

Ingeniería Naval

REVISTA TÉCNICA

ORGANO OFICIAL DE LA ASOCIACION DE INGENIEROS NAVALES

Fundador: AUREO FERNANDEZ AVILA, Ingeniero Naval

Director: LUIS DE MAZARREDO BEUTEL, Ingeniero Naval

AÑO XXIX

MADRID, SEPTIEMBRE DE 1961

NUM. 315

Sumario

Páginas

Influencia de la vibración transversal de ejes de cola en la corrosión de los mismos, por <i>Ignacio Espinosa de los Monteros</i> , Ingeniero Naval	364
La protección catódica a bordo, por <i>Vicente López Valcarce</i> , Ingeniero Naval	369
Ensayos de modelos de buques de carga y su relación con los resultados en la mar	386

INFORMACION DEL EXTRANJERO

Entrega del «Aralizz»	392
La reunión semianual del «American Bureau of Shipping»	392
El carbonero «Biscaya»	394
Nuevas casas flotantes	394
Primer buque con el eje de cola montado sobre cojinetes de bolas	394
La Armada de los Estados Unidos es un cliente que exige	394
Colaboración de Polonia con Guinea para la pesca en la mar	395
Dos empresas de construcción naval en Cuba	395

INFORMACION NACIONAL

Pruebas oficiales del trawler congelador «Lemos»	396
Buque pesquero a motor «Navijosa»	397
Botadura del «Proa Europa»	397
Construcción en España de dos petroleros de 50.000 toneladas para el extranjero	397
Pruebas oficiales del pesquero «José-Carlos»	397
Botadura del «Camporraso»	398
Normalización española	398
Vacantes de Ingenieros	399
Reparación y transformación del petrolero británico «Esso-Durham»	399
Asociación de Ingenieros Navales	399
INFORMACION LEGISLATIVA	400

Dirección y Administración: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales.—Ciudad Universitaria.—Apartado de Correos 457. — Teléfono 44 08 07 (*) — MADRID (3).

Suscripción: Un año para España, Portugal y países hispanoamericanos, 250 pts. Un semestre, 140 pts. Demás países, 300 pesetas (franqueo aparte).

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

INFLUENCIA DE LA VIBRACION TRANSVERSAL DE EJES DE COLA EN LA CORROSION DE LOS MISMOS

Por IGNACIO ESPINOSA DE LOS MONTEROS

Ingeniero Naval

Al inspeccionar el eje de cola de un buque, con motivo de su desmontura en la primera revisión, se observó que tenía dos tipos de corrosiones. Uno de ellos situado en la camisa, a la altura del casquillo de proa de la bocina, estaba localizado en tres zonas situadas a lo largo de la periferia, a unos 120°. La forma de estas corrosiones, según se puede ver en la fotografía núm. 1, presentaba un aspecto totalmente similar a la corrosión por cavitación cuando ésta se presenta en las hélices de bronce manganeso.

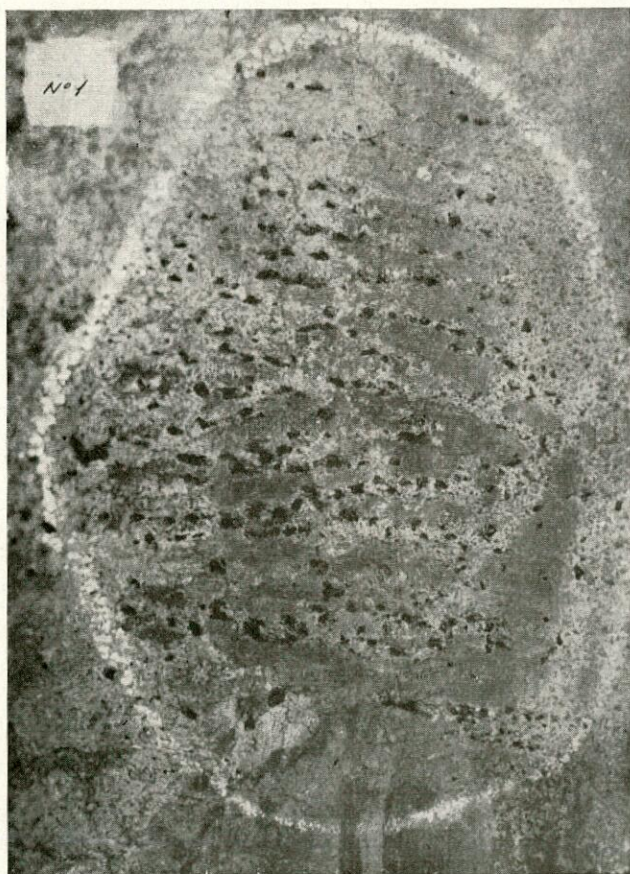


Fig. 1

Estas corrosiones están localizadas en las zonas medias entre los centros de los arranques de cada pala.

En el plano núm. 2 se ve la situación relativa de las

corrosiones de la camisa en el contorno desarrollado de la misma.

El segundo tipo de corrosión es el que presentaba el eje en el arranque del cono inmediatamente después de la camisa. Estas corrosiones, que van acompañadas de unas pequeñas fisuras en el plano normal al eje, hacen sospechar, por tanto, que se trata de un fenómeno de "fatiga de corrosión", siendo la fatiga a flexión.

