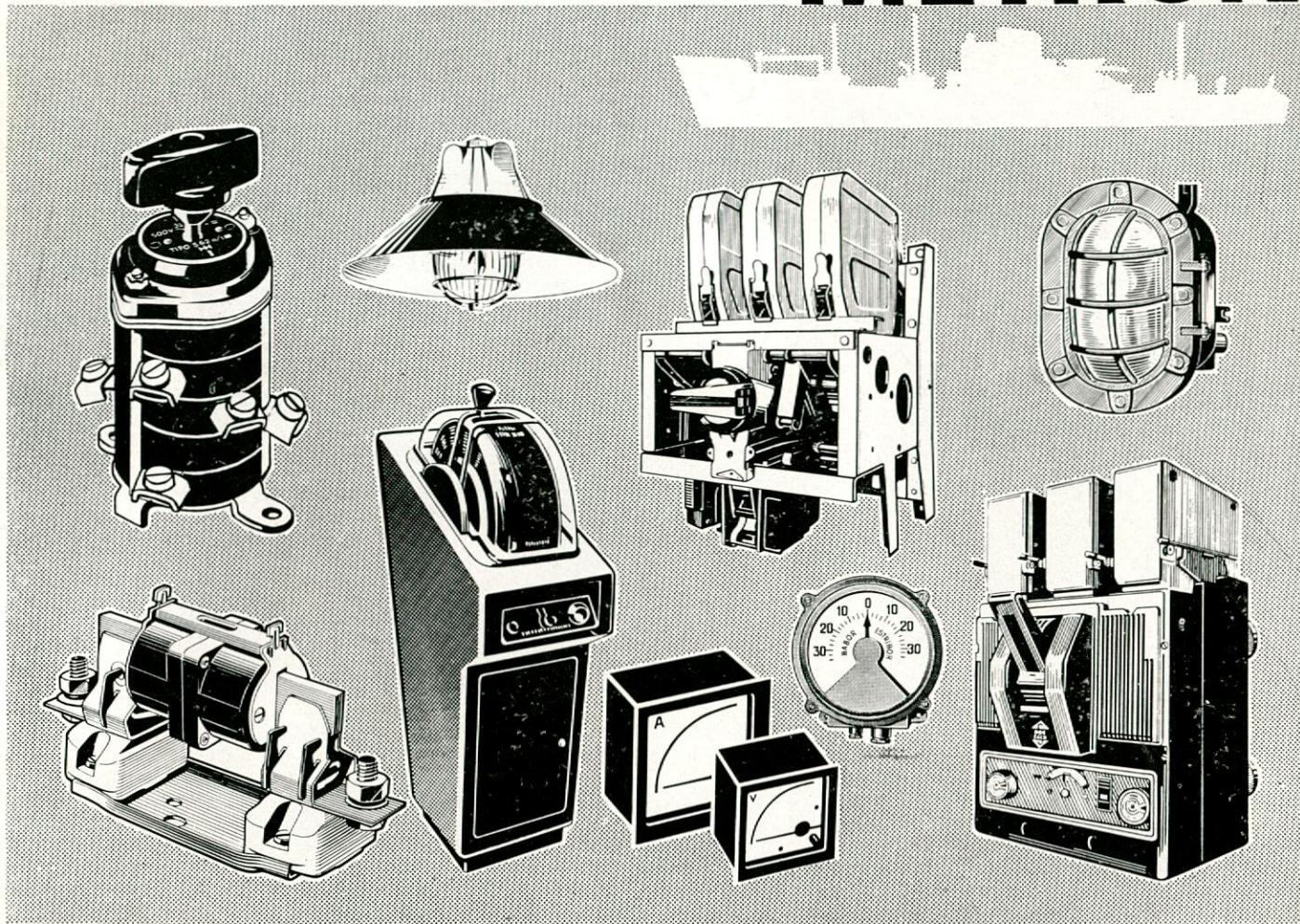
Licenciados en España: SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CONSTRUCCION NAVAL, Bilbao.

LA MAQUINISTA TERRESTRE Y MARITIMA S. A., Barcelona.

Sociedad Española de Construcciones BABCOCK & WILCOX, Bilbao.

ASTILLEROS DE CADIZ, S. A., Calle Zurbano 70, Madrid.

# METRON



**DESDE  
HACE 40 AÑOS  
AL SERVICIO  
DE LA  
INDUSTRIA  
NAVAL**

**HAZEMEYER**

Equipos blindados B.T.  
Interruptores B.T.  
Cortacircuitos de alta  
capacidad de ruptura  
(100 KA) para B.T.

**SACE**

Gama completa de  
interruptores automáticos  
B.T., desde 2 a 4000 A.  
y de 10 a 100 KA de  
capacidad de ruptura  
simétrica.

**LE-LAS**

Señalización y telefonía

blindada y  
antideflagrante.

Transmisores de órdenes.  
Indicadores de ángulo  
de timón.

**GOSSEN**

Aparatos de medida  
para cuadros.  
Relés especiales para  
protección de  
generadores.  
Transformadores de  
medida.

**NOREM**

Cuadros, equipos y

aparellaje de maniobra  
de B.T. antideflagrantes,  
para ambientes  
explosivos.  
Armaduras de alumbrado  
antideflagrante.

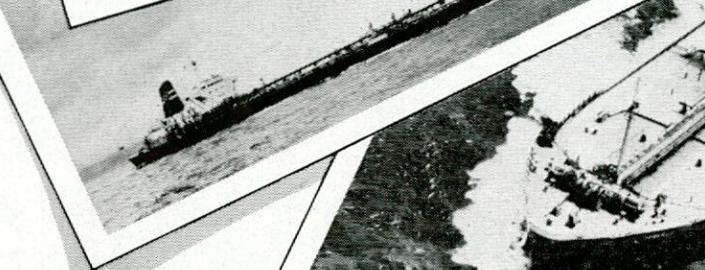
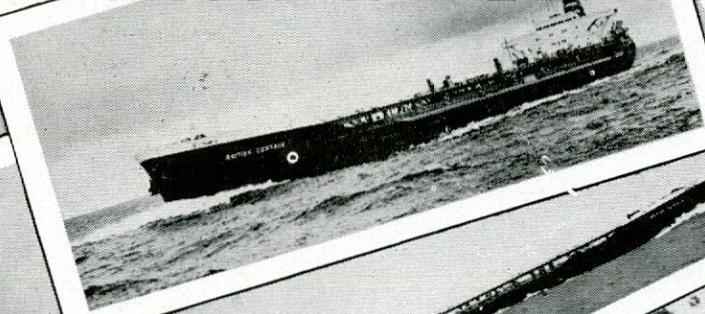
Material construido  
según normas:  
Lloyd's Register,  
Bureau Veritas,  
Det Norske Veritas,  
American Bureau  
of Shipping, etc..



**BARCELONA-2** - PLAZA CATALUÑA, 9 - TELEF. 231.27.00 - **MADRID-14** - RUIZ DE ALARCON, 12 - TELEF. 222.29.27  
DELEGACIONES:

**NORTE** - Bilbao-8 - BERTENDONA, 8 - TELEF. 21.85.57 - **NOROESTE** - Vigo - GRAN VIA, 164 - TELEF. 23.16.01  
**SUR** - Sevilla - AVDA. R. ARGENTINA, 42, 1º - TEL. 27.52.78 - **CASTILLA** - Valladolid - PL. SANTA CRUZ, 1 - TEL. 22.84.87

## LOS MAYORES PETROLEROS A MOTOR DIESEL DE LA FLOTA BP



### SUMINISTRADOS A LOS ARMADORES

BP TANKER CO. LTD. (principal empresa naviera de la British Petroleum Co. Ltd.)

#### B/T 'BRITISH COMMERCIAL'

Astilleros: Joseph L. Thompson & Sons Ltd.  
Motor principal: Clark-Sulzer 9RD90

#### B/T 'BRITISH CENTAUR'

Astilleros: Harland and Wolff Limited.  
Motor principal: H & W-B & W 984 VT-2BF180

#### B/T 'BRITISH COMMODORE'

Astilleros: Fairfields (Glasgow) Ltd.  
Motor principal: H & W-B & W 984 VT-2BF180

LA ENERGIA ELECTRICA QUE ESTOS TRES PETROLEROS CONSUMEN EN LA MAR es producida por turbogeneradores BROTHERHOOD de 450/600 kW c.a., obteniéndose el vapor necesario para dichos grupos mediante una caldereta calentada con los gases del escape del motor principal.

SOLICITE EL  
FOLLETO núm. WHR/66



**PETER  
BROTHERHOOD  
LIMITED**

PETERBOROUGH  
INGLATERRA

Especialistas en compresores y grupos  
de potencia durante casi un siglo



# BOMBAS PARA EL PROGRESO

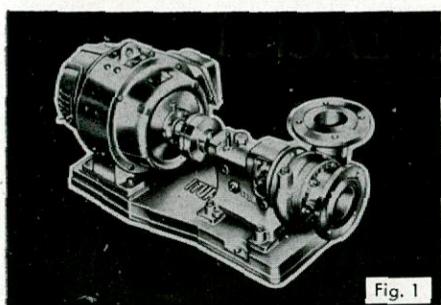
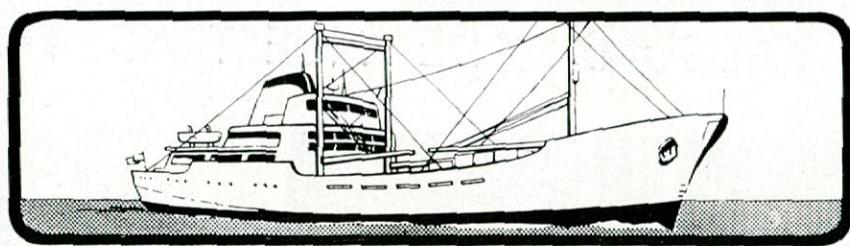


Fig. 1



BOMBAS ITUR AL SERVICIO DE LA MARINA

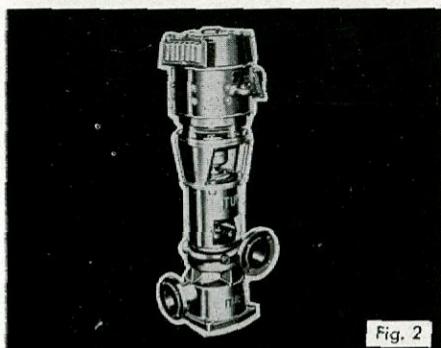


Fig. 2

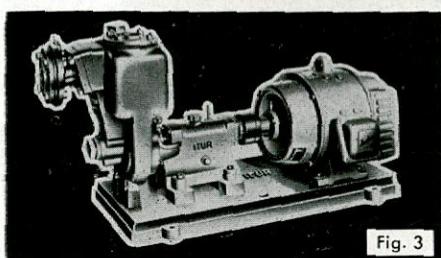


Fig. 3

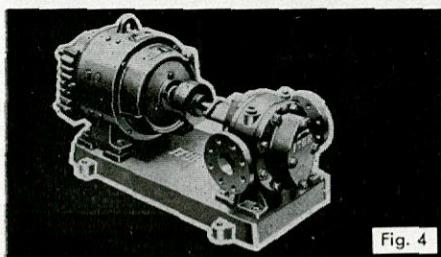


Fig. 4

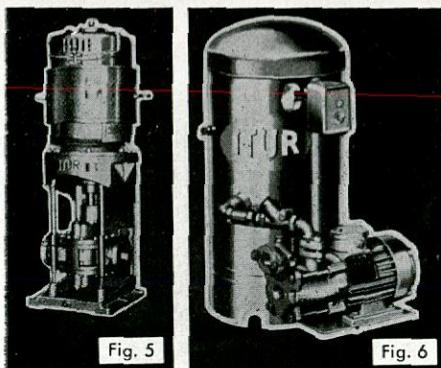


Fig. 5

Fig. 6

## NUESTRO PROGRAMA DE FABRICACION COMPRENDE:

Bombas centrífugas horizontales y verticales autocebadas y sin autocebado para el servicio de sentinelas, contra incendios, lastre, achique, baldeo, sanitarios, etc. En instalaciones frigoríficas para la circulación de la salmuera y agua del mar.

Bombas rotativas de engranajes CHEVRON horizontales y verticales para el trasiego de combustible, reserva de aceite, servicio de lubricación, etc.

Bombas autoaspirantes de tornillo, horizontales y verticales para el trasiego de combustible, reserva de aceite, servicio de lubricación, etc.

Bombas autoaspirantes para el trasiego de combustible y para los distintos servicios de agua salada y dulce.

Equipos automáticos con bombas autoaspirantes y centrífugas con depósitos de presión, para el suministro de agua a presión en los servicios sanitarios, camarotes, cocinas, agua potable, etc.

## MATERIALES

Cuando el líquido a bombejar sea agua dulce o salada, en cuanto a materiales, podemos suministrar la bomba en los siguientes procedimientos:

**Variante B o BRONCE.**—El cuerpo de bomba, rolete y todas las demás piezas en contacto con el líquido son de bronce y el eje de acero inoxidable al 18/8.

**Variante A o MIXTA.**—El rolete y anillos de cierre del mismo o discos laterales de ajuste son de bronce y el eje de acero inoxidable al 18/8, el resto de hierro fundido.

**NORMAL.**—Fabricada en hierro fundido de primera calidad y el eje de acero al carbono.

## CARACTERISTICAS DE LOS MOTORES

Nuestras bombas las equipamos con motores de corriente alterna trifásica a 220/380 voltios, frecuencia 50 períodos, así como para cualquier otra tensión y frecuencia, o bien con motores de corriente continua a 110 ó 220 voltios; los devanados de estos motores son especialmente impregnados contra la humedad y atmósferas salinas.

También equipamos nuestras bombas con motores de explosión a gasolina o diesel.

## CLASIFICACIONES

LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING, BUREAU VERITAS, GERMANISCHER LLOYD'S, AMERICAN BUREAU, MARINA DE GUERRA, etc.

Fig. 1 - Electrobomba centrífuga, ejecución horizontal.

Fig. 2 - Electrobomba centrífuga, ejecución vertical.

Fig. 3 - Electrobomba centrífuga, autocebante, ejecución horizontal.

Fig. 4 - Electrobomba de engranajes, ejecución horizontal.

Fig. 5 - Electrobomba de engranajes, ejecución vertical.

Fig. 6 - Equipo automático de agua a presión.

SOLICITE MAS AMPLIA INFORMACION A SU PROVEEDOR HABITUAL O AL FABRICANTE



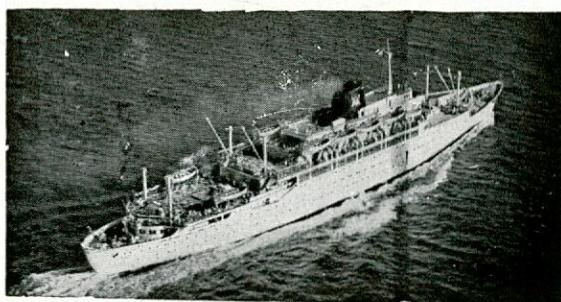
BOMBAS  
**ITUR**  
inyectable manancial de agua

**MANUFACTURAS ARANZABAL, S.A.**

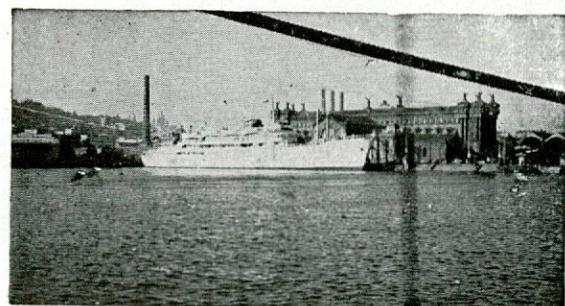
APARTADO, 41  
TELEFONO 8513 46 (5 LINEAS)  
ZARAUZ (GUIPUZCOA)

# INSTALACIONES CONTRA INCENDIO PARA BUQUES

## ALGUNAS DE NUESTRAS REALIZACIONES



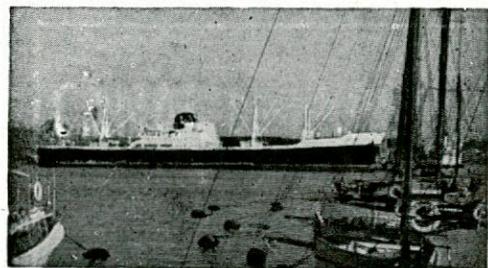
"Cabo San Roque" - "Cabo San Vicente"



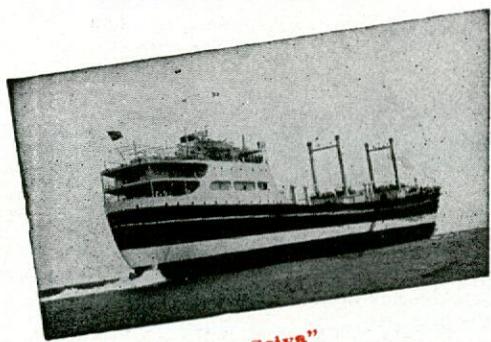
"Ciudad de Burgos" - "Ciudad de Barcelona"



"Huesca" - "Teruel"



"Mar Tirreno" - "Mar Egeo"



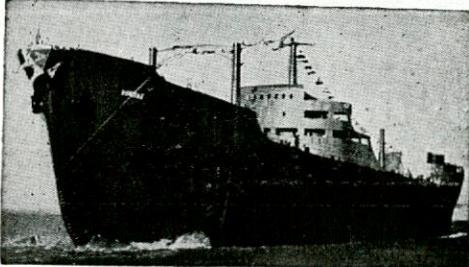
"La Selva"

### Empresas Navieras que utilizan nuestras instalaciones:

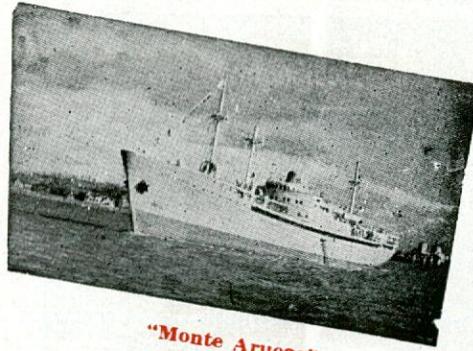
Buries Markes Ltd.  
Compañía Marítima del Nervión.  
Compañía Marítima del Norte.  
Cía. Trasmediterránea.  
Compañía Ybarra.  
Emp. Nacional Elcano.  
Emp. Naviera de Sevilla.  
Empresa Naviera Vasco-Catalana.  
Marina de Guerra.  
Naviera Aznar.  
Naviera de Castilla.  
Naviera Comercial Axpe.  
Naviera del Pilar.  
Naviera Pinillos.  
Naviera Vizcaína



"Valmaseda" - "Durango"



"Bonifaz" - "Piélagos"



"Monte Aruca"

## PURIFICADORES DE AGUA, S. A.

Ingenieros Especialistas en Protecciones Contra Incendios

BARCELONA

Rambla de Cataluña, 68

# PASCH Y CIA S.A.

ALAMEDA DE RECALDE, 30 - TELEF. 217863 - TELEG. PASCH - TELEX 03720 - (BILBAO)  
AVD. DEL GENERALISIMO, 8 - TELEF. 2616407 - TELEG. PASCH - TELEX 7504 - (MADRID)

MADRID - BILBAO - BARCELONA - VIGO - LA CORUÑA - SANTANDER - VALENCIA - TENERIFE

## M. A. N.

Motores Diesel. Automotores Centrales térmicas. Grúas.

## WAHODAG

Calderas. Turbinas. Calderetas. Quemadores.

## DOCKBAU

Proyectos diques flotantes.

## UHDE

Ingeniería y construcción de plantas químicas, petroquímicas, fertilizantes, refinerías, etc.

## LINDE

Plantas fraccionamiento aire. Obtención oxígeno. Plantas producción y recuperación etileno.

## ZEISE

Hélices. Líneas ejes completas. Líneas ejes paso variable.

## DEUTSCHE WERFT

Separadores agua sentinas "Turbulo". Obturadores "Simplex". Chumaceras "Simplex". Boquinas.

## APLNSA - MFE

Montajes mecánicos y eléctricos. Aislamientos industriales.

## SCHMELZBASALT

Losetas basalto fundido para recubrimiento contra abrasión mecánica o química.

## SFH

Instalaciones contra incendios "Sprinkler". Instalaciones espuma "Tikko".

## ROM

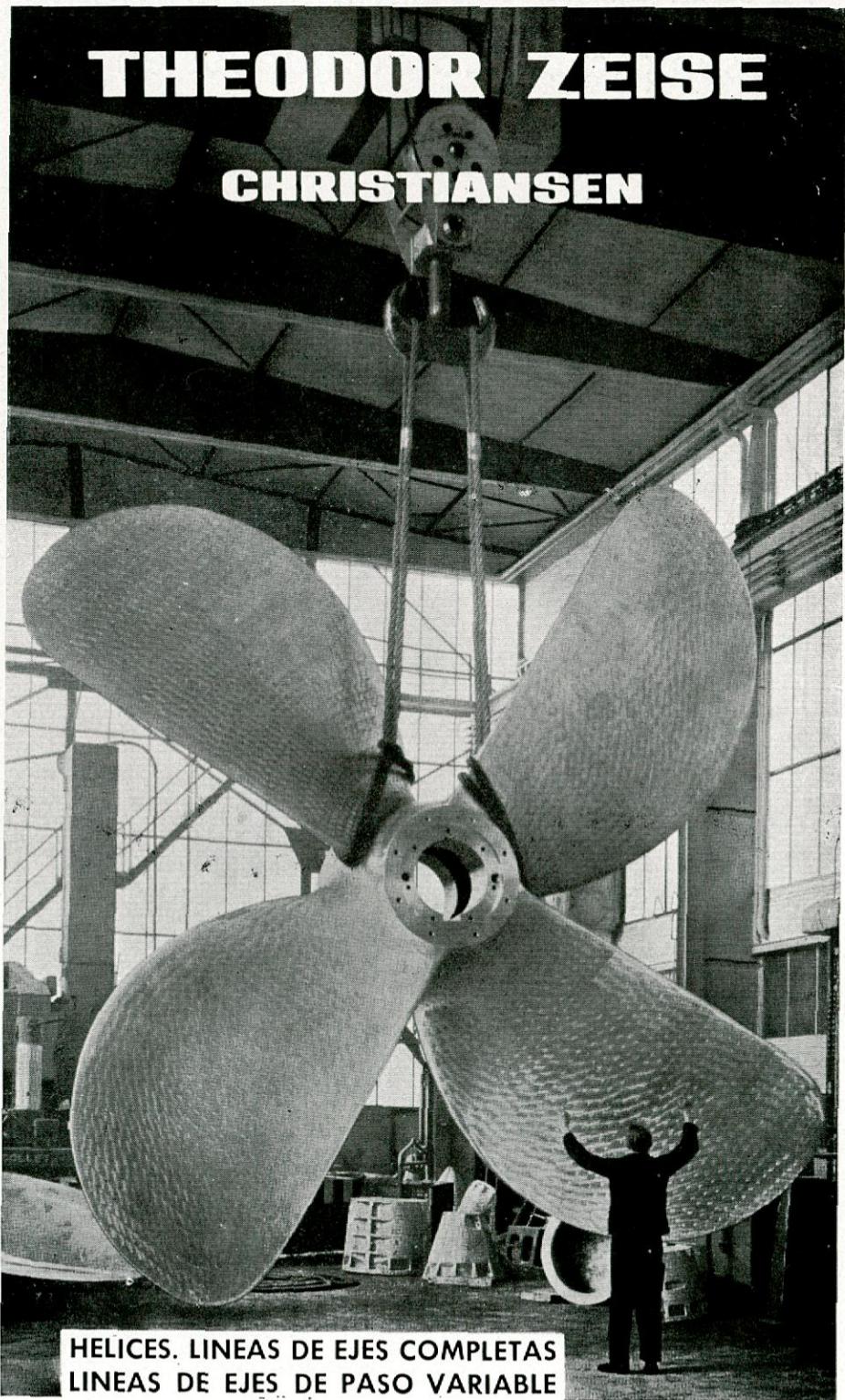
Instalaciones contra incendios CO<sub>2</sub>. Válvulas y tuberías para buques. Equipos para diques flotantes.

## LMG

Hélices transversales "Tornado".



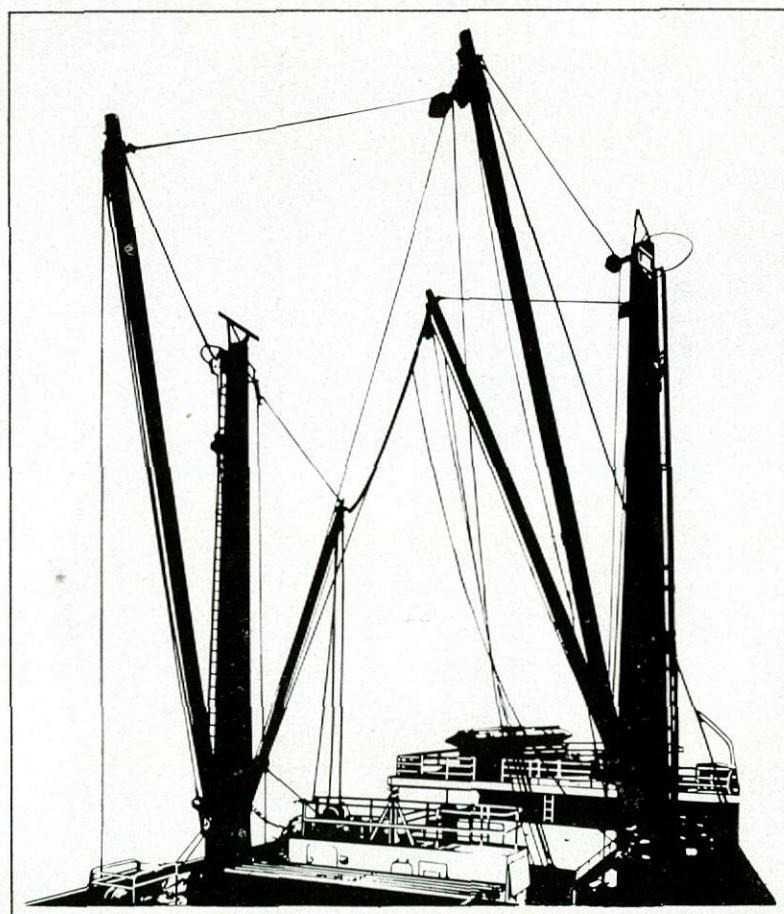
## THEODOR ZEISE CHRISTIANSEN



HELICES. LINEAS DE EJES COMPLETAS  
LINEAS DE EJES DE PASO VARIABLE



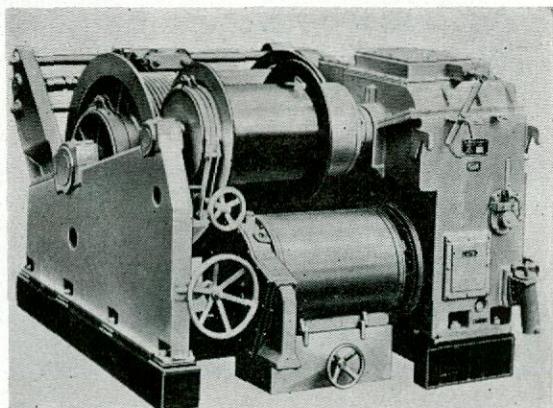
La técnica de **SIEMENS** en corriente alterna está hoy presente a bordo de buques en todos los mares.



Un servicio eficiente en todo el mundo, es uno de los decisivos argumentos de nuestro negocio naval.

El programa de fabricación de **SIEMENS** en la construcción naval comprende entre otros elementos

- Alternadores de tensión constante
- Equipos eléctricos para maquinaria de cubierta:
- Chigres de carga
- Molinetes
- Cabrestantes
- Chigres de amantillo
- Chigres de ostas
- Grupos Ward-Leonard para maquinillas de pesca
- Motores eléctricos para accionamiento de bombas, compresores, etc.
- Cuadros de maniobras y distribución



Chigre de carga pesada con motor de corriente alterna trifásica con rotor de jaula con polos commutables.

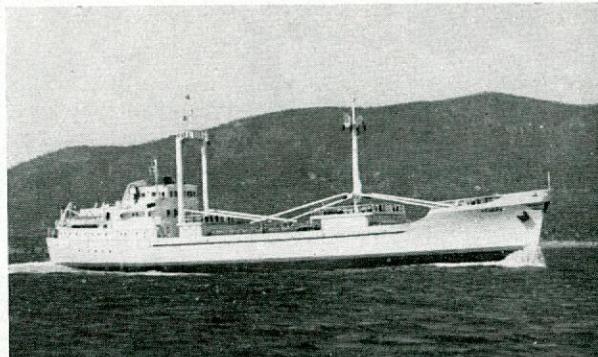
SIEMENS INDUSTRIA ELECTRICA, S. A.  
Barquillo, 38 - Madrid-4  
Representante de  
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

# Astilleros de Palma, S. A.

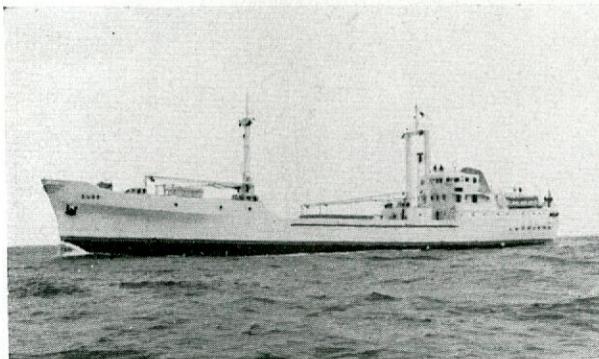
PROYECTO, CONSTRUCCION Y REPARACION DE BUQUES

ESPECIALISTAS EN BUQUES  
FRIGORIFICOS Y CONGELADORES

Material flotante para Puertos

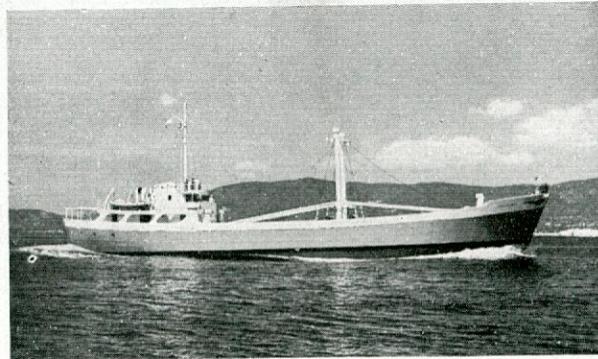


"CORUÑA" Frigorifico de 60.000 p<sup>3</sup>

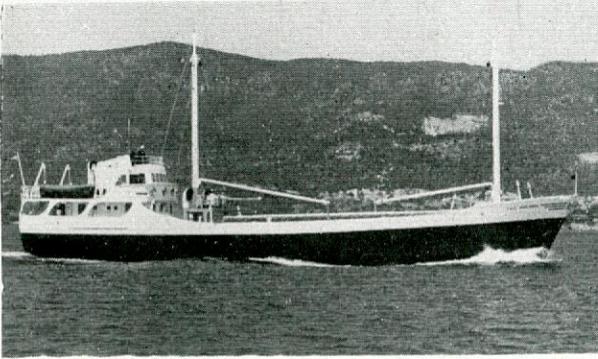


"LUGO" Frigorifico congelador de 60.000 p<sup>3</sup>

CONSTRUCCIONES METALICAS, TALLERES DE MAQUINARIA Y CARPINTERIA



"CALA BLANCA" Costero de 640 Tons. de P. M.

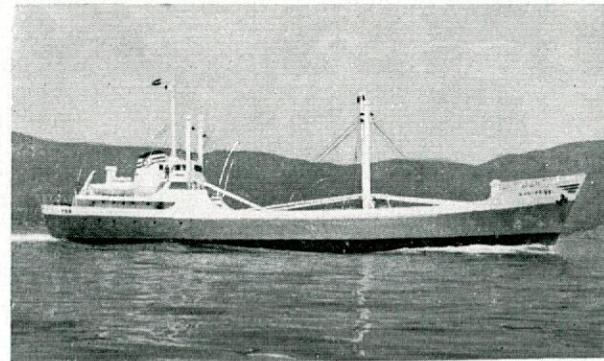


"CALA MORLANDA" Costero de 400 Tons. de P. M.

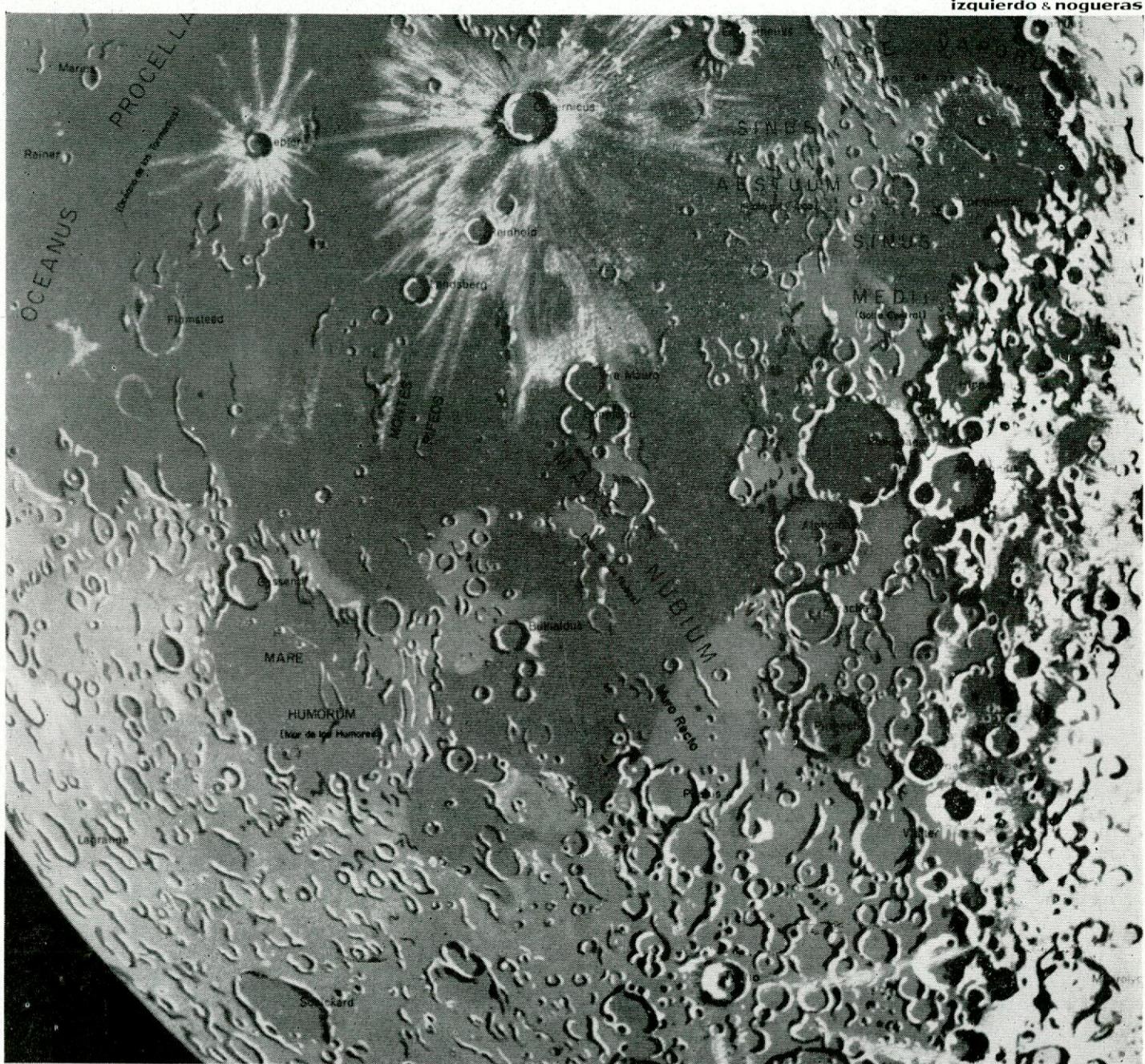
VARADERO PARA BUQUES  
DE HASTA 800 TONS. DE PESO

PALMA DE MALLORCA

LA PRADERA  
(BALEARES)



"SALINERO" Costero de 1.600 Tons. de P. M.



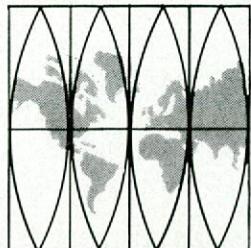
# No tenemos representante en la luna (todavía)

...pero para su tranquilidad le diremos que aquí en la Tierra podemos ofrecerle el mejor, el más completo servicio a través de nuestras fábricas y depósitos en 128 puertos repartidos por todos los mares y océanos.

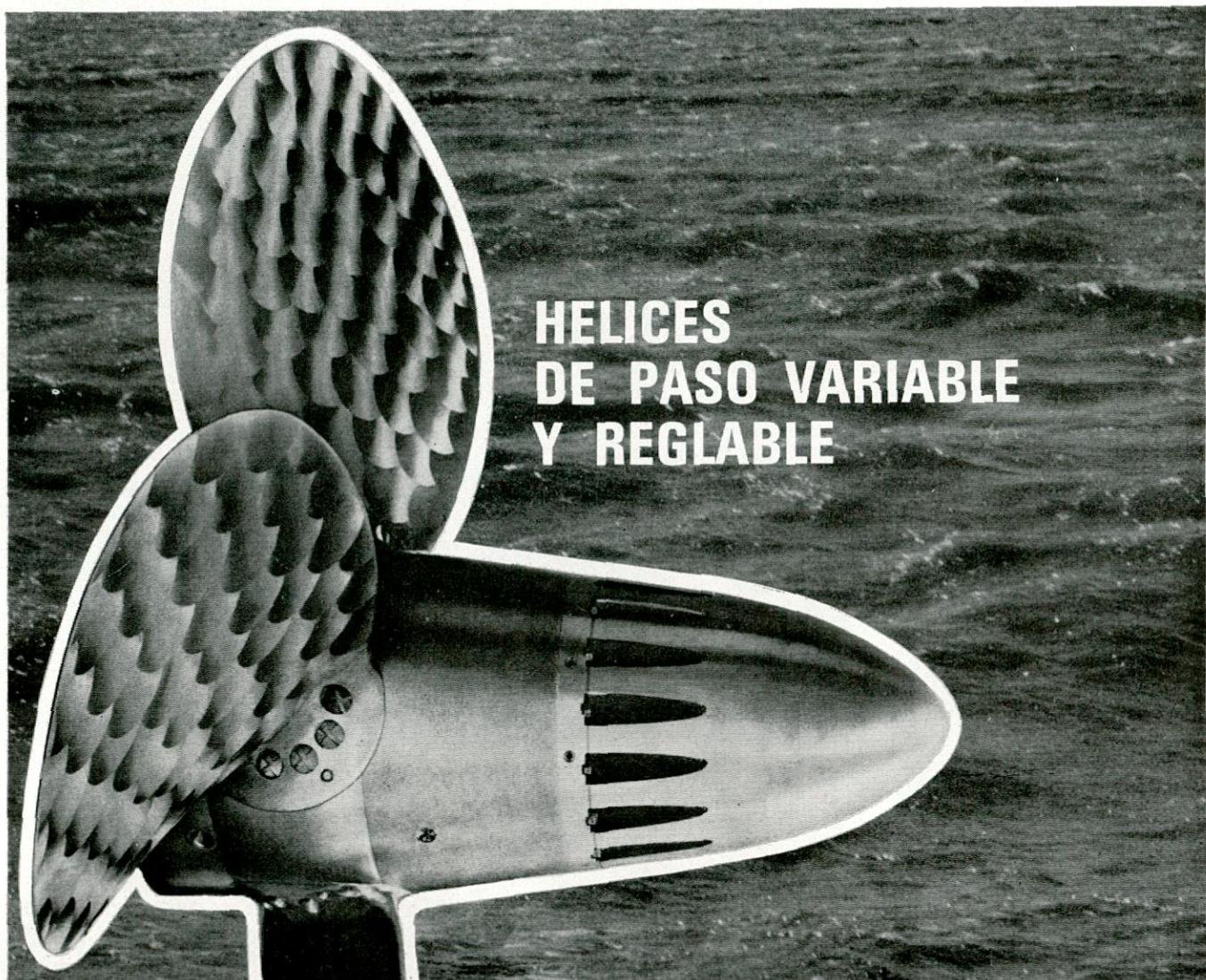
Son estos servicios los que en la última mitad del siglo han dado a conocer a HEMPEL como primera marca de pinturas marinas.