El estudio de estos defectos hizo suponer que el eje de cola vibraba a flexión con una frecuencia "3N", siendo "N" el número de r. p. m. del eje (1). Con objeto de comprobar esta suposición se tomaron vibraciones en diversos puntos del eje de cola, de la bocina y del último eje intermedio. Estas mediciones se aprecian en los vibrogramas números 3, 4, 5 y 6.

El plano núm. 7 indica los puntos en que fueron tomadas estas vibraciones.

El análisis de estas vibraciones indica:

1.º El eje en la chumacera de popa de la línea no sufre ninguna vibración. Ver tiras 5-6 del vibrograma 3 (esta vibración se tomó con amplificación 20:1 y la vibración que se nota en estas tiras, de frecuencia sumamente elevada, es producida por la rugosidad de la superficie del eje). Las tiras 3-4 del vibrograma 6 nos muestran estas mismas vibraciones con amplificación 5 : 1 y en las que prácticamente no se aprecia la vibración producida por la rugosidad del eje. No existe, por tanto, ninguna vibración del eje en este punto.

2.º La tira 7 del vibrograma 3 y la tira 1 del vibrograma 4 indican la vibración del eje intermedio en el punto medio de las dos últimas chumaceras de la línea. En estas tiras sólo se aprecia la vibración producida por la rugosidad del eje, no existiendo, por tanto, ninguna vibración del eje.

De acuerdo con esto, el eje intermedio no tiene ninguna vibración vertical ni horizontal entre las dos últimas chumaceras.

3.º Las tomas de las tiras 1-2-3 del vibrograma 3, con amplificación 20 : 1, y las 1-2 del vibrograma 6, con amplificación 5 : 1, están realizadas en el eje de cola

(1) Some Unusual Ship and Machinery Defects. Their investigation and cure, p. 6. "Defects in Shafting and Hulls due to Vibration", T. W. Bunyam and B. Hildrew. Trans. Institute of Marine Engineers, feb. 1953.

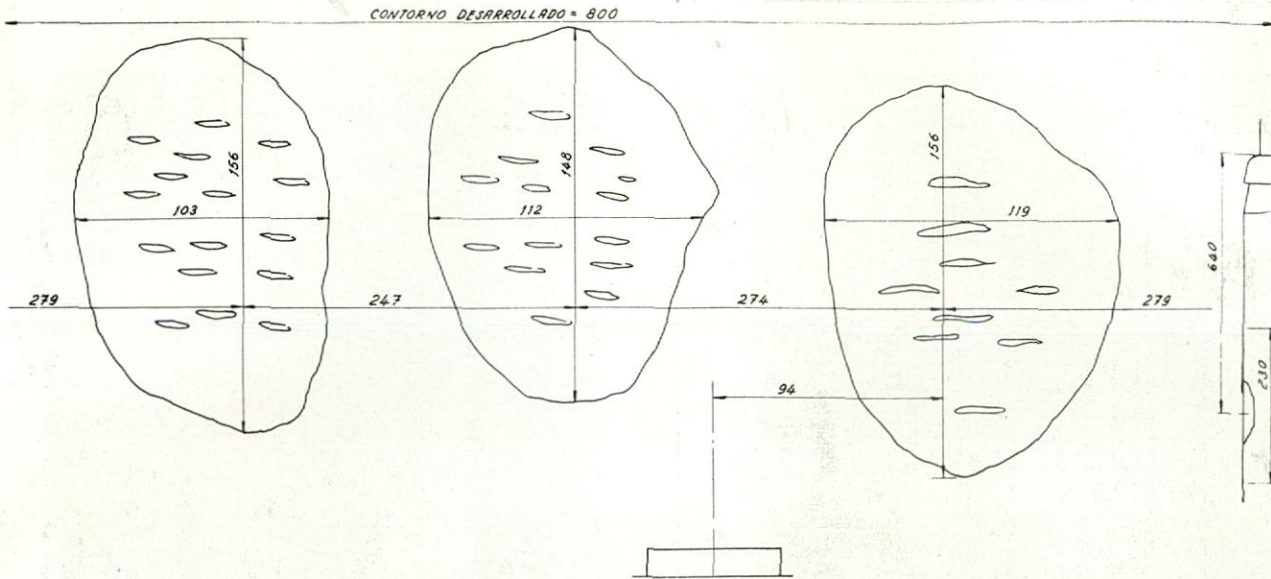


Fig. 2

en la zona inmediata a la camisa de bronce. En esta zona se observa claramente que el eje sufre, principalmente, una vibración vertical (las vibraciones tomadas horizontalmente y a 45° se ve que tienen menos amplitud que las tomadas verticalmente); la frecuencia medida de estas vibraciones es precisamente 3N v. p. m., según puede comprobarse, siendo N el número de revoluciones por minuto.

El eje de cola vibra, por tanto, a flexión principalmente en el plano vertical.

Estas vibraciones a flexión del eje de cola, por ser de frecuencia "3N", producen una disminución de la holgura entre el eje y el casquillo portaguayacanes de popa de la bocina, en la parte alta y baja de la misma, que coincide siempre con tres zonas del eje de cola situadas a 120° de distancia.