¿Conoce toda la gama HEMPEL de productos especializados?

### **Solicite información a**



*Pinturas Marinas Hempel* S.A.E. - Entenza, 85-87 Telf. 223 24 27 - Barcelona (15)



109. MA

## HELICES DE PASO VARIABLE Y REGLABLE

En el curso de estos últimos años

59 hélices, con una potencia total de  
han sido entregadas en el mundo entero

208.790 HP

y

38 hélices con una potencia total de  
han sido vendidas en España

32.010 HP

SOCIETE FINANCIERE ET INDUSTRIELLE DES  
**ATELIERS ET CHANTIERS  
DE BRETAGNE**



Domicilio social y talleres :  
Prairie au Duc (44) NANTES tel. (40) 71.74.40

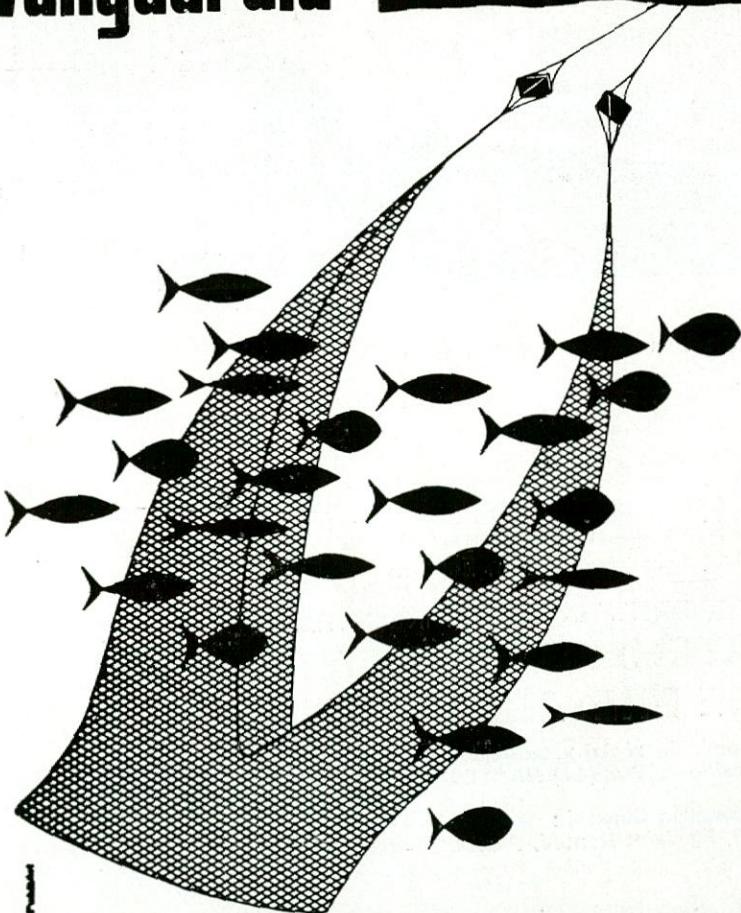
Dirección General :  
29, Fg Saint-Honoré, PARIS 8<sup>e</sup> - tel. 265.51.71



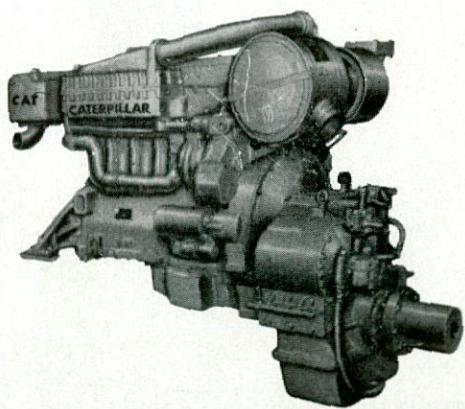
Nuestros licenciados en España :

- FACTORIAS VULCANO - Enrique Lorenzo y Cía, S.A. VIGO - Apartado 1507 - Tel. 217 501.  
Oficinas en Madrid - Zurbano, 73 - Tel. 2338 301.
- ASTILLEROS LUZURIAGA - PASAJES DE SAN JUAN - Tel. 51 247.

**motores  
marinos  
CATERPILLAR®  
siempre  
en  
vanguardia**



Nuestra sección especializada le hará un estudio completo de su barco facilitándole el motor más adecuado, atendiendo incluso al diseño y fabricación de la hélice más apropiada, suministrando el equipo propulsor completo.



**Finanzauto**

SIEMPRE AL SERVICIO DEL CLIENTE

GARANTIZA EN TODO MOMENTO UNA ATENCIÓN MECÁNICA EFICAZ Y CONTINUA CON REPUESTOS DE ORIGEN

Dr. ESQUERDO, 178-180 - MADRID-7

MADRID • BARCELONA • SEVILLA • VALENCIA • BILBAO • LA CORUÑA • CANARIAS

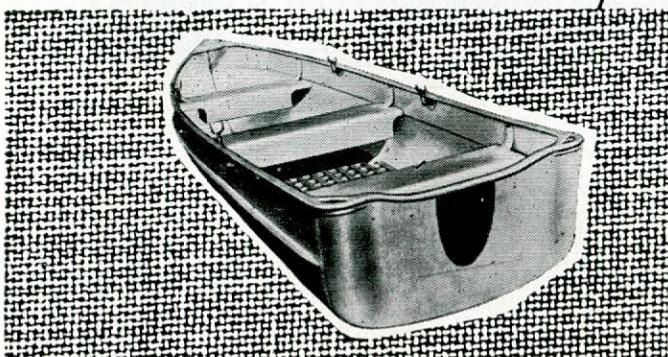
© CATERPILLAR, CAT Y TRAXCAVATOR SON MARCAS REGISTRADAS DE CATERPILLAR TRACTOR CO.

# Manufacturas Metálicas Madrileñas

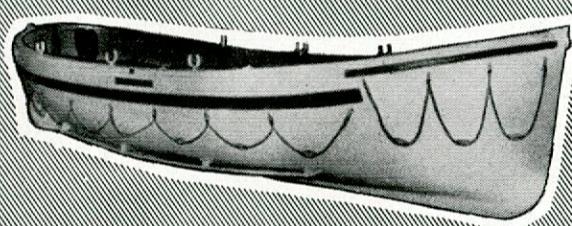
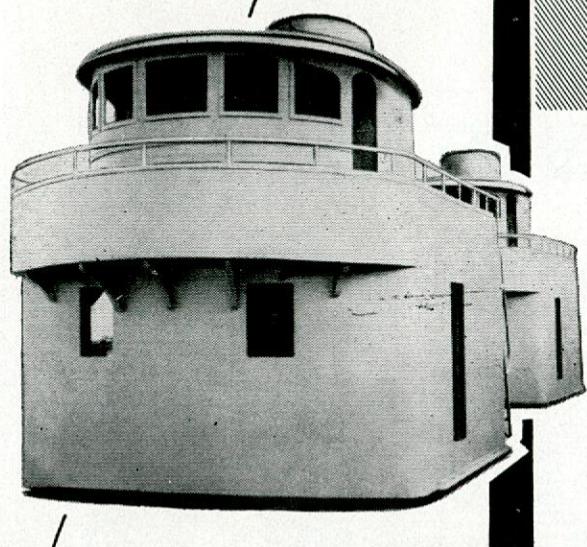


Con sus cuatro factorías instaladas en  
**ALICANTE - MADRID - PARACUELLOS - VILLAVERDE**

**contribuye con la calidad de sus productos, al  
prestigio de la Industria Nacional.**



En la FACTORIA DE ALICANTE  
dispone de instalaciones especia-  
lizadas en Construcción Naval.



- Casetas
- Puentes
- Guardacalores y Superestruc-  
turas en General.
- Botes salvavidas  
y de servicio.
- Pasarelas, Escalas reales
- Planchas de desembarco, etc.



## FACTORIA CENTRAL:

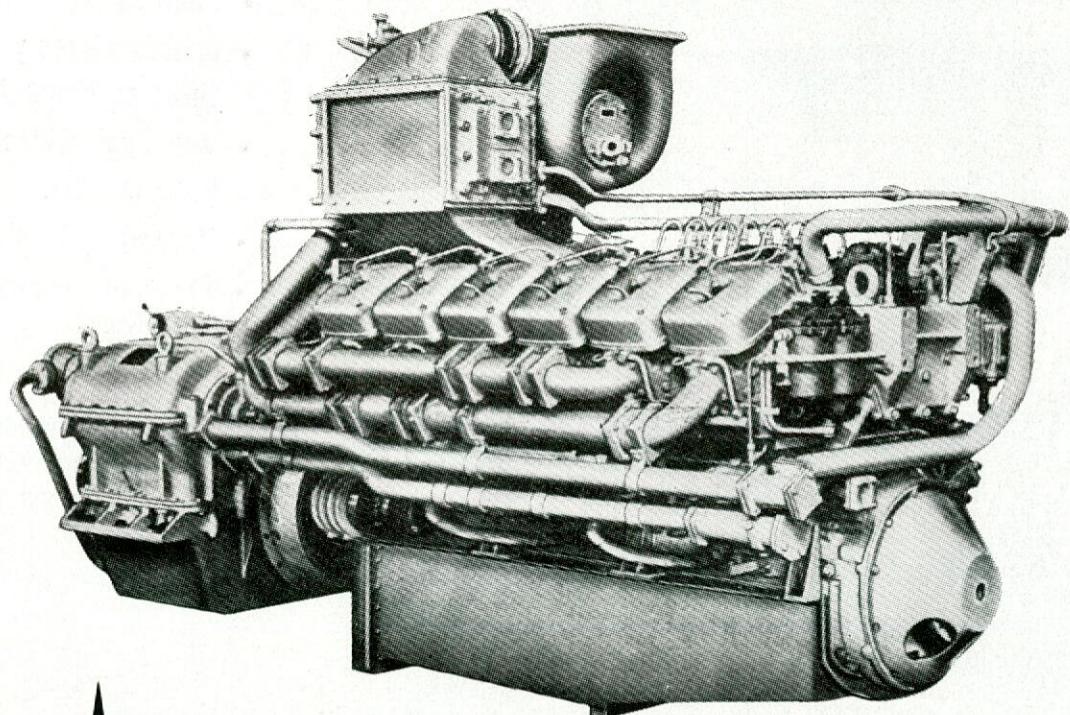
Teniente Coronel Noreña, 26 - MADRID - 13

Teléfonos } 2 3 9 6 2 0 0 } Diez líneas  
} 2 3 9 6 3 0 0 } Diez líneas

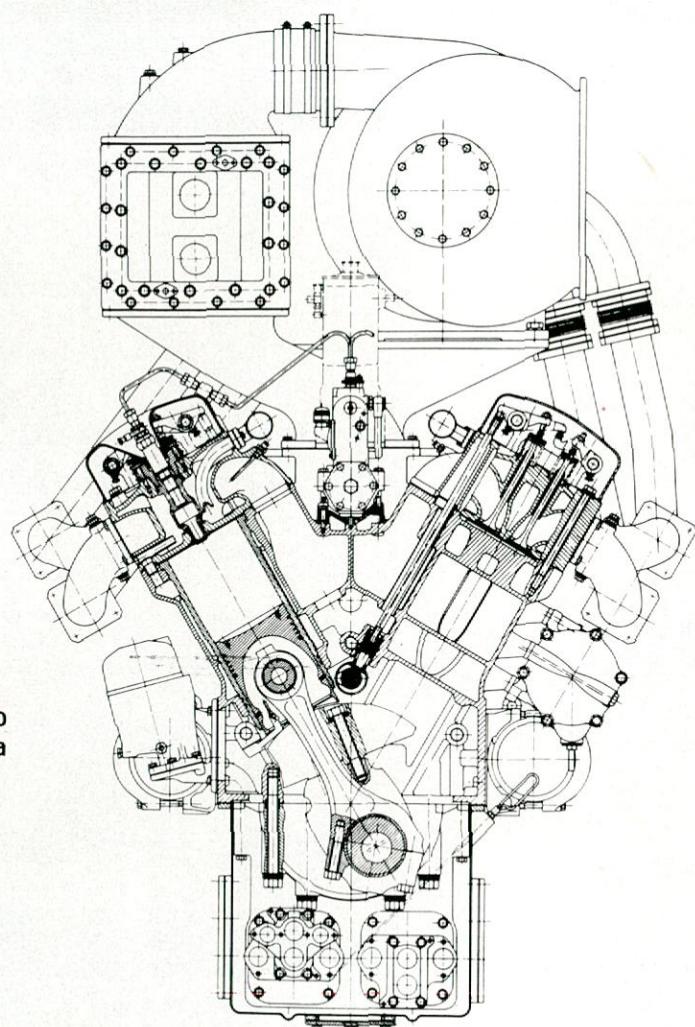
Delegaciones regionales: BARCELONA • BILBAO • LA CORUÑA • LAS PALMAS • MADRID • OVIEDO • SEVILLA • VALENCIA • ZARAGOZA



**EN CADA  
PUERTO  
GARANTIA  
DEL  
SERVICIO **DEUTZ****



Avda. Pío XII, 100 - Teléfono 2000940, MADRID-16  
Lepanto 149-Tels. 2253474-2264682-BARCELONA

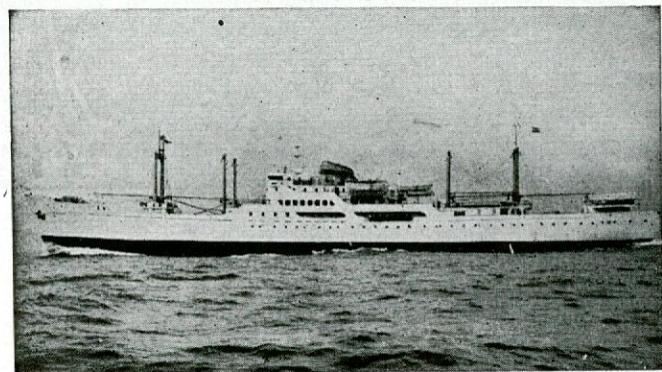


- poco peso
- poco espacio
- gran potencia

Equipo propulsor rápido marino,  
especialmente diseñado para  
embarcaciones de pesca de bajura y altura

# UNION NAVAL DE LEVANTE, S. A.

Construcción de buques  
de todas las clases  
hasta 25.000 Tons.  
de peso muerto.



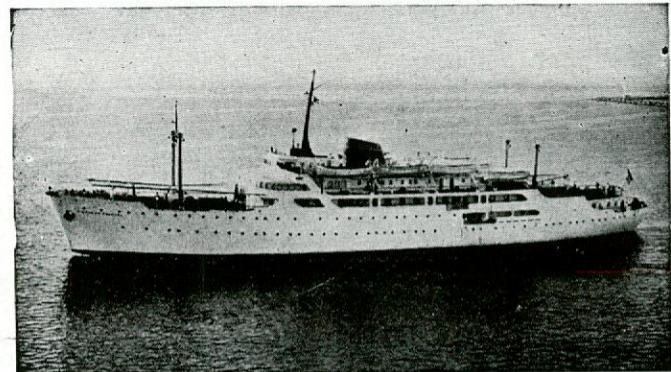
"Villa de Bilbao", 7.000 Tons. P. M.

Reparación de buques  
y maquinaria.



"Campogules", 9.300 Tons. P. M.

Diques flotantes de 8.000 y  
4.000 Tons. de  
fuerza ascensional.



"Ciudad de Granada", 5.200 Tons. R. B.

**Astilleros y Talleres  
VALENCIA**

Apartado 229

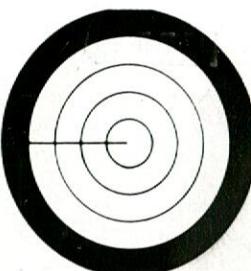
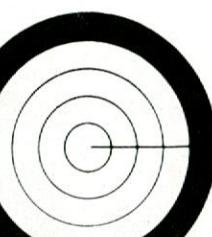
**Talleres Nuevo Vulcano  
BARCELONA**

Apartado 141



"Ciudad de Formosa", 4.000 Tons. R. B.

# 23,000



RADARES

DECCA

INSTALADOS

T

R

I

N



5"

9"

12"

16"

S

A

R



DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO EN ESPAÑA Y FABRICANTE BAJO LICENCIA

**MARCONI ESPAÑOLA, S. A. - Alcalá, 45 - MADRID**

PARA LA

# protección

DE SUS INSTALACIONES NUEVAS O ANTIGUAS

CARTUCHOS FUSIBLES

# H.P.C.

CEHESS

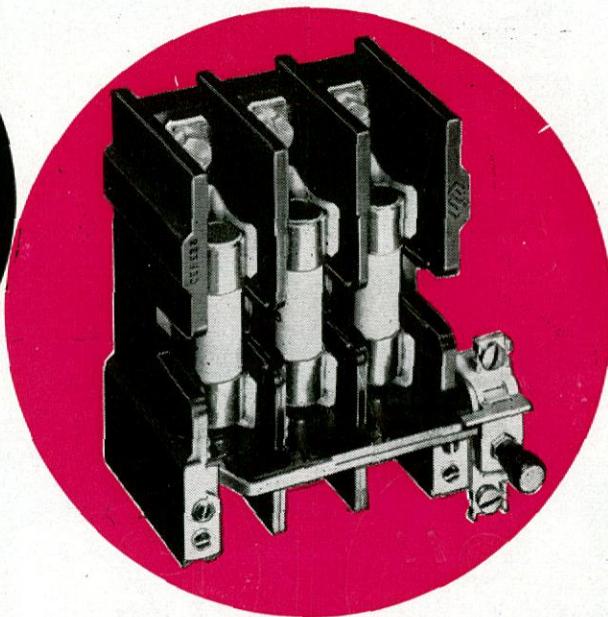
Dimensiones U.T.E. C. 63-210



Adaptadores de clavija  
porta-cartuchos  
Serie amarilla. Serie violeta



Zócalos de mandibulas  
en todas las variantes  
que permiten la utilización  
racional del cartucho.  
Con o sin señalización



Solicite nuestros folletos DS. y D.C.

**CEHESS**

Representantes exclusivos para España

S.A. MONTAJES ELECTRO NAVALES

(S.A.M.E.N.)

Marqués del Puerto nº 6 - 3º

Teléfono 23-50-23

BILBAO

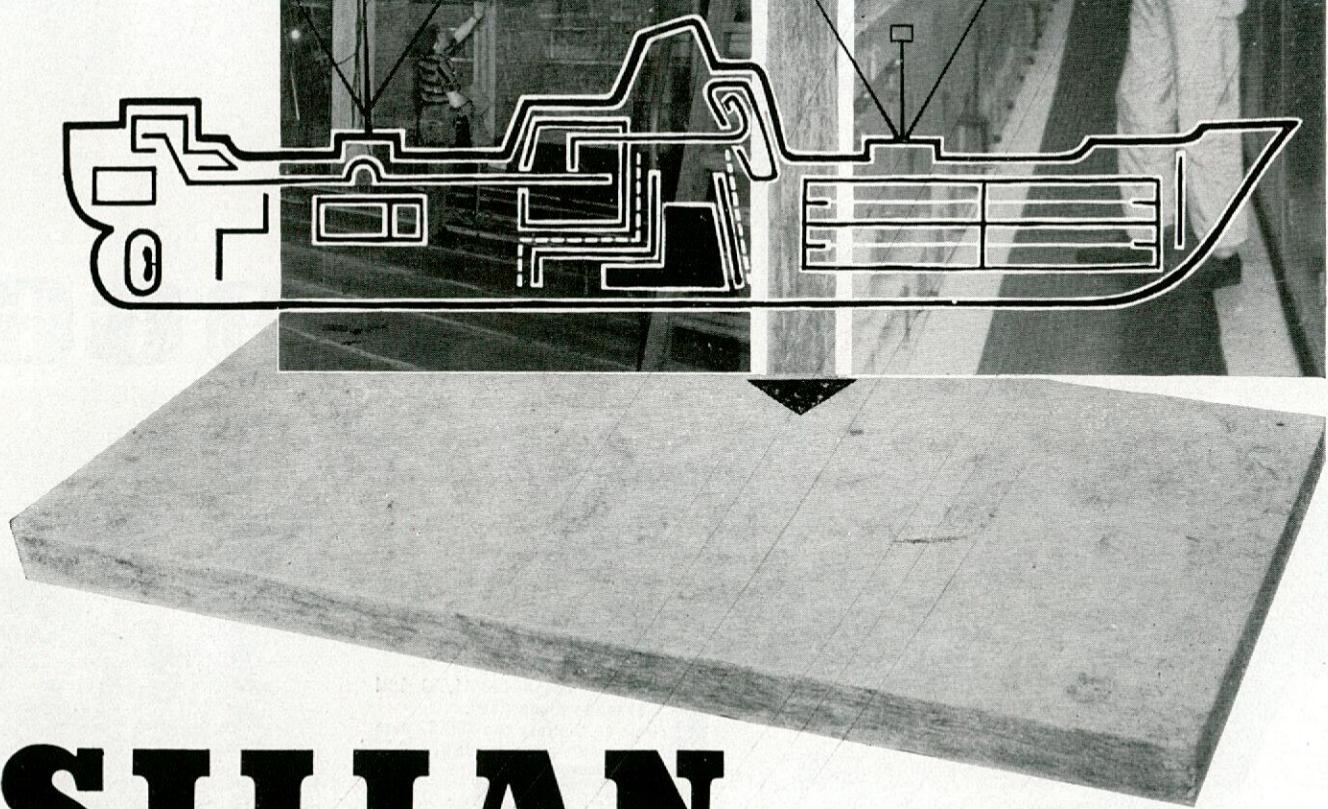


toda una gama a su disposición

GRUPO CEHESS

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS CON EXISTENCIAS

**Donde  
el aislamiento  
es una necesidad  
esencial...**



# **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.

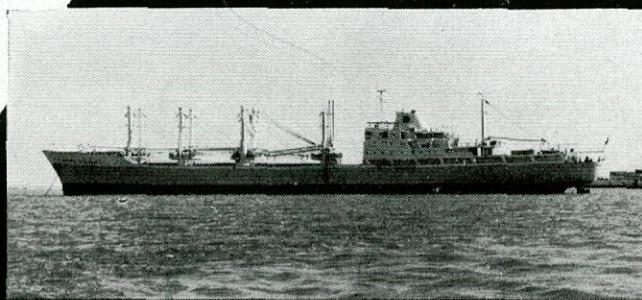
Completa gama de productos para todos los casos posibles de aislamiento.



Es un producto de  
**FIBRAS MINERALES, S. A.**  
Diego de León, 43 - MADRID-6

**INSTALADORES-DISTRIBUIDORES EN TODAS LAS PROVINCIAS.**

# ASTILLEROS DE CADIZ, S. A.



## ENERO

Entrega buque de 12.362 TPM  
"Ciudad de Bucaramanga".  
Entrega Buque de 8.250 TPM  
"Río Dulce".

## FEBRERO

Entrega buque de 13.100 TPM  
"Cerro Pelado".  
Botadura buque de 13.100 TPM  
"Maffo".

## MARZO

Firma de contrato con Flota Mercante  
Grancolombiana, para la Construcción  
de un buque de 12.362 TPM.

## ABRIL

Botadura buque de 2.350 TPM  
"Astene 96".

## MAYO

Entrega buque de 12.362 TPM  
"Ciudad de Cúcuta".  
Botadura y entrega buque de 11.600 TPM  
"Piotr Dunin".  
Botadura petrolero de 71.500 TPM  
"Alcántara".

## JUNIO

Entrega buque de 13.100 TPM  
"Maffo".  
Pruebas motor de 20.700 BHP para  
petrolero "Alcántara".  
Firma de contrato con Cia. Marítima  
Río Gulf, para la construcción pe-  
trolero de 97.500 TPM.  
Firma de contrato con Butano, S. A.  
para construcción buque L. P. G. de  
11.100 TPM.

# 1966

## JULIO

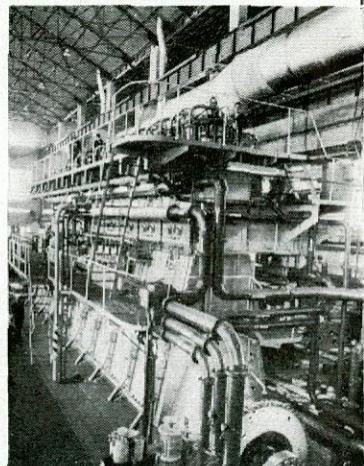
Botadura buque de 11.600 TPM  
"Sebastián Klonowicz".  
Entrega buque de 8.250 TPM  
"Río Salado".

## AGOSTO

Entrega buque de 11.600 TPM  
"Sebastián Klonowicz".  
Firma de contrato con REPESA para  
construcción petrolero de 97.500 TPM.

## OCTUBRE

Botadura petrolero de 71.500 TPM  
"Santiago".  
Puesta a flote dique flotante de  
2.000 toneladas de fuerza ascen-  
sional "Isla de Saltés".  
Pruebas motor de 20.700 BHP para  
petrolero "Santiago".



## NOVIEMBRE

Entrega buque de 12.362 TPM  
"Ciudad de Buenaventura".

## DICIEMBRE

Entrega petrolero de 71.500 TPM  
"Alcántara".

## Astilleros de Cádiz, S. A.

ASTILLEROS en:  
CÁDIZ SEVILLA

FÁBRICA de MOTORES en:  
MANISES (Valencia)

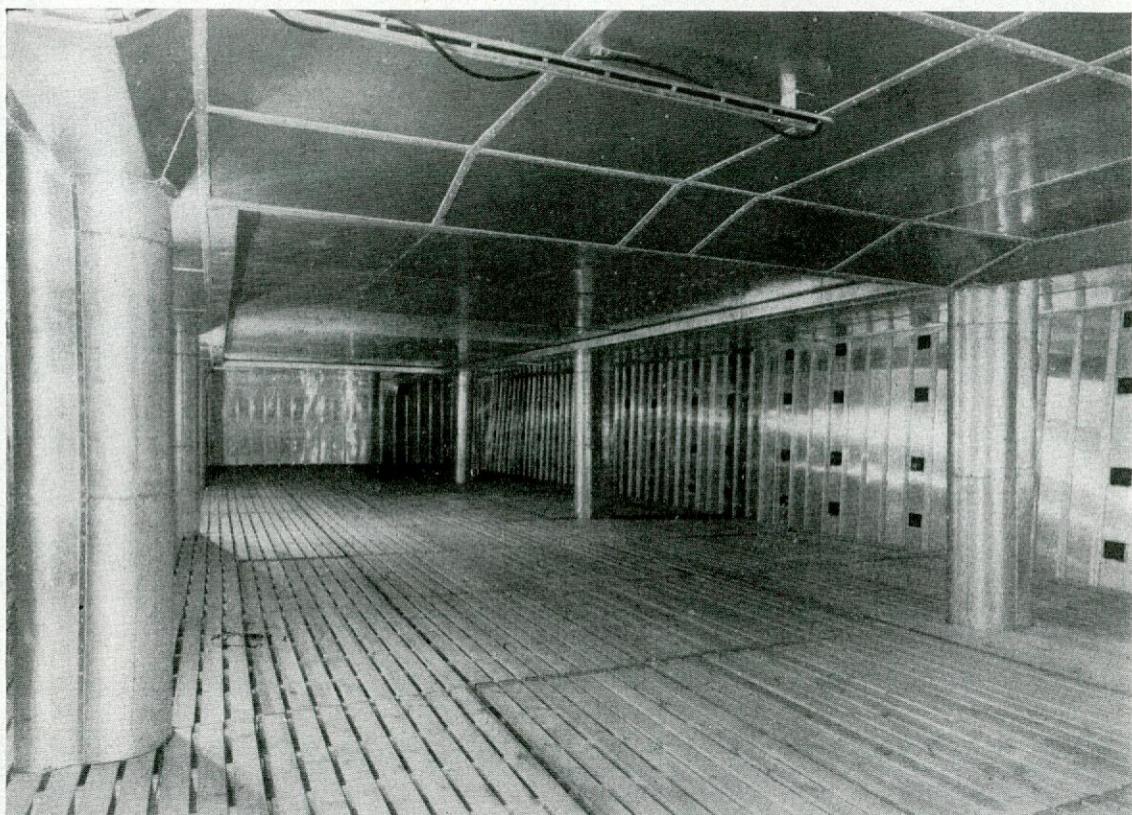
OFICINA CENTRAL  
ZURBANO, 70. MADRID (10)

Teléfono 223 27 91

Telex: N.º 7.648 - Astilleros Mad.  
Telegramas: ASTILLEROS. Madrid

# ROBER

está especializada en aislamientos térmicos, con POLIURETANO "in situ", POLIESTIRENO, LANAS MINERALES, CORCHO, ETC.



ULTIMAMENTE SE HAN EFECTUADO TRABAJOS DE AISLAMIENTO EN LOS BUQUES SIGUIENTES:

Adara.  
Angelines.  
Arenque.  
Avior.  
Capón.  
Carmen Jiménez.  
Ciudad de Bucaramanga.  
Ciudad de Buenaventura.  
Ciudad de Compostela.  
Ciudad de Cucuta.  
Concha de Gijón.  
C/ 25 de Freire.  
C/ 26 de Freire.  
C/ 27 de Freire.  
C/ 28 de Freire.  
C/ 29 de Freire.  
C/ 64 de Musel.

Coruña.  
Cruz de Almena.  
Cherna.  
Dilako.  
Emperador.  
Fontao.  
Fundador.  
Glaciar Azul.  
Glaciar Blanco.  
Glaciar Gris.  
Glaciar Negro.  
Glaciar Rojo.  
Glaciar Verde.  
Guisa.  
Isla Alegranza.  
Isla M. Clara.  
Jigue.

Las Mercedes.  
Leiza.  
Lugo.  
Madregal.  
Mar Cantábrico.  
Mar de Hielo.  
Marcelina de Ciriza.  
Mero.  
Notos Primero.  
Notos Segundo.  
Notos Tercero.  
Notos Cuarto.  
Ntra. Sra. de Erdotxa.  
Nuevo Mundo.  
Orense.  
Pargo.

Playa de Pedreña.  
Pontevedra.  
Puente Pedriña.  
Puerto de Bayona.  
Puerto Cullera.  
Punta Ureka.  
Quimar.  
Renshi Maru.  
Santa Cruz de Tenerife.  
Sistayo.  
S. E. de C. Naval, Sestao:  
buques 140, 141, 142 y 143  
Tiburón.  
Urquil.  
Yeyo.

\* CALIDAD

\* EXPERIENCIA

## ROBER, S. A.

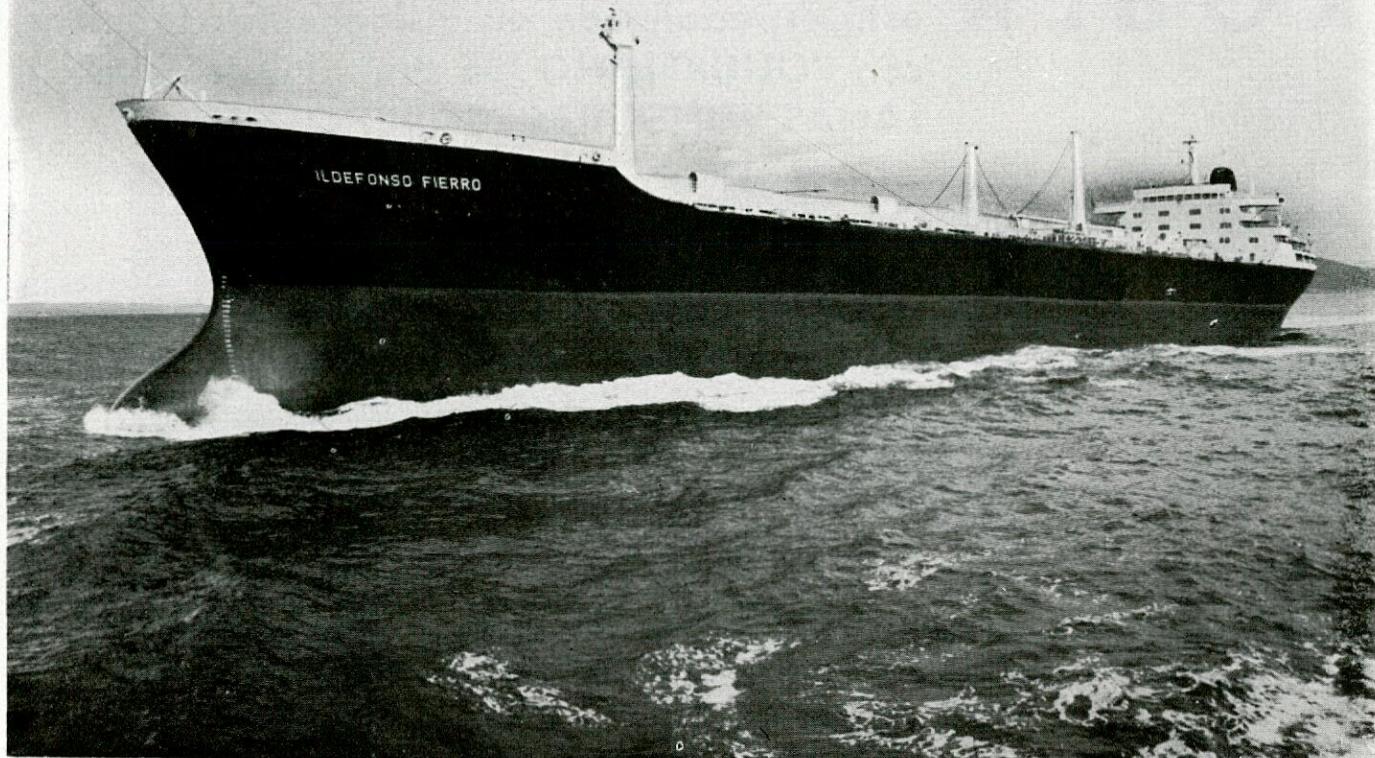
Oficina Central: Torre de Madrid, 12-7

MADRID-13

Telegramas: "SAROBER" MADRID

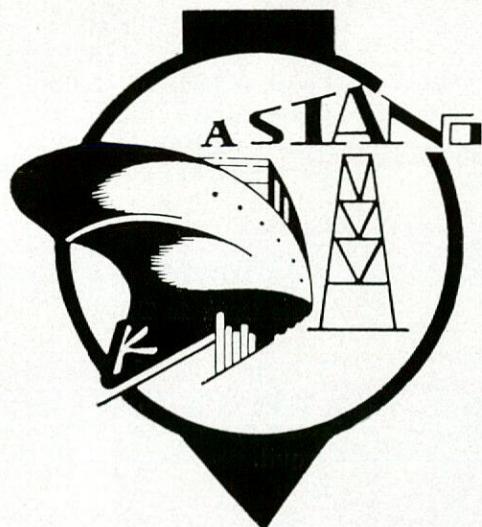
Teléfonos: 274 90 59 - 248 18 36

Entre los 6 buques entregados en 1966 hasta el 12 de noviembre por estos Astilleros figura el:



PETROLERO "ILDEFONSO FIERRO", DE LA "NAVIERA FIERRO, S. A.", DE 60.600 TONS. DE PESO MUERTO PROPULSADO POR TURBINAS DE VAPOR.

## Astilleros y Talleres del Noroeste S.A.



Grada n.º 1 - 290 mts. de eslora y 40 de manga,  
para buques de hasta 100.000 tons. D.W.T.

Grada n.º 2 - 290 mts. de eslora y 47 DE MANGA,  
para buques de hasta 150.000 tons. D.W.T.

Gradas núms. 3-4-5, de 120 mts. de eslora  
y 22 mts. de manga.

Dique seco en servicio de 160 mts. de eslora por 24 mts. de manga y 7 de calado.

Dique en construcción de 250 mts. de eslora por 36 mts. de manga y 9,5 mts. de calado.

PERLIO - FENE (La Coruña)  
Aptulado 994 - EL FERROL DEL CAUDILLO  
Teléfonos 1 y 4 de FENE  
Dirección telegráfica: ASTANO - FERROL

**DIRECCIÓN COMERCIAL**  
Av. del Generalísimo, 30 - MADRID-16  
Aptulado 14.603 Teléfono 250 12 07 (3 líneas)  
Dirección telegráfica: ASTANO - MADRID. Telex. 7.608



REVISTA TECNICA

ORGANO OFICIAL DE LA ASOCIA-  
CION DE INGENIEROS NAVALES

FUNDADOR:  
**Aureo Fernández Ávila**, Ingeniero Naval

DIRECTOR:  
**Luis de Mazarredo Beutel**, Ingeniero Naval

#### DIRECCION Y ADMINISTRACION

**Escuela Técnica Superior de Ingenieros  
Navales - Ciudad Universitaria - Apar-  
tado de Correos 457 - Teléf. 244 08 07  
Madrid (3)**

#### SUSCRIPCION

Para España, Portugal y  
países hispanoamericanos:  
Un año ..... 400 pesetas  
Un semestre ..... 230 »

Demás países:  
Un año ..... \$ USA 9.—  
Precio del ejemplar ..... 50 pesetas

#### NOTAS

No se devuelven los originales. Los autores son di-  
rectamente 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-1967

AÑO XXXV N.º 381  
MARZO 1967

#### INDICE DE MATERIAS

##### Artículos Técnicos

Páginas

Diferencias finitas en el cálculo de vigas continuas, por Ignacio Espinosa de los Monteros, Dr. Inge- niero Naval .....	80
Transporte marítimo de plátanos, por Justino de Paz Balmaseda y José Esteban Pérez García, Alumnos de 4.º curso de la E. T. Superior de Ingenieros Navales.	88

##### Extranjero

La construcción naval en el mundo durante el pasado año .....	106
El mineralero «Cetra-Lyra» .....	106
Botadura del primer «Freedom» .....	106
La construcción naval francesa en 1966 .....	107
La INEL 1967 .....	107
Noticias del Lloyd's Register of Shipping .....	107

##### Nacional y Profesional

Botadura del buque de carga «Sorolla» .....	108
Normas UNE .....	108
Demostraciones de técnicas aislantes .....	108
Quinta Conferencia Internacional sobre ensayos no destructivos .....	108
Octavo Congreso Internacional sobre galvanización en caliente .....	109
Entrega del buque de carga «Pedro Menéndez» .....	109

##### Legislación

Presidencia del Gobierno .....	110
Ministerio de Comercio .....	110
Ministerio de Educación y Ciencia .....	110
Ministerio de Hacienda .....	110
Ministerio de Trabajo .....	110
Secretaría General de Movimiento .....	110
Bibliografía .....	110

##### Portada

El buque «Pedro Menéndez», construido por Astano, S. A.  
para los armadores Joaquín Ponte Naya, S. A.