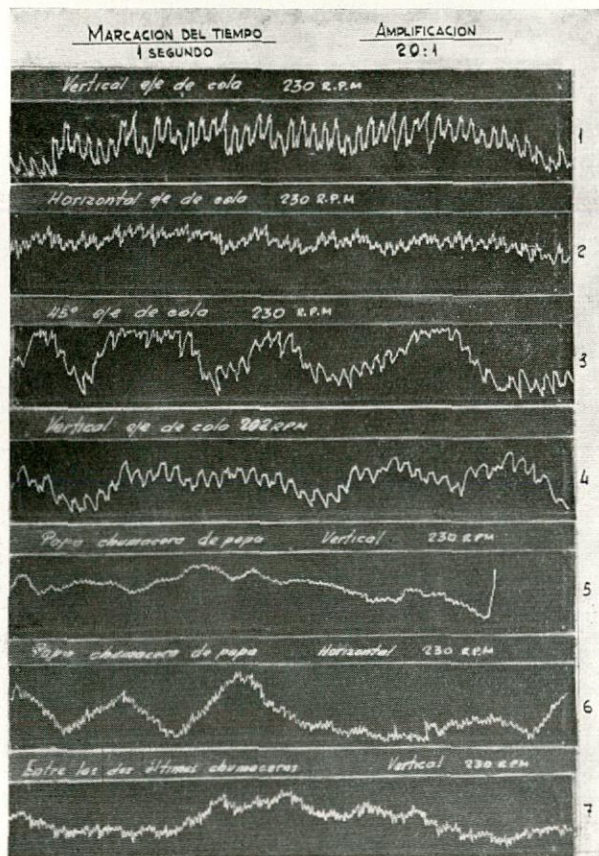


Fig. 3

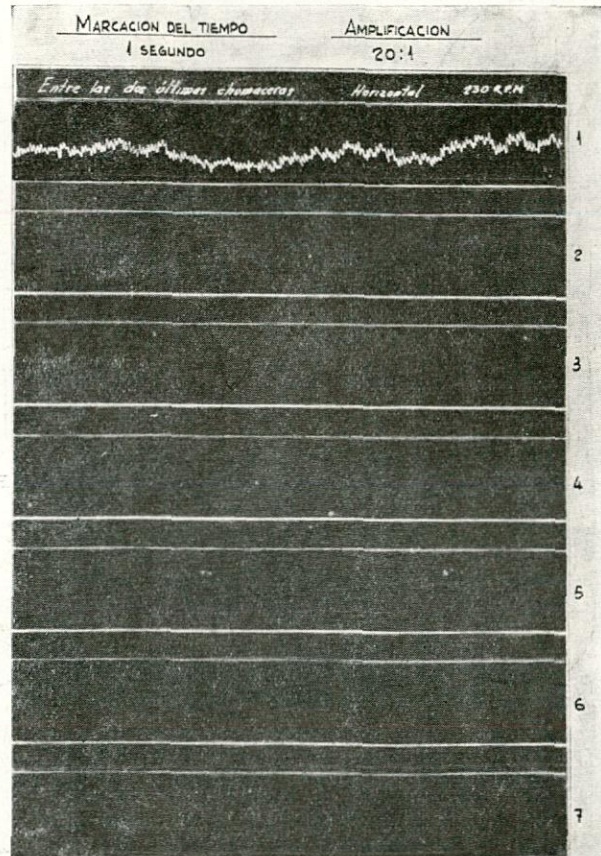


Fig. 4

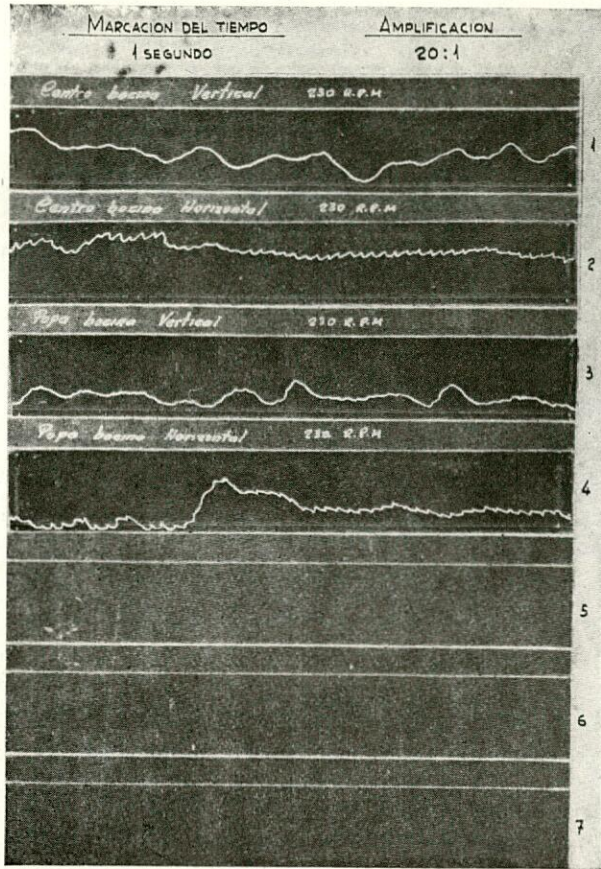


Fig. 5

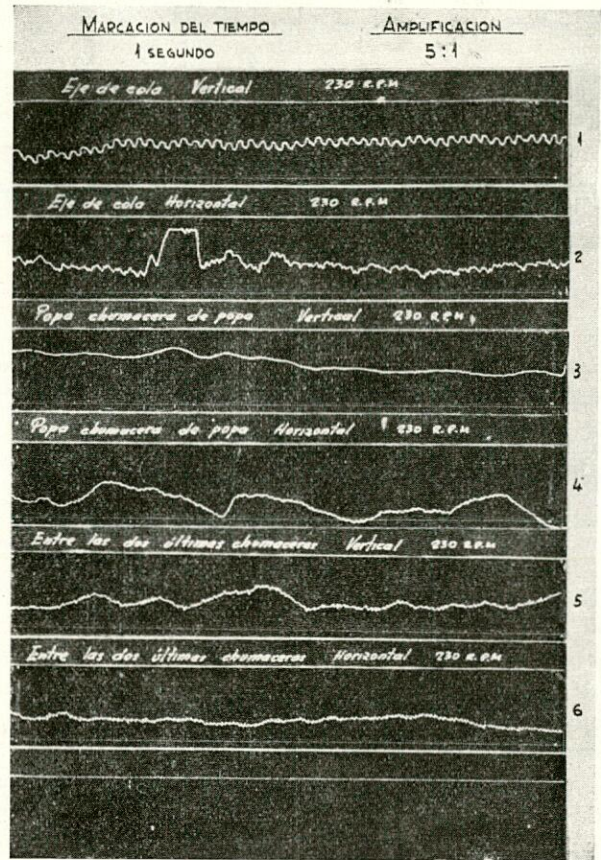


Fig. 6

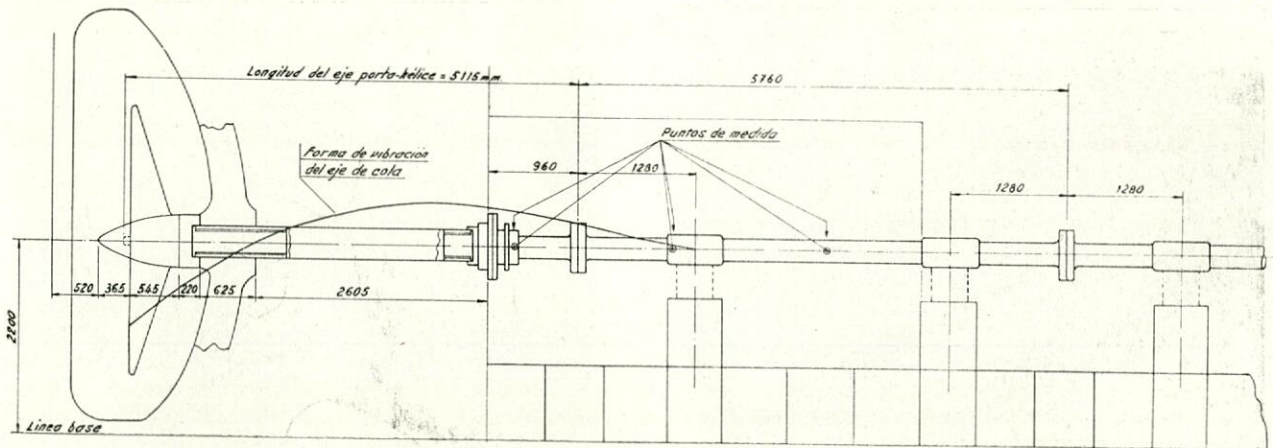


Fig. 7