# DIFERENCIAS FINITAS EN EL CALCULO DE VIGAS CONTINUAS

Por Ignacio Espinosa de los Monteros  
Dr. Ingeniero Naval.

## PARTE 2.<sup>a</sup>

### AMPLIACIÓN DEL PRÓLOGO

El desarrollo progresivo que se va haciendo del método permite asegurar que para vigas continuas, la rapidez y precisión es mayor que la del conocido método de Cross, para casos de apoyos que ceden es muy superior y para casos en que el momento de inercia varíe, el método de Cross no puede usarse, o si se usa es con unas suposiciones que nunca podrán ofrecer la garantía de precisión del método de diferencias finitas.

Por tanto para vigas continuas se puede garantizar, en todos los casos, que su aplicación da resultados muy superiores a dicho método. En estructuras de edificios, en casos de momentos de inercia variable, es el único método que puede hacer viable la aplicación posterior de un "Cross" calculando previamente las proporciones de repartos de momentos en cada nudo y los coeficientes de transmisión por barra en "ambas direcciones" (ya que pueden ser diferentes) y, con estos datos, plantear el "Cross" que resuelve la estructura.

En estructuras reticulares de suficiente número de retículos es perfectamente aplicable y además da las flechas de la estructura y se pueden hacer intervenir apoyos deformables. Las condiciones de trabajo de cada retículo a las que se llega para la aplicación de este método veremos que son exactamente las de Ritter.

Los casos "teóricos" probados, de vibraciones de casco, han dado hasta la fecha un error de  $\sim 6$  por 1.000, en contra de un sistema clásico que por condiciones especiales dio un  $\sim 40$  por 100.

### 3. TRANSFORMACIÓN DE ECUACIONES DIFERENCIALES EN ECUACIONES LINEALES DE PRIMER GRADO.

Por los métodos descritos se comprende fácilmente que cualquier ecuación diferencial dé la forma

$$f_n(x) \frac{d^n y}{d x^n} + f_{n-1}(x) \frac{d^{n-1} y}{d x^{n-1}} + \dots + f_1(x) \frac{d y}{d x} + f_0(x) y = F(x)$$
$$+ f_2(x) \frac{d^2 y}{d x^2} + f_3(x) \frac{d^3 y}{d x^3} + \dots$$

puede transformarse en un sistema de ecuaciones cuya resolución se realiza en un calculordenador en caso de ser el número de ecuaciones elevado. Para número de ecuaciones no elevado y un intervalo uniforme, a lo largo del espacio en el que deseamos integrar, la resolución puede hacerse con suficiente precisión por los métodos de relajación. Por medio del método "punto de relajación" la convergencia es lenta, esta aumenta considerablemente haciéndolo por "línea de relajación" y algo más aún, por "línea y vértice de relajación" (1). No obstante como en los casos que estudiaremos en el cálculo de vigas continuas necesitaremos gran precisión y ésta crece prácticamente con la inversa del cuadro del valor del intervalo, según veremos en el tratamiento de los errores, trataremos siempre de hacer la máxima subdivisión que admita la memoria o velocidad de cálculo del calculordenador compatible con el error interno del mismo. En un calculordenador IBM 1620 se ha visto que la duración en minutos de la resolución de un sistema —por el procedimiento de Gauss— Jordan en el cual se elijen el máximo valor del coeficiente de la matriz de incógnitas como pivote y que se ha comprobado da menos error— es proporcional al cubo del número de las decenas del número de ecuaciones e incógnitas, es decir en

10 ecuaciones $\times$ 10 incógnitas	=	1 minuto
20 ecuaciones $\times$ 20 incógnitas	=	8 minutos
30 ecuaciones $\times$ 30 incógnitas	=	27 minutos
40 ecuaciones $\times$ 40 incógnitas	=	64 minutos
50 ecuaciones $\times$ 50 incógnitas	=	125 minutos

No obstante, la integración de este tipo de ecuaciones conduce a sistemas en que los coeficientes de la matriz de datos sólo tienen valor en una zona más o menos grande alrededor de la diagonal principal, según el grado de la ecuación, siendo ceros el resto de los valores de la matriz. Esto permite una programación especial en la cual sólo se meten en memoria los coeficiente que no son 0, en cuyo caso el sistema de ecuaciones a resolver por capacidad de memoria es aproximadamente 440 para ecuaciones diferenciales de cuarto orden.

(1) Relaxation Methods F. S. Shaw.

Se ha ensayado una serie de sistemas de 50, 100, 150, 200, 300 y 400 sin producción de errores y cuyo tiempo de duración de cálculo varía linealmente y ha resultado ser de dos minutos cada 100 ecuaciones.

Naturalmente la integración de una ecuación diferencial por diferencias finitas será posible siempre que en el espacio de integración se conozcan las condiciones suficientes, para que la función integrada quede perfectamente definida, es decir, que al pasar la ecuación diferencial por diferencias finitas al sistema de ecuaciones resultante, éste también quede perfectamente definido, o sea con el mismo número de ecuaciones que de incógnitas. Ya se sabe que el número preciso de estas condiciones es el mismo que el del grado máximo de la ecuación diferencial.

Normalmente en los problemas físicos siempre son conocidas las "condiciones límites" y estas condiciones siempre son el número preciso para definir la función numérica, integrada algébricamente o por diferencias finitas, y estas condiciones límites generalmente son las de los puntos extremos del espacio que se estudia.

Hay ecuaciones diferenciales cuyas condiciones, que se dan por conocidas en el espacio de integración, no requieren el uso de derivadas asimétricas para su relación con la integración del resto del espacio. A este tipo de ecuaciones las llamaremos:

"ecuaciones simétricas"

En otro tipo de problemas sólo se conocen las condiciones en los límites en los que, algunas, o bien todas las condiciones pueden venir dadas en derivadas y estas naturalmente expresadas en diferencias finitas no son simétricas, pues son en el principio o fin de un contorno, y ya hemos visto en la teoría general que, la relación de los valores que dan, no son simétricos. A este tipo de ecuaciones las llamaremos:

"ecuaciones asimétricas"

Las ecuaciones simétricas dan en todos los puntos una precisión prácticamente absoluta aun tratándose de ecuaciones exponenciales, armónicas o hiperbólicas, por lo cual el valor del intervalo no tiene una influencia grande, siempre que sea razonablemente pequeño, por tanto se pueden estudiar por medio de redes con intervalos de valor idéntico a lo largo del espacio. Trataremos un ejemplo en el que se ve claramente esta propiedad.

Ejemplo:

Tenemos la ecuación de segundo grado.

$$\frac{d^2 y}{d x^2} - 0,01 \frac{d y}{d x} - 0,0002 y = 0$$

con las condiciones en los límites

$$\begin{array}{ll} x = 0 & y = 0 \\ x = 100 & y = 100.000 \end{array}$$

Con estas condiciones esta ecuación puede definirse como simétrica.

Esta ecuación integrada es

$$y = 14242,6 e^{0,02 x} - 14242,6 e^{-0,01 x}$$

Los valores de  $y$  calculados por calculordenador de acuerdo con esta última ecuación son:

$x$	$y$
5	2.192.530
10	4.508.721
15	6.966.791
20	9.586.624
25	12.389.952
30	15.400.559
35	18.644.517
40	22.150.429
45	25.949.708
50	30.076.882
55	34.569.936
60	39.470.666
65	44.825.120
70	50.684.021
75	57.103.285
80	64.144.568
85	71.875.877
90	80.372.250
95	89.716.491
100	100.000.000

El sistema que nos da los valores de la función en diferencias finitas será si  $n$  es el número de intervalos

$$\begin{aligned} y_0 &= 0 \\ \left[ \begin{array}{l} \frac{y_{x-1} - 2y_x + y_{x+1}}{\left(\frac{100}{n}\right)^2} - 0,01 \frac{y_{x-1} + y_{x+1}}{2 \cdot \frac{100}{n}} \\ - 0,000 y_x \end{array} \right] \begin{array}{l} x=n \\ x=2 \end{array} &= 0 \\ y_{n+1} &= 100.000 \end{aligned}$$

y el sistema lineal de ecuaciones correspondiente será

$$\begin{aligned} y_1 &= 0 \\ \left[ \begin{array}{l} \frac{1}{\left(\frac{100}{n}\right)^2} + \frac{0,01}{2 \cdot \frac{100}{n}} \\ - \left[ \frac{2}{\left(\frac{100}{n}\right)^2} + 0,0002 \right] y_n \end{array} \right] y_{x-1} &= \\ + \left[ \begin{array}{l} \frac{1}{\left(\frac{100}{n}\right)^2} - \frac{0,01}{2 \cdot \frac{100}{n}} \\ - \left[ \frac{2}{\left(\frac{100}{n}\right)^2} + 0,0002 \right] y_n \end{array} \right] y_{x+1} & \left\{ \begin{array}{l} x=n \\ x=2 \end{array} \right. = 0 \\ y_{n+1} &= 100.000 \end{aligned}$$

y para 10 intervalos tendremos

$$\begin{aligned} y_1 &= 0 \\ \left[ \begin{array}{l} 0,0105 y_{x-1} - 0,0202 y_x + 0,0095 y_{x+1} \\ - \left[ 0,0105 y_{x-1} - 0,0202 y_x + 0,0095 y_{x+1} \right] y_{x-1} \end{array} \right] \begin{array}{l} x=10 \\ x=2 \end{array} &= 0 \\ y_{11} &= 100.000 \end{aligned}$$

Este sistema resuelto con calculordenador nos da los siguientes valores:

<i>x</i>	Resultados calculordenador	<i>y</i>	Resultados exactos	Errores
10	45078306.E-04	4507.8306	4508.7210	0.8850
20	95850714.E-04	9585.0714	9586.6240	1.5526
30	15398551.E-04	15398.551	15400.559	2.0080
40	22148157.E-03	22148.157	22150.429	2.2720
50	30074530.E-03	30074.530	30076.882	2.3520
60	39469408.E-03	39468.408	39470.666	2.2580
70	50682035.E-03	50682.035	50684.021	1.9860
80	64143035.E-03	64143.568	64144.568	1.0000
90	80371379.E-03	80371.379	80372.150	0.7710

Para veinte intervalos el sistema en diferencias finitas es

$$y_1 = 0 \\ \left[ 0,041 y_{x-1} - 0,0802 y_x + 0,039 y_{x+1} \right]_{x=2}^{x=20} = 0$$

$$y_{x1} = 100.000$$

que resuelto en el calculordenador nos da

<i>x</i>	Resultados calculordenador	<i>y</i>	Resultados exactos	Errores
5	21924107.E-04	2192.4107	2192.5300	0.1193
10	45084959.E-04	4508.4959	4508.7210	0.2251
15	69664755.E-04	6966.4755	6966.7910	0.3155
20	95862307.E-04	9586.2307	9586.6240	0.3933
25	12389493.E-03	12389.493	12389.952	0.4590
30	15400048.E-03	15400.048	15400.559	0.5110
35	18643966.E-03	18643.966	18644.517	0.5510
40	22149849.E-03	22149.849	22150.429	0.5800
45	25949110.E-03	25949.110	25949.708	0.5980
50	30076281.E-03	30076.281	30076.822	0.6010
55	34569338.E-03	34569.338	34569.936	0.5980
60	39470086.E-03	39470.086	39470.666	0.5800
65	44824568.E-03	44824.568	44825.120	0.5520
70	50683509.E-03	50683.509	50684.021	0.5120
75	57102825.E-03	57102.825	57103.285	0.4600
80	64144171.E-03	64144.171	64144.568	0.3970
85	71875560.E-03	71875.560	71875.877	0.3170
90	80372025.E-03	80372.025	80372.250	0.2250
95	89716491.E-03	89716.491	89716.491	0.0000

es decir, se ve que el intervalo no es esencial en la precisión de los resultados, y se observa la ley de que el error baja prácticamente con el cuadrado del intervalo, según se vio en la determinación de errores.

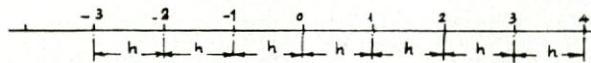
Esto se podría comprobar con cualquier otro ejemplo.

Por otro lado, las ecuaciones asimétricas siempre que su integración no lleve a funciones de forma más o menos polinómica, es decir de tipo armónico, hiperbólico (vibraciones de una viga), etc., requieren ser tratadas detenidamente, ya que, si no se tiene esto en cuenta, al plantear las condiciones en los límites podemos incurrir en errores que inutilicen los valores del resultado.

Más adelante veremos estas necesidades en casos prácticos y trataremos de dar orientaciones en este sentido, ya que en estos contornos, en donde es necesario definir las condiciones por derivadas asimétricas, se hace preciso condensar los puntos por medio de intervalos de valor menor que en el resto del espacio. También puede ser conveniente incrementar el número de intervalos del contorno de definición

de la derivada para reducir el error, ya que hemos visto, que tomando un número de intervalos superior en una unidad al valor de la derivada, el error arranca en una derivada dos veces superior y el coeficiente de su primer término viene afectado del cuadrado del valor del intervalo. Por tanto, con esta segunda técnica, o sea, tomando un contorno de un número mayor de intervalos para definir la derivada asimétrica, por ejemplo: dos intervalos más que el orden de la derivada, el error arranca en un término en el que  $h$  influye con su tercera potencia y que es una derivada de orden tres veces superior a la que queremos definir, por tanto eliminamos el primer término del error que tendríamos con un espacio menor y si al mismo tiempo reducimos el intervalo, como ahora el primer elemento del error converge con  $h^3$  en vez de  $h^2$ , esta convergencia es más rápida y el valor más preciso.

Veamos por ejemplo un espacio en el que se puedan definir dos contornos de derivación, uno simétrico y otro asimétrico.



Sea por ejemplo el espacio  $-3 \div 4$ , en el que se puede definir el contorno  $-2 \div 2$  simétrico para la obtención de la segunda derivada, y el  $0 \div 3$  asimétrico para la segunda derivada, en el cual ésta viene definida como derivada en el arranque de dicho contorno. Hemos visto que en ambos casos los errores son:

a) Segunda derivada simétrica respecto a 0; error

$$\frac{h^2}{12} y_o^{IV} + \frac{h^4}{360} y_o^{VI} + \frac{h^6}{20160} y_o^{VIII}$$

b) Segunda derivada asimétrica en el arranque respecto a 0; error

$$-\frac{11 h^2}{12} y_o^{IV} - h^3 y_o^{V} - \frac{239 h^4}{360} y_o^{VII} + \dots$$

para la derivada tercera el contorno simétrico respecto a 0 será  $-3 \div 3$ , y para la derivada en el punto inicial el contorno  $0 \div 4$ . Los errores en ambos casos serán

$$\frac{30 h^2}{5!} y_o^V + \frac{126 h^4}{7!} y_o^{VII} + \dots$$

$$-\frac{210 h^2}{5!} y_o^V - 1800 \frac{126 h^3}{6!} y_o^{VI} - \frac{10794 h^4}{7!} y_o^{VIII}$$

Como se ve el valor absoluto del error en la derivada segunda asimétrica es 11 veces superior en el término  $y_o^{IV}$ , tiene el término  $y_o^V$ , que la simétrica no tiene, y el coeficiente de  $y_o^{VI}$  es 238 veces mayor que en la simétrica, se comprende por ello que la precisión que ha de ser considerablemente menor, por

tanto si con ecuaciones asimétricas queremos mantenernos en un margen de error de una magnitud similar a la que obtendríamos con una simétrica se hace imprescindible disminuir el intervalo en el punto en que aparece la derivada asimétrica.

De este modo una asimétrica de segundo orden que nos da, según hemos visto, errores del orden de

11 existencia, 238

superiores en los primeros términos a los de la simétrica y queremos incluirla en la resolución de una ecuación general también de segundo orden, entonces tendremos que hacer el intervalo por concepto del error de la cuarta derivada en dicho punto

$$h_1 = \frac{h}{\sqrt{11}} = \frac{h}{3,32}$$

o sea 3,32 veces menor en concepto de la sexta.

$$h_1 = \frac{h}{\sqrt{239}} = \frac{h}{3,93}$$

o sea 3,93 veces menor; además tendríamos que considerar término del error de la quinta derivada que la simétrica no tiene. Por este motivo es conveniente reducir el intervalo en la condición límite, expresada por la derivada segunda, aproximadamente a 1/4 del valor del intervalo normal.

Si en una ecuación de tercer orden nos encontramos con una condición en el límite, dada por una derivada de tercer orden, hemos visto que los errores de ésta son

7, existencia, 85,6

veces mayores en los primeros tres términos de la simétrica, por tanto para incluirla en la resolución general de la ecuación de tercer orden los intervalos deberán reducirse:

En concepto del error de la derivada 5

$$h_1 = \frac{h}{\sqrt{7}} = \frac{h}{2,54}$$

o sea 2,54 veces menor en concepto de la séptima

$$h_1 = \frac{h}{\sqrt{85,6}} = \frac{h}{3,06}$$

o sea 3,06 veces menor, como además tendríamos que considerar el término del error de la sexta derivada que la simétrica no tiene, el intervalo, en el contorno del límite en que se aplica la tercera derivada asimétrica, sería conveniente por lo menos reducirlo a 0,3 del valor del intervalo normal en el resto del espacio de integración.

En el caso de integración de funciones, en que las condiciones límites sean de un orden inferior al de la función, es necesaria tratarlo más complejamente, o sea, en el valor del intervalo y en el número de intervalos a considerar en la condición límite. Este es un caso sumamente complejo y es conveniente, como en otro capítulo veremos, que para cada problema en

particular busquemos uno, lo más similar posible al tratado, y que sea integrable para poder hacer al mismo tiempo el control del valor de la función en cada punto, de acuerdo con la ecuación integrada y resuelta por diferencias finitas. Esto nos dará una idea del error que se produce sobre todo en las condiciones límites y la concentración precisa o intervalos precisos para definir el valor con error admisible. En el problema general, es decir el no integrable, utilizaremos la misma concentración y número de intervalos, así tendremos una idea del error que puede producirse.

Veamos en este caso cómo se comporta una ecuación diferencial de tercer orden con una condición asimétrica.

Sea por ejemplo la ecuación

$$\frac{d^3 y}{dx^3} + 0,04 \frac{d^2 y}{dx^2} + 0,0001 \frac{dy}{dx} - 0,000006 y = 0$$

con las condiciones

$$\begin{aligned} x &= 100 & y &= 100.000 \\ x &= 0 & y &= 0 \end{aligned}$$

y la asimétrica

$$\left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=0} = 0$$

La integral de dicha ecuación con las condiciones indicadas es

$$y = 42986,681 e^{0,01x} - 171946,72 e^{-0,02x} + 128.960,04 e^{-0,03x}$$

Si la expresión

$$\left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=0} = 0$$

la obtendremos con dos intervalos, es decir, tres puntos

$$\left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=0} = \frac{-3y_0 + 4y_1 - y_2}{2h} = 0$$

el error cometido al definirla así hemos visto que es

$$-\frac{h^2}{3} y_0''' - \frac{h^3}{4} y_0'''' - \frac{7}{60} h^3 y_0''' = \dots$$

y como en nuestro caso

$$\begin{aligned} y_0''' &= -2,0633604 \\ y_0'''' &= 0,0773760240 \\ y_0''' &= -0,0025792008 \end{aligned}$$

el error cometido será

$$\sim + 0,68778688 h^2 - 0,019344006 h^3 + 0,00025792008 h^4 -$$

Se ve que el error producido es inadmisible para 5, 10 y para 20 intervalos, pues su valor absoluto sólo con estos tres términos es

$$\begin{aligned} 161,6299168 \\ 52,0138828 \\ 16,38867167 \end{aligned}$$

respectivamente.

Para  $h = 2$ , es decir 50 intervalos, el error es 2,60052219328.

Para  $h = 1$ , es decir 100 intervalos, el error es 0,668700794.

En estos dos últimos casos.

$$0,668700794 \approx \frac{2,60052219328}{4}$$

o sea el error para intervalos razonables como ya hemos dicho es casi proporcional al cuadrado del intervalo, o bien converge con ligeramente más o menos rapidez que la relación del cuadro del intervalo según la función, ya que

$$4 \times 0,668700794 > 2,60052219328$$

Las ecuaciones en diferencias finitas serán.

$$y_1 = 0$$

$$4 y_2 - y_3 = 0$$

$$\left[ \frac{y_x - 2 + 2 y_{x-1} - 2 y_{x+1} + y_{x+2}}{2 h^3} + 0,04 \right. \\ \left. - \frac{y_{x-1} - 2 y_x + y_{x+1}}{h^2} + 0,0001 \frac{-y_{x+1} + y_{x-1}}{2 h} - \right. \\ \left. - 0,000006 y_x \right]_{x=2}^{x=n-1} = 0$$

$$\frac{y_{n-3} - 6 y_{n-2} + 12 y_{n-1} - 10 y_n + 300.000}{2 h^3} + 0,04$$

$$\frac{y_{n-1} - 2 y_n + 100.000}{h^2} + 0,0001 \frac{-y_{n-1} + 100.000}{2 h} -$$

$$y_{n+1} = 100.000$$

y el sistema equivalente de ecuaciones lineales

$$y_1 = 0$$

$$4 y_2 - y_3 = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2 \left( \frac{100}{n} \right)^3} y_{x+2} + \\ + \left[ \frac{1}{\left( \frac{100}{n} \right)^3} + \frac{0,04}{\left( \frac{100}{n} \right)^2} - \frac{0,00005}{h} \right] y_{x-1} - \right. \\ \left. - \left[ \frac{0,08}{\left( \frac{100}{n} \right)^2} + 0,000006 \right] y_x - \right. \\ \left. - \left[ \frac{1}{\left( \frac{100}{n} \right)^3} - \frac{0,04}{\left( \frac{100}{n} \right)^2} - \frac{0,00005}{n} \right] y_{x+1} \right. \\ \left. + \frac{1}{2 \left( \frac{100}{n} \right)^3} y_{x+2} \right\} \begin{array}{l} x=n-1 \\ x=2 \end{array} = 0$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2 \left( \frac{100}{n} \right)^3} y_{n-3} - \left( \frac{100}{n} \right)^3 y_{n-2} + \\ & + \left[ \frac{6}{\left( \frac{100}{n} \right)^3} + \frac{0,04}{\left( \frac{100}{n} \right)^2} - \frac{0,00005}{100} \right] y_{n-1} - \\ & - \left[ \frac{5}{\left( \frac{100}{n} \right)^3} + \frac{0,08}{\left( \frac{100}{n} \right)^2} + 0,000006 \right] y_n = 4 \\ & - 100.000 \times \left[ \frac{3}{2 \left( \frac{100}{n} \right)^3} + \frac{0,04}{\left( \frac{100}{n} \right)^2} + \frac{0,00005}{100} \right] \\ & y_{n+1} = 100.000 \end{aligned}$$

Tomando un intervalo más de derivación, o sea 3 intervalos para la tangente en el origen, el sistema sólo queda modificado en la segunda ecuación que ahora será:

$$18 y - 9 y_3 + 2 y_4 = 0$$

De acuerdo con estos sistemas, resolviendo para distintos valores del número de intervalos y para los dos casos de definición de la tangente en el extremo con 2 y 3 intervalos tenemos los siguientes resultados:

10 intervalos

Tangente definida por 2 intervalos.

Resultados exactos	Resultados calculadora	Errores
2265.509311565	1830.092438352	— 435.416873213
8019.487500874	7320.369753408	— 699.117747466
16090.827257017	15263.800717452	— 827.026539565
25709.965278308	24858.398877993	— 851.566400315
36392.261271190	35592.997749673	— 799.263521517
47854.426446392	47161.764692000	— 692.661754392
59954.981604341	59407.269615863	— 547.711988477
72652.151079463	72273.336631815	— 378.814447648
85974.380787170	85781.445756286	— 192.935030884

Tangente definida por 3 intervalos.

2265.509311565	2140.464656670	— 125.044654895
8019.487500874	7790.251273536	— 229.236227338
16090.827257017	15791.948820885	— 298.878436132
25709.965278308	25378.405500448	— 331.559777860
36392.261271190	36062.582991086	— 329.678280105
47854.426446392	47555.169959631	— 299.256486761
59954.981604341	59709.722778914	— 245.258825427
72652.151079463	72477.288867716	— 174.862211747
85974.380787170	85883.687869412	— 90.692917758

20 intervalos

Tangente definida por 2 intervalos.

Resultados exactos	Resultados calculadora	Errores
603.763728202	535.905043665	— 67.858684537
2265.509311565	2143.620174660	— 121.889136904

Resultados exactos	Resultados calculordenador	Errores
4790.686490779	4627.083357500	— 163.603133279
8019.487500874	7825.044581932	— 194.442918942
11821.442043574	11605.691025141	— 215.751018433
16090.877257017	15862.051312208	— 228.775944810
20742.773673683	20508.125577961	— 234.648095722
25709.965278308	25475.562729193	— 234.402549115
30939.846463036	30710.894063948	— 228.952399088
36392.261271190	36173.133241663	— 219.128029528
42037.461119597	41831.821307439	— 205.639812158
47854.426446392	47665.289654710	— 189.136791682
53829.455665137	53659.305886214	— 170.149778924
59954.981604341	59805.805366200	— 149.176238140
66228.581435352	66101.989104119	— 126.592331233
72652.151079463	72549.375474081	— 102.775605382
79231.219355780	79153.249255168	— 77.970100612
85974.380787170	85921.915802682	— 52.464984488
92892.829109959	92866.439378876	— 26.389731083

Tangente definida por 3 intervalos.

603.763728202	593.040846725	— 10.722881477
2265.509311565	2243.195742298	— 22.313569267
4790.686490779	4757.013219814	— 33.673270965
8019.487500874	7975.434251685	— 44.053249189
11821.442043574	11768.480667425	— 52.961376149
16090.827257017	16030.713786314	— 60.113470703
20742.773673683	20677.410383385	— 65.363290298
25709.965278308	25641.279656026	— 68.685622282
30939.846463036	30869.729961430	— 70.116501606
36392.261271190	36322.497833091	— 69.763438099
42037.461119597	41969.716663691	— 67.744455906
47854.426446392	47790.201046658	— 64.225399734
53829.455665137	53770.109231816	— 59.346433320
59954.981604341	59901.690647603	— 53.290956738
66228.581435352	66182.395000162	— 46.186435190
72652.151079463	72613.936302588	— 38.214776875
79231.219355780	79201.748875811	— 29.470479970
85974.380787170	85954.251586693	— 20.129200477
92892.829109959	92882.589542220	— 10.239567739

40 intervalos

Tangente definida por 2 intervalos.

Resultados exactos	Resultados calculordenador	Errores
155.950932797	146.430632908	— 9.520299888
603.763728202	585.722531634	— 18.041196568
1315.431948507	1289.812719143	— 25.619229364
2265.509311565	2233.199681588	— 32.309629976
3430.903578252	3392.737649690	— 38.165928562
4790.686490779	4747.446423307	— 43.240067472
6325.918548835	6278.336523976	— 47.582024860
8019.487500874	7968.247459068	— 51.240041806
9855.959511518	9801.699275070	— 54.260236448
11821.442043574	11764.755101317	— 56.686942258
13903.457564917	13844.895278422	— 58.562286495
16090.827257017	16030.900614019	— 59.926642998
18373.563963437	18312.745814992	— 60.818148445
20742.773673683	20681.500395026	— 61.273278657
23190.564890584	23129.238615892	— 61.326274693
25709.965278308	25648.955420719	— 61.009857589
28294.845033379	28234.490499746	— 60.354533632
30939.846463036	30880.456994126	— 59.389468910
33640.319294063	33582.177654938	— 58.141639125
36392.261271190	36335.624378647	— 56.636892543
39192.263637439	39137.364733168	— 54.898904271
42037.461119597	41984.510655125	— 52.950464472
44925.486070523	44874.673880619	— 50.812189904
47854.426446392	47805.922362434	— 48.504083958
50822.787321406	50776.743372227	— 46.043949179
53829.455665137	53786.006387970	— 43.449277168
56873.668128577	56832.932834180	— 40.735294397
59954.981604341	59917.064350580	— 37.917253761
63038.24634409	63038.238312566	— 35.008031843

Resultados exactos	Resultados calculordenador	Errores
66228.581435352	66196.560524902	— 32.020910450
69421.352446345	69392.385820362	— 28.966625983
72652.151079463	72626.294330118	— 25.856749345
75921.776664885	75899.076598354	— 22.700066531
79231.219355780	79211.712666141	— 19.506689639
82581.644888885	82565.361267505	— 16.283621381
85974.380787170	85961.341027650	— 13.039759520
89410.903890611	89401.123424947	— 9.780465665
92892.829109959	92886.315448434	— 6.513661525
96421.899306624	96418.656123869	— 3.243182756

40 intervalos

Tangente definida por 3 intervalos.

Resultados exactos	Resultados calculordenador	Errores
155.950932797	155.171247211	— 0.779685585
603.763728202	602.047365077	— 1.716363125
1315.431948507	1312.671917944	— 2.760030563
2265.509311565	2261.641056912	— 3.868254653
3430.903578252	3425.898497075	— 5.00501176
4790.686490779	4784.545986917	— 6.140503862
6325.918548835	6318.669054336	— 7.249494499
8019.487500874	8011.175821336	— 8.311679539
9855.959511518	9846.649063080	— 9.310448439
11821.442043574	11811.209221540	— 10.232822034
13903.457564917	13892.388964534	— 11.068600383
16090.827257017	16079.016842505	— 11.810414512
18373.563963437	18361.111086937	— 12.452876500
20742.773673683	20729.780860160	— 12.992813523
23190.564890584	23177.136507589	— 13.428328995
25709.965278308	25696.205783136	— 13.759495172
28294.845033379	28280.858178525	— 13.986854854
30939.846463036	30925.733876596	— 14.112586440
33640.319294063	33626.180133183	— 14.139160879
36392.261271190	36378.191025872	— 14.070245319
39192.263637439	39178.354167895	— 13.909469544
42037.461119597	42023.799588079	— 13.661531518
44925.486070523	44912.155319214	— 13.330751310
47854.426446392	47841.503972154	— 12.922474238
50822.787321406	50810.345969441	— 12.441351965
53829.455665137	53817.562568064	— 11.893097073
56873.668128577	56862.385708321	— 11.282420256
59954.981604341	59944.366369930	— 10.615204411
63073.246366609	63063.350331108	— 9.896013301
66228.581435352	66219.450665134	— 9.130770218
69421.352446345	69413.028709844	— 8.323736501
72652.151079463	72644.670279235	— 7.480802228
75921.776664885	75915.170862959	— 6.605801926
79231.219355780	79225.514792461	— 5.704563319
82581.644888885	82576.864477261	— 4.780411624
85974.380787170	85970.541679005	— 3.839108166
89410.903890611	89408.020499904	— 2.883390708
92892.829109959	92890.910112023	— 1.918997936
96421.899306624	96420.951296519	— 0.948010105

$\frac{d^3 y}{d x^3}$	$\left( \frac{d^1 y}{d x^1} \right)_o$	$\frac{3 h^4}{10}$	$\frac{d^5 y}{d x^5}$	$\frac{5 h^5}{24}$
	$\left( \frac{d y^6}{d x^6} \right)_o$	$\dots$		

con un error de

$$\left( \frac{d^3 y}{d x^3} \right)_o = \frac{\frac{3 h^4}{10} + \frac{5 h^5}{24} + \dots}{\frac{d^1 y}{d x^1}_o}$$

La ecuación que cambiaba para el cálculo realizado en que la tangente se definía con un término más, era debido a que la tangente en el arranque con tres intervalos nos viene definida por

$$\left( \frac{d y}{d x} \right)_o = \frac{-11 y_o + 18 y_1 - 9 y_2 + 2 y}{6 h}$$

que comparándolo con el error producido en la derivada con dos intervalos vemos que

el término en  $y'''$  no existe  
 el término en  $y'''$  es igual con signo contrario  
 18  
 el término en  $y''$  mayor  
 7  
 el término en  $y'''$  5 veces mayor

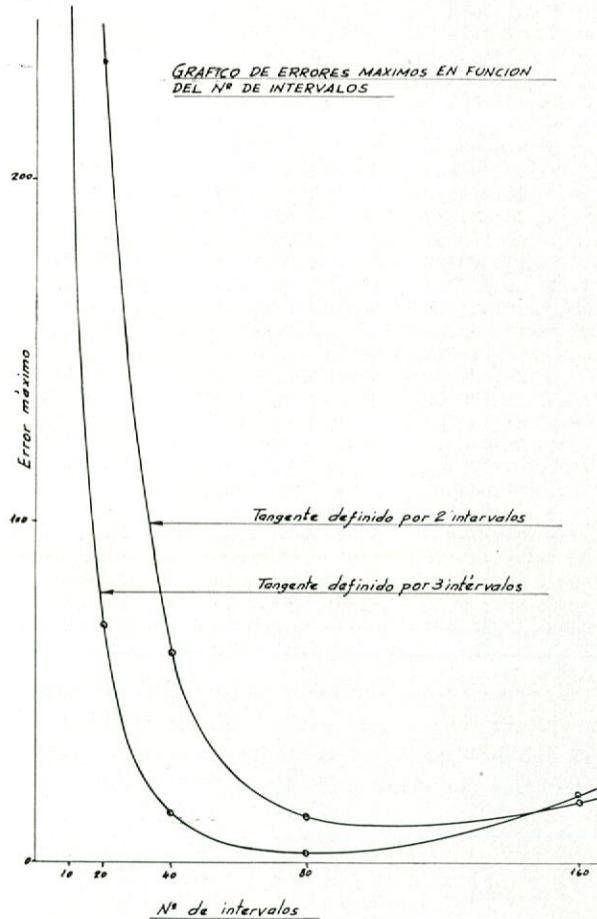
Como la convergencia tiene lugar principalmente en el primer término del error, éste es muy parecido o sólo ligeramente superior a los segundos términos del error de la derivada definida con dos intervalos, por tanto anulamos el valor del primer elemento del error, de ahí que aumente la exactitud.

Análogamente la derivada primera en el fin de un contorno

$$\left( \frac{dy}{dx} \right)_n = \frac{-2y_{n-3} + 9y_{n-2} - 18y_{n-1} + 11y_n}{6h}$$

y el error

$$-\frac{h^3}{4} y_{n-1}''' + \frac{3h^4}{10} y_n'' - \frac{5h^5}{24} y_{n-1}'' + \dots$$



En el gráfico de errores absolutos se ve que, con la programación realizada que por encima de 100 ecuaciones los errores del propio calculador, al que se le hizo trabajar con 16 cifras, anulan la precisión mayor que se obtendría con un menor valor del in-

ervalo. Con objeto de obtener más precisión se ha desarrollado el sistema de programación ya indicado en que el tiempo de cálculo queda rebajado y su variación es lineal de acuerdo con el número de incógnitas y será el que se de en la presentación de programas.

Después de múltiples ejemplos se ve que es conveniente, en cualquier ecuación diferencial, definir las condiciones asimétricas con un intervalo más que los hasta ahora indicados, para que el primer elemento del error arranque multiplicado por  $h^3$ , y al disminuir  $h$ , la convergencia o disminución del error sea más rápida que en las simétricas, puesto que los coeficientes de los términos del error son más elevados que en las derivadas simétricas.

La derivada segunda vendrá con cuatro intervalos expresada por

$$\left( \frac{d^2 y}{dx^2} \right)_0 = \frac{35y_0 - 104y_1 + 114y_2 - 56y_3 + 11y_4}{12h^2}$$

con un error de

$$-\frac{373}{90} h^3 y_0^4 - \frac{2151}{1080} h^4 y_0''' + \dots$$

y en el extremo final del contorno

$$\left( \frac{d^2 y}{dx^2} \right)_0 = \frac{11y_{n-4} - 56y_{n-3} + 114y_{n-2} - 104y_{n-1} + 35y_n}{12h^2}$$

y el error

$$+\frac{373}{90} h^3 y_n^4 - \frac{2151}{1080} h^4 y_n''' + \dots$$

La derivada tercera

$$\left( \frac{d^3 y}{dx^3} \right)_0 = \frac{-51y_0 + 213y_1 - 354y_2 + 294y_3 - 123y_4 + 21y_5}{12h^3}$$

con un error de

$$-\frac{15}{8} h^3 y_0''' + \frac{3101}{840} h^4 y_0'''' + \dots$$

y en el extremo final del contorno

$$\left( \frac{d^3 y}{dx^3} \right)_0 = \frac{-21y_{n-5} + 123y_{n-4} - 294y_{n-3} + 354y_{n-2} - 213y_{n-1} + 51y_n}{12h^3}$$

con un error de

$$-\frac{15}{8} h^3 y_n''' + \frac{3101}{840} h^4 y_n'''' + \dots$$

De este modo la ecuación de cuarto grado con las condiciones en los límites extremos del espacio de integración, dadas por la derivada segunda y tercera  $C_{12}, C_{13}$  para el arranque y  $C_{n-1,3}, C_{n-1,2}$  en el final resultará el sistema

$$\begin{aligned}
 35 y_0 - 104 y_1 + 114 y_2 - 56 y_3 + 11 y_4 &= C_{1, n+1} 12 h^2 \\
 - 51 y_0 + 213 y_1 - 354 y_2 + 294 y_3 - 123 y_4 + 21 y_5 &= C_{2, n+1} 12 h^3 \\
 \left[ a y_{x-2} + b y_{x-1} + c y_x + d y_{x+1} - e y_{x+2} \right]_{n=2}^{x=n-2} &= \left[ C_{x, n+1} h^4 \right]_{x=2}^{x=n-2} \\
 - 21 y_{n-5} + 123 y_{n-4} - 294 y_{n-3} + 354 y_{n-2} - 213 y_{n-1} + 51 y_n &= C_{n-1, n+1} 12 h^3 \\
 11 y_{n-4} - 56 y_{n-3} + 114 y_{n-2} - 104 y_{n-1} + 35 y_n &= C_{n, n+1} 12 h^2
 \end{aligned}$$

siendo  $a, b, c, d$  y  $e$  los coeficientes resultantes al plantear la ecuación general en diferencias finitas y  $C$  las condiciones del término independiente de la ecuación en cada punto. La resolución de esta ecuación para  $h$  suficientemente pequeño nos dará con bastante precisión los valores  $y_0, y_1, \dots, y_n$ , es decir la forma de la función integrada. Como ya hemos dicho, aún se puede precisar más concentrando los espacios en ambos extremos.

Como ya hemos dicho, en cada caso haremos un estudio de definición de errores, para operar con la máxima exactitud, siguiendo las indicaciones dadas hasta aquí.

Sin embargo, al dar las condiciones en los bordes en determinados casos, que más adelante veremos, es posible también ver la influencia que estas condiciones de borde producen en los puntos del espacio próximo a estos bordes, pudiendo venir definidas dichas condiciones por derivadas simétricas de puntos del espacio próximo al borde y que reflejan perfectamente todas sus condiciones. Por tanto, en el estudio de los casos es siempre conveniente ver la posibilidad de que todas las condiciones queden definidas por derivadas simétricas, es decir, que la ecuación podemos definirla como simétrica. Más adelan-

te veremos en un caso práctico la diferencia tan enorme en la precisión de resultados.

La matriz de coeficientes en todas las ecuaciones simétricas queda también con elementos simétricos en número con relación a la diagonal principal incluso condensando intervalos, o sea de la forma esquemática siguiente:

$$\begin{array}{ccccccccc}
 x & x & x & x & x & & & & x \\
 x & x & x & x & x & x & & & x \\
 x & x & x & x & x & x & x & & x \\
 x & x & x & x & x & x & x & x & x \\
 x & x & x & x & x & x & x & x & x \\
 x & x & x & x & x & x & x & x & x \\
 x & x & x & x & x & x & x & x & x \\
 x & x & x & x & x & x & x & x & x
 \end{array}$$

El programa del que se ha hecho mención es para la solución de este tipo de ecuaciones.

De este programa se dará su flujo y el código Fortran en el capítulo correspondiente. Para ecuaciones asimétricas se presentará un programa análogo pero con alguna variante.

# TRANSPORTE MARÍTIMO DE PLATANOS(\*)

Por Justino de Paz Balmaseda y José Esteban Pérez  
García

Alumnos de 4.<sup>o</sup> curso de la E. T. Superior de Ing. Navales

## INTRODUCCIÓN.

La importancia del transporte marítimo de frutas es creciente; en la actualidad y pese al relativamente alto porcentaje de buques refrigerados destinados a transportes no fruteros, todavía el setenta por ciento del total de mercancías refrigeradas que circulan por mar, son frutas y de esta cifra el 75 por 100 son plátanos, seguidos en orden de importancia por ácidos, manzanas, peras y uvas. Alrededor de tres millones de toneladas anuales de plátanos se exportan por vía marítima principalmente desde Ecuador, Honduras, Islas Canarias y Colombia con destino sobre todo a Estados Unidos, Reino Unido y Alemania del Oeste. La tabla adjunta correspondiente al año 1956 (A. CHRISTIANSEN) indica gráficamente los valores de las exportaciones e importaciones en dicho año.

De las frutas antes mencionadas es el plátano la que mayores dificultades presenta para su transporte por diversas causas, entre las que se cuentan:

- a) Temperatura crítica elevada.
- b) Intensidad de respiración alta.
- c) Posibilidad de que en condiciones de transporte poco adecuadas, el paso de la fase preclimáctica a la climática sea excesivamente brusco.
- d) Necesidad de mantenerlos durante todo el transporte en la primera fase citada.
- e) Enorme sensibilidad a la presencia de etileno.

Por otra parte, las condiciones de transporte de esta fruta son muy variadas y no siempre óptimas, ya que al ser su producción típicamente estacional los buques exclusivamente destinados al transporte de plátanos son bastante escasos; se tiende a acondicionar parte de las bodegas de otros buques para transportarlos, por lo que resulta raro que lleven cargamentos más o menos grandes buques tan dispares como cargueros normales (Hadar, El Jigüe, Henri Delmas) buques mixtos para carga sólida, líquida y refrigerada ("Ciudad de Bucaramanga"), cargueros rápidos, o buques tan polifacéticos como el "Fort Josephine", previsto para transportar carne congelada, carga general, plátanos, automóviles y pasaje. Incluso se llega a transportar plátanos sobre cubierta aunque esta práctica no sea usual, pues las condiciones ambientales deben ser muy parecidas a las teóricamente necesarias para la conservación de esta fruta.

En este trabajo consideraremos que los plátanos están almacenados en bodegas idóneamente equipadas, haciendo abstracción, mientras no se indique lo contrario, del tipo de buque al que pertenezcan.

En cuanto a los buques típicamente plataneros bas-

tará con señalar algunas de sus características, como son: velocidad media alta (normalmente superior a 17 nudos); potencia consumida por aparatos auxiliares grande; propulsión por motores Diesel; densidad de carga baja (entre 180 y 300 kg/m. c.). Se aconseja colocar la cámara de máquinas a popa. El número de bodegas suele ser cuatro o cinco y se deben construir de forma que se obtengan volúmenes de compartimentos equilibrados para facilitar la carga y descarga, que por motivos que después estudiaremos, deben efectuarse en un plazo muy reducido (uno o dos días). En cuanto al volumen útil de bodegas, existe una marcada tendencia a aumentarlo: en Estados Unidos el volumen medio antes de 1940 era de 5.000 m. c. y en un plazo de ocho aumentó a 7.750; en Francia pasó de 4.500 a 5.390; en el Reino Unido de 5.250 a 5.770; en Dinamarca de 4.500 a 6.490; solamente en Noruega el volumen medio disminuyó de 5.000 a 4.430 (R. DEULLIN).

Los diferentes aspectos del transporte se examinarán por separado divididos en tres grupos:

- a) Problemas derivados de la actividad biológica de la fruta.
- b) Problemas técnicos de acondicionamiento (bodegas, ventilación, equipo frigorífico, etc.)
- c) Ecuaciones teóricas y reales de enfriamiento.

(Las citas a lo largo del trabajo se refieren a la bibliografía numerada que figura al final.)

		AÑO 1956	
EXPORTACION	IMPORTACION	Otros 300.	Otros 134.
		Africa 327.	Otros países europeos 206.
		K	DB CA
		Guatemala 146.	Escandinavia 80.
		J	España 88.
		H	C
		Brasil 185.	Canadá 137.
		G	Argentina 155.
		F	G
		Panamá 244.	Francia 262.
		E	L
		Colombia 252.	Alemania Oeste 292.
		D	LJ
		Canarias 264.	DB CA
		C	Reino Unido 315.
		Honduras 363.	HK
		B	LGC
		Ecuador 640	EE. UU. 1.416.
			45,7 %.
			L
			J
			F
			E
			D
			B
			A

Todas las cifras en miles de toneladas.

(\*) Premio Ticos 1966.

### 1. ACTIVIDAD ORGÁNICA DE LA FRUTA.

De los varios problemas que afectan al tráfico frutero marítimo tal vez sean los más interesantes los que plantea la propia actividad de la carga que fundamentalmente son dos: producción de calor de metabolismo y generación de gases. Entre los dos tiene mucha mayor importancia el segundo, todavía parcialmente en proceso de investigación; por ello ambos problemas serán tratados separadamente.

#### 1.1. Calor de metabolismo.

Se llama también "calor de respiración" y tiene su origen en reacciones de oxidación de ciertas materias orgánicas componentes de la fruta. Para casi todas ellas, y especialmente para los plátanos, los resultados experimentales se ajustan con notable precisión a una relación lineal entre el calor producido y la temperatura de la fruta dentro de ciertos límites para esta última. DEULLIN (R-6) fija el intervalo de validez entre 15 y 30 grados centígrados y estos mismos límites los utiliza A. GAC (R-10) en sus ecuaciones de enfriamiento; se considera incluso aceptable la relación lineal para la temperatura de transporte que realmente es inferior a 15 grados (oscila entre 13,3 y 14,4 grados para las variedades Cavendish y suele ser de 11,7 grados para las Gros Michel). La producción de calor de un cargamento puede, pues, determinarse con bastante exactitud multiplicando la carga en toneladas por el tiempo en horas y por el valor de la ordenada del gráfico núm. 1 correspondiente a la temperatura de que se trate. Además de la recta teórica están señalados en el mismo gráfico

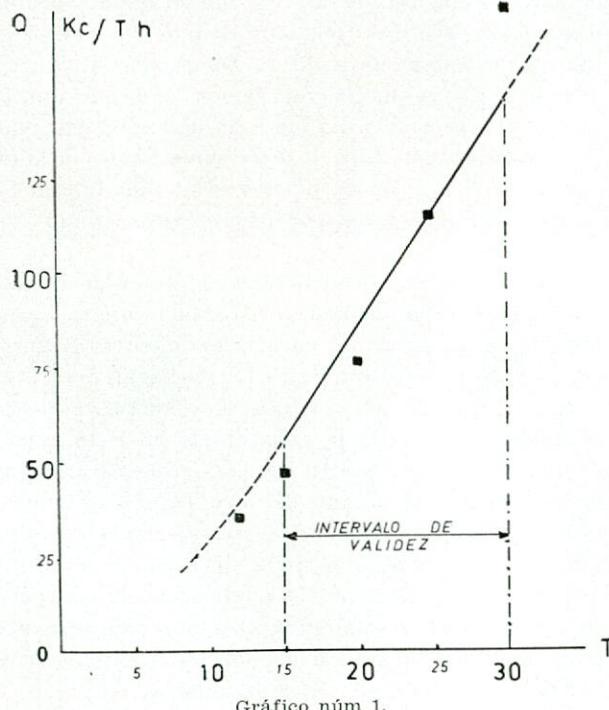


Gráfico núm. 1.  
Calor de respiración en función de la temperatura. — Recta teórica y valores experimentales.

algunos valores experimentales citados por DEULLIN y que concuerdan aceptablemente con los señalados en las tablas de WARDLAW BARNELL y LEONARD (R-16).

La relación lineal mencionada suele utilizarse en la forma

$$q = A \theta + \beta \frac{kcal}{T \cdot h}$$

donde las constantes A y B tienen los valores 6 kcal/h-T-C y — 35 kcal/h-T.

#### 1.2. Producción de gases.

Aunque en pequeña cantidad, existe una gran variedad de compuestos volátiles generados por fruta, de los que el más importante, cuantitativamente al menos, es el anhídrido carbónico procedente de la respiración seguido por compuestos oxigenados, terpénicos, ésteres (acetatos normalmente), etileno y otros. Todos ellos contribuyen a enrarecer el aire de la bodega, pero sólo algunos y en especial el etileno, afectan a la fruta de forma directa.

El desprendimiento de etileno es un fenómeno conocido desde hace tiempo aunque en principio se le prestó escasa atención. Las dificultades surgieron con el transporte de grandes cantidades de fruta durante tiempos relativamente prolongados. El efecto del etileno sobre los plátanos cargados en su fase preclimatérica (actividad metabólica no muy intensa), es acelerar su proceso de maduración de forma anormalmente rápida; la velocidad de producción de anhídrido carbónico llega a cuadriplicarse y la "vida de almacenamiento" de la fruta disminuye, alcanzándose en breve tiempo, si la concentración de etileno es suficiente, la maduración completa e incluso estropeándose total o parcialmente la carga por "over-ripening". Estos efectos fueron observados inicialmente en plátanos y uvas.

Se hizo necesaria una investigación rigurosa del problema porque de forma un tanto precipitada empezaron a imputarse al etileno todos los cargamentos recibidos en mal estado. BIALE clasificó las frutas en productoras de etileno y no productoras; de sus experiencias se deduce que solamente las piñas y los cítricos no producen etileno, aunque estos últimos pueden llegar a producirlo al ser atacados por ciertos hongos (*Penicillium digitatum*, *Alternaria citri*). Terminada esta clasificación hubo que determinar en qué cantidades y bajo qué circunstancias se produce el gas, fase de la investigación que aún está en curso y bastante incompleta en lo que a muchas frutas, entre ellas los plátanos, se refieren. Para éstos suele aceptarse la cifra de 100 miligramos por tonelada y día a 12 grados (GANE), dato interesante para el transporte durante el cual está aproximadamente a esa temperatura. NIEDERL da un valor que oscila entre 100 y 200 mg/T. día, pero sus investigaciones iban encaminadas a determinar la presencia de etileno y no su cantidad, por lo que la cifra debe ser aceptada con reservas. De todas formas no parece

que la producción de etileno exceda bajo ninguna circunstancia de 200 mg/T. día, cifra baja comparada con la correspondiente a ciertas variedades de manzanas que en parecidas condiciones llegan a producir sesenta veces esa cantidad.

Los factores determinantes de la producción de etileno no están totalmente claros. Está demostrado que varía con la temperatura y aumenta con ella (J. C. FIDLER/R-4), con la composición de la atmósfera, especialmente con su contenido en anhídrido carbónico, y según las experiencias de HANSEN (1942) depende también de la velocidad con que la fruta desprende el citado anhídrido, que actúa como inhibidor del proceso. De aquí se deduce que para evitar el peligro de maduración sea inoperante controlar la concentración del anhídrido carbónico que pueda existir en la bodega, puesto que su producción y la del etileno pueden considerarse independientes.

El problema debe ser reducido a sus justos límites puesto que una alta concentración de etileno puede o no ser perjudicial según las circunstancias. Observaciones llevadas a cabo sobre manzanas demostraron que esta fruta puede llegar a conservarse mejor en una atmósfera con etileno que sin él; este experimento llevó a un reexamen de los accidentes debidos al etileno y sobre todo de los requisitos para que se produjesen efectos perniciosos. La condición fundamental para la acción del gas es que la temperatura de la fruta sea superior a un cierto valor que B. EMILSSON (R-3) fija en 3° C, aunque en general es superior (7° C para las manzanas). Así pues, en los cargamentos de fruta transportados a temperatura inferior a la mencionada, ningún posible accidente puede ser imputable al etileno, salvo en el caso de buques polítermos o cargas mixtas.

### 1.3. *Cargas mixtas.*

Cuando se cargan dos frutas diferentes en la misma bodega deben cumplirse determinados requisitos que fundamentalmente son estos dos: igualdad de la temperatura más adecuada para el transporte y que la posible generación de etileno por una no afecte a la otra. En el caso de los plátanos, la única fruta susceptible de ser almacenada con ellos sin vulnerar los requisitos expresados, es la piña y no sólo porque su temperatura de transporte es análoga a la de los plátanos sino que, además, no le afecta la producción de etileno por los plátanos (resiste sin alteración concentraciones de 1.000 ppm. según demostró HARVEY en 1928) y ella misma no lo genera. No hay que olvidar que los plátanos son extremadamente sensibles ante la presencia del gas; una concentración de 0,5 partes por millón es suficiente para iniciar el maduramiento.

En el caso de buques polítermos, que es el más normal, diversos compartimentos refrigerados pueden ir cargados con frutas diferentes, cada una a su temperatura de conservación. El problema que se

presenta en estos casos es que generalmente los mamparos divisorios no son ni mucho menos estancos al gas; como consecuencia el etileno puede pasar de unos a otros y, a veces, se estropean por este motivo cargamentos enteros. Los dos accidentes citados por B. EMILSSON a este respecto, se debieron a la proximidad de cargas en compartimentos adyacentes de manzanas y plátanos; en ambos casos la fruta perjudicada fue el plátano como más sensible a la influencia del gas.

### 1.4. *Anhídrido carbónico y otros volátiles.*

Pese a ser el que se produce en más cantidad, no existe evidencia de que el anhídrido carbónico perjudique a los plátanos en concentraciones normales. LOESECKE (1950) fijó el límite máximo de tolerancia en el 30 por 100, límite enormemente alto para que pueda crear problemas en las condiciones habituales de transporte.

El resto de los compuestos gaseosos que se producen, pese a su gran variedad, lo son en cantidades que se miden en microgramos por tonelada y día y su efecto, si le hay, es despreciable aunque SMOCK (1955) presentó datos demostrando que pueden producir maduración prematura en algunas variedades de manzanas.

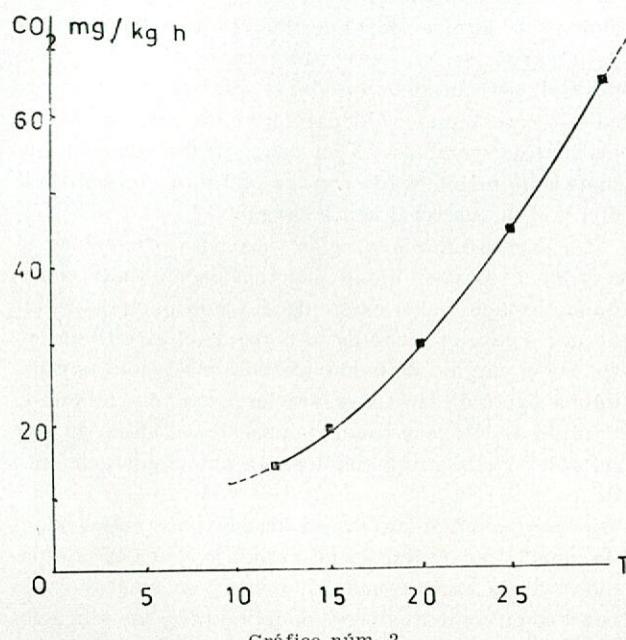
### 1.5. *Eliminación de volátiles. Desodorización.*

En el transporte marítimo la única solución viable para eliminar los gases es la admisión de aire fresco en los sistemas de ventilación de circuito cerrado. El problema radica en qué ventilación puede considerarse suficiente. La falta de información sobre la producción de etileno por los plátanos así como sus límites de tolerancia a diferentes temperaturas, es absoluta, por lo que la ventilación la decide únicamente la experiencia. La mayoría de los buques plataneros hacen del orden de dos renovaciones por hora aunque se han obtenido buenos resultados limitando las renovaciones a 0,6 por hora. (Datos citado por EMILSSON).

Existen, además, consideraciones de orden económico, ya que la admisión de aire fresco representa una notable carga adicional para la maquinaria frigorífica; en plataneros normales puede llegar a ser del orden del 10 por 100 del total (NEUENSCHWANDER), resultado acorde con la cifra citada en R-16 y con otros valores dados por R. DEULLIN y que serán detallados al tratar del balance térmico. De aquí se deduce la importancia de calcular las renovaciones en el límite más bajo posible sin que sirva para ello de indicador la concentración de anhídrido carbónico, pues con una sola renovación al día bastaría teóricamente para mantener en la bodega una concentración menor del 2 por 100, que ya es inofensiva.

Otra cuestión debatida es si debe usarse aire fresco durante el enfriamiento inicial después de cargar;

no suele usarse en la mayoría de los buques para poder disponer de toda la potencia frigorífica y alcanzar la temperatura de conservación en el tiempo más corto posible. Sin embargo, tiene importancia el hecho de que normalmente los plátanos se cargan desde el muelle sin preenfriamiento, por lo que durante cierto tiempo han estado a la temperatura ambiente; este tiempo puede haber sido suficiente para el comienzo de la acción del etileno en cuyo caso la renovación de aire sería muy aconsejable aunque se tardase algo más en alcanzar la temperatura de transporte.



Producción de anhídrido carbónico en función de la temperatura.—Curva experimental.

En lo referente a la eliminación de etileno residual después de descargar, basta con buena ventilación, ya que el gas no impregna las paredes de la bodega; con una concentración residual del 1 por 100, en diez horas se la puede reducir a límites inofensivos. La desodorización completa resulta más difícil porque se debe o a gases normalmente no perjudiciales que quedan en parte en la atmósfera y en parte impregnando las paredes (hidrocarburos terpénicos y alcoholes) o a microorganismos. De los métodos habituales de desodorización, el más usado es la ozonización aunque existen otros menos difundidos como son filtros de absorción de carbón activo, lavadores, torres de absorción y rayos ultravioletas. Los ozonizadores no suelen funcionar de forma continua durante el viaje; existen fórmulas empíricas (R-2) que dan el tiempo de funcionamiento  $N$  veces al día según el volumen de la bodega, el de la fruta y la potencia de ozonizador.

Hay que advertir que el ozono es inoperante en la eliminación de determinados compuestos, como etanol, butanol y ésteres (GOTAUF, HANSEN 1965), además de ser perjudicial para los plátanos incluso en concentraciones bajas (1,5 ppm); sin embargo el ozono

no presenta la ventaja de que reacciona con el etileno dando como resultado gases inofensivos para la fruta.

## 2. VENTILACIÓN, EQUIPOS DE BODEGAS, AISLAMIENTO Y EFECTOS DEL TRANSPORTE SOBRE LOS FRUTOS.

El sistema de refrigeración generalmente utilizado en buques plataneros, se lleva a cabo mediante un circuito cerrado de aire con posibilidad de admitirlo del exterior. El aire se enfriá en el refrigerador, pasa luego a través de la carga y vuelve a él impulsado por ventiladores movidos eléctricamente y a cuyos motores este mismo aire sirve de refrigerante en muchos casos. Esta circulación puede hacerse, según veremos, de varias formas que dependen de las características de la bodega.

Los tres problemas principales que se presentan al proyectar un sistema de ventilación son: eficiencia de la distribución, espacio requerido por las conducciones que disminuyen el volumen útil de la bodega y potencia consumida; real la potencia está ligada con la eficiencia puesto que al aumentar ésta aumenta también la potencia requerida por los ventiladores por ser mayor la pérdida de carga.

La velocidad de ventilación suele expresarse en "renovaciones por hora", término poco adecuado (R-18) puesto que no hay en realidad tales renovaciones al ser el sistema de circuito cerrado; sólo puede hablarse con propiedad de renovación en el caso de admisión de aire fresco. Estas velocidades varían dentro de una gama muy amplia dependiendo de varios factores; el valor máximo suele alcanzarse en buques fruteros y es del orden de 75 a 80 rn/h. En buques plataneros antiguos era de 30 a 50 rn/h.

Los ventiladores utilizados suelen ser del tipo helicoidal cuyo montaje es fácil y rápido; también se emplean los centrífugos. La circulación de aire se puede realizar a alta presión —65 mm. de columna de agua— o a baja —35 a 40.

Hay que tener siempre en cuenta que la ventilación debe asegurar en todo momento la evacuación de los gases nocivos producidos por el plátano. Para cumplir bien la totalidad de sus fines el sistema de ventilación debe proporcionar una cantidad de aire suficiente, una circulación uniforme a través de la carga, ausencia de cortocircuitos de aire exteriores a ella y una razonable potencia absorbida por los ventiladores según se ha expresado antes.

### 2.1. Circuitos de ventilación.

Para establecer los circuitos que debe recorrer el aire hay que tener en cuenta los costes, la velocidad de circulación, el acondicionamiento de los frutos (empaquetados en polietileno, papel, paja o simplemente desnudos), densidad de cargamento, estiba, etcétera.

Debemos plantearnos primeramente el problema de la pérdida de carga de la corriente de aire al atra-

vesar el cargamento que, aunque no se conoce con precisión, se sabe es de pequeña magnitud (algunos mm. de columna de agua). La importancia concedida a esta pérdida junto con otras consideraciones que ahora examinaremos, nos llevará a la elección del más adecuado sistema de ventilación.

También hay que considerar la pérdida de carga producida en el frigorífico, pérdida que aumenta con la velocidad de circulación del aire que a su vez depende del coeficiente de eficiencia. Una batería de instalación frigorífica montada en serie en un sistema de ventilación horizontal, tiene una pérdida de carga cuádruple que una batería montada en paralelo en sistema de ventilación vertical.

En cuanto a las presiones de distribución ya hemos dicho que son de baja o de alta. La primera parte de la idea de que es preferible utilizar un circuito de poca resistencia para reducir de esta manera la potencia de los ventiladores; el circuito se simplifica y se suprime, además, a menudo el conducto de aspiración. Si la distribución se hace a alta presión suele estimarse que la pérdida de carga originada por el cargamento es demasiado pequeña para ejercer una influencia notable sobre el aire que lo atraviesa, pero al mismo tiempo la heterogeneidad de la carga da lugar a irregularidades en la circulación del aire que elegirá los caminos favorables con la consiguiente falta de uniformidad en la refrigeración y un no muy eficaz barrido de los gases nocivos.

Para obtener una buena ventilación es preciso conseguir en el conducto de reflujo una presión suficiente para lograr una distribución del aire que sea independiente del modo de acondicionamiento y de la heterogeneidad del cargamento. La superficie total de los orificios de distribución del aire, debe limitarse para mantener en el conducto de reflujo una presión de 7 a 8 mm. de ca. y además con objeto de tener el mayor número posible de orificios de salida repartidos por la superficie de distribución, conviene hacerlos de pequeñas dimensiones. La velocidad de penetración del aire en el compartimiento suele variar entre 10 y 15 m/s.

## 2.2. Ventilación horizontal.

El sistema de ventilación horizontal, también llamado lateral, es el más antiguo y tiene a su favor la sencillez y facilidad de instalación junto con la mejor vigilancia de la fruta colocada en los extremos del compartimiento y, en consecuencia, controlar mejor el "rizado" del plátano que aparece cuando la temperatura es inferior a 12 grados.

El funcionamiento de este sistema es así: el aire que acaba de abandonar el frigorífico se dirige a un conducto de distribución situado a lo largo del forro que lleva varias filas de orificios (bocas de aire) de abertura regulable; otro conducto con ramales simétricos sobre la aspiración del ventilador, permite recoger el aire que ha entrado en el compartimiento (gráfico núm. 5). Naturalmente los racimos se enfria-

rán según su proximidad al conducto de distribución, y cómo el aire se calienta conforme atraviesa los racimos, los que estén más cercanos a la aspiración estarán a mayor temperatura que los próximos a la zona de distribución. También los racimos estibados en el centro del compartimiento tendrán una temperatura superior a los últimos citados.

El principal defecto de este tipo de circulación del aire es que la distribución suele ser poco eficaz; admitiendo como valor simbólico de la eficiencia de la distribución el cociente  $\epsilon$  entre el aire que realmente hace contacto con la fruta y el total que circula (R-18), resulta que el valor de  $\epsilon$  no es nunca superior a 0,6, aunque depende mucho de la compacidad de la carga. Se han observado valores de  $\epsilon$  del orden de 0,26, pero no debe olvidarse que esta cifra se obtuvo en un buque sólo parcialmente cargado y con los plátanos embalados en paja; probablemente hubiera sido más elevado con los plátanos sin embalaje o con el buque totalmente cargado.

La causa fundamental de esta baja eficiencia radica en la imposibilidad práctica de eliminar el pequeño espacio vacío existente entre la parte superior de la carga y el techo de la bodega; el aire toma entonces el camino de menor resistencia y sólo una pequeña parte de él atravesará la carga. Así mismo el barrido de los gases nocivos necesita el envío de aire bajo la carga produciéndose también cortocircuito de aire.

El problema se agrava si los plátanos están acondicionados en racimos sin embalaje, pues la compacidad de la carga puede aumentar en ciertos casos con los movimientos propios del buque y las vibraciones y aunque este aumento es pequeño, hará disminuir progresivamente la eficiencia de la distribución al aumentar la carga para el aire que atraviesa el cargamento e incluso la eficiencia puede hacerse prácticamente nula si se llega a una compacidad tal que sólo permite el paso del aire por los espacios vacíos. Los diversos métodos ensayados para evitarlo, basados en la obstrucción adecuada de los espacios vacíos, no han resultado prácticos.

Del sistema representado en la figura núm. 1 (gráfico núm. 3), existe una variante en la que sólo se instala el ventilador inferior; la potencia y el espacio requeridos disminuyen pese a la probabilidad de que la eficiencia empeore.

## 2.3. Ventilación vertical.

Este sistema está reemplazando hoy día al horizontal; con él se obtienen temperaturas más uniformes en los plátanos y se suprime los cortocircuitos exteriores. El sentido de circulación puede ser ascendente o descendente, como se indica en el gráfico número 3.

Las características favorables de este sistema son las siguientes: enfriamiento más rápido y uniforme; mejor eliminación de los gases nocivos; el efecto de contaminación de los racimos maduros es mucho me-

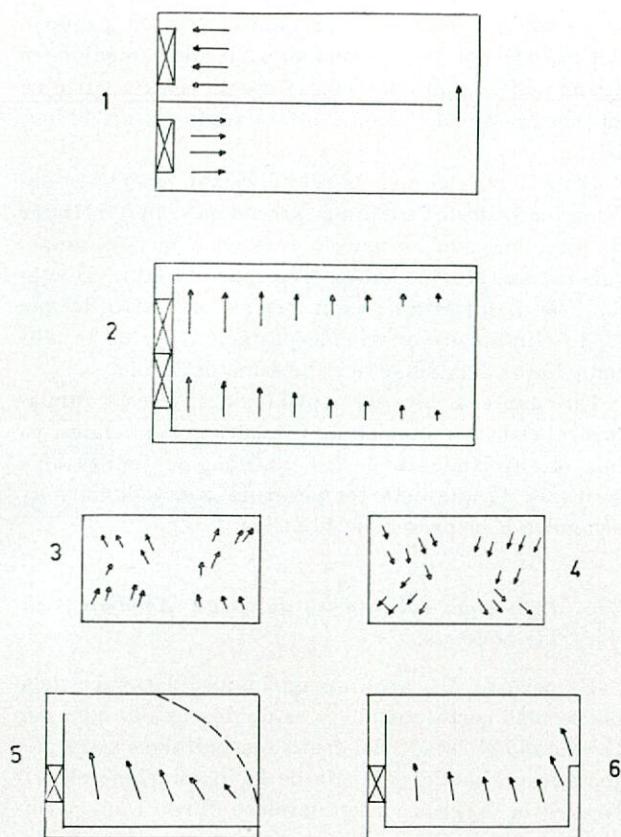


Gráfico núm. 3.

Esquemas de algunos sistemas de ventilación.

nor que en el sistema horizontal; el rendimiento de los ventiladores es más elevado; la eficacia de la ventilación es independiente de la altura del compartimento y del asiento; existe una ganancia de volumen útil de bodegas al ocupar menor espacio el equipo de ventilación y por último, y como contrapartida resulta más caro y complicado que el horizontal. No obstante se utiliza con más profusión por los resultados prácticos obtenidos. Baste citar como ejemplo (R-16) que en un buque con ventilación horizontal se obtuvo un valor de  $\varepsilon$  de 0,51, y en otro similar un valor de 0,71 con densidades de carga prácticamente iguales y a pesar de estar los plátanos del segundo buque embalados en polietileno.

Con este sistema el aire atraviesa toda la carga siempre que no haya espacios verticales y cuidando la estiba para que los espacios entre ésta y las paredes de la bodega sean lo más pequeños posible. Con estas precauciones se puede obtener un valor de la eficiencia no inferior a 0,55 y superior a 0,65 en la mayoría de los casos.

Con el procedimiento señalado en la figura 5 (gráfico núm. 3) el espacio requerido no es muy grande y la eficiencia muy aceptable; no obstante debe señalarse que si los conductos de entrada de aire se disponen como en la figura, una parte de la carga no recibe ventilación suficiente, pudiendo originarse dificultades al no ser eliminado el etileno y aumentar la producción de calor de metabolismo, lo que trae

consigo una pérdida de rendimiento de la instalación. El problema se resuelve prolongando el conducto hasta aproximadamente la mitad de la altura del mamparo divisorio.

#### 2.4. Conductos de distribución.

Para hacer que los valores de  $\varepsilon$  sean lo mayor posible, debe estudiarse la forma de estos conductos para que el aire salga aproximadamente a la misma velocidad por todas las perforaciones consiguiéndose así una circulación uniforme y evitándose las zonas de ventilación deficiente. En el gráfico núm. 4 están dibujados en esquema cuatro tipos de conductos de distintas características.

El primero es de perforaciones grandes y uniformes; se consiguen velocidades de salida del aire creciente en el sentido de la circulación y presiones totales decrecientes; pueden originarse, sobre todo al principio del conducto, zonas de ventilación escasa y al final de él zonas de sobreenfriamiento.

En el segundo tipo (de orificios estrechos) las velocidades son más uniformes y el decrecimiento de la presión total menos acusado.

Con el tercero se consigue velocidad de salida uni-

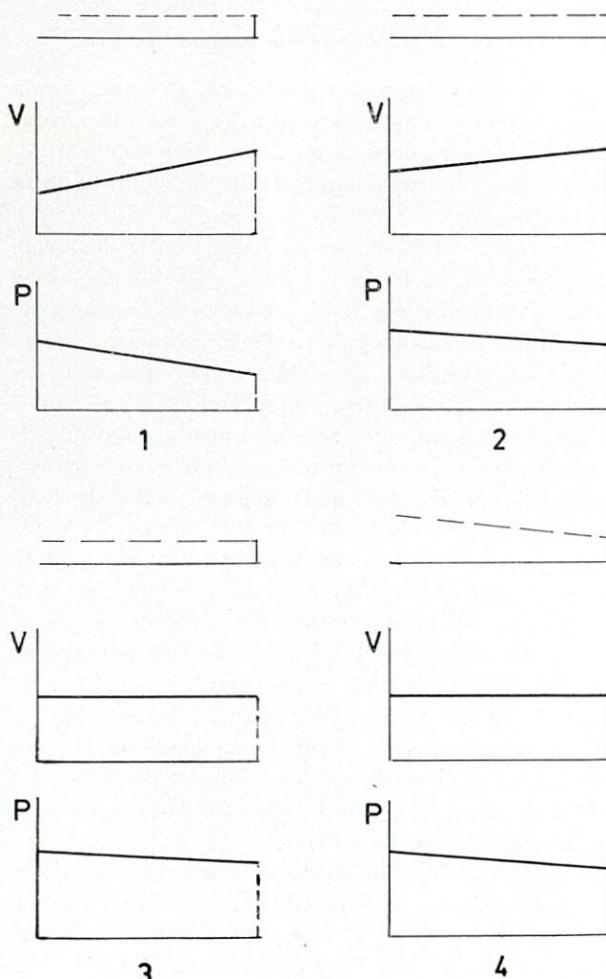


Gráfico núm. 4.  
Tipos usuales de conductos de distribución.

forme y presiones muy ligeramente decrecientes; los orificios están calculados de acuerdo con la presión estática de cada punto. Presenta el inconveniente de que la velocidad uniforme de salida se obtiene sólo para una determinada velocidad del ventilador; este inconveniente se elimina con el cuarto método, bastante usual en los buques plataneros en el que el conducto se calcula para mantener constante la presión estática con lo que la velocidad de salida del aire es uniforme para cualquier velocidad del ventilador.

Hemos observado grandes diferencias en la concepción de los métodos de ventilación en buques plataneros; esto se debe a que el estudio experimental es reciente y muy difícil por su elevado coste. Todo esto explica la gran cantidad de posibilidades de opción que se nos presentan. A título de ejemplo citamos tres distintos procedimientos de ventilación en buques en servicio:

El empleado por la Sociedad STAL, a baja presión y circulación vertical ascendente en serie.

El empleado por la Compañía General Trasatlántica con distribución a alta presión vertical descendente en paralelo.

El empleado por la Compañía Fraissinet-Cyprien Fabre, de alta presión y circulación vertical ascendente en serie.

## 2.5. Efectos de la ventilación sobre el futuro.

Conviene distinguir los efectos del aire que circula de forma permanente entre la carga y el refrigerador (aire de refrigeración) de los del aire fresco eventualmente admitido para eliminación de volátiles (aire de ventilación).

Los efectos del primero se dejan sentir de forma notable sobre la fruta, ya que es el que la enfriá desde la temperatura ambiente hasta la de transporte, manteniéndola luego en ésta. El primero, y quizás el más importante de los efectos producidos, es la desecación del fruto debida a la diferencia de presiones de vapor de agua entre éste y el aire. La pérdida de agua alcanza valores variables según el tipo de plátanos y las condiciones de transporte. DEULLIN (R-6) en experimentos realizados sobre el buque "Tarpón", llevando a bordo 236,5 toneladas de plátanos a 12° C, y calculando la pérdida de peso mediante el agua condensada en el frigorífico, descontando la proveniente del aire, obtuvo un valor de 1,95 por 100 en un viaje de trece días y medio. Esta pérdida de agua depende mucho del tipo de embalaje. Otros datos experimentales señalan pérdidas de hasta el 4,2 por 100 para plátanos sin embalar, de 3,4 por 100 para embalaje de papel y valores menores para otros tipos en un viaje de diecisésis días.

La pérdida de peso afecta al diámetro y a la longitud del plátano, aunque DEULLIN no observó variación en esta última. El resto de las características varía de forma muy ligera. La dureza (medida con penetrómetro Bellevue) no se altera en más de un 1 por 100; la plenitud (relación entre el peso y la

longitud del plátano) resulta afectada en pequeño porcentaje por la desecación y el color (medido en cifras por comparación con la escala IFAC) varió en el cargamento del buque antes citado en un 14 por 100.

Otro efecto del aire de refrigeración es el sobre-enfriamiento de los plátanos próximos a las entradas de aire, que son los que lo reciben a menor temperatura; sus efectos son nocivos para la fruta afectada y se manifiestan por un retraso excesivo del período climatérico y una decoloración de los tejidos inmediatos a la superficie interior de la piel.

En cuanto al aire de ventilación su efecto fundamental es la eliminación de volátiles perjudiciales, ya que el enfriamiento de los plátanos se realiza sólo hasta 12° C, y a esta temperatura son todavía muy sensibles a la presencia de etileno.

## 2.6. Influencia del proceso de carga. Atmósfera de las bodegas.

El período de carga en un buque platanero debe ser lo más corto posible, y es de desear que una vez terminado el estado del fruto sea uniforme para mejor aprovechar la potencia de la instalación frigorífica. Si la carga se interrumpiese durante un período prolongado, los frutos embarcados durante la segunda fase, estarían más cerca de la maduración que los primeros, y para obtener el mismo tiempo de enfriamiento sería necesario aumentar la potencia de la instalación.

Por otra parte y dado que la piel del plátano es exactamente sensible, hay que evitar en la medida de lo posible los golpes y las rozaduras, pues aunque pueden no notarse la fruta aún está verde, aparecerán cuando comience la maduración, que se acelerará precisamente por su presencia, además de que pueden actuar como punto de partida para la putrefacción de los frutos.

El ambiente en las bodegas debe ser el más adecuado para la estabilidad de la fruta durante el transporte.

Se puede actuar sobre tres variables que condicionen el grado de adecuación del ambiente: La proporción de oxígeno, la de anhídrido carbónico, y la de vapor de agua, y se debe eliminar totalmente el etileno.

Según WORDLAW, la atmósfera más favorable debería tener en porcentajes: 3 a 5 por 100 de anhídrido carbónico, 7 a 12 por 100 de oxígeno y ausencia de etileno.

El problema más complicado que se presenta es la eliminación de éste conservando una parte del anhídrido carbónico producido por la carga. Como no se ha encontrado una solución aceptable para realizarlo, se recurre a evacuar ambos gases con un barrido eficaz del aire de ventilación, aun cuando sabemos que el CO<sub>2</sub> actúa como inhibidor en la reacción de producción de etileno.

La instalación de renovación de aire puede ser es-

tática o dinámica. La primera tiene una entrada de aire fresco colocada en el punto del circuito de ventilación en el que la depresión es más acusada, y una evacuación de aire viciado allí donde la presión es más elevada. La instalación del segundo tipo consiste en conducir el aire fresco al circuito de ventiladores auxiliares. Esta instalación está justificada cuando la construcción del buque no permite una red sencilla de conductos; naturalmente en este caso hay un consumo suplementario de fuerza motriz.

#### 2.7. *Humedad relativa en las bodegas.*

El efecto de la humedad en los plátanos es extraordinariamente complejo, pues una humedad elevada disminuye las pérdidas por disipación, conserva el frescor de la fruta y con una eficaz refrigeración no favorece el desarrollo de la putrefacción; sin embargo puede disminuir la estabilidad del plátano en travesías largas. De esto se desprende que un grado de humedad relativa elevada está indicado para viajes de duración media (hasta quince días).