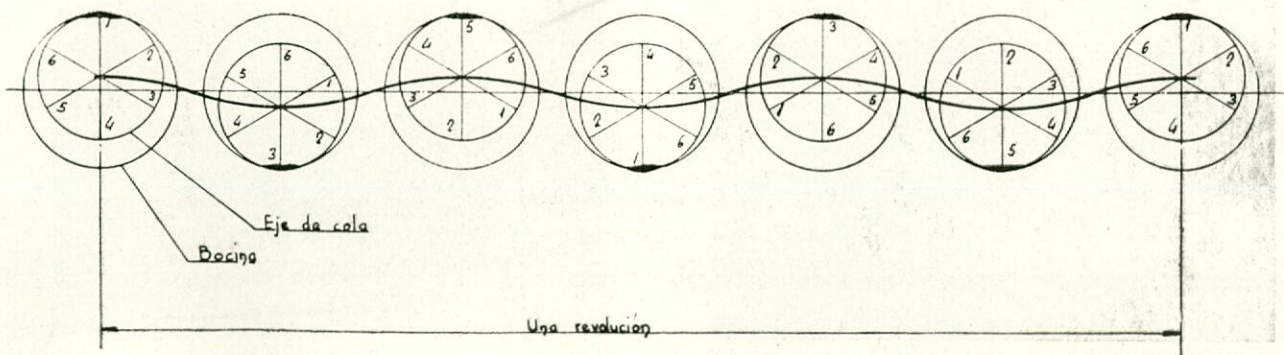


Fig. 8

En la zona en que se produce una disminución de holgura entre el eje y el casquillo de proa se originan grandes velocidades de agua, que por llevar aire ocluido producen un fenómeno análogo a la cavitación de las hélices.