Al analizar la influencia de este factor debemos tener en cuenta que la renovación de aire constituye un aporte de humedad, ya que el aire introducido contiene unos 20 gramos de agua por metro cúbico mientras que el aire de las bodegas a 12°C y 90 por 100 de humedad relativa no tiene más que 10 gr/m<sup>3</sup>. Se debe pues estudiar el sistema de renovación de aire para evitar que una parte del agua introducida se condense. La mejor solución a adoptar consiste en introducir aire fresco entre la frigorífica y el ventilador.

Para un buque de 5.000 m<sup>3</sup> la cantidad de agua introducida es del orden de 1.200 kg. por día con un tiempo de renovación por hora de aproximadamente la unidad, mientras que el valor medio de la pérdida de peso por día es de 2.000 a 3.000 kg. comprendiendo de 500 a 600 kg. de CO<sub>2</sub> y de 1.500 a 2.400 de agua.

Así vemos, que una eficaz regulación de la humedad relativa de las bodegas puede influir favorablemente sobre el porcentaje de las pérdidas por desecación.

#### 2.8. *Equipo de control. Volumen útil. Aislamiento.*

Los equipos de control necesarios no son específicos para buques plataneros; se utilizan equipos normales de control industrial. Este control concierne fundamentalmente al funcionamiento de la instalación, temperatura del aire a la salida y entrada de la frigorífica y en los compartimientos. Así la instalación debe proveerse de instrumentos usuales de control para conocer presiones, temperaturas, presión de aceite de compresores, etc.

También deben efectuarse mediciones de las temperaturas del aire que circula entre los racimos por medio de termómetros sondas.

La solución a adoptar para el conjunto de la instalación de control, reside en una elección equilibrada entre los grados de las temperaturas que hay que aumentar, la frecuencia y facilidad de las lecturas, la precisión y robustez del material y la necesidad de una rápida regulación según la importancia de las indicaciones de la temperatura.

da entre los grados de las temperaturas que hay que aumentar, la frecuencia y facilidad de las lecturas, la precisión y robustez del material y la necesidad de una rápida regulación según la importancia de las indicaciones de la temperatura.

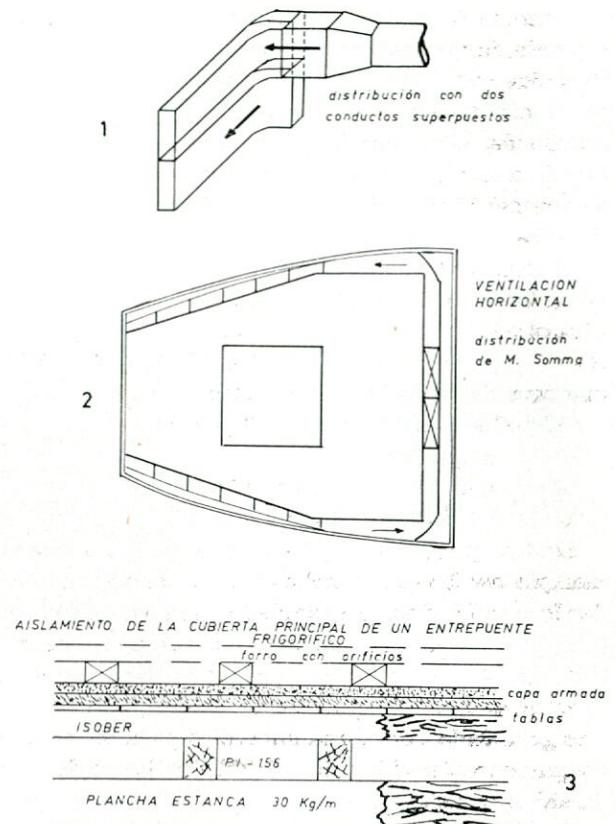


Gráfico núm. 5.

Aislamiento de la cubierta superior de un entrepuente frigorífico.

En cuanto a las bodegas, la consecución de su máximo volumen útil es fundamental en un buque platanero. Los buques de este tipo que efectúan servicios regulares obtienen coeficientes de ocupación superiores al 80 por 100.

Un buen estudio durante el proyecto del volumen disponible y la colocación de la instalación, así como de la estiba más adecuada puede redundar en una ganancia de volumen útil del orden del 5 por 100; basta observar las cifras siguientes:

El aislamiento ocupa unos 1.000 m<sup>3</sup> para un buque de 5.500 m<sup>3</sup>, es decir el 18 por 100 y el equipo de ventilación y de refrigeración de un 10 a un 15 por 100, lo que demuestra que el conjunto de aislamientos y equipo ocupa un volumen importante, y que una adecuada distribución dará lugar a ganancias de espacio útil.

El aislamiento ya hemos visto que ocupa un volumen importante, su coste es elevado y sin embargo las pérdidas debidas a mamparos sólo representan el 10 por 100 del balance frigorífico total y suelen suponerse constantes a lo largo del viaje e incluso no se consideran en determinadas ecuaciones teóri-

cas. El problema consiste en encontrar la solución más económica con una cifra de pérdidas aceptable.

Un esquema general de aislamiento puede verse en el gráfico núm. 5.

El coeficiente de transmisión media en un buque platanero varía desde 1,4 para buques antiguos hasta 0,7 kcal/m<sup>2</sup> h °C para los recientes, y depende del aislante, la ejecución y los espesores adoptados. Las pérdidas por transmisión pura pueden descomponerse en cuatro partes sensiblemente iguales y que corresponden al mamparo aislante desnudo (sin miembros), a las cuadernas, a las partes metálicas que atraviesan el aislamiento y a las dificultades de realización.

El valor aproximado que mide la superficie de aislamiento en m<sup>2</sup> no difiere mucho del número que indica el volumen útil V en m<sup>3</sup>. Para buques pequeños  $S = V$  y para buques de 5.500 a 6.000 m.  $S = 0,7 V$  con una distribución de este tipo.

Cubiertas y entrepuentes, 40 por 100.

Forro, 25 por 100.

Mamparos verticales, 20 por 100.

Techo del doble fondo, 15 por 100.

En los primeros buques plataneros se utilizaba siempre corcho (en planchas para el techo del doble fondo y cubiertas, y granulado para el forro). En la actualidad se han conservado las planchas de corcho para forros interiores del doble fondo, con un espesor de 100 mm., y se tiende a reemplazar el corcho granulado por fibras minerales para el resto de las partes aisladas (fibra de vidrio). En el caso de fibra de vidrio se debe emplear la "seda" de la misma para evitar fragmentaciones con las vibraciones y el consiguiente desmoronamiento del aislante.

El corcho granulado tenía la ventaja de ser más barato, pero se asienta con el tiempo y es muy costoso recargarlo. Además por no ser incombustible complica las reparaciones del caso. Los proveedores de aislante de fibra fabrican paneles impregnados en resinas sintéticas que pasan de 20 a 50 kg. por m<sup>3</sup> aproximadamente, y que son incombustibles y ni se pudren ni se asientan.

El buque platanero es un buque que no justifica un aislamiento hermético; un coeficiente medio de 0,7 a 1 le asegura diferencia de temperatura con el exterior de 12 a 15° C y una pérdida de 60.000 cal/hora que representa menos del 10 por 100 de las frigorías totales suministradas. Suele aceptarse (R-18) el valor 1 como coeficiente medio para plataneros.

#### 2.9. Escotillas. Subdivisión del compartimentado. Efecto de los movimientos del buque.

Cada bodega puede cargar por escotillas o por portas en los costados o bien de ambas maneras simultáneamente. La altura de los compartimientos debe ser como máximo de 2 metros. Las tapas de escotilla deben ser fuertes y ligeras para facilitar las manipulaciones. Si corresponden a bodegas de entrepuentes que tengan protección térmica deberán estar

aisladas y en su construcción es interesante hacer notar que las brazolas invertidas facilitarán la circulación de aire con cualquier sistema de ventilación.

El interior de los compartimientos estará equipado con un enjaretado destinado a sostener los racimos de la fila inferior, que descansan en general sobre el extremo grueso del tronco.

Los movimientos de balance y cabezada del buque pueden producir efectos importantes pues los plataneros son buques de poca carga, rápidos y de tonelaje moderado, y sobre todo si los racimos se transportan desnudos, estos movimientos y espacialmente el balance (más rápido y acusado) pueden dar lugar a rozamientos e incluso aplastamientos de frutos con consecuencias perjudiciales. Teniendo esto presente, la estiba debe hacerse de forma adecuada en un conjunto de subdivisiones formadas por puntales entre los que se disponen a lo largo de la parte superior piezas de madera horizontales. Las dimensiones y forma de estas subdivisiones son importantes; su volumen es del orden de 15 a 20 m<sup>3</sup> y su dimensión debe quedar paralela al eje longitudinal del buque.

### 3. LA INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DEL BUQUE PLATANERO

#### 3.1. Generalidades.

Vamos a tratar ahora de los diversos tipos de instalaciones frigoríficas, sus características, ventajas e inconvenientes de unas frente a las otras, etc. Las líneas fundamentales son:

La potencia frigorífica debe ser regulable desde la máxima hasta su 25 por 100, poder realizar marchas en potencia recargada durante un corto tiempo, tener garantía del buen funcionamiento de la instalación durante el viaje de vuelta aun con parada parcial o total de los compresores durante el viaje de ida; mantenimiento de la temperatura del aire de refrigeración en las proximidades de la temperatura límite sin variaciones importantes (buena regulación), en la que también interviene la calidad del equipo de control del que ya hemos hablado, y por último el volumen ocupado por la instalación debe ser el menor posible.

Las instalaciones para el tipo de buque que estamos tratando, puede ser de expansión directa o de salmuera; la última es más costosa y consume más energía, pero como su comportamiento es más flexible, la mayoría de los plataneros están equipados con esta instalación.

Según NEUENSCHWANDER la comparación entre ambas instalaciones es la siguiente:

Instalación	Peso	Precio	Fuerza motriz
F-12, salmuera .....	0,85	1	1
NH <sub>3</sub> expansión directa .....	1	0,75	0,75

En cuanto a los compresores que se deben instalar, razones de seguridad aconsejan un número de tres a cuatro; la marcha normal se realiza generalmente con tres y el cuarto puede servir de respeto o bien para obtener una potencia frigorífica suplementaria en el caso de que el buque se encuentre a una carga continua de racimos sin empaquetar.

Las instalaciones de reserva (compresor, evaporador y condensador), pese a poder ser consideradas como innecesarias en los buques que realizan servicios regulares cargando sólo plátanos y a la elevación de coste que producen, deben instalarse pues ofrecen todas las garantías de seguridad y un funcionamiento muy suave.

Los compresores frigoríficos suelen ser del tipo vertical, de 500 a 1.000 r. p. m. y provistos de un dispositivo que permite reducir la potencia a la mitad de la nominal, aunque hay algunos que pueden reducirla hasta un 33 por 100. Los motores eléctricos que mueven los compresores están equipados si son de corriente continua con reostatos de campo que pueden reducir la velocidad del 20 al 25 por 100.

Los condensadores y evaporadores son del tipo multitubular clásico, y si se trata de instalaciones de freón, se pueden construir los tubos de aleación no ferrosa, que aunque es más cara necesita un menor entretenimiento.

Para atenuar el efecto corrosivo por causa de las corrientes galvánicas que se producen con el agua del mar se pueden colocar en las tapas tapones de zinc. Los frigoríficos son de tubos de aletas y deben estudiarse para que tengan secciones de obstrucción lo más reducidas posible.

Cuando la ventilación se hace funcionar en los compartimentos inferiores ya sea durante la carga o después de ella, el buque dispone de una potencia frigorífica elevada con relación al tonelaje de frutos sometidos a refrigeración y las mediciones de temperatura en el interior de los embalajes muestran que puede obtenerse un enfriamiento importante durante las primeras horas; es interesante poder utilizar esta posibilidad.

El automatismo en lo que a la instalación frigorífica se refiere comprende habitualmente la alimentación de los evaporadores por válvula termostáticas que controlan la temperatura de recalentamiento en la aspiración, o bien por válvulas de flotador.

La posición de los frigoríficos respecto a los ventiladores se ha discutido mucho; si se colocasen en la aspiración del ventilador sería recorridos más regularmente por el aire y aumentaría la facilidad de tamente antes del ventilador. Esto último evita la condensación de una parte del vapor de agua contenido en el aire de renovación, pudiendo obtener después del ventilador una temperatura muy homogénea en el aire introducido. Si el frigorífico se coloca a la salida del ventilador estaría atravesado irregularmente por aire en estado turbulonario, se condensaría una parte del vapor de agua y sería imposible lograr una temperatura homogénea.

### 3.2. Circuito de refrigeración.

El ciclo del fluido en la máquina es el bien conocido de compresión adiabática, condensación, expansión y evaporación y depende de las temperaturas de condensación (la del agua del mar) y de evaporación (temperatura media que reina en las bodegas) respectivamente.

Un esquema simplificado de instalación frigorífica

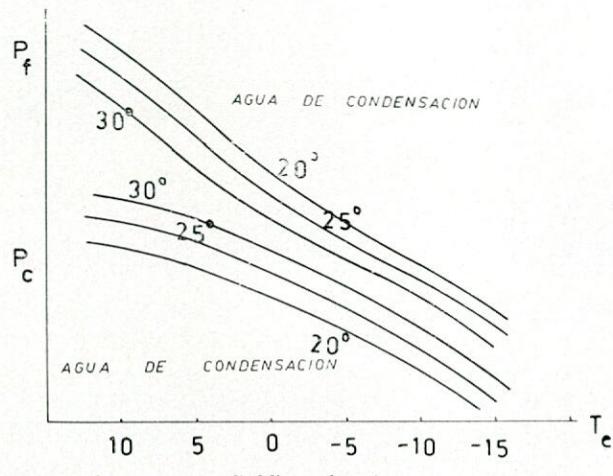
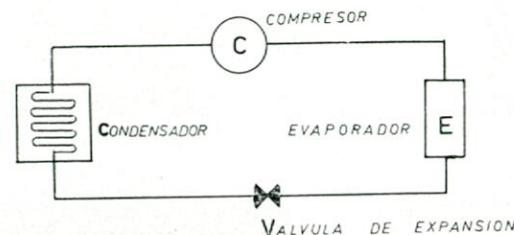


Gráfico núm. 6.

Esquema simplificado de la instalación frigorífica. Potencias en función de las temperaturas de evaporación y condensación.

ca puede verse en el gráfico núm. 6. Como puede observarse, la expansión es realizada por una válvula maniobrando sobre la cual lograremos la máxima potencia frigorífica de la instalación cuando pase a los evaporadores la masa máxima de fluido a vaporizar, evitando desde luego los retornos de líquido a la aspiración de los compresores para lo cual se da un ligero calentamiento (de 6 a 12° C).

En las condiciones normales de marcha y para un número dado de revoluciones de compresor obtenemos mediante ensayos unas curvas que nos dan las potencias frigoríficas  $P_f$  y las potencia  $P_c$  absorbidas por el compresor en función de las temperaturas de evaporación y condensación  $T_e$  y  $T_c$  (gráfico 6).

Vemos que cuanto más elevada es la temperatura de evaporación mayor es la potencia frigorífica producida, y cuanto más baja es la temperatura del agua del mar, más débil es la potencia absorbida por el compresor. Podemos definir el coeficiente de efecto frigorífico  $K_e$  como  $K_e = \text{número de frigorías produ-$

cidas dividido por trabajo del compresor en calorías. Podemos definir además  $K_e$  y  $K_T$  siendo el primero el coeficiente de efecto frigorífico de una máquina que funcione según un ciclo de CARNOT entre  $T_e$  y  $T_c$  y el segundo el correspondiente a una máquina perfecta que trabaje según el ciclo teórico correspondiente al efectivamente seguido.

El coeficiente  $K_T$  podemos determinarlo sobre el diagrama entrópico (ST) o sobre el diagrama (H, log).

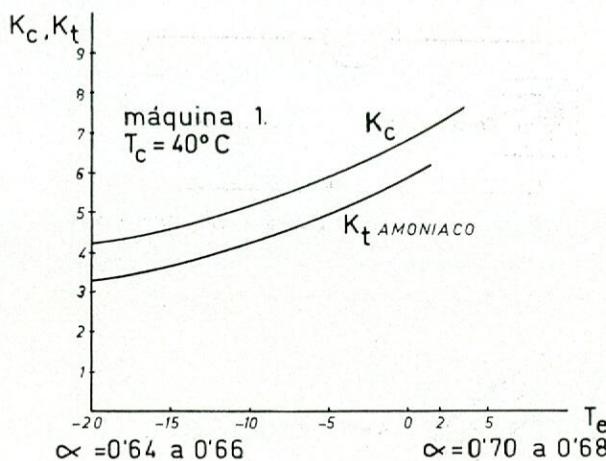


Gráfico núm. 7.

p.). Marcaremos sobre el diagrama la presión de aspiración  $P_a$  la de condensación  $P_c$ , la temperatura al final de la compresión  $T_c$  y la aspiración  $T_a$ . Gráfico 8.

Si la máquina está bien calculada los puntos ( $P_c$  y  $T_c$ ) y ( $P_a$  y  $T_a$ ) correspondiente a 1 y 2 deben estar sobre una misma isentrópica; esto posibilita para trazar el ciclo teórico correspondiente definido por la isentrópica que pasa por ( $P_a$  y  $T_a$ ) y calcular  $K_T = \Delta h_e / \Delta h_o$  siendo  $\Delta h_e$  y  $\Delta h_o$  las variaciones de entalpia del fluido en los evaporadores y en el compresor respectivamente.

En el gráfico núm. 7 aparecen unas curvas con los coeficientes  $K_e$  y  $K_T$  en dos máquinas, una de amoniaco ( $T_c = 40^\circ C$ ) y otra de freón (12) ( $T_c = 32^\circ C$ ) consideradas para un ciclo tipo seco y sin sobrecalentamiento.

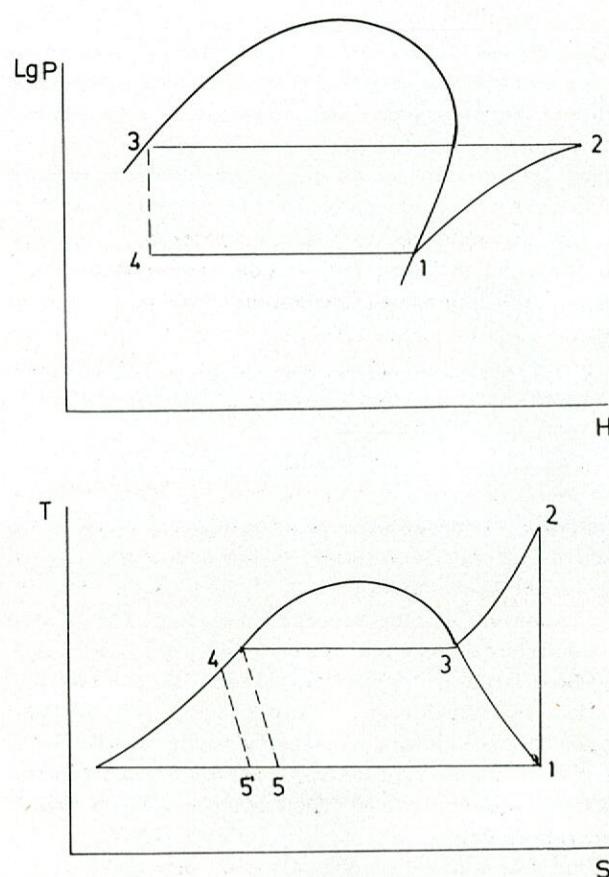


Gráfico núm. 8.  
Ganancia de efecto frigorífico al reducir la temperatura de condensación  $H_s - H_{s'}$ .

miento definido por temperaturas de evaporación decrecientes y temperaturas de condensación fijas.

La relación  $K_T/K_e$  caracteriza los principios básicos de funcionamiento de la máquina (en el rendimiento respecto al ciclo de CARNOT) y el coeficiente  $a = K_e/K_T$  el grado de perfección de la realización, llamándosele por esto "factor de realización".

Desde el punto de vista energético y observando las curvas podemos deducir que ambos fluidos (amoniaco y freón 12) son bastante equivalentes existiendo en todo caso una ligera superioridad por parte del amoniaco; encontramos también que el máximo valor de  $a$  para la zona de utilización decrece con  $T_e$  es decir, que la diferencia entre la máquina real y la teórica aumenta al descender la temperatura de evaporación. Es también interesante buscar la manera de reducir la temperatura de condensación, pues de esta manera aumentamos el efecto frigorífico; se puede realizar en los mismos condensadores proyectándolos adecuadamente.

Si por ejemplo las temperaturas de  $40^\circ C$  y  $32^\circ C$  indicadas para las máquinas anteriormente citadas fueran obtenidas para una misma temperatura del agua del mar, de  $30^\circ$  en nuestro caso, la segunda máquina es más aconsejable que la primera, por lo menos durante el período de caída en frío en el cual  $T_e$  se mantiene bastante elevada (de  $+8^\circ$  a  $+2^\circ C$ ).

No obstante, este punto de vista no es el único a considerar por el constructor, que debe garantizar

# VALVULAS

## WEIR-PACIFIC WALTHON

FABRICADAS EN ESPAÑA POR  
CONSTRUCTORA GENERAL DE VALVULAS  
ZARAGOZA

### VALVULAS ESPECIALES

### VALVULAS DE BOLA PARA TRANSPORTE DE GASES LICUADOS

### VALVULAS DE MARIPOSA PARA PETROLEROS

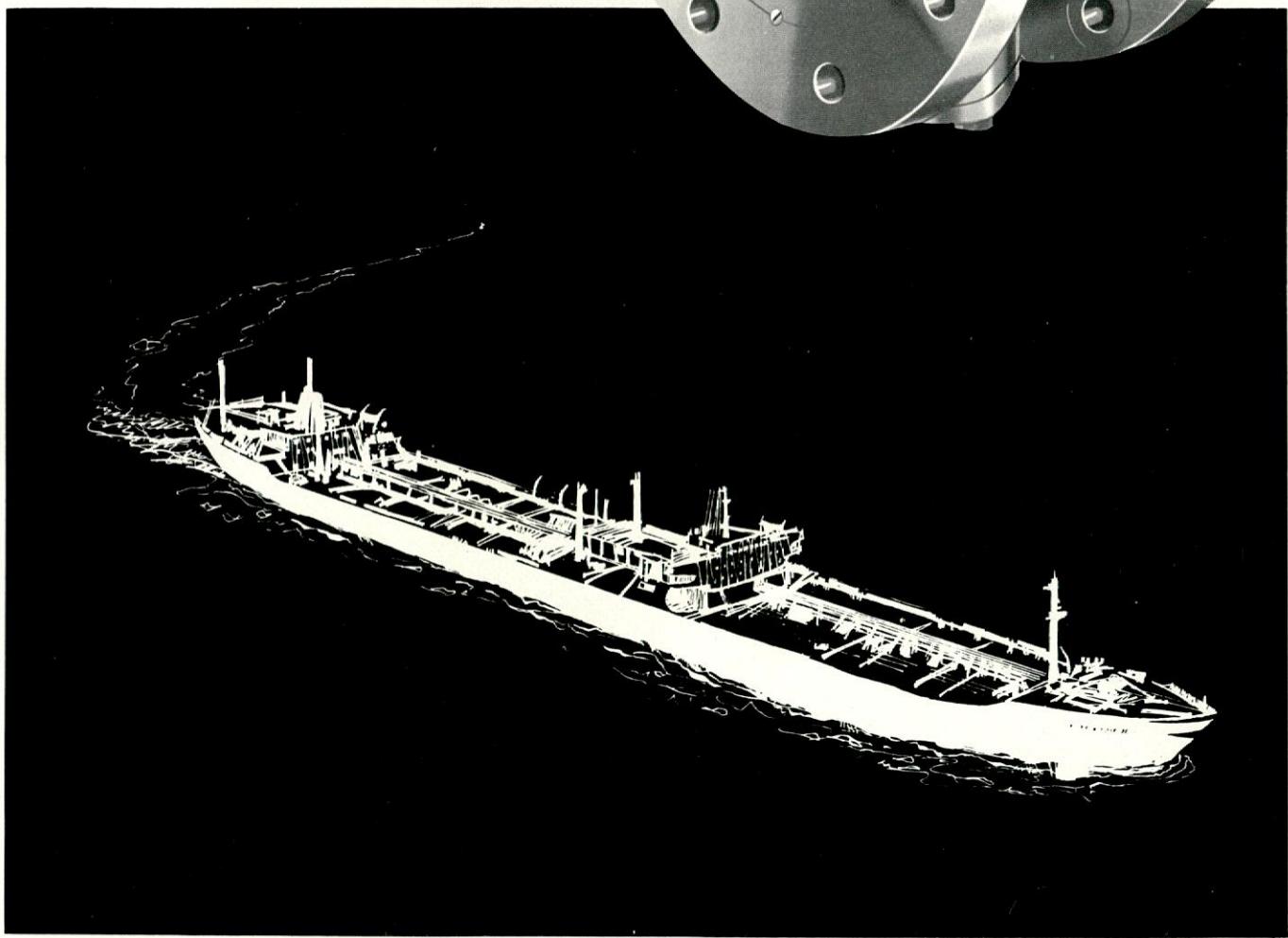
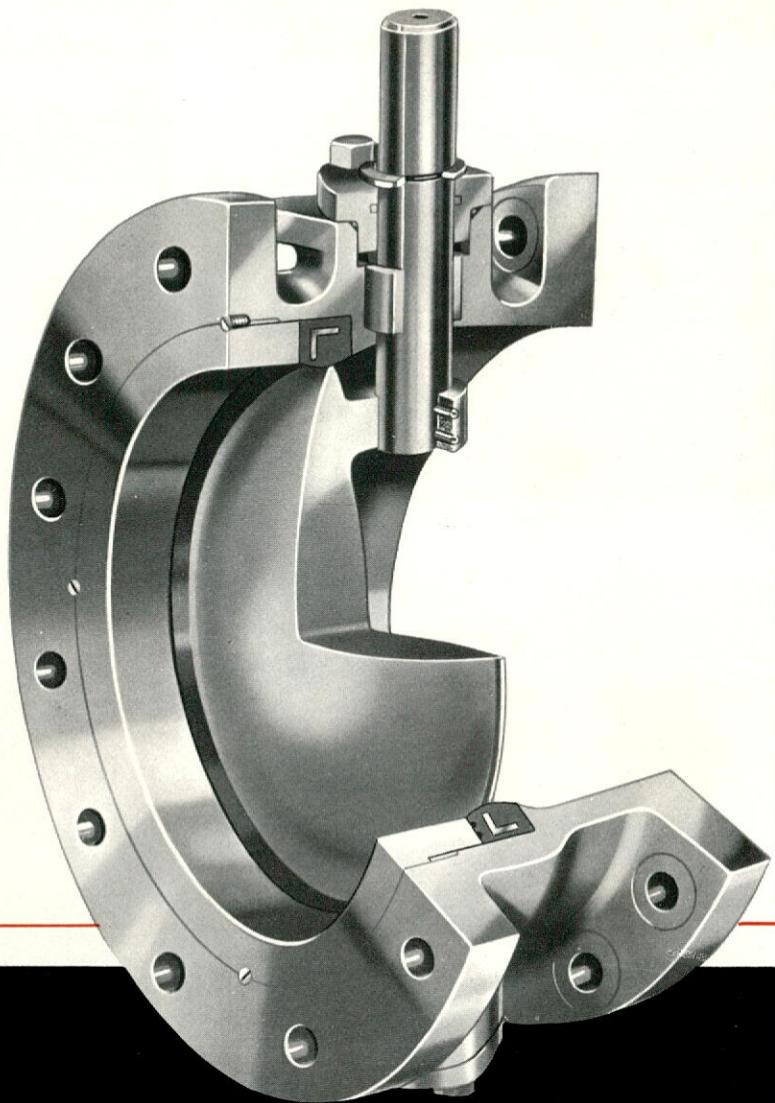
Válvulas de compuerta.

Válvulas de globo.

Válvulas de retención.

Válvulas de seguridad.

Etcétera.



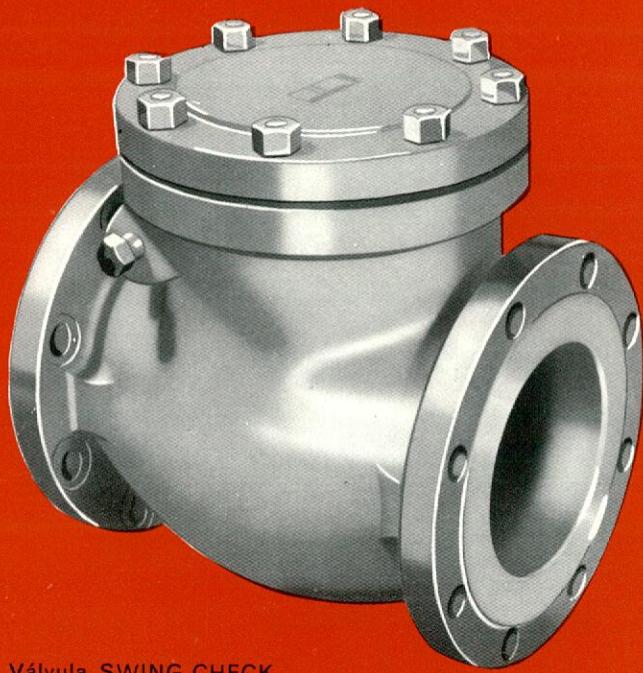
ORGANIZACION  
COMERCIAL EN ESPAÑA:

# EQUIMAR

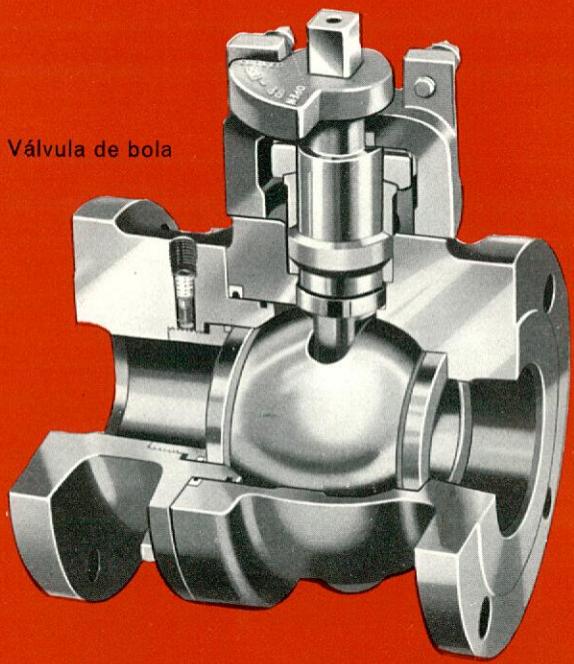
EQUIPOS INDUSTRIALES Y MARINOS S. A.

OFICINA CENTRAL: ERCILLA, 1 - TELS.: - 23 26 15 - 23 27 41 - 23 37 83 - **BILBAO-9**

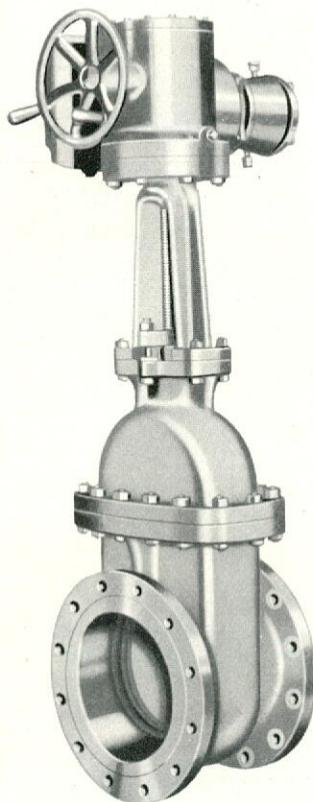
DELEGACIONES EN: CADIZ \* EL FERROL \* VALENCIA \* MADRID \* GIJON



Válvula SWING CHECK



Válvula de bola



Válvula de compuerta



Válvula de globo



Válvula de mariposa

EQUIPOS INDUSTRIALES Y MARINOS S. A.

**EQUIMAR**

ERCILLA, 1 - TELS.: 23 26 15 - 23 27 41 - 23 37 83

BILBAO-9

la potencia requerida en las condiciones estipuladas por el contrato. No es por la elección del fluido refrigerante ni por las especificaciones del material por lo que el freón es el preferido.

El peso, el precio y la instalación en lo que se refiere a la reducción que ocasiona en el volumen disponible de bodegas, son tres magnitudes muy importantes a considerar, encontrándose que las tres varían ordinariamente en el mismo sentido. En cuanto a las cantidades de fluido movilizadas por las máquinas frigoríficas, el factor  $a$  antes definido permite obtener un orden de magnitud de la masa de fluido frigorífico en circulación durante el funcionamiento en régimen; este funcionamiento está definido por las temperaturas de condensación y evaporación  $T_c$  y  $T_e$ . En la máquina real la masa unitaria real de fluido no viene relacionada con  $\Delta h_e$  sino con  $a \Delta h_e$  pues ya sabemos que  $a$  nos mide una relación entre la máquina real y la teórica; y para una potencia frigorífica obtenida  $P_F$  podremos escribir:

$$m = \frac{P_F}{a \Delta h_e}$$

El valor así hallado es por exceso, puesto que atribuye a la evaporación la totalidad de la reducción del efecto frigorífico, mientras que la compresión se ha supuesto rigurosamente conforme con el esquema teórico.

Tomando de las condiciones de referencia idénticas para los buques plataneros, aquella que supone el final de un enfriamiento con agua de mar a  $30^\circ C$ , y  $12^\circ C$  en la descarga de los ventiladores de las bodegas, es decir con una temperatura de evaporación comprendida entre  $2$  y  $5^\circ C$ , podemos calcular una relación

$$\beta = M/m$$

de la masa en circulación  $M$  a la correspondiente a la cantidad  $m$  contenida en la máquina y fijada por el constructor.

Este coeficiente  $\beta$  nos puede dar una idea de la magnitud de la capacidad de las diferentes instalaciones admitiendo que estas sean comparables, es decir, conforme a las normas usualmente admitidas en materia de construcción naval y hechas para buques destinados a idénticos fines y construidos de manera semejante.

Si la instalación es de expansión directa nos basta con el coeficiente  $\beta$ , pero si es de salmuera además de  $\beta$  establecido para el fluido frigorífico, habrá que definir otro coeficiente  $\gamma$  para la salmuera.

$$\gamma = G_s/M_s$$

siendo  $G_s$  el consumo horario en peso de salmuera y  $M_s$  la carga de salmuera prescrita por el constructor.

En diversos fruteros, con máquinas de amoníaco y expansión directa, de potencia semejante, se ha encontrado una variación de  $\beta$  de 1 a 3.

### 3.3. Mantenimiento del frío.

Después de la caída lo más veloz posible de la temperatura del aire en las descargas de los ventiladores, el problema consiste en mantener constante esta temperatura.

Contrariamente a las condiciones climáticas que se presentan en la caída en frío, siempre en países cálidos, el mantenimiento se debe efectuar en una gama muy variada de condiciones y temperaturas. La característica esencial de una instalación bien concebida con arreglo a este fin es la posibilidad de buena regulación.

Prácticamente, en las máquinas que consideramos se reduce la potencia frigorífica disminuyendo el consumo vaporizado en los evaporadores. Es pues interesante mantener un nivel de líquido suficiente en estos, o bien fraccionados en elementos que se puedan eliminar progresivamente.

Este último procedimiento, que ya es difícil para los frigoríficos repartidos a bordo en lugares alejados unos de otros (dificultad de instalación y alto precio) lo es mucho más para los compresores, generalmente emplazados en un mismo lugar. Resulta así que casi siempre la potencia global requerida es obtenida por la acción de varios grupos autónomos trabajando independientemente. Esta multiplicación de unidades, que permite reducir la potencia parando sucesivamente los grupos, aumenta la seguridad y limita las averías, pero complica la instalación y aumenta su precio.

En un buque platanero se instalan generalmente tres o cuatro unidades casi siempre idénticas, lo cual facilita la adquisición de piezas respeto.

Se debe descartar la variación de potencia obtenida por el cierre progresivo de los reguladores acompañado de un descenso de la temperatura de evaporación y un correlativo aumento de la temperatura de descarga, pues entraña el riesgo de la aparición de escarcha y se aumenta la fatiga del material y las dificultades de engrase son mayores, sobre todo en el caso del amoníaco.

Es deseable una regulación automática por medio de válvulas termostáticas, que se disponen de tal modo que mantienen una diferencia de temperatura de  $5$  a  $10^\circ C$  entre la temperatura del líquido a su llegada al frigorífico y la del gas en la aspiración del compresor.

En la práctica, toda la agilidad de regulación de las instalaciones frigoríficas a bordo proviene de la conjugación del primero de los métodos citados anteriormente con uno de estos procedimientos:

a) Variar el régimen de los compresores. Para las mismas condiciones de marcha (mantenimiento de  $T_c$  y  $T_e$ ) la potencia obtenida es aproximadamente proporcional al número de revoluciones de los compresores; se puede obtener así reducciones del 20 al 40 por 100. Esta regulación es fácil y progresiva si el compresor está movido por un motor de corriente

te continua, y no lo es tanto si el motor es de corriente alterna.

b) Abrir una válvula que pone en comunicación el interior del cilindro y la aspiración del compresor durante una fracción de carrera del pistón.

#### 4. ENFRIAMIENTO Y MANTENIMIENTO EN FRÍO.

##### 4.1. Ecuaciones teóricas.

En este breve estudio analítico del proceso de enfriamiento, encaminado a obtener ecuaciones de fácil interpretación, nos veremos obligados a hacer hipótesis muy varias para evitar la complejidad que supondrían unas ecuaciones rigurosamente exactas (casi imposibles de obtener). La validez de las fórmulas que se obtengan quedará, pues, limitada por la de las hipótesis hechas, aunque como veremos la aproximación que se obtiene es más que suficiente en cualquier caso.

Designaremos por  $\theta$  y  $T$  las temperaturas medias de la fruta y el aire de refrigeración respectivamente; en cuanto al calor específico de la fruta  $C_f$ , puede tomarse con garantía el valor 880 kcal/h °C (R-16) y (R-18).

Utilizaremos en los desarrollos el coeficiente  $F$  de intercambio de calor por tonelada de plátanos. Puede determinarse experimentalmente, aunque depende de muchos factores: embalajes, homogeneidad, compacidad de la carga, etc. Su valor no oscila demasiado en la mayoría de los buques, pudiendo tomarse entre 80 y 105 kcal/h °C T (R. DAMIEN). Puede utilizarse en vez de  $F$  la eficiencia anteriormente definida puesto que ambos coeficientes están ligados (suponiendo la temperatura del aire que atraviesa la fruta igual a la de ésta) por la sencilla relación (R-18):  $\epsilon D C_a = M F$ , donde  $D = 1,14 N V$  ( $N$  número de renovaciones;  $V$  volumen de bodega).  $C_a$  es el calor específico del aire y  $M$  la masa de fruta.

La ley teórica fundamental del enfriamiento se obtiene integrando la ecuación que resulte de igualar el calor total intercambiado por unidad de masa con la suma del calor de respiración  $q_r$  y el calor cedido al aire, ambos también por unidad de masa:

$$F(\theta - T) = - C_f d\theta + q_r d\theta$$

y utilizando la ecuación experimental citada en 1.1:

$$[(R + A\theta) - F(\theta - T)] d\theta = C_f d\theta$$

La primera hipótesis que hacemos es suponer la temperatura media del aire constante, suposición que no está de acuerdo con la práctica, pero que nos lleva a resultados conciliables con ella. Operando e imponiendo las condiciones límites:

$$\frac{1}{C_f} d\theta = \frac{d\theta}{R + F T + (A - F)\theta}$$

$$\frac{1}{C_f} t = \frac{1}{A - F} \ln [(A - F)\theta + R + F T] + \ln \text{cte}$$

$$\frac{A - F}{C_f} t = \theta = \theta_0$$

$$K [(A - F)\theta + R + F T] = e$$

$$\frac{(A - F)\theta + R + F T}{(A - F)\theta_0 + R + F T} = e$$

$$\frac{A - F}{C_f} t = [4.1]$$

El exponente es negativo, ya que según vimos en 1.1 A vale 6 kcal/h T °C y  $F$  entre 80 y 105. Por consiguiente, y designando por  $\lambda$  al exponente y por  $\theta_\infty$  la temperatura de la fruta cuando  $t = \infty$ :

$$\theta_\infty = \frac{R + F T}{F - A}$$

Si en la ecuación 4.1. dividimos el primer miembro (numerador y denominador) por  $F - A$  queda:

$$\frac{\theta - \theta_\infty}{\theta_0 - \theta_\infty} = e^{-\lambda t}$$

$$\theta = \theta_\infty + (\theta_0 - \theta_\infty) e^{-\lambda t} [4.2]$$

Esta ecuación se representa normalmente en coordenadas semilogarítmicas para que resulte rectilínea. En ella no se ha tenido en cuenta el efecto de "inerzia térmica" que hace que no toda la fruta se enfríe al mismo ritmo. De hecho, y para lograr aproximación suficiente, se deben trazar tres gráficas para tres zonas de cargamento: la primera que recibe el aire (inferior), la media y la superior. Claro está que la velocidad de enfriamiento es mayor en la primera de las zonas citadas (gráfico núm. 9).

Los valores de  $\theta_\infty$  y de  $\lambda$  suelen utilizarse en forma distinta a las expresiones que hemos dado, haciendo aparecer explícitamente la temperatura  $T_e$  de entrada del aire, el calor específico de éste  $C_a$ , y la relación  $\delta$  (cociente entre el volumen de aire entrado

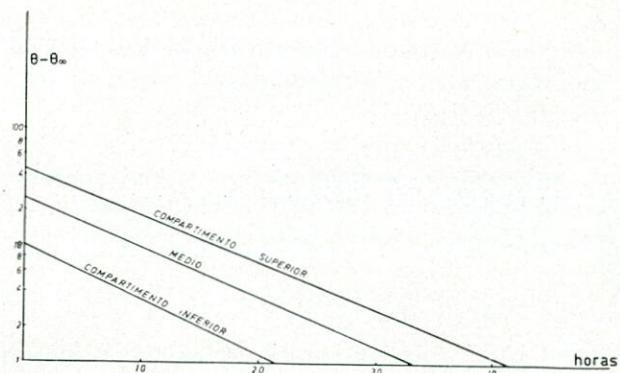


Gráfico núm. 9.

y la masa de plátanos). Para esta transformación haremos dos nuevas hipótesis:

$$T_e = \text{cte.} \quad \text{grad. } \theta = \text{cte.}$$

$$T = \frac{1}{2} (T_e + T_s)$$

$$F(\theta - T) = \delta C_a (T_s - T_e)$$

eliminando  $T_s$ :

$$T = T_e + \frac{F(\theta - T)}{2 \delta C_a}$$

Sustituyendo  $T$  en la ecuación primitiva por este valor, y llamando  $Y$  a

$$y \quad Z \quad a$$

$$\frac{2 \delta C_a T_e}{2 \delta C_a + F}$$

$$\frac{2 \delta C_a + F}{F}$$

queda

$$[F(\theta - X - Y \theta) - (R + A \theta)] dt + C_f d \theta = 0$$

o bien

$$\left[ (F - F Y) \left( \theta - \frac{F X}{F - F Y} \right) - (R + A \theta) \right] dt + C_f d \theta = 0$$

que es otra ecuación del tipo de la anteriormente resuelta, sin más que sustituir en las soluciones ya obtenidas  $F$  por  $F - F Z$  y  $T$  por  $F Y$  dividido por  $F - F Z$ :

$$\theta_{\infty} = \frac{R + F T}{F - A} \quad \theta_{\infty} = \frac{R + F \frac{2 \delta C_a T_e}{2 \delta C_a + F}}{F - A} =$$

$$= \frac{2 \delta C_a}{2 \delta C_a + F} - A$$

$$= \frac{(2 \delta C_a + F) R + 2 \delta C_a T_e F}{2 \delta C_a F - A (2 \delta C_a + F)} \quad [4.3]$$

Esta última ecuación fue utilizada por DAMIEN en sus experiencias a bordo del "Tarpón" introduciendo todavía otra simplificación para hacer aparecer el exponente  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{F - A}{C_f} \quad \lambda = \frac{F \frac{2 \delta C_a}{2 \delta C_a + F} - A}{C_f} =$$

$$= \frac{1}{C_f} \cdot \left[ \frac{2 \delta C_a F}{2 \delta C_a + F} - A \right]$$

y eliminando  $2 \delta C_a$  entre  $\lambda$  y  $\theta_{\infty}$ :

$$2 \delta C_a = \frac{(\lambda C_f + A) F}{F - A - \lambda C_f}$$

Sustituyendo ahora en 4.3.

$$\theta_{\infty} = \frac{(\lambda C_f + A) T_e + R}{\lambda C_f}$$

Como puede verse, el exponente  $\lambda$  de la curva de refrigeración juega un importante papel en el enfriamiento, y su valor puede tomarse como un símbolo de la eficiencia de éste. Aparece en diversas formas (las dos explicadas son las más normales) y recibe diversos nombres. R. PLANCK y PENTZER le llamaron "velocidad específica" y "coeficiente de enfriamiento" respectivamente. A partir de él puede definirse el tiempo de semienfriamiento" mediante una sencilla relación. THEVENOT y HICKS utilizaron este último parámetro en sus investigaciones, pero su utilidad práctica es muy limitada.

La dependencia entre  $\lambda$  y  $F$ , expresada por

$$\lambda = \frac{F - A}{C_f}$$

permite hallar uno dado el otro. El valor de  $\lambda$  es normalmente pequeño y variable como  $F$ , aun en mayor proporción como indican los valores obtenidos por DEULLIN.

Compartimento	$\lambda$	$F$
Inferior .....	0,100	105
Superior .....	0,064	80
Medio .....	0,077	90

Esta diversidad de valores obedece al fenómeno ya indicado de "inercia térmica", debido al cual, y aunque en todo momento la variación de temperatura de la fruta es exponencial, pueden distinguirse en realidad dos diferentes partes en el proceso: la utilización de la máxima potencia frigorífica disponible y la de reducción de esta potencia para mantener a la fruta a la temperatura de conservación. Existe, aunque apenas tiene interés, una tercera fase que sólo se presenta en las zonas superiores del cargamento. Se la denomina "período de retardo" y durante ella las temperaturas de la carga permanecen estacionarias o varían muy ligeramente. La duración de esta fase es corta y no suele tenerse en cuenta en ningún tipo de cálculos. En cualquiera de las fases, excepto la última citada, la temperatura de la fruta varía de forma exponencial. En los gráficos se aprecia no

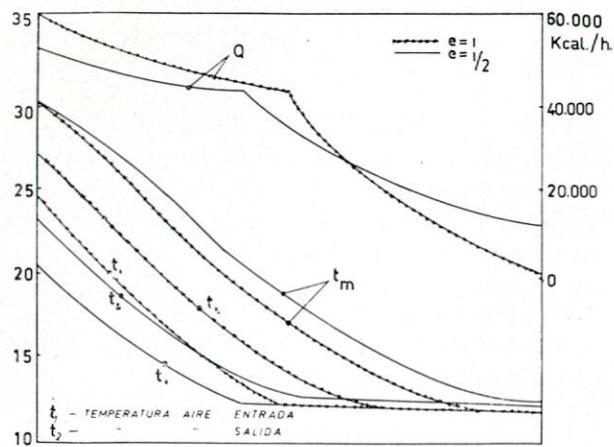


Gráfico núm. 10.

obstante el momento en que se reduce la potencia y se mantiene prácticamente constante la temperatura.

Si queremos que en las ecuaciones intervenga el flujo en frigorías del refrigerador  $\phi$  podemos plantearlas de la forma siguiente:

$$[F(\theta - T) - (R + A\theta)] dt + C, d\theta = 0$$

$$\phi(T - T_0) = -C_f \frac{d\theta}{dt} - C_a \frac{dT}{dt} + R + A\theta + q \quad [4.4]$$

Eliminando  $T$

$$[F\theta - F T - (R + A\theta)] dt = -C_f d\theta$$

$$F\theta - F T - R - A\theta = -C_f \frac{d\theta}{dt}$$

$$T = \left[ F\theta + C_f \frac{d\theta}{dt} - R - A\theta \right] \frac{1}{F}$$

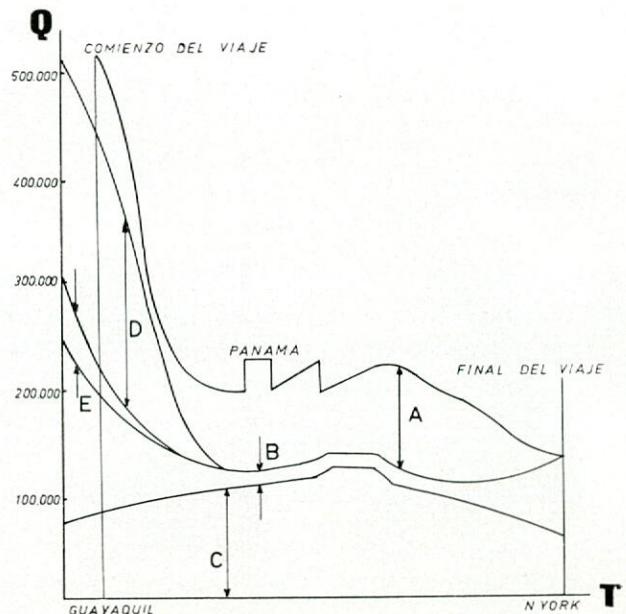
sustituímos en la segunda ecuación

$$\begin{aligned} \phi \left[ \theta + \frac{C_f}{F} \frac{d\theta}{dt} - \frac{R}{F} - \frac{A\theta}{F} - T_0 \right] = \\ = -C_f \frac{d\theta}{dt} - C_a \frac{1}{F} C_f \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{A C_a}{F} \frac{d\theta}{dt} + \\ + R + A\theta + q + C_a \frac{d\theta}{dt} \end{aligned}$$

ecuación que ordenada queda en la forma citada por GAC (R-10)

$$\begin{aligned} \frac{C_a C_f}{F} \frac{d^2\theta}{dt^2} + \\ + \left[ C_f \left( 1 + \frac{\phi}{F} \right) + C_a \left( 1 - \frac{A}{F} \right) \right] \frac{d\theta}{dt} + \\ + \left[ \phi - A \left( 1 - \frac{\phi}{F} \right) \right] \theta - \\ - \left[ R \left( 1 + \frac{\phi}{F} \right) + \phi T_0 + q \right] = 0 \end{aligned}$$

En la expresión 4.4. está tenida en cuenta la pérdida debida a la imperfección de los aislamientos así como cualquier otra que eventualmente pueda presentarse. Todas ellas están englobadas en  $q$ . Solamente se consideran en la mayor parte de los casos las pérdidas a través del aislamiento y el calor de ventiladores. Las primeras se estiman a veces constantes aunque no es enteramente exacto; son teóricamente proporcionales a la diferencia de temperatura entre la bodega y el exterior y prácticamente siguen una ley sin expresión analítica sencilla (gráfico núm. 11).



#### BALANCE FRIGORIFICO

- A/- Ventilación con aire fresco.
- B/- Calor de respiración.
- C/- Calor ventiladores y a través del aislamiento.
- D/- Calor sensible.
- E/- Enfriamiento masas bodega.

Gráfico núm. 11.

Para conocer las variaciones de la potencia frigorífica puede partirse de la ecuación.

$$Q = -M C_f \frac{d\theta}{dt} + M q_r + K S \Delta t + q$$

en la que estimando constantes los dos últimos términos y utilizando la ecuación 4.2. para sustituir la derivada queda

$$\begin{aligned} Q = M C_f (\theta_0 - \theta_\infty) \lambda e^{-\lambda t} + M q_r + q = \\ = M (\theta_0 - \theta_\infty) (F - A) e^{-\lambda t} + M q_r + q \quad [4.5] \end{aligned}$$

La potencia frigorífica en el límite la obtendremos haciendo  $t = \infty$

$$\theta_\infty = M q_r + q$$

expresión coincidente con la obtenida por J. A. PEREZ MUÑOZ (R-18).

Puede observarse que la potencia es lineal respecto a  $\theta$ . A pesar de ser exponencial respecto al tiempo, se puede desarrollar en serie y obtener muy aceptable aproximación tomando sólo dos términos, ya que como hemos visto  $\lambda$  es pequeño y sus potencias decrecen con suma rapidez.

Debe hacerse para la potencia la misma salvedad que para las temperaturas. Existen dos fases claramente diferenciadas. En la primera, inmediatamente después de terminar la carga, la potencia se utili-

za al máximo. Conseguida la temperatura mínima del aire de entrada se reduce sucesivamente para evitar el "chilling" y disponer de una parte de la potencia para la carga suplementaria que supone la admisión de aire fresco, ya que esta admisión se inicia en la mayoría de los buques una vez alcanzada la temperatura de conservación. En el gráfico núm. 10 citado en (R-14) puede verse la variación de  $Q$  y  $\theta$  en función del tiempo y su dependencia respecto de  $\varepsilon$  (R-14). Como puede verse, en el enfriamiento real la variación de la temperatura se aleja de la ley teórica exponencial. Durante la primera fase del enfriamiento todo depende de la potencia frigorífica disponible; si ésta es constante la temperatura cae en línea recta, suponiendo nula la variación de calor de respiración. Realmente  $Q$  decrece al avanzar el proceso y la línea de temperaturas se curva ligeramente. Puede observarse la influencia de  $\varepsilon$  en la velocidad de enfriamiento: un aumento de  $\varepsilon$  hace crecer la potencia necesaria.

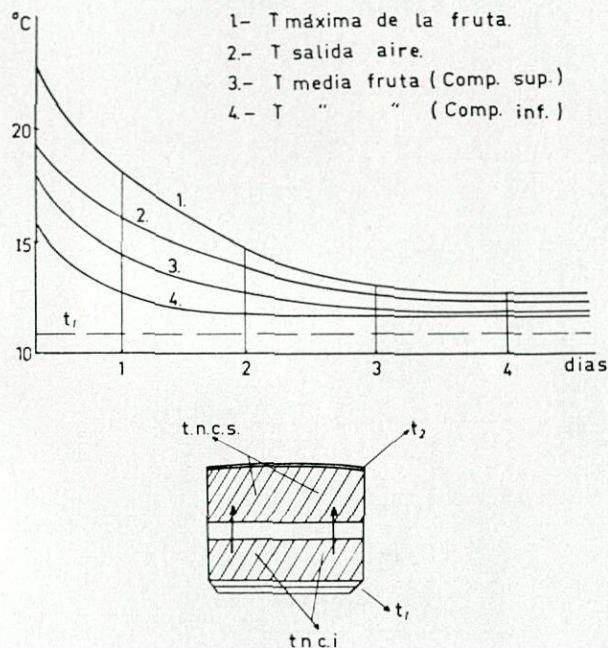


Gráfico núm. 12a.

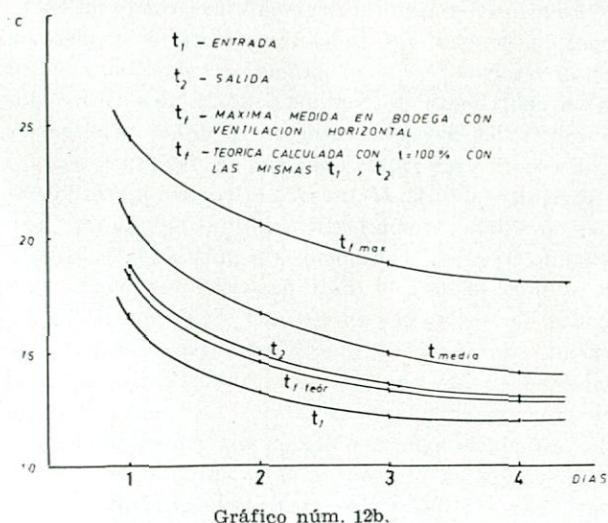


Gráfico núm. 12b.

ria durante toda la primera fase, pero disminuye la que se necesita para mantener la temperatura de conservación; ésta se supone alcanzada cuando es  $2,5^\circ$  superior a la verdadera  $\theta_c$ , puesto que el tiempo necesario teóricamente para alcanzarla es infinito, según se deduce de la ecuación de enfriamiento.

Las caídas de temperaturas son tanto más rápidas cuanto mayor es  $\varepsilon$ . En el gráfico núm. 12 puede verse la influencia en el enfriamiento del sistema de ventilación adoptado. Naturalmente, al ser mayor  $\varepsilon$  con el sistema vertical, los resultados obtenidos con él son mejores que con el horizontal.

#### 4.2. Balance frigorífico.

Visto anteriormente que la curva de potencia no es constante, sino función del tiempo, interesa averiguar qué potencia debemos instalar para conseguir llevar una masa de plátanos determinada hasta su temperatura de transporte en un tiempo fijado de antemano.

Teóricamente podríamos hallar el máximo de la curva de la ecuación 4.5. y utilizarlo como valor de la potencia necesaria, que nos quedaría excesivamente alta y por tanto desproporcionadamente costosa. La potencia a instalar es la correspondiente a una velocidad de enfriamiento que se considere satisfactoria, influyendo en ella, entre otros factores, la forma en que se realice la carga y el número de espacios independientes del buque.

Para un buque de 5.500 toneladas con un cargamento de 1.500 toneladas de plátanos puede estimarse la potencia en 800.000 frig/h. (alrededor de 300 HP). La distribución de esta potencia podemos establecerla de forma aproximada suponiendo el embalaje de polietileno, la carga inicialmente a  $28^\circ$  C, la temperatura exterior de  $30^\circ$  C y una renovación de aire a razón de  $2.500 \text{ m}^3/\text{h}$ . Supondremos también que la prerrefrigeración de las bodegas hace que los racimos deban ser enfriados desde  $25^\circ$  C en vez de los  $28^\circ$  C.

Con estas hipótesis:

a) Pérdida por el aislamiento.

Superficie de aislamiento, 4.000 metros.

Coeficiente de transmisión, 1 kcal/h. m.  $^\circ$  C.

Diferencia de temperatura entre la bodega y el exterior,  $15^\circ$  C.

b) Equivalente térmico del trabajo de ventiladores y bombas.

Potencia absorbida,  $140 \text{ kw} = 120.000 \text{ frig/h}$ .

c) Enfriamiento de los materiales de las bodegas.

Madera: 200 m. de densidad, 0,75 y calor específico, 0,65.

Hierro: 100 toneladas de calor específico, 0,11. Velocidad de enfriamiento,  $0,5^\circ$  C. por hora.

Enfriamiento de la madera,  $200 \times 750 \times 0,65 \times 0,5 = 50.000$  frig/h.  
 Enfriamiento del hierro:  $100.000 \times 0,11 \times 0,5 = 5.000$  frig/h.  
 Pérdida total, 55.000 frig/h.

## d) Respiración de la fruta.

Calor de respiración a  $25^\circ C$ , 120 cal/T. h.  
 Pérdida,  $1.500 \times 120 = 180.000$  frig/h.

## e) Renovación de aire.

Admisión, 2.500 m/h.  
 Pérdida,  $2.500 \times 1,14 \times 9,2 = 25.000$  frig/h.

## f) Refrigeración de la fruta.

Velocidad admitida de refrigeración, 0,3 cal/h.  
 Calor específico, 0,87 cal/h.  $^\circ C$ .  
 Frigorías necesarias,  $1.500.000 \times 0,3 \times 0,87 = 390.000$  frig/h.  
 Total necesario, 830.000 frig/h.

A título de orientación, los porcentajes del total que representa cada partida son:

a) 7 por 100; b) 14,5 por 100; c) 6,5 por 100; d) 22 por 100; e) 3 por 100, y f) 47 por 100.

Se observa que el porcentaje de la potencia total que afecta a los frutos de forma directa (conceptos d) y f) es del 69 por 100, invirtiéndose el resto de la potencia en contrarrestrar las diversas pérdidas.

Como está indicado en el gráfico núm. 11 el balance varía a lo largo del viaje. Al estabilizarse la temperatura del aire de las bodegas permanecen constantes a) y b); desaparece c); d) tiende a un mínimo de 60.000; e) aumenta con la admisión de aire y f) tiende a anularse.

En un momento avanzado del proceso, el balance anterior se reduce a:

Mamparos y aislantes, 60.000 frig/h.  
 Ventiladores y bombas, 120.000 frig/h.  
 Respiración, 60.000 frig/h.  
 Renovación de aire, 60.000 frig/h.

El total ahora es de 300.000 frig/h., alrededor del 30 por 100 del inicial. Ello justifica la práctica de disminuir la potencia una vez terminada la primera fase de la refrigeración.

Las cifras obtenidas sufren notables variaciones al pasar de un buque a otro por la gran cantidad de factores que en ellas influyen. Sin embargo, en otro balance citado en (R-16), la cifra correspondiente al concepto f) es de 47,7 por 100, en excelente acuerdo con la antes citada (47 por 100). Los demás conceptos difieren notablemente; la pérdida por admisión de aire fresco es de 12,6 por 100, valor quizás demasiado alto para las condiciones habituales de transporte, pero no más lejos del valor real que el 3 por 100 dado en el anterior balance, que resulta ser demasiado pequeño.

En los balances suelen hacerse correcciones dictadas por la experiencia cuando se prevé que parte de la carga puede estar en período climatérico antes de iniciar el viaje. Se añade entonces un 25 por 100 al total de frigorías a suministrar, así como otras veces se deduce este mismo porcentaje (cuando el buque termina su viaje en invierno o cuando por cualquier motivo la temperatura exterior desciende por debajo de lo calculado).

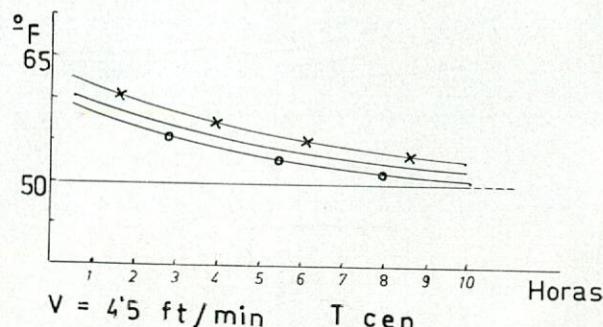
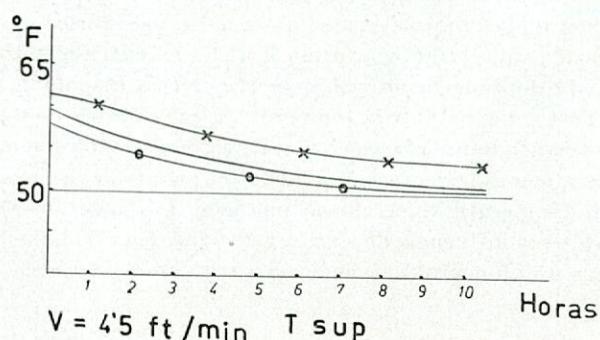
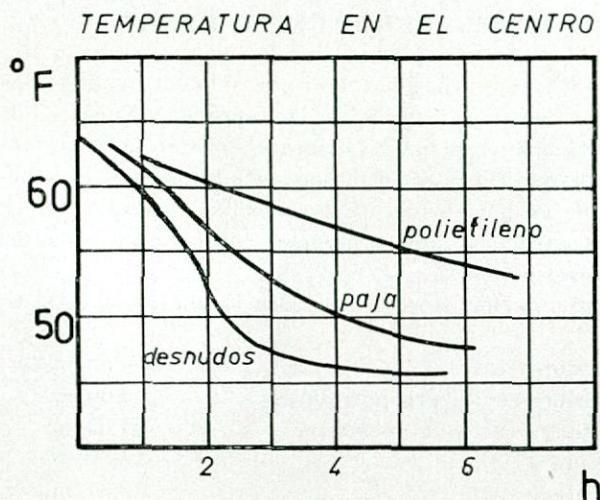


Gráfico núm. 13.

## 4.3. Influencia del embalaje.

Puede estudiarse teóricamente utilizando un coeficiente  $K$  dependiente de los coeficientes de convección en el interior y el exterior del embalaje, su espesor y su coeficiente de conductibilidad. Los resultados son difíciles de interpretar en términos prácticos y por ello es preferible consultar en cada caso curvas experimentales. G. MANN (R-11) realizó investigaciones en el laboratorio DITTON en un túnel de aire, utilizando tres grupos de plátanos embalados en polietileno unos, en paja otros y desnudos los demás. Colgados verticalmente en el túnel se les sometió a corrientes de velocidades variables y temperatura  $50^\circ F$ , midiéndose las temperaturas, superficiales y en el centro, por pares termoeléctricos. Los resultados pueden diferir de los obtenidos en experimentaciones sobre buques ya que en éstos la circulación de aire suele ser vertical y por tanto más eficiente que en

el túnel de experimentación, lo que se traduce en un enfriamiento más rápido que el indicado en los gráficos 13 y 14, en las que están dibujadas algunas de las curvas obtenidas por MANN.



$$V = 26.2 \text{ ft/min}$$

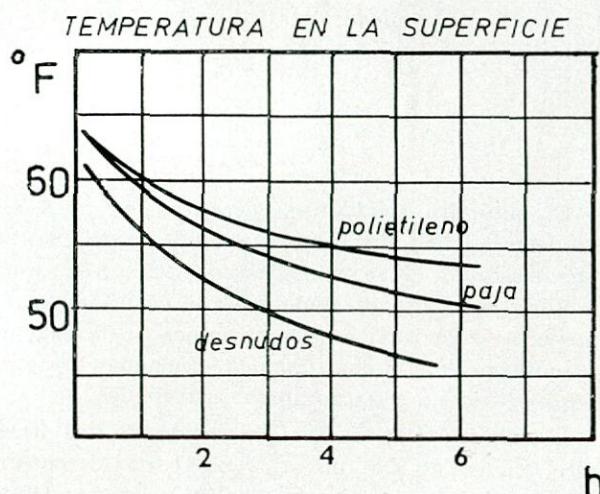


Gráfico núm. 14.

#### 4.4. Forma usual de iniciar la refrigeración.

Al ser normalmente varios los espacios destinados a carga, y todos ellos independientes, en vez de empezar a refrigerar cuando estén todos cargados, se recurre al "enfriamiento en cadena", con el que ahorramos un alto porcentaje de potencia y terminamos la refrigeración en un tiempo mucho más corto.

Consiste simplemente en empezar a refrigerar cada espacio independiente una vez que termine su carga. Con ello, y dependiendo de las condiciones del enfriamiento, es posible que al terminar de cargar el se-

gundo espacio haya entrado ya el primero en la segunda fase, con lo que dispondremos de un remanente de potencia procedente del anterior espacio cargado; lo mismo ocurre con los demás. Se obtiene un enfriamiento escalonado y un aprovechamiento

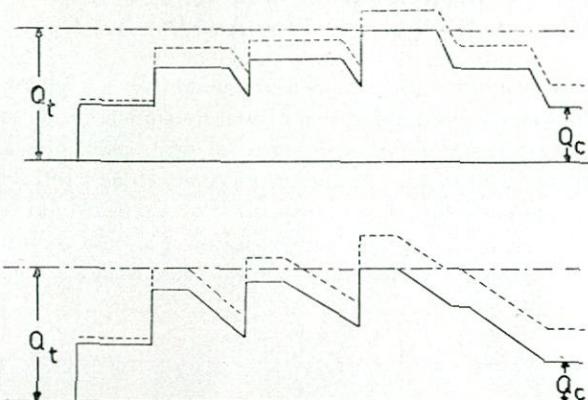


Gráfico núm. 15.

excelente de la potencia disponible en cada momento. El aspecto simplificado de la gráfica de refrigeración puede verse en el gráfico 15.

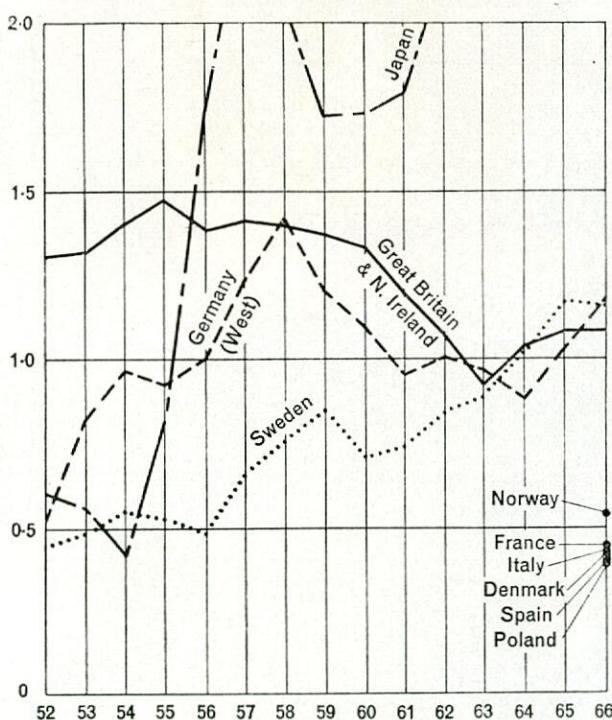
#### BIBLIOGRAFIA

- (R-1). FIDLER, J. C.: "Physiological activity of volatile organic compounds produced by fruits". Annexe, 1961-3 au BII.
- (R-2). MORENO, J.: "Notas sobre la desodorización de cámaras frigoríficas después del almacenamiento de frutas".
- (R-3). EMILSSON, B.: "The importance of gaseous emanations from fruits in the ocean transportation of fruits cargoes". Annexe, 1961-3 au BII.
- (R-4). FIDLER, J. C.: "The effect of the ethylene on the rate of respiration of apples as a function of temperature".
- (R-5). GOTTAUF, M. y HANSEN, H.: "Acción del ozono en la atmósfera del almacenamiento de manzanas".
- (R-6). DAMIEN, J.; DELABARDE, R., y otros: "Etude expérimental d'un navire bananier a ventilation ascendante". Annexe, 1961-3 au BII.
- (R-7). WARDLAW, C. W.: "Banana diseases".
- (R-8). FURLONG, C. R.: "Chilling of bananas". Annexe, 1962-3 au BII.
- (R-9). LORENTZEN, G.: "Air circulation in refrigerated ships holds". Annexe, 1961-3 au BII.
- (R-10). GAC, A.: "Contribution a l'étude du refroidissement des régimes de bananes". Comptes rendus du X Congrès International du Froid.
- (R-11). MANN, G.: "The carriage of bananas in refrigerated ships; the effect of wrapping on the rate of cooling". Food Sci. ABSTR.
- (R-12). "Problems in the carriage of refrigerated cargo".
- (R-13). MERLIN, E.: "Etude de tombée en froid de régimes de bananes emballés en polythene faite sur un navire bananier a ventilation vertical". Proc. X Int. Congr. Refrig. Vol. 2
- (R-14). "The rate of cooling of banana cargoes". Paper for IIF working party bananas. Gothenburg, 1958.
- (R-15). DEULLIN, R.: "El acondicionamiento de plátanos en racimos enteros". Annexe, 1964-3 au BII.
- (R-16). "Report on Physiology, quality and transportation of bananas". Annexe, 1962-3 au BII.
- (R-17). FIDLER, J. C.: "Volátiles". Annexe, 1962-3 au BII.
- (R-18). LORENTZEN, G.: "A note on fresh air ventilation on refrigerated banana ships". Annexe, 1962-3 au BII.
- (R-19). PÉREZ MUÑOZ, J. A.: "Enfriamiento de la carga en un buque platanero". Ing. Naval. Diciembre, 1964.
- (R-20). CHRISTIANSEN, A.: "Refrigerated transport of perishable foodstuffs by sea". Comp. ren. du X Congrès Int. du froid. Copenhague, 1959.
- (R-21). DEULLIN, R.: "Transport réfrigéré des fruits tropicaux". Annexe, 1964-3 du BII.
- (R-22). "Instalaciones frigoríficas de amoníaco y F-12 para plataneros". Bulletin de l'association technique maritime et aeronautique, 1950.
- (R-23). DEULLIN, R.: "El buque platanero".

# INFORMACION DEL EXTRANJERO

## LA CONSTRUCCION NAVAL EN EL MUNDO DURANTE EL PASADO AÑO

Según las estadísticas publicadas por el Lloyd's Register of Shipping, el número de toneladas de registro bruto botadas durante el año 1966, fue de 14.307.202, lo que supone un incremento de 2.091.385 toneladas sobre el año anterior. Por supuesto durante el citado período el Japón siguió a la cabeza, muy por encima del siguiente país que es Alemania Occidental.



El Japón construyó durante esa etapa el 46,7 por 100 del total mundial, lo que hace un incremento del 2,8 por 100 en comparación con el año 1965.

En el siguiente cuadro puede observarse el orden y número de toneladas de los principales países constructores navales:

País constructor	TRB
Japón	6.685.461
Alemania Occidental	1.184.470
Suecia	1.160.964
Reino Unido	1.084.299
Noruega	537.401
Francia	442.626
Italia	422.055
Dinamarca	411.443
España	398.056
Polonia	387.340
Holanda	284.271
Yugoslavia	275.357
Alemania oriental	257.808
U. S. A.	167.321
Canadá	153.210

## EL MINERALERO "CETRA-LYRA"

El pasado mes de febrero ha sido entregado en los Astilleros y Talleres de Dunkerque y Burdeos, de Francia, el buque del epígrafe a sus armadores Consortium Européen de Transports Maritimes. Este buque es gemelo del "Cetra-Carina", actualmente en construcción, ambos cumplen con las exigencias del Bureau Veritas.

Sus principales características son las siguientes:

Eslora total .....	254,50 m.
Eslora entre perpendiculares .....	246,00 m.
Manga fuera de miembros .....	31,63 m.
Puntal .....	18,20 m.
Calado .....	12,34 m.
Peso muerto .....	66.500 t.
Registro bruto .....	44.200 t.
Capacidad de bodegas .....	82.800 m <sup>3</sup>
Capacidad de lastre .....	31.500 m <sup>3</sup>
Capacidad de combustible .....	3.400 m <sup>3</sup>
Velocidad .....	16 nudos

Este buque está dotado con diez cierres de escotillas, del tipo "Side Rolling" con maniobra hidráulica, de 14,91 por 14,05 metros.

El motor principal es un Diesel Sulzer tipo 8 RD 90, sobrealimentado, de dos tiempos, simple efecto, que desarrolla de 18.400 caballos a 122 r. p. m. Este motor podrá ser controlado desde el puente de navegación o desde una central instalada en la sala de máquinas desde la cual también se mandan los grupos eléctricos y las auxiliares principales.

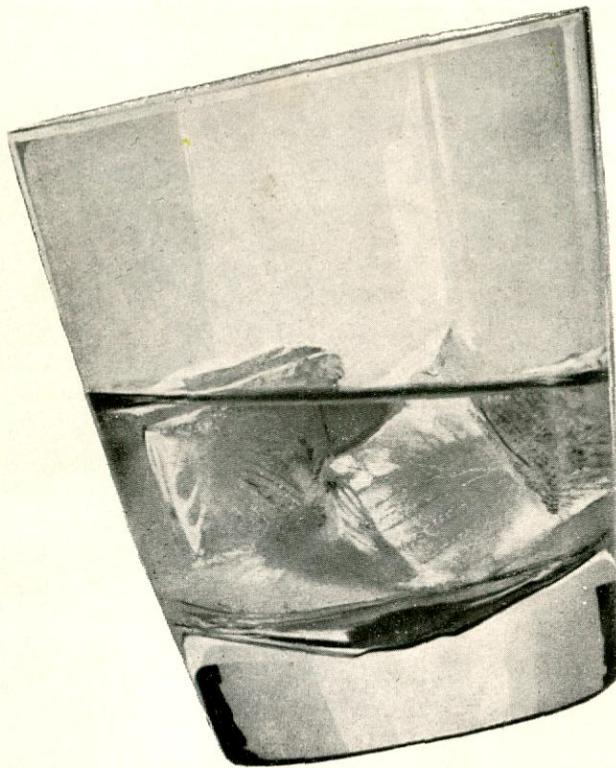
La energía eléctrica está asegurada por dos diesel alternadores de 525 kilovatios y un turbo alternador de 550 kilovatios, todos producirán corriente trifásica a 440 V. y 60 períodos.

Se han previsto cabinas individuales con aire acondicionado para una tripulación de 39 personas.

## BOTADURA DEL PRIMER "FREEDOM"

En los Astilleros IHI, del Japón, ha tenido lugar la botadura del primer buque de esta serie, llamada a sustituir a los antiguos Liberty, con el nombre de "Chian-Captain", construido para los armadores J. C. Carras. Es el primero de una serie de trece, encargados por los citados armadores.

La propulsión de este buque, de 13.600 t. p. m. y 28 pies de calado, está asegurada por un motor SEMT-Pielstick de 5.130 caballos, con el que se espera alcance una velocidad de 13,5 nudos.



# ¿El Oceano con hielo?

¡Sí, con un Destilador Compacto Nirex!

"Agua, agua por todas partes, sin poder beber una gota..." una triste verdad para los marineros de otras épocas, pero un destilador COMPACTO NIREX puede ofrecer a los marineros de hoy desde 1 a 60 toneladas/día, de agua dulce, obtenida de ese Oceano imbebible que tienen a su alrededor. A continuación damos algunas ventajas que hacen que el destilador COMPACTO NIREX sea bien recibido a bordo.

**ECONOMIA DE ESPACIO:** El COMPACTO NIREX no solamente ahorra capacidad en los tanques de agua dulce, sino que necesita muy poco espacio en cámara de máquinas, ya que es la unidad más pequeña en su género en el mercado. Esto se debe a que utiliza los intercambiadores de calor de placas DE LAVAL -de alto rendimiento y mínimo empachado- para la evaporación del agua de mar, y para el enfriamiento del agua dulce producida. Todo el calor necesario para la destilación se obtiene del agua de refrigeración del motor.

**FACIL FUNCIONAMIENTO:** El COMPACTO NIREX ajusta su capacidad sin intervención manual, controla su producción por medio de un salinómetro incorporado y un sistema de derivación del agua producida, para mantener exactamente la pureza deseada. La calidad de los materiales, la baja concentración de salmuera en todas fases del proceso, evitan totalmente la posibilidad de corrosiones.

**FACIL ENTRETENIMIENTO:** El COMPACTO NIREX sigue siendo compacto también al abrirlo para su limpieza. No necesita desconectar la tubería. Solamente hace falta aproximadamente medio metro de espacio libre en su parte posterior para tener acceso a todas las superficies de calentamiento en el bloque del intercambiador de calor de placas DE LAVAL. Y en todos los puertos importantes del mundo hay servicio y piezas de repuesto DE LAVAL.