En el plano núm. 8 se explica gráficamente cómo esta vibración vertical, de frecuencia $3N$, hace que, tanto en la parte superior como en la inferior, los acortamientos máximos de las holguras entre eje y casquillo tengan lugar siempre en las tres mismas zonas del eje de cola.

Se ha hecho un tanteo de la frecuencia de vibración de la zona del eje comprendida por el eje de cola y la parte de eje intermedio desde la brida de acoplamiento a la última chumacera, suponiendo, tal como pasa en la realidad, según los vibrogramas obtenidos, que el eje en el soporte de la chumacera no vibra y está empotrado, puesto que el resto del eje intermedio tampoco

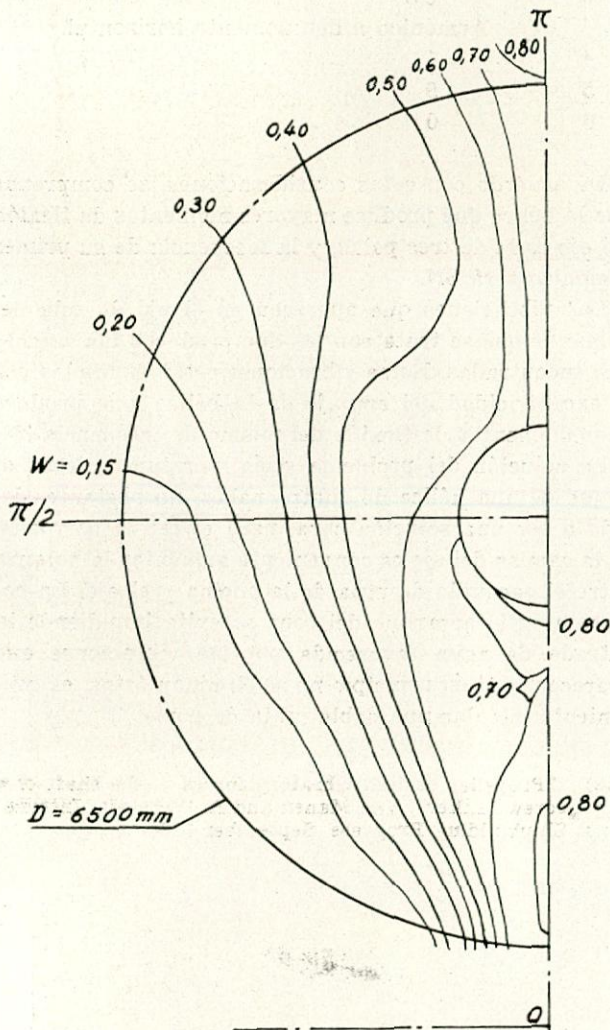


Fig. 9.—Distribución del coeficiente de estela.

vibra. Para este cálculo se ha tenido en cuenta la rigidez a flexión del eje, su masa y la de la hélice, más un tanto por ciento de agua arrastrada.

De acuerdo con este cálculo, se ve que en esta zona

del eje debe de existir otro nodo de vibración situado aproximadamente en la zona de apoyo de guayacanes, para que la frecuencia obtenida por el cálculo sea del orden de la medida.

Por tanto, el eje vibra en el plano vertical, según la elástica dibujada en el plano núm. 7. De acuerdo con

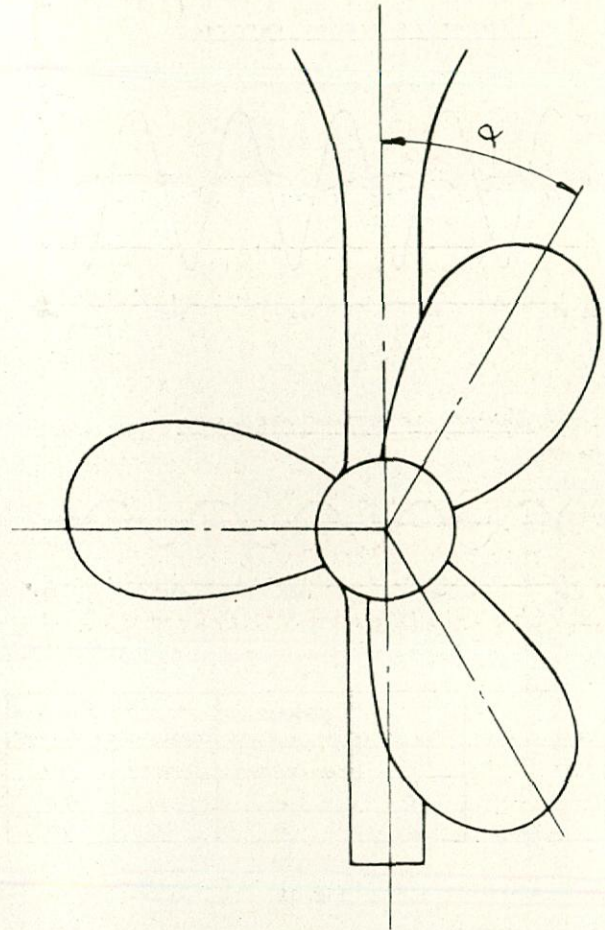


Fig. 10

esta elástica, la amplitud de vibración máxima tiene lugar prácticamente en el casquillo de proa de la bocina.

Los esfuerzos máximos a flexión producidos por esta vibración estarán en la zona próxima al nodo de vibración, es decir, en la zona de apoyo de guayacanes.