**Una recomendación especial para los Astilleros:**

**FACIL INSTALACION:** El COMPACTO NIREX se entrega al Astillero formando una única unidad. Se puede instalar en cualquier sitio del buque. Para cada tamaño de Destilador existe una alternativa utilizando solamente vapor. No necesitan bombas adicionales, pues las montadas en los Destiladores tienen alturas de descarga de hasta 15 metros. Una vez situado a bordo basta conectar la tubería y la línea de corriente y el trabajo está terminado!

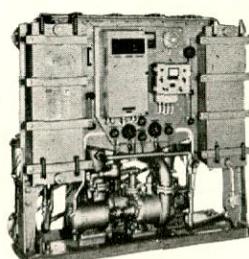
**Nirex de Copenhague ha entrado ahora en el Grupo Internacional de Compañías Alfa-Laval/De Laval;** esto quiere decir que las ventas y el servicio de los destiladores COMPACTO NIREX en el futuro estarán a cargo de la red mundial de representantes navales DE LAVAL en los puertos de treinta y cinco países de todos los continentes.

INFORMACION Y CONSULTAS EN ESPAÑA:

**TYCOSA ALFA-LAVAL**

TOURON Y CIA., S. A.

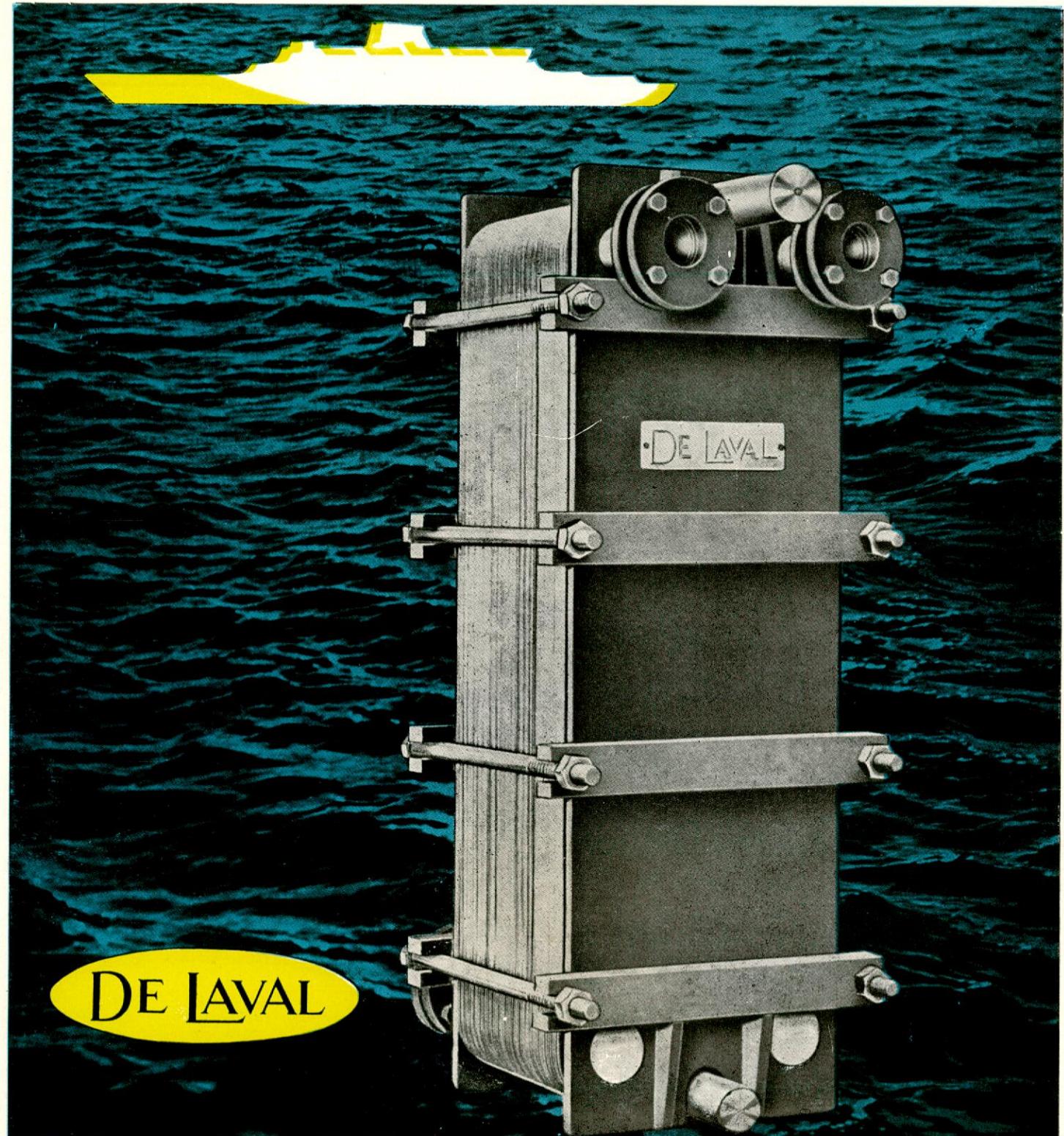
AVDA. CALVO SOTEO, 35 MADRID-4  
TELEFONO 2313104



DE LAVAL NIREX  
DESTILADOR JWFP

194

**ALFA-LAVAL**  
GRUPO ALFA-LAVAL/DE LAVAL



DE LAVAL

**ENFRIADORES DE PLACAS PARA:  
AGUA DULCE, ACEITE LUBRICANTE Y OTROS USOS NAVALES**

CD-69

ALFA - LAVAL AB Estocolmo (Suecia)

**REPRESENTANTES Y LICENCIADOS EXCLUSIVOS PARA ESPAÑA:**

**TOURON Y CIA., S. A. TYCOSA**

**DIVISION SEPARADORAS**

**OFICINAS: AVDA. CALVO SOTELO, 35 - MADRID - 4 TELEFONO 2 31 31 04**

## LA CONSTRUCCION NAVAL FRANCESA EN 1966

Según las estadísticas facilitadas por la Cámara Sindical de Constructores de Buques y Artefactos Flotantes, la construcción Naval en Francia se ha desarrollado en el pasado año como puede verse en el siguiente cuadro.

Clase de barco	Entregados		Botados		Puesta de quilla	
	N.º	TRB	N.º	TRB	N.º	TRB
Barcos de pasaje .....	8	60.252	7	54.904	2	16.000
Petroleros .....	7	277.633	5	204.300	4	204.409
Buques de cabotaje .....					2	3.449
Transportes de gas .....			3	28.170	5	43.270
Mineraleros .....	4	113.650	4	141.447	8	241.314
Buques de carga .....	5	43.924	7	54.209	5	48.910
Buques refrigerados .....	2	9.900				
Buques de pesca .....	53	31.941	46	16.340	38	12.912
Buques oceanográficos .....	1	64	1	64	1	64
Remolcadores .....	5	495	5	495	5	1.061
Buques diversos .....	5	2.141	6	4.491	5	4.464
Total .....	90	540.000	84	504.420	75	575.844
para la exportación .....	47	103.345	43	73.797	34	76.627

## LA INEL 1967

Del 14 al 18 de noviembre del presente año se va a celebrar en Basilea la tercera Feria sobre Electrónica Industrial. Esta Exposición se ha distribuido en ocho grupos principales que son los que se citan a continuación: Componentes; metrología electrónica; equipo de mando, de reglaje y de automatización; electrónica de potencia; telecomunicaciones; instalaciones para la fabricación de productos electrónicos; aplicación de la electrónica y literatura del ramo.

Según se espera, en esta ocasión, en la INEL podrá apreciarse el desarrollo de las tendencias actuales en el campo de la electrónica industrial.

## NOTICIAS DEL LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

Durante el pasado mes de enero la citada casa registradora ha publicado una serie de exigencias para la construcción y certificación de los containers.

El motivo de haber realizado este estudio ha sido por las repetidas preguntas que hacen los constructores de containers sobre las medidas, control de calidad y pruebas necesarias para los usados en buques y transportes ferroviarios.

Todas estas exigencias han sido preparadas de acuerdo con los trabajos ya realizados por la Organización Internacional de Normas, el Instituto Británico de Normas, el Instituto Norteamericano de Normas, y otros.

En el apartado de los buques de pasaje se incluyen todos los transbordadores construidos. Entre los barcos que más destacan está el de pasaje "Pasteur" de 17.500 TRB; los petroleros "Gwenola" y "Magdalena" de 102.750 toneladas de peso muerto; así como el transporte de carga a granel "Cetra Columba" de 87.000 toneladas de peso muerto.

Clase de barco	Entregados		Botados		Puesta de quilla	
	N.º	TRB	N.º	TRB	N.º	TRB
Barcos de pasaje .....	8	60.252	7	54.904	2	16.000
Petroleros .....	7	277.633	5	204.300	4	204.409
Buques de cabotaje .....					2	3.449
Transportes de gas .....			3	28.170	5	43.270
Mineraleros .....	4	113.650	4	141.447	8	241.314
Buques de carga .....	5	43.924	7	54.209	5	48.910
Buques refrigerados .....	2	9.900				
Buques de pesca .....	53	31.941	46	16.340	38	12.912
Buques oceanográficos .....	1	64	1	64	1	64
Remolcadores .....	5	495	5	495	5	1.061
Buques diversos .....	5	2.141	6	4.491	5	4.464
Total .....	90	540.000	84	504.420	75	575.844
para la exportación .....	47	103.345	43	73.797	34	76.627

Actualmente se hallan en preparación las exigencias para containers análogos a los ya citados pero aislados.

La misma casa registradora ha realizado una revisión de sus Reglas para buques de carga seca, cuya eslora sea mayor de 90 m. Se han revisado especialmente las secciones relativas a la sala de máquinas, reforzamiento para navegación entre hielos, escotillas y otros detalles estructurales.

También se ha realizado un gran avance en la revisión de las Reglas para los materiales usados en la construcción del casco, calderas, calderetas, compresores y maquinaria similar. Se espera que estas revisiones se publiquen a mitad de 1967, formando dos nuevos capítulos, el "Q" y el "J", referentes a materiales, de casco el primero y a calderas compresores y otros aparatos similares el segundo. El nuevo capítulo "Q" estará de acuerdo con las exigencias de la ISO.

Igualmente se añadirán dos nuevas secciones en las Reglas prácticas para la inspección y construcción de maquinaria de carga de los buques.

Se han hecho otras revisiones de menor importancia en las Reglas de resistencia longitudinal, cables de acero y tanques de sentina y lastre.

Como contribución al desarrollo de los "Hovercraft" se han publicado unas exigencias provisionales para la clasificación de éstos, esperándose que se publiquen en el presente año unas Reglas definitivas sobre este tema.

# INFORMACION NACIONAL Y PROFESIONAL

## BOTADURA DEL BUQUE DE CARGA "SOROLLA"

Recientemente ha sido botado este buque en los Astilleros de "Unión Naval de Levante, S. A.", para los armadores Compañía Valenciana de Navegación.

Sus principales características son las siguientes:

Eslora total .....	124,20 m.
Eslora entre perpendiculares .....	114,00 m.
Manga de trazado .....	17,50 m.
Puntal de trazado .....	9,30 m.
Registro bruto .....	5.787,48 t.
Potencia para propulsión .....	3.500 BHP.
Velocidad .....	14 nudos
Autonomía .....	7.000 millas

El buque está dispuesto para el transporte de madera en rollo; posee un equipo especialmente estudiado para la manipulación de esta clase de carga, con amplísimas escotillas para facilitar la maniobra de la misma. Su capacidad de bodegas es de 9.600 metros cúbicos, pudiendo cargar 5.500 toneladas de maderas ligeras o bien 7.500 toneladas de carga general. Dispone de puntal de carga para grandes piezas, capaz para 100 toneladas.

El motor propulsor es un diesel Burmeister & Wain de dos tiempos.

## NORMAS UNE

La Revista del Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo, de los meses noviembre-diciembre, publica las siguientes Normas UNE aprobadas con carácter definitivo:

15.402 h1.—Tornos. Vocablos y equivalencias (español, francés, inglés, alemán, italiano).

16.121.—Brocas helicoidales. Definiciones y clasificación.

25.014.—Tirantes articulados para calderas de locomotoras con hogar de acero, primera revisión.

25.186.—Válvula de toma de vapor para la calefacción.

49.001 h1.—Nomenclatura de los embalajes de madera.

53.111.—Materiales plásticos. Tuberías en policloruro de vinilo rígido. Métodos de ensayo.

También se publican en dicha Revista, las siguientes Propuestas de Normas:

15.011 h4.—Máquinas-herramienta. Vocablos y equivalencias (alemán-español).

15.011 h5.—Máquinas-herramientas. Vocablos y equivalencias (italiano-español).

17.094.—Tirafondos con cabeza hexagonal.

17.101.—Chavetas de disco.

37.102 2.<sup>a</sup> rev.—Aleaciones de cobre. Definiciones. Designaciones, segunda revisión.

## DEMOSTRACIONES DE TECNICAS AISLANTES

El pasado mes de enero se celebraron, en la Factoría de Resinas y Poliésteres Celta, S. A., de Vigo, unas demostraciones de inyección de poliuretano expandido.

Las espumas rígidas de poliuretano constituyen un aislante de buena calidad debido a sus características específicas, como son el bajo coeficiente de conductibilidad, su baja densidad, su buena resistencia mecánica, su estabilidad dimensional y otras mas. Su bajo coeficiente de conductibilidad térmica permite utilizar unos espesores menores de aislamiento, lo cual se traduce en un mayor volumen de bodegas con el consiguiente aumento de rendimiento económico del barco.

Las demostraciones se desarrollaron con éxito y con gran asistencia de industriales del frío, armadores y demás personas interesadas en el tema.

## 5.<sup>a</sup> CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Del 21 al 26 de mayo del presente año, se va a celebrar en Montreal la citada Conferencia.

El programa técnico para esta Conferencia se ha dividido en dos grupos fundamentales que son:

Secciones principales o discusiones y Sesiones Técnicas.

En las sesiones principales se tratará de la presentación de los trabajos realizados por los diversos autores, admitiéndose discusiones verbales o escritas.

A las sesiones técnicas, que ocupan la mayor parte del programa, se estima que se presenten más de 60 artículos. Estos artículos se agruparán de acuerdo con los métodos de pruebas, aplicaciones etc.

Destacan entre otros los siguientes temas:

Desarrollo y aplicaciones de los ultra sonidos. Medidas de resistencia. Aplicación de las altas temperaturas. Métodos de análisis eléctricos y magnéticos. Pruebas térmicas no destructivas. Aplicaciones de métodos de soldadura, fundiciones y otros.

Los interesados en una mayor información pueden dirigirse al C. E. N. I. M. Delegación Española del Comité Permanente para la Cooperación Internacional en el campo de los Ensayos no Destructivos. Avenida de la Moncloa sin número. Ciudad Universitaria. Madrid-9.



**NAVALIPS S.A.**

FABRICA DE HELICES MARINAS

TODOS LOS TAMAÑOS  
TODAS LAS ALEACIONES  
TODOS LOS TIPOS  
REPARACIONES

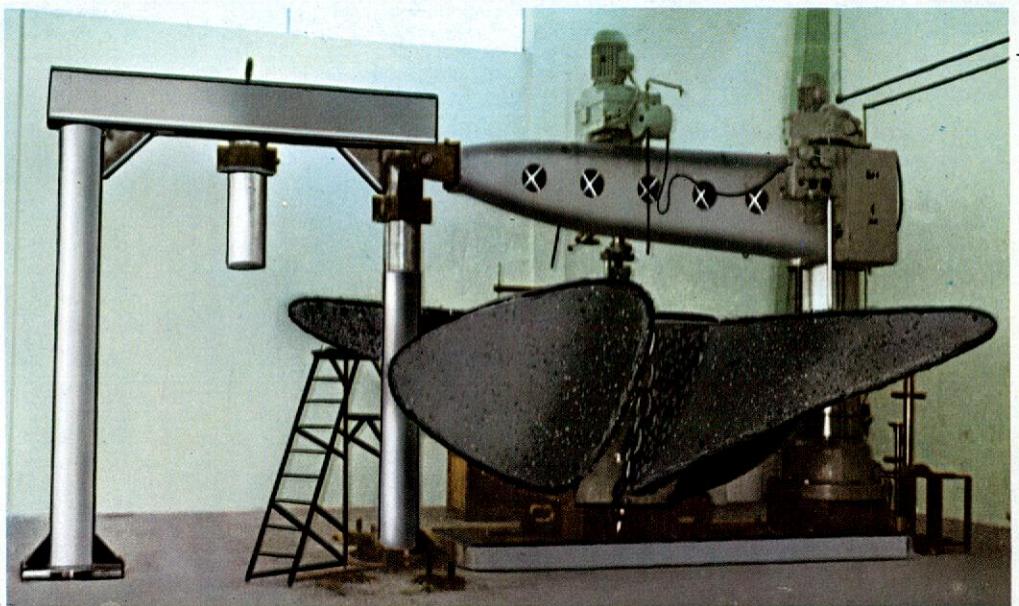


TECNICA Y EXPERIENCIA

VISTA GENERAL DE LA FABRICA



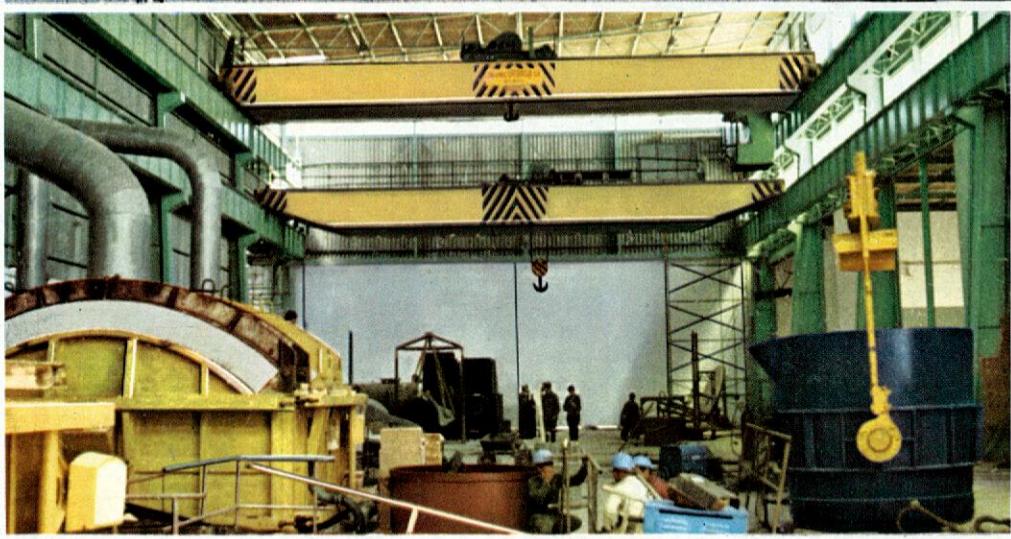
"En el mes de Junio se han realizado las primeras entregas, estando en condiciones de servir sus pedidos en el más corto plazo".



Maquinando el núcleo de una hélice de 32 toneladas



Nave de fundición - Zona de moldeo



Nave de fundición - Zona de hornos

Representantes generales  
de Lips, N. V. para la venta  
en España de:

Hélices de paso controlable - Hélices de maniobra de proa.  
Hélices monoblock de Lima, Cunial, Lidrunel, acero inoxidable, plástico, etc.  
Camisas y casquillos centrifugados de bronce.

## 8.º CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE GALVANIZACION EN CALIENTE

La Asociación Técnica de Galvanización nos comunica que del 11 al 16 de junio del corriente año se va a celebrar en Londres el citado Congreso. Este se celebrará bajo el patrocinio de la Asociación Europea de Galvanización en Caliente.

Se celebrarán ocho Sesiones Técnicas durante los días 12, 13 y 14 de junio en sesiones de mañana y tarde. En todas ellas se presentarán a discusión los trabajos que a continuación se citan:

- Formación de la aleación en la galvanización en caliente, por A. A. Hershman.
- Influencia del contenido de carbono, silicio y aluminio de los aceros sobre el espesor del recubrimiento, por W. Raedeker, A. Hankel y W. Friehe.
- Efecto del recubrimiento sobre la resistencia a la corrosión bajo tensiones en presencia del hidrógeno del alambre de acero de alta resistencia, por J. Voeltzel y A. Constant.
- Empleo de acero galvanizado en el hormigón armado, por L. H. Everett.
- Comportamiento estructural de las uniones remachadas galvanizadas. Con un apéndice sobre acero galvanizado para puentes, por W. H. Munse.
- Sobre el comportamiento de chapas de acero galvanizadas y pintadas expuestas durante diez años a atmósferas rural, industrial y marina, por P. Mariset.
- Pintado y revestido plástico de chapa de acero galvanizado en continuo, por R. Devillard.
- Peso mínimo admisible en las especificaciones sobre recubrimientos de cinc, por K. S. Frazier.
- Transporte de materiales en el taller de galvanización, por H. M. W. Creese y C. van Kempen.
- Decapado en hidróxido sódico fundido, de artículos de hierro moldeado por I. Nizzola.
- Tratamiento de los ácidos y aguas residuales en los talleres de galvanización de alambre, por C. L. Eisenhuth.
- Nuevo método de soldeo por puntos de chapas galvanizadas, por R. Chapleur.

- Galvanización de alambre, por Giuseppe Fratello Redaelli S. p. A.
- Novedades en ventanas galvanizadas desde 1950, por E. F. Pellowe.
- Problemas en la práctica general de galvanización, por R. Haarmann.
- Transferencia de calor a través de las paredes de los crisoles de galvanización por I. Nizzola.
- Galvanización en baños que contienen adiciones de níquel y vanadio, por J. J. Sebisty y R. H. Palmer.
- Cristalización de los recubrimientos galvanizados, por D. I. Camerón.
- Nuevas aplicaciones de la galvanización en general, por F. C. Porter.
- Recubrimientos de cinc en la industria química y del petróleo, por J. L. Kimberley y T. F. Shaffer J.
- La "Campina Dairy Plant". Una nueva estructura soldada pregalvanizada. Película y memoria, por J. F. H. van Eijnsbergen.

Los interesados en una mayor información pueden dirigirse al CENIM. Ciudad Universitaria, Madrid-3.

## ENTREGA DEL BUQUE DE CARGA "PEDRO MENENDEZ"

En el pasado mes de marzo ha tenido lugar, en Astilleros y Talleres del Noroeste, S. A., la entrega del buque del epígrafe a sus armadores Joaquín Ponte Naya, S. A.

Sus principales características son las siguientes:

Eslora total .....	154,60 m.
Eslora entre perpendiculares .....	142,00 m.
Manga de trazado .....	20,00 m.
Puntal a la cubierta superior .....	12,00 m.
Puntal a la cubierta inferior .....	9,10 m.
Calado .....	8,69 m.
Peso muerto .....	12.000/14.000 t.
Velocidad en servicio .....	15 nudos
Capacidad total de bodegas en grano.	20.000 m <sup>3</sup>

El motor principal es un Naval-Sulzer, tipo 5RD76, de 7.500 BHP, a 119 r. p. m.

# INFORMACION LEGISLATIVA

## PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

*ORDEN de 18 de febrero de 1967 por la que se aprueba el Programa de Actuación e Inversiones de las Empresas Nacionales en que participa el Instituto Nacional de Industria e inversión financiera total del Organismo correspondiente al año en curso.*

(“B. O. del E.” núm. 46, de 23 de febrero de 1967, página 2491.)

## MINISTERIO DE COMERCIO

*ORDEN de 31 de enero de 1967 sobre establecimiento de las normas para la distribución de los créditos correspondientes a la anualidad de 1968, en cumplimiento de lo dispuesto en la Ley de Renovación y Protección de la Flota Pesquera de 23 de diciembre de 1961*

(“B. O. del E.” núm. 30, de 4 de febrero de 1967, página 1522.)

## MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA

*RESOLUCION de la Dirección General de Enseñanza Técnica Superior por la que se publica la relación de aspirantes admitidos a la oposición convocada para proveer la cátedra del grupo III, vacante en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales.*

(“B. O. del E.” núm. 38, de 14 de febrero de 1967, página 2055.)

## MINISTERIO DE HACIENDA

*DECRETO 3313/1966, de 29 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Impuesto sobre Actividades y Beneficios Comerciales e Industriales.*

(“B. O. del E.” núm. 31, de 6 de febrero de 1967, página 1569.)

*DECRETO 3314/1966, de 29 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido del Impuesto general sobre el Tráfico de las Empresas.*

(“B. O. del E.” núm. 31, de 6 de febrero de 1967, página 1578.)

*ORDEN de 7 de febrero de 1967 sobre fijación del tipo de interés aplicable por el Banco de Crédito a la Construcción a las operaciones a que se refiere la Orden de 24 de diciembre de 1966.*

(“B. O. del E.” núm. 37, de 13 de febrero de 1967, página 1949.)

## MINISTERIO DE TRABAJO

*RESOLUCION de la Dirección General de Previsión por la que se dictan normas para la liquidación y recaudación de las cuotas del Régimen General de la Seguridad Social y se regula la forma de reintegrar a las Empresas el importe de las prestaciones satisfechas por su colaboración de pago delegado.*

(“B. O. del E.” núm. 28, de 2 de febrero de 1967, página 1425.)

*RESOLUCION de la Dirección General de Ordenación del Trabajo por la que se aprueba el Convenio Colectivo Sindical de la “Empresa Nacional Bazán de Construcciones Navales Militares, S. A.”*

(“B. O. del E.” núm. 49, de 27 de febrero de 1967, página 2713.)

## SECRETARIA GENERAL DE MOVIMIENTO

*DECRETO 256/1967, de 10 de febrero, sobre liquidación de la Cuota Sindical con arreglo a las nuevas bases de cotización a la Seguridad Social.*

(“B. O. del E.” núm. 40, de 16 de febrero de 1967, página 2142.)

## BIBLIOGRAFIA

### Parte V de la Colección Multilingüe sobre Soldadura y Técnicas Afines.

El Instituto Internacional de Soldadura anuncia la publicación de la Parte V de su Colección Multilingüe sobre Soldadura y Técnicas Afines titulada “Corte térmico”.

Esta parte contiene 360 términos en 17 idiomas, alemán, inglés, danés, francés, español, finlandés, italiano, holandés, noruego, polaco, rumano, ruso, servo-croata, eslovaco, esloveno, sueco y checo. La obra consta de 211 páginas de las que 4 se dedican a los dibujos que ilustran algunos términos. El precio es de 300 pesetas.

De las restantes partes publicadas se encuentran disponibles actualmente las siguientes:

1.º Parte.—Términos generales. Ejecución, características y control de soldaduras. 400 términos en 12 idiomas.

Suplemento sobre los mismos términos en idiomas: polaco, ruso, eslovaco, checo y turco.

3.º Parte.—Soldadura eléctrica por arco. 280 términos en 12 idiomas. Suplemento en los mismos idiomas que el anterior.

4.º Parte.—Soldadura por resistencia. 360 términos en 18 idiomas.

Estos fascículos pueden obtenerse directamente del Editor: Association Suisse pour la Technique du Soudage, o a través del Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, Ciudad Universitaria, Madrid-3.

# Proveedores de la Industria Naval:

## APARATOS DE PRECISION, D. Y. C.

TACOMETROS, Selsyns, Diferenciales, Telemundos, etc., especiales para la MARINA e industria en general. Garantía y precisión.—Calle Rosario, 44, bajos. BARCELONA. Teléfono 203 58 30.

## ASTILLEROS Y TALLERES DEL NOROESTE, S. A.

Factoría y domicilio social: PERLIO (Fene).—Direcciones: Telegráfica "Astano". Postal: Apartado 994.—Teléfono 4 de Fene. EL FERROL DEL CAUDILLO.

## BOMBA PRAT, S. A.

Bombas rotativas. Bombas centrífugas. Compresores. Humidificación y ventilación.—Apartado 16. Wifredo, números 101-119.—BADALONA.

## BOTIQUINES NAVALES HORLAS

Homologados tipos núm. 5 y 6 por SEVIMAR, Dirección General de Navegación.—Tipos 1, 2, 3, 4, con certificados de Sanidad Exterior.—Proveedor de los principales ARMADORES y ASTILLEROS del país.

## CONDUCTORES ELECTRICOS ROQUE, S. A.

Manufactura general de cables y demás conductores eléctricos aislados para todas las aplicaciones.—Casanova, número 150. - Teléfono 253 38 00. - BARCELONA-11.—Fábrica en Manlleu.—Madrid, Valencia, Bilbao, Sevilla, La Coruña, Zaragoza.

## CONSTRUCCIONES ELECTRICAS ASEADELL, S. A. (ASEA-CES)

Programa de fabricación: MOTORES Y GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA Y CONTINUA, TIPOS NORMALIZADOS SEGUN IEC FABRICADOS EN GRANDES SERIES - MOTORES ESPECIALES PARA BOMBAS, CON ELECTROFRENO PARA SOBRE CUBIERTA, ANTISHOCK, ETC. - GRUPOS WARD LEONARD PARA ACCIONAMIENTO DE MAQUINILLAS DE PESCA - MAQUINARIA PARA INDUSTRIA Y TELEFONIA.—Sol y Padrós, 1 - Teléfono 3000 - SABADELL.

## EDUARDO BATISTE-ALENTORN

Avenida de Jose Antonio Primo de Rivera, 416. BARCELONA.—Construcción de generadores y electromotores especiales para buques. Grupos convertidores para soldadura eléctrica.—Teléfono 223 12 85.

## FABRICACIONES ELECTRICAS NAVALES Y ARTILLERAS, S. A.

Constructores de: Motores, generadores, alternadores, grupos Ward-Leonard, equipos de arranque automático para molinetes, cabrestantes y maquinillas de cubierta, cuadros y cajas de distribución, telégrafos, teléfonos, indicadores de revoluciones por minuto y de la posición del timón, equipos de sirena, aparatos de vista clara, ventiladores y aparatos de alumbrado.—Teléfono 351401.—Apartado 986.—EL FERROL DEL CAUDILLO.

## "FACTORIAS VULCANO".—ENRIQUE LORENZO Y CIA, S. A.

Astilleros. Varaderos. Construcción y reparación de buques. Talleres de calderería gruesa y construcciones metálicas.—Apartado 1507.—Teléfono 217501 (10 líneas).—VIGO.

## IPINA Y CIA., S. L.

Construcciones de ventanas. Portillos de luz. Vistas-Claras. Escaleras. Telégrafos. Aparatos eléctricos estancos. Pintor Losada, 9.—Teléfonos 33 12 14 - 33 39 79 - 33 29 31.—BILBAO-4.

## KLEIN, S. A.

Más de cincuenta años de experiencia en la fabricación de toda clase de artículos y correas de goma. Sucursales en BARCELONA, MADRID, BILBAO, SEVILLA Y VALENCIA. Apartado 24. SEGOVIA.

## LA MAQUINISTA TERRESTRE Y MARITIMA, S. A.

Apartado 94. BARCELONA.—Delegación en Madrid: Serrano, 5, bajo derecha.

## LORY, S. A.

Concesionarios de las PINTURAS MANO ROJA, de renombre mundial.—Fábrica y Oficinas: Calle Miguel Servet, 271-273.—Teléfonos 280 12 00 y 280 12 01.—BADALONA (Barcelona).

## PRODUCTOS PIRELLI, S. A.

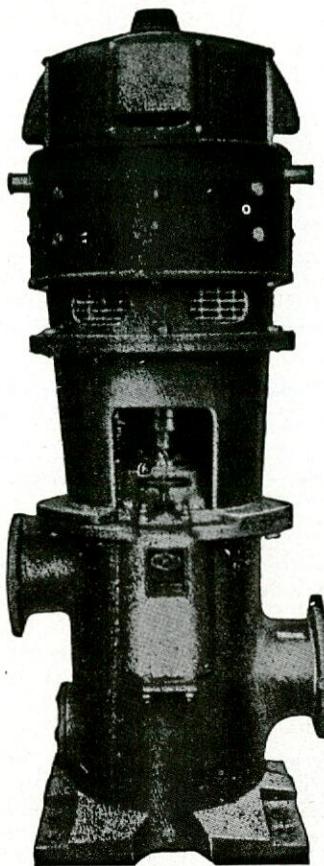
Desde más de medio siglo, especializada en Conductores Eléctricos aislados para la Marina Mercante y la Armada. Neumáticos. Artículos varios de goma.—Avenida de José Antonio, 612-614.—BARCELONA (7).—Sucursales en Madrid, Bilbao, Sevilla, La Coruña y Valencia

## PURIFICADORES DE AGUA, S. A.

Ingenieros especialistas en tratamiento de aguas y protecciones contra incendio. Instalaciones contra incendio para buques. Detección de humos y extinción por CO<sub>2</sub> 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. Suministradores de los más importantes Astilleros de España.—Rambla de Cataluña, 68. BARCELONA. Delegación en Madrid: Montalbán, número 13.

## S. A. E. METRON

APARELLAJE ELECTRICO ESPECIAL PARA LA MARINA, APROBADO POR EL LLOYD'S REGISTER Y LA BUREAU VERITAS.—Interruptores automáticos SACE.—Aparatos de medida GOSSEN.—Fusibles HAZEMEYER.—Cuadros de distribución, etc.—BARCELONA: Plaza de Cataluña, 9. Teléfono 231 27 00, y MADRID: Ruiz de Alarcón, 12. Teléfono 222 29 27.



**IMO**

BOMBAS DE TORNILLO

**KARHULA**

BOMBAS AUTOASPIRANTES

**GRUNDFOSS**

BOMBAS CENTRIFUGAS

**JÖNKÖPINGS MEKANISKA WERKSTADS**

TURBOGENERADORES Y

TURBOBOMBAS

**C. RAUCH HYDROMATIK**

EQUIPOS HYDRO-GIGANT PARA ACCIONAMIENTO HIDRAULICO DE MAQUINILLAS, GANGUILLES, ETC.

**ERICH DINGLINGER**

SEPARADORES DE AGUA Y ACEITE DE SENTINAS

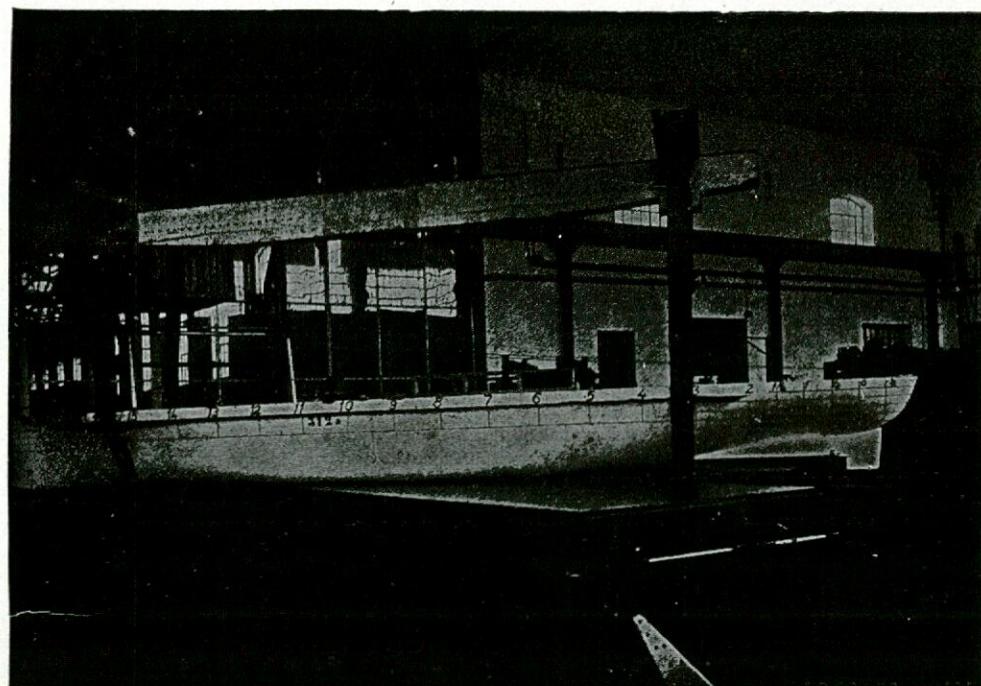
*Robur S.A.*

Juan de Mena, 8 - MADRID - 14

Grupo motobomba vertical IMO para engrase a presión. Caudal hasta 7.000 litros por minuto y presión hasta 10 kg/cm.<sup>2</sup>.

## CANAL DE EXPERIENCIAS HIDRODINAMICAS **EL PARDO**

(MADRID)



### DIMENSIONES PRINCIPALES

Longitud ... 320 mts

Anchura.... 12,50 »

Profundidad. 6,50 »

Ensayos de todas clases con modelos de buques.

Estudio de formas de carena y de propulsores de alto rendimiento para nuevas construcciones.

Estudio de modificaciones de buques ya en servicio, para mejorar económicamente su explotación.

# MAGOMO

POLIPASTOS, PUENTES-GRUAS, ASCENSORES



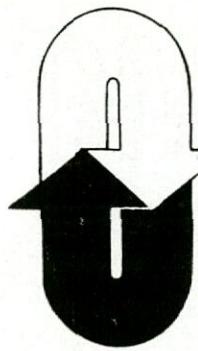
50 AÑOS DE EXPERIENCIA



BARCELONA (5)  
C. Pamplona, 95 - 99  
Tel. 225 6130

MADRID (8)  
C. Ferraz, 8  
Tel. 247 4710

MAS, GOBERNA MOSSO ING. S. L.

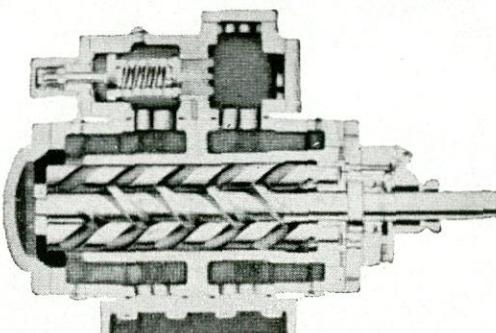


# GUINARD S.A.

MARCA LA CALIDAD

## Bombas de husillos helicoidales

ALLWEILER



Alta capacidad de aspiración

Para cualquier líquido volátil, o de viscosidad comprendida entre 2° engler hasta 500° engler.

Caudales sin pulsación desde 0 m³, 500/hora hasta 500 m³/hora. Presión hasta 80 Kg/cm²

Construcción posible horizontal o vertical, con metalurgia adaptada al líquido vehiculado.

Múltiples aplicaciones, en particular industrias navales, petroleras, químicas, ascensores y montacargas hidráulicos, etc.