El movimiento de la hélice producido por esta vibración a flexión puede facilitar el que entre agua en el arranque del cono del eje de cola y, con los esfuerzos a flexión que se producen puede aparecer el fenómeno de "fatiga corrosión", que es el que ocasionó las grietas en el arranque del cono en este caso.

Esta vibración a flexión se comprende claramente que esté excitada por los empujes no uniformes que produce la hélice.

La distribución del coeficiente de estela a lo largo del codaste no es uniforme, según se puede ver en el plano núm. 9.

Supongamos que la hélice de un número de palas "n" se encuentra en el codaste en una posición definida por

el ángulo α que forma el radio de una de las palas con el plano vertical (plano núm. 10). Los empujes que sufre cada pala en ese momento no son iguales por estar cada una de ellas en una zona de diferente coeficiente de estela. La composición de estos empujes desiguales nos da un empuje resultante excéntrico que produce un

importancia el momento en el plano vertical que el horizontal. Por tratarse de una función periódica, pero no sinusoidal, estos momentos pueden descomponerse en los diferentes armónicos de acuerdo con las series de Fourier.

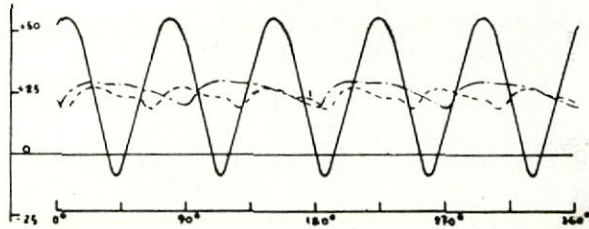
El primer armónico es, por tanto, de una frecuencia $n \times N$, siendo N el número de revoluciones del motor.

El valor de estos armónicos de orden "n" es menor en hélices de número par de palas y decrecen ligeramente cuando se aumenta "n" (2).

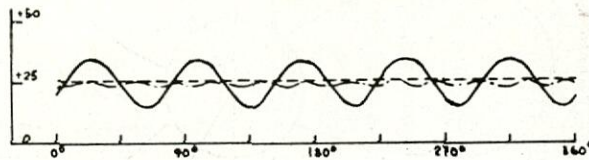
Damos como ejemplo los valores relativos de los armónicos "n" de los momentos verticales y horizontales para unas hélices transmitiendo la misma potencia en igual codaste:

"n"	Armónico n del momento vertical.
4	1
5	6
6	0,8
	Armónico n del momento horizontal.
4	1
5	9
6	0

MOMENTO DE FLEXION VERTICAL



MOMENTO DE FLEXION HORIZONTAL



INDICACION	Nº DE PALAS	DISPOSICION DE LA POPA	CONDICIONES	% DE BHP ABSORVIDA
—————	5	CONVENCIONAL	CARGADO	100
-----	6	"	"	100
-----	4	"	"	100

Fig. 11

momento con componente horizontal y vertical, que tiende a flexar el eje de cola.

Cuando la hélice ha girado un ángulo definido por $360/n$, los empujes de las palas vuelven a producir el mismo momento. En las posiciones intermedias a éstas, este momento que tiende a flexar el eje va tomando valores diferentes. Las variaciones del mismo en ambos planos tienen, por tanto, una forma similar a la indicada en el plano núm. 11. Tiene, por tanto, mayor

De acuerdo con estas consideraciones, se comprende que la hélice que produce mayores momentos de flexión del eje es la de tres palas, y la frecuencia de su primer armónico será $3N$.

Las vibraciones que aparecen en el eje de cola del buque de que se trata son las que producen las anomalías encontradas. Estas vibraciones están excitadas por la excentricidad del empuje de la hélice, que produce unos momentos de flexión del mismo de frecuencia $3N$.

La solución del problema sería, por tanto, dotar al buque de una hélice de cuatro palas; no obstante, debido a ser una solución cara, para evitar la corrosión de la camisa del eje es conveniente aumentar la holgura entre el casquillo de proa de la bocina y el eje. La corrosión en el arranque del cono se evita impidiendo la entrada de agua favorecida por las vibraciones que aparecen, y si en principio no se eliminan éstas, es conveniente instalar una doble junta de goma.

(2) "Propeller excited vibratory forces in the shaft of a single screw tanker", Van Manen and R. Wereldsda. International Shipbuilding Progress. September 1960.

LA PROTECCION CATODICA A BORDO

Por VICENTE LOPEZ VALCARCE

Ingeniero Naval.

PARTE I

- 1.00.0 Introducción.
- 2.00.0 Fundamentos del sistema.
- 3.00.0 Tecnología actual.
 - 3.01.0 Potenciales, densidades de corrientes y distribución de ésta, en la práctica.
 - 3.02.0 Instrumentos de medida.
 - 3.03.0 Compatibilidad con las pinturas.
 - 3.04.0 Desprendimiento de hidrógeno.

1.00.0.—INTRODUCCIÓN.

Desde los tiempos más remotos se enfrentó el navegante con el problema de dar protección a las carenas de sus buques, contra los efectos de la inmersión en el agua. Mientras que la madera era el material utilizado en la construcción, esto se resolvía por medio de procedimientos "caseros"; generalmente, se chamuscaba el casco para matar los elementos orgánicos depositados sobre la superficie y, a continuación, se impregnaba, o no, con materias protectoras, que diferían según los sitios y las épocas.