Presupuestos y estudios gratuitos por nuestro servicio técnico

PLAZA NARCISO OLLER, 9

TELS. { 228 19 35  
227 24 78  
228 71 09

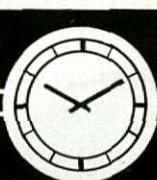
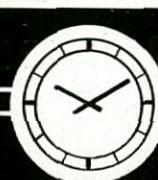
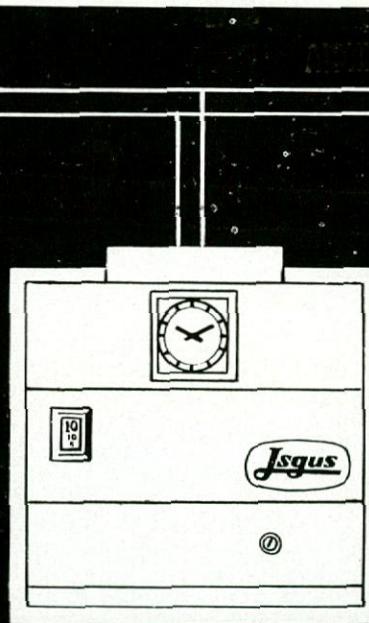
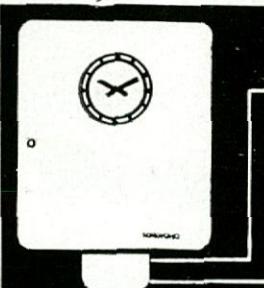
BARCELONA - 6

CALLE MEJICO, NUM. 9

TELEFONO 255 64 99

M A D R I D - 2

GUINARD, S. A.



## ¡EL TIEMPO ES ORO!

- 5 minutos de retraso diario en un centro de trabajo, supone al año 3 días laborables, multiplicado por el número de productores de una empresa, alcanza cifras astronómicas.
- Un control constante, le permitirá evitar esa pérdida de producción.
- Una gama completa de aparatos, permite ofrecer la solución adecuada a cada problema de control, con relojes independientes o sincronizados, para entradas o salidas, productividad, fabricación, etc.
- Sométanos su problema.
- Examine detenidamente lo que le ofrece ISGUS y se decidirá por ISGUS.

tome el pulso  
a su empresa  
con un reloj  
de control

**Jsgus**

Solicite información detallada a:

**UNION RELOJERA SUIZA S.A.** Avda. José Antonio, 29 - MADRID-13.  
o a sus Distribuidores:

PORTUSACH RELOJES..  
Pasaje Patriarca S. José D.  
Teléfs. 221 94 68 - 232 07 05  
BARCELONA-2

A. DE GOYOAGA E HIJOS, S.A.  
Plaza de Virgen Blanca, 1  
Teléf. 6316  
VITORIA

A. DE GOYOAGA E HIJOS, S.A.  
Marqués del Puerto, 5  
Teléfs. 23 72 01 - 24 64 21  
BILBAO

RELOJERIA GOMIS-Tte. Alvarez  
Soto, 6 Tf. 21 67 00 ALICANTE

Sr. D. WILLIAM MARTINEAU  
Plaza del Castillo, 18  
Teléf. 22 19 46 PAMPLONA  
OFIDA  
Toreno, 14 Teléf. 21 88 66 OVIEDO

El nuevo petrolero "BRITISH ADMIRAL" de 100.000 Tons. de P. M. perteneciente a la B. P. Tanker Co. Ltd. está pintado con

## Productos MANO ROJA

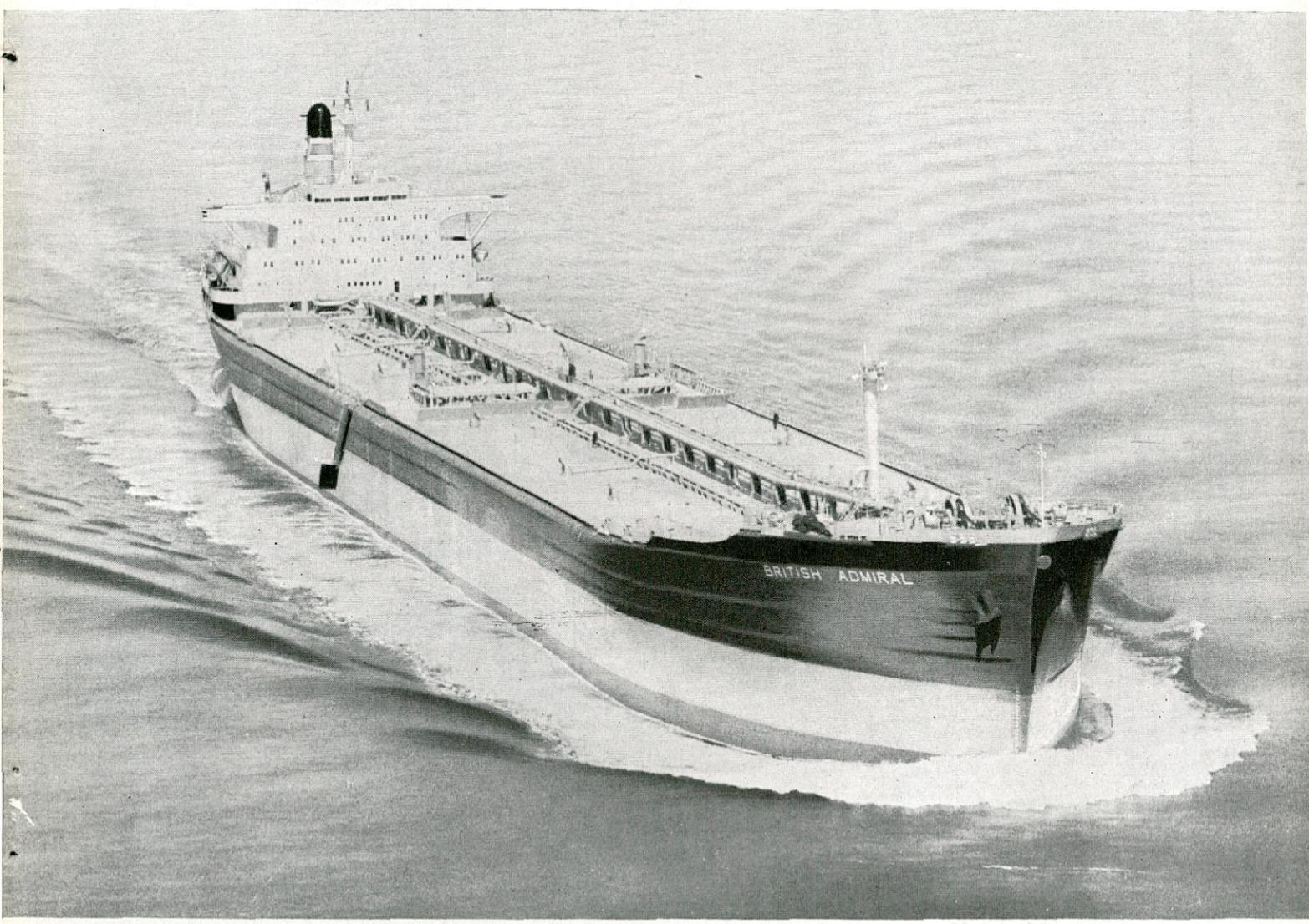
The Red Hand Compositions Co.

Marca

Registrada



ASEGURA UN BARCO LIMPIO Y ECONOMIA EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE



*Fotografia reproducida por cortesía de Vickers Ltd.*

Depósitos en los principales Puertos de España y del extranjero.

Proveedores de las Armadas y principales empresas navieras internacionales.

43 fábricas asociadas en los cinco continentes.

Concesionarios en España para la fabricación y venta de toda clase de Pinturas, Esmaltes y Barnices para la marina.

## LORY, S. A.

## Sección: Pinturas MANO ROJA

DE RENOMBRE MUNDIAL

FABRICA Y OFICINAS:  
Calle Miguel Servet, 271-273

BADALONA  
(Barcelona)

Dirección Telegráfica: MAROJA  
Teléfonos: 280 12 00 - 280 12 01

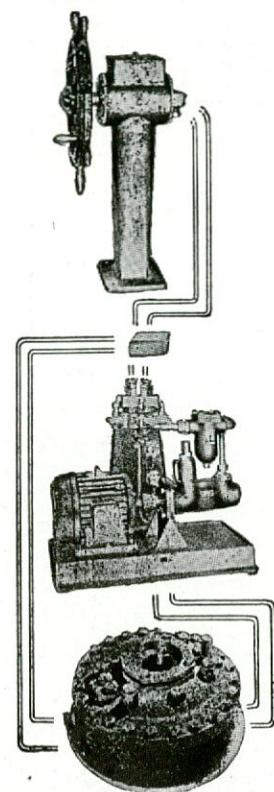
SUCURSALES Y REPRESENTANTES EN LOS PRINCIPALES PUERTOS ESPAÑOLES

Concesionarios de PINCHIN JOHNSON & ASSOCIATES LTD.

Grupo COURTAULDS

## "HYDRAPILOT"

A/S FRYDENBÖ Slip & M. V.  
BERGEN (Noruega)



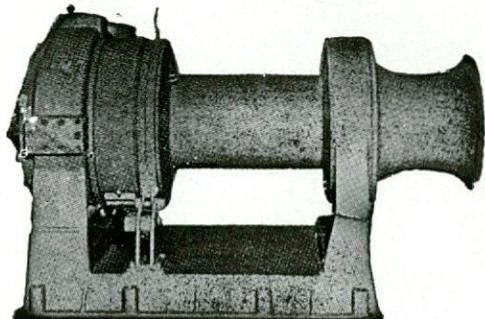
Servomotores sistema hidráulico en todas potencias y para toda clase de barcos.

Accionados por grupos electro-bomba y a mano.

●

## "NORWINCH"

THE NORWINCH GROUP.  
BERGEN (Noruega)  
MAQUINARIA HIDRAULICA PARA BARCOS



Maquinillas de carga de 1 1/2 a 6 Tm.  
Molinetas para cadena hasta 80 mm.  
Cabrestantes en todas potencias.  
Maquinillas para la pesca de arrastre en todas potencias.

Construcciones en España bajo licencia autorizada - Importaciones directas, como representante exclusivo  
**MOTORES Y MAQUINARIA DE IMPORTACION**

**A. NAVARRO**

Apartado 968 :: BILBAO :: Teléfono 23 30 05  
Motores marinos Diesel de importación en todas las potencias.



# LA MAQUINISTA TERRESTRE Y MARÍTIMA S.A.

MOTORES DIESEL DE 10 A 25.000 C.V.E. - LOCOMOTORAS  
DIESEL Y ELECTRICAS - AUTOMOTORES - ESTRUCTURAS  
METALICAS - TUBERIAS FORZADAS - CONSTRUCCIONES VARIAS

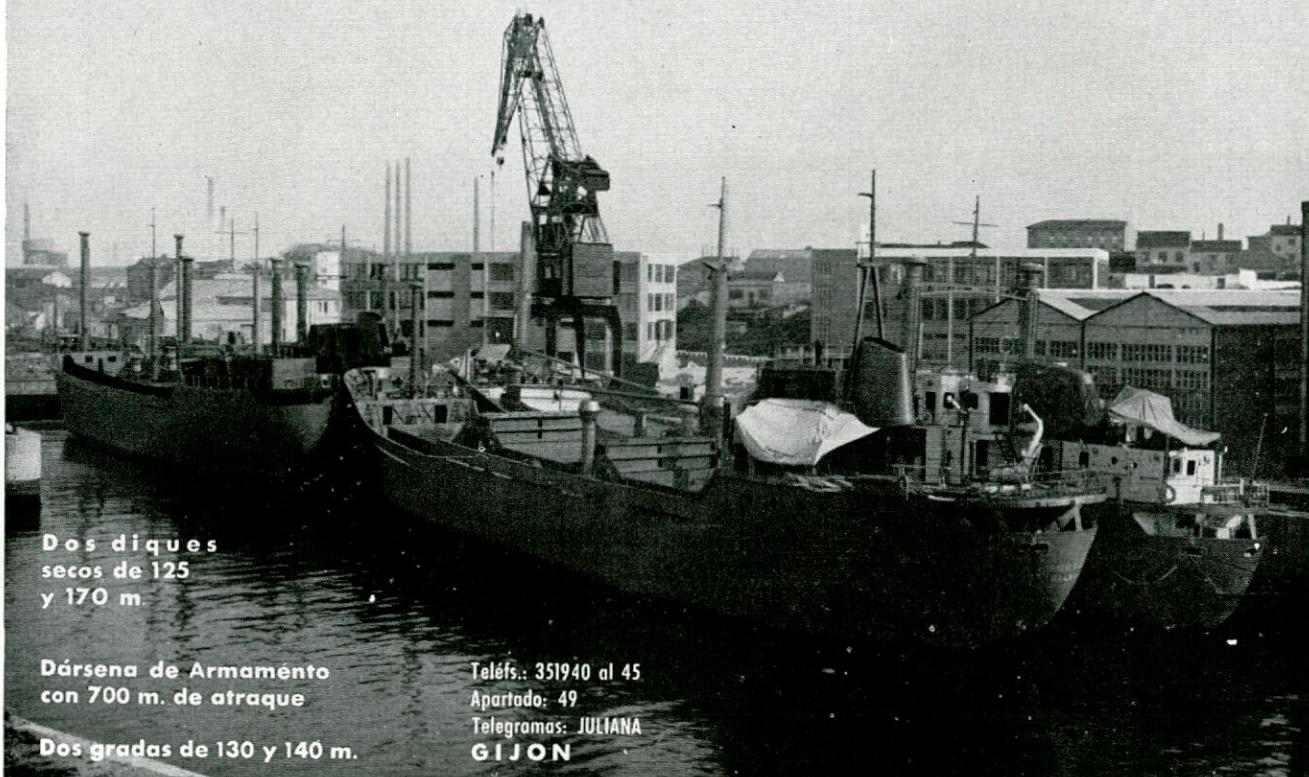
APARTADO 94

BARCELONA TEL. 222 87 27

DELEGACION EN MADRID - SERRANO, 5 TELÉFONO 225 18 21

# S. A. JULIANA CONSTRUCTORA GIJONESA

FILIAL DE LA COMPAÑIA EUSKALDUNA, DE BILBAO



Dos diques  
secos de 125  
y 170 m.

Dársena de Armamento  
con 700 m. de atraque

Dos gradas de 130 y 140 m.

Teléfs.: 351940 al 45

Apartado: 49

Telegramas: JULIANA

GIJON

## Constructor, naviero...

proteja el fondo de sus buques, con la mundialmente conocida

**"PATENTE SUBMARINA"**

de la

**"BRITISH PAINTS LIMITED"**

LONDON, NEWCASTLE, LIVERPOOL & GLASGOW



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.**

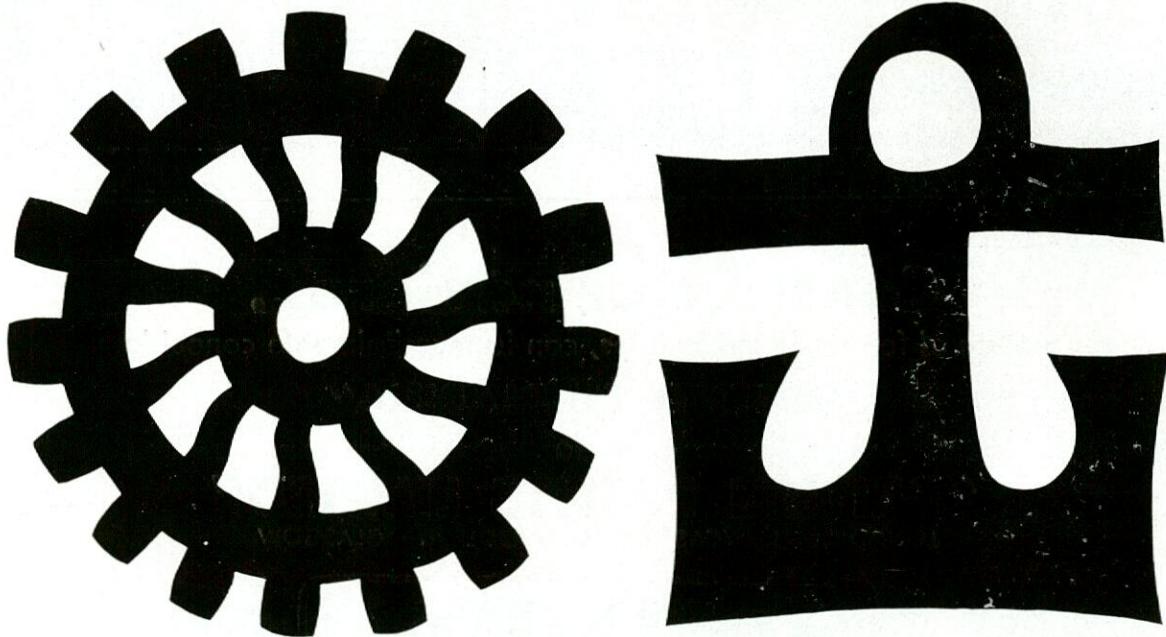
P.º de las Acacias, 35 - Teléf. 239 82 05 - Dir. Teleg.: Copinturas - MADRID - 5

CON PRECISION,

DESDE  
LA CONTRATACION  
HASTA EL FINAL  
DE LA GARANTIA,  
NUESTROS  
20 INGENIEROS Y  
60 TECNICOS,

ASESORAN  
E INSPECCIONAN  
DIARIAMENTE  
TODA CLASE DE

OBRAS  
INDUSTRIALES  
Y NAVALES



**Tecnaval**

ASESORAMIENTO E  
INSPECCION DE  
OBRAS INDUSTRIALES  
(LOCOMOCION, ELEVACION,  
MAQUINARIA, CALDERERIA)  
ASESORAMIENTO Y  
PROYECTOS DE BUQUES

TECNAVAL, S. A.  
ALAMEDA RECALDE, 29  
TELEFONO 213769  
TELEX 03790 "TECAR"  
DIREC. TELEG. TECNAVAL  
BILBAO (ESPAÑA)

TIEMPO SYNERGIE



Suministramos piezas forjadas en estampa y piezas forjadas a martillo listas para el montaje para la industria naval

**J. D. HALVER**

5868 Letmathe-Untergrüne  
Tel.: Iserlohn 26414/15 · Telex: 0827861 · W.-Germany



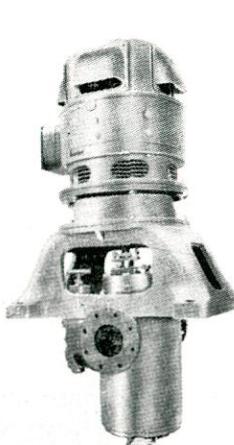
## INGENIERIA NAVAL

revista técnica de la  
**Asociación de Ingenieros Navales**  
de gran difusión  
en el ramo de la  
**construcción naval,**  
dentro del ámbito  
nacional y en el extranjero

CONTAMOS CON SUSCRIPTORES EN  
LOS PRINCIPALES PAISES DEL MUNDO

**CORBASA**

### BOMBAS DE TORNILLO HOUTTUIN-CORBASA

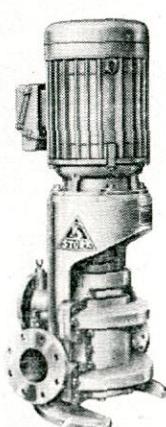


Licencia Houttuin (Holanda)

Desplazamiento positivo sin pulsaciones  
auto aspirantes  
verticales y horizontales  
aceites lubricantes o no  
combustibles líquidos  
agua dulce y salada

Servicio de: Lubricación;  
trasiego; alimentación;  
circulación; refrigeración;  
descarga y agotamiento  
petroleros; achique; etc.  
capacidades hasta 600 m<sup>3</sup>/h.

### BOMBAS CENTRIFUGAS STORK-CORBASA



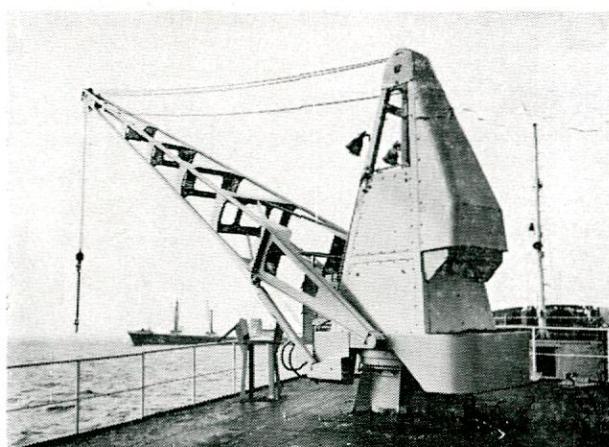
Licencia Stork (Holanda)  
Verticales y horizontales  
sin y con autocebado  
de uno y dos escalones  
de dos escalones y dos  
descargas.

Servicios de: sentina;  
lastre; contraincendios;  
circulación; refrigeración  
Capacidades hasta 1000 m<sup>3</sup>/h.

### GRUAS HIDRAULICAS CORBASA

Especiales para buques

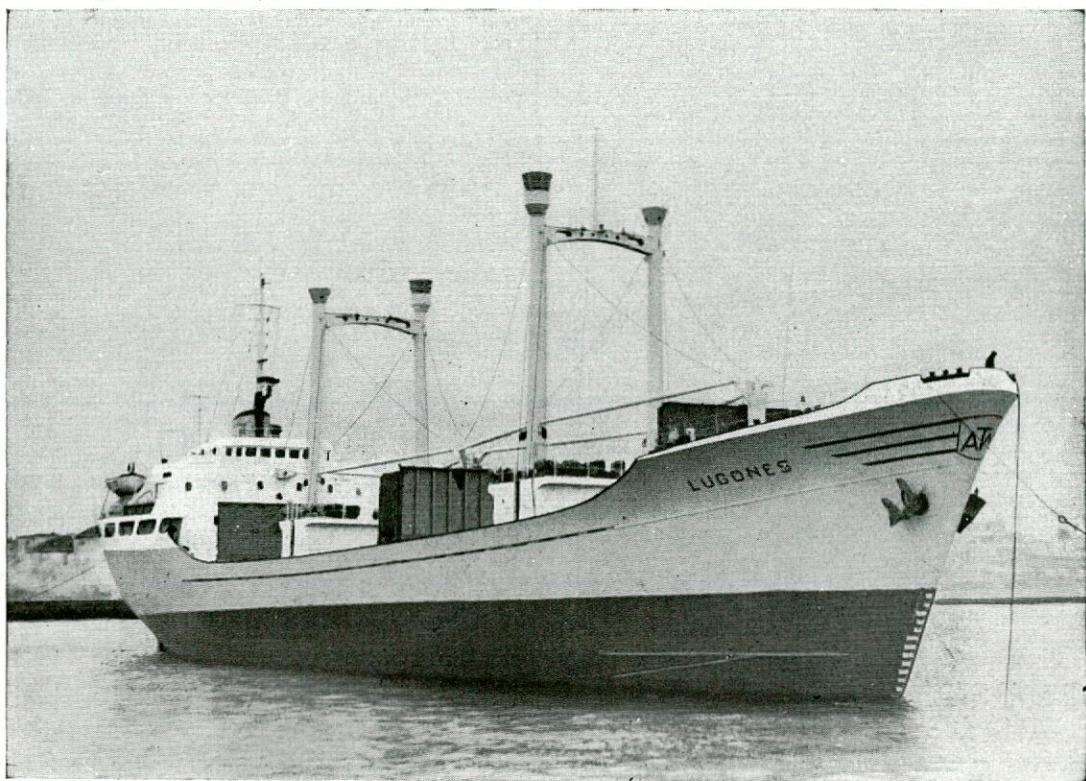
Series normalizadas: 2 - 2,5 - 3 y 5 T. de  
carga; 10 - 12 y 14 m. de alcance  
otras características bajo demanda



**BASSE SAMBRE - CORCHO, S. A.**

AVD. REINA VICTORIA, 10  
TEL. 27 14 00

APARTADO 323  
SANTANDER



Buque de 3.850 tons. de P. M. para AUXTRAMARSA

# 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.

Fundición de hierro, acero y otros metales.

Pinturas industriales y marinas.

## FACTORIAS

ASTILLEROS DEL CANTABRICO

ASTILLEROS DE RIERA

FACTORIA NAVAL DE CEUTA

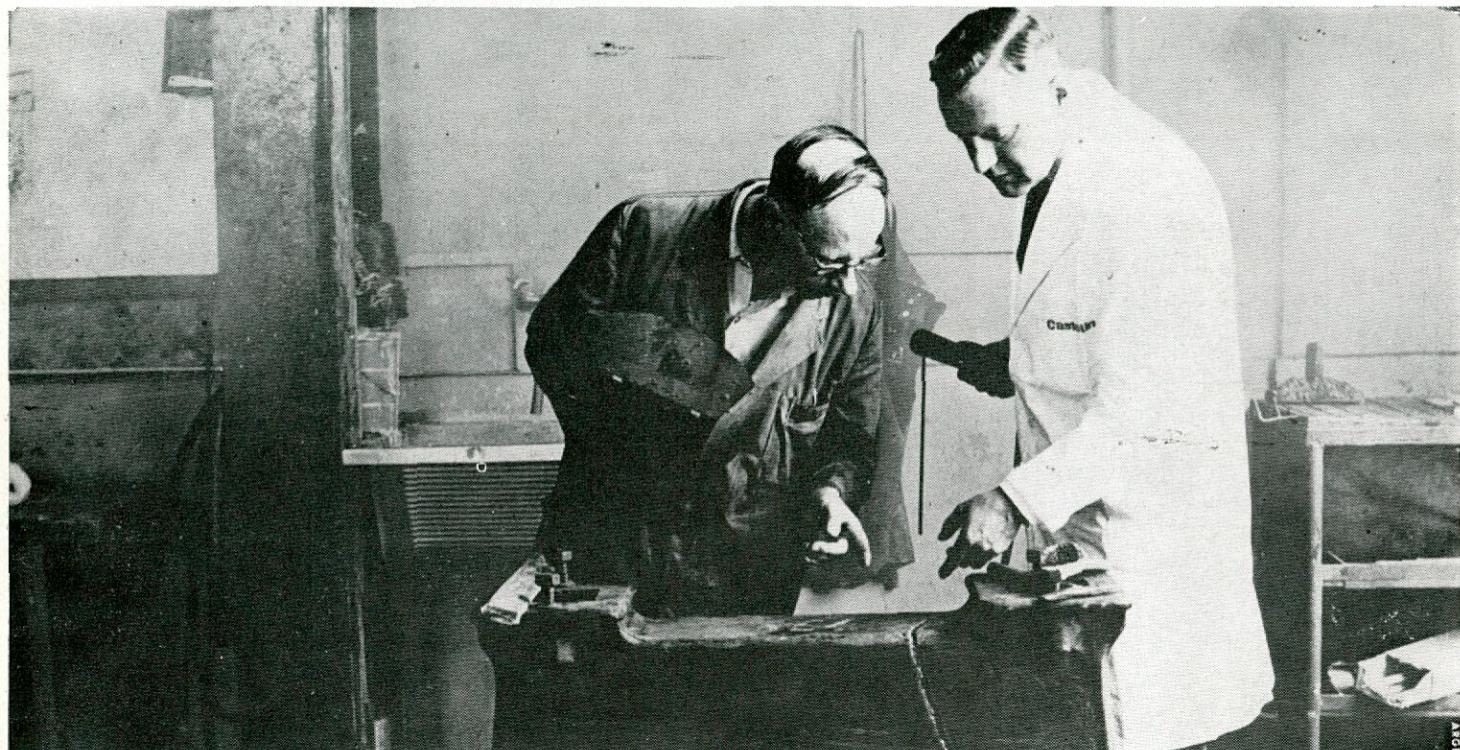
FABRICA DE PINTURAS "CHILIMAR"



Vista parcial de la factoría Astilleros del Cantábrico.

# Castolin

## BANCADA EN FUNDICION REPARADA CON EXITO GRACIAS A LOS ELECTRODOS "CASTOLIN"



Parecía imposible reemplazar esta bancada, fisurada durante su transporte, y que pertenece a una serie cuya fabricación había cesado totalmente. La situación parecía sin solución antes de consultar al Departamento Técnico CASTOLIN.

Bajo su asistencia, la fisura se achaflanó con el electrodo CHAMFERTRODE 03, para soldar posteriormente con el electrodo CASTOLIN 2-23. Coste de la reparación 20.000,- Ptas.

El electrodo CASTOLIN 2-23, excepcional para la soldadura en todas las posiciones, ofrece dos grandes ventajas: Resistencia a la fisuración y mecanización perfecta.

El electrodo CASTOLIN 2-23, es la última creación de una gran familia de electrodos especiales fabricados por CASTOLIN para la soldadura de fundición gris, maleable, nodular o con grafito esferoidal.

CASTOLIN ha puesto a punto también el procedimiento Casto Guna, asociación de métodos y materiales que permiten la reparación perfecta y con rapidez de piezas voluminosas de fundición.

La próxima vez que tenga Vd. un problema de soldadura difícil, consulte al Departamento Técnico CASTOLIN.

Pionero en el campo de la soldadura, su servicio a los clientes, su actividad en el campo de la investigación, la calidad de sus productos para la soldadura de mantenimiento, de reparación y de fabricación hace que CASTOLIN sea conocido en más de 100 países como la organización más eficaz al servicio del soldador.

Si desea más información sobre los electrodos CASTOLIN para fundición y más detalles sobre la asistencia técnica gratuita CASTOLIN, evíenos rápidamente este cupón sin ningún compromiso por su parte.

**SOLDATEC, S. A. Raimundo Fernández Villaverde, 59. MADRID-3**

Les ruego me envíen gratuitamente más detalles sobre los electrodos CASTOLIN para fundición.



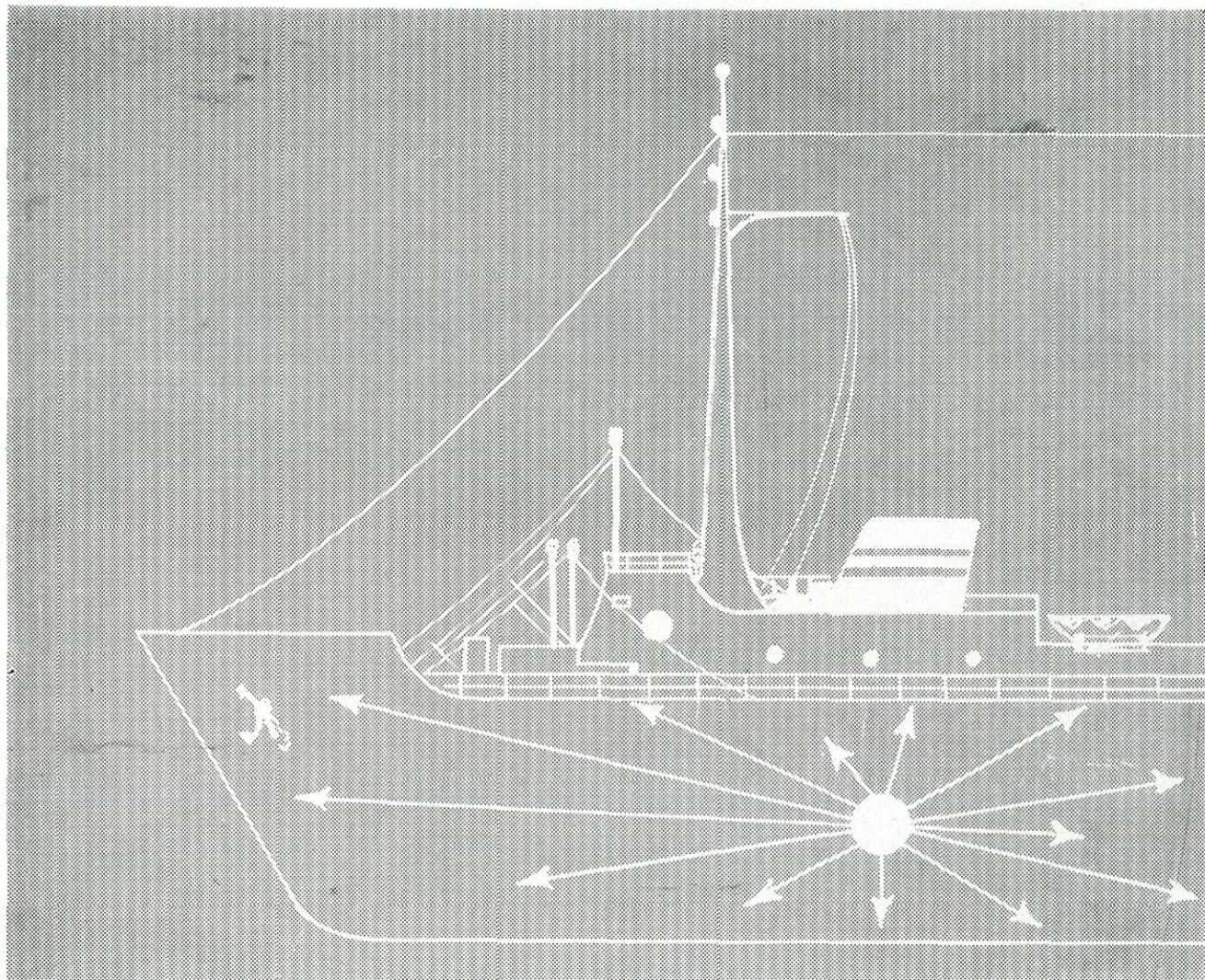
Nombre: \_\_\_\_\_

Sociedad: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Agente general para España:  
**SOLDATEC, S. A.**  
**Raimundo Fernández Villaverde, 59.**  
**MADRID-3. Telf. 233 63 00.**

# AUTOCENTRA-WORTHINGTON



## Nuevo sistema de cebado central que se impone en los buques modernos

### Sus ventajas:

- Gran economía cuando se trata de instalaciones importantes.
- Importante ahorro de potencia.
- El funcionamiento es totalmen-

te automático y no solamente ceba las bombas sino que compensa las ligeras fugas que puedan producirse en las tuberías de aspiración.

- Auto-centra Worthington es sencillo de instalación y manejo y los gastos de explotación y entretenimiento son muy reducidos.

### WORTHINGTON, S.A.

Domicilio Social: Avenida de José Antonio, 14 - Madrid-14.

Fábrica y Oficinas Técnicas: Embajadores, 179 - Madrid-5 Teléf. 227 39 53 - Apartado 372

Barcelona: José Antonio, 533-T. 223 15 00

Valencia: Jorge Juan, 7 - Tel. 2116 20

Gijón: Numa Guilhou, 14 - Tel. 35 29 06



*Savannah*  
1819



**SAVANNAH**  
1961



1819 - El SAVANNAH, único buque dotado de equipo propulsor auxiliar de ruedas de paletas.

El primer buque de vapor que cruzó el Atlántico. Hizo historia cuando llegó a Liverpool el 20 de Junio de 1819, después de treinta y cinco días de travesía, habiendo utilizado su equipo propulsor únicamente durante dieciocho días.

1961 - El único N/S SAVANNAH.

Primer buque de propulsión nuclear cuya entrega en 1961 marcó una nueva era en la marina mercante. Dispone de 21 cierres hidráulicos de escotillas todos controlados a distancia.

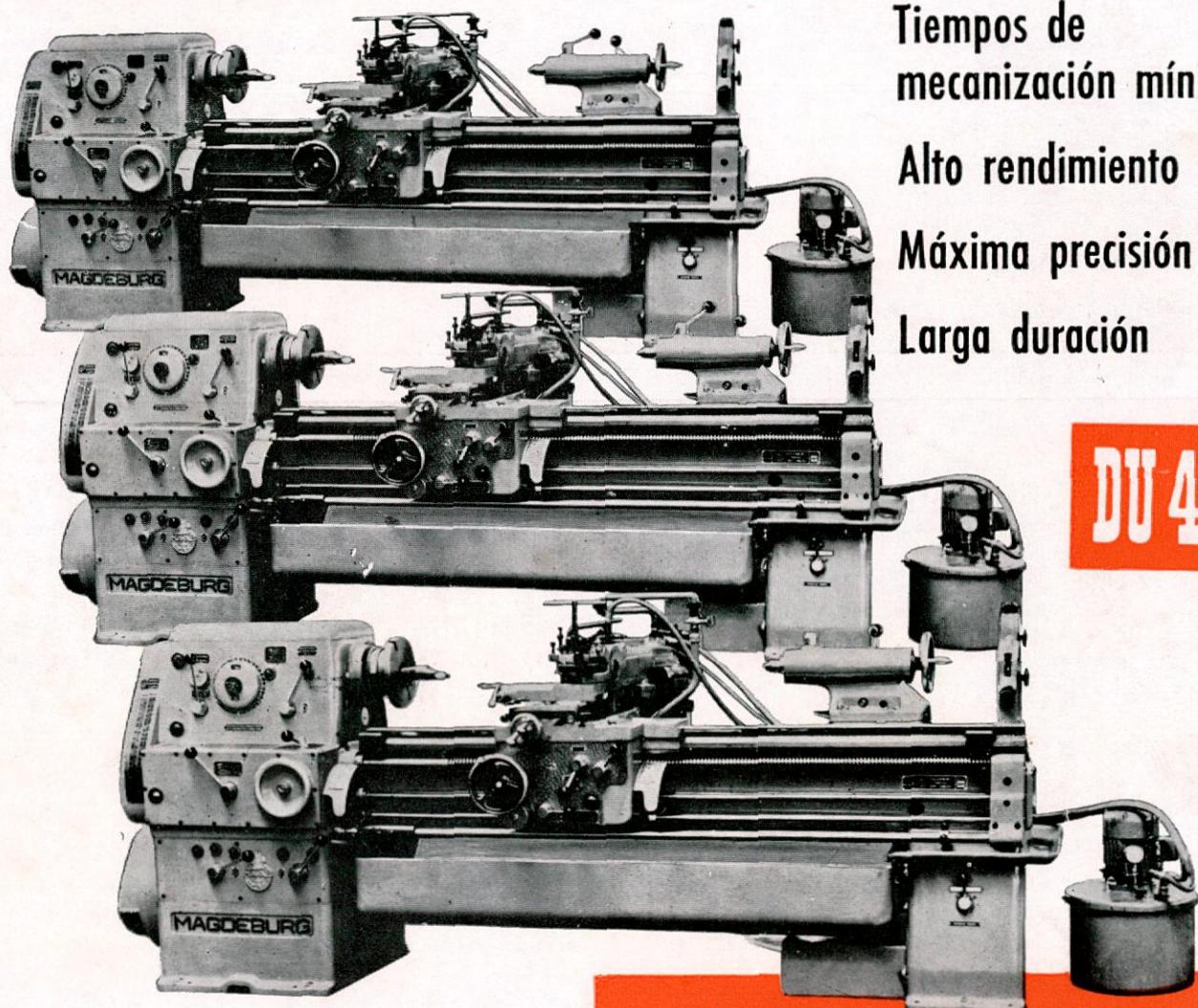
No. 3 OF A SERIES

La única organización internacional MacGREGOR. La primera en el campo de los cierres metálicos de escotillas automatizadas y en todo tipo de equipos de manejo de la carga. Pioneros cuyos esfuerzos han desarrollado una idea hasta convertirla en una valiosa realidad.

**MacGREGOR**  
international organisation



# MAGDEBURG



Tiempos de  
mecanización mínimos

Alto rendimiento

Máxima precisión

Larga duración

Entrega inmediata  
Máximas facilidades

Distancia e.p. 1.500 - 2.000 MM.

Revoluciones 34 - 1.500

Ø tornear sobre bancada 480 MM.

Id. id. escote 520 MM.

# SIAISA

Sociedad para Investigaciones y Aplicaciones Industriales, S. A.

OFICINA CENTRAL Y EXPOSICIÓN: MADRID-14, Alcalá, 52 - Tel 222 15 31 - Telg. MODUL