Hacia el siglo XVII se comenzó a pensar en disponer un sobreforro metálico a base de cobre y..., aquí empezó la lucha contra la corrosión, que alcanzó su punto álgido, en que nos encontramos, al generalizarse el empleo del hierro.

A principios de la pasada Centuria, el Almirantazgo Británico, ante las intensas corrosiones que se presentaban en el cobre de la obra viva de sus buques, comisionó a Sir Humphrey Davy, para que estudiara y tratase de resolver este grave problema; fue entonces cuando, por primera vez, se atacó desde un punto de vista científico. En 1824 publicó un trabajo en el que demostraba que se reducía considerablemente la corrosión uniendo al cobre unos pequeños trozos de zinc o de hierro.

Continuando en la línea científica, diez años más tarde, se dio un gran paso en el esclarecimiento del fenómeno, al definir Faraday la relación entre la cantidad de electricidad que pasa a través de un electrólito y la de metal, u otros depósitos, liberados en los electrodos.

En 1890, fue patentado por T. A. Edison un sistema rudimentario de protección catódica, a base de corrientes impresas por medio de un ánodo inerte de grafito, remolcado.

Ya por el buen camino, en 1903, W. R. Whitney, sentó una teoría, desarrollada posteriormente, acerca del carácter electroquímico de la corrosión del hierro en un medio acuoso.

En los últimos treinta años, gran número de investigadores dedicaron su atención a este problema, culminando en los conocimientos actuales en que ya se puede instalar, perfectamente, una protección absolutamente eficaz y en que se cuenta, incluso, con todo género de normas y especificaciones, al respecto.

En donde ha venido teniendo la máxima brillantez de aplicación, ha sido en las Marinas de Guerra, por las especiales condiciones de perfección que se requieren; en cuanto a los buques mercantes, su más alto exponente se encuentra en los buques-tanque, por la corrosión excepcionalmente grave que tan de cabeza trae a los armadores.

En este trabajo pretendemos, fundamentalmente, dar una idea de la aplicación de esta técnica, ya que en la mayoría de las publicaciones está enfocado desde un punto de vista más bien científico o circunscrito a un problema concreto, insuficiente para llevarlas a la realización práctica; así, pues, al mismo tiempo que describimos dicha tecnología, de acuerdo con los conocimientos actuales, presentaremos varios ejemplos de aplicación, exponiendo las dificultades encontradas, modo de resolverlas y resultados obtenidos. Es decir, intentamos pasar del ámbito del laboratorio al terreno industrial.

En la actualidad, en España, se viene haciendo uso de la protección catódica en la modalidad de conectar ánodos sacrificables de zinc a los cascos de los barcos, principalmente en las proximidades de las hélices, con el fin de suministrar al bronce de éstas la corriente galvánica que, de otro modo, hubiera sido recibida a expensas del casco; también se utiliza el zinc en otros lugares, tales como cambiadores de calor, etc., entendiéndose que su función principal consiste en neutralizar los efectos corrosivos de los pares galvánicos que no hayan podido ser evitados.

Daremos criterios para la disposición adecuada de estos sistemas, puesto que, como ya expuso el señor López Garrido en una conferencia pronunciada en 1955, parece ser que en general no hay una doctrina clara en este sentido, lo que se traduce en un bajo rendimiento de los dispositivos.

Por otra parte, se ha venido creyendo que la forma más efectiva y económica de evitar la corrosión del casco es el recubrimiento a base de pinturas, excepto, quizá, en ciertos casos de excesiva velocidad del agua, cavitación y pares galvánicos. Pretendemos, además, pues, hacer ver que la protección catódica es la forma básica y efectiva; esto es, que la condición necesaria y suficiente para detener radicalmente la corrosión es mantener el casco a un cierto potencial negativo, en el agua, en relación a determinado electrodo de referencia; en tal caso, ya no sería necesario mantener un recubrimiento continuo de pintura con el fin de alejar la corrosión aunque, por otra parte, sea indicada su aplicación, para evitar las incrustaciones y por motivos económicos, ya que, cuanto más perfecta sea la película de pintura, menores serán las cantidades de corrientes protectoras que se precisan.

Quizá, con esto, parezca que lo único que supone el nuevo punto de vista es, simplemente, destacar más un sistema que otro, puesto que se seguirán utilizando ambos simultáneamente; sin embargo, veremos que esto es muy importante, ya que es lógico suponer que, con este diferente enfoque del problema, podrán resolverse con mayor conocimiento de causa y, por lo tanto, con mayor efectividad, las instalaciones prácticas. Ha de tenerse en cuenta, también, que las zonas descubiertas en una superficie metálica pintada, son anódicas frente al resto, por lo que en los poros, defectos de aplicación y desprendimientos, la corrosión será muy superior al nivel normal, debido a la gran relación cátodo-ánodo; se deduce inmediatamente la insuficiencia de la protección proporcionada por la pintura, sobre todo si contiene sales de cobre o grafito, por ejemplo.

Para fijar ideas, encabezaremos el trabajo con una brevísima exposición de los fundamentos del sistema, seguido de la descripción de la tecnología actual y de los pasos y normas generales para llevar a la práctica el dispositivo.

Por su extensión, ha sido preciso dividir este trabajo en cuatro partes, atendiendo, más que a la homogeneidad de cada una de ellas, a conseguir que tengan un volumen similar.

En esta primera parte que se publica en este número, a continuación de los dos primeros apartados de introducción comenzaremos a exponer la tecnología; estudiaremos las corrientes protectoras, instrumentación utilizada y los fenómenos particulares que se producen en las pinturas y con motivo del desprendimiento de hidrógeno.

En la Parte II se hará un estudio de los sistemas de protección a base de ánodos de sacrificio y de corrientes impresas.

En la Parte III, se estudiará lo referente al aparellaje y elementos complementarios de montaje, así como el problema de las incrustaciones y decapado electrolítico.

Finalmente, en la Parte IV, se hará un análisis de la protección de los propulsores y de los tanques de los petroleros, seguido de una guía general para el cálculo,

resúmenes para facilitar éste y la correspondiente bibliografía.

2.00.0.—FUNDAMENTOS DEL SISTEMA.

Vamos a dar un esbozo muy ligero, ya que otra cosa sería alargar innecesariamente este trabajo, saliéndose de su objeto. Si se desea alguna ampliación en este sentido, puede consultarse, por ejemplo, el "Corrosión Handbook", de H. H. Uhlig, que es uno de los más completos.

Sabemos que la corrosión es un fenómeno electroquímico. Los átomos del metal que se corroe, pasan a la solución como iones, cargados positivamente, trayendo esto aparejado un flujo de corriente a través del electrolito, desde las zonas anódicas a las catódicas; éstas permanecen inalteradas mientras que es en las otras donde se produce el desprendimiento y solución del metal. Esquemáticamente, el mecanismo es el que reflejamos en la figura 1.

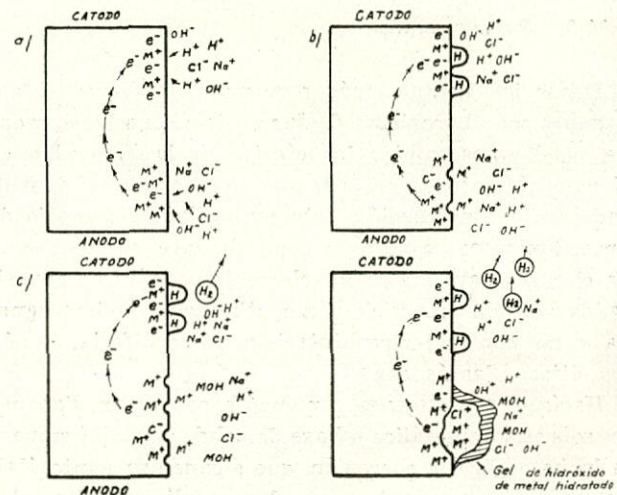


Fig. 1

a) Diferencias zonales de reactividad producen una tendencia a que el electrón fluya dentro del metal. Los electrones se concentran en el cátodo.

b) La diferencia de concentración de electrones causa la migración iónica a los electrodos. Los hidriones se descargan en el cátodo y los aniones en el ánodo, produciendo:

c) Liberación de su unión de los iones del metal, que pasan a la solución y reaccionan con los OH^- , lejos del ánodo.

d) El hidróxido del metal forma un precipitado gelatinoso. Desprendimiento de H_2 en el cátodo. Continúa la solución del metal.

El fenómeno de que el metal sumergido en un electrolito presente la superficie dividida en una serie de zonas anódicas y catódicas, tiene por origen una porción inevitable de diferencias químicas, eléctricas, mecánicas, térmicas, etc., que producen una gran cantidad de pares

galvánicos elementales, "pilas" causantes de la corrosión. En la figura 2, reflejamos esquemáticamente algunas de las causas de desequilibrios galvánicos.

En nuestro caso, el electrolito va a ser el agua de mar que, desgraciadamente, posee una gran cantidad de iones

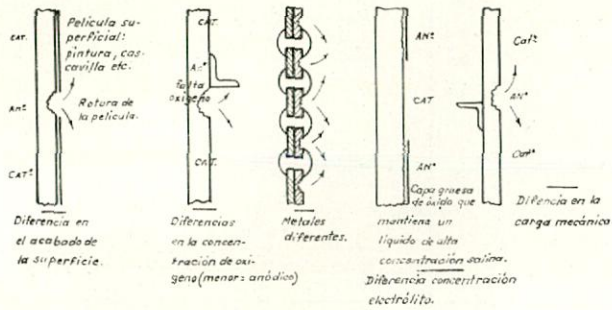


Fig. 2

agresivos, entre los que se cuenta el ión cloruro, de gran poder de penetración y pequeño volumen atómico.

La corrosión de la chapa naval de acero, en agua de mar es, en principio, más bien leve, alcanzando aproximadamente unas doce o trece centésimas por año; pero, por desgracia, el fenómeno no se suele presentar distribuido uniformemente, sino concentrado en puntos localizados en los que su valor sube hasta alcanzar cifras del orden de diez veces la media; la explicación es la siguiente:

En el acero dulce, las áreas anódicas y catódicas son, aproximadamente, iguales y cambiando con frecuencia. La reacción de corrosión resultante, electroquímica, es debida a que la solución del hierro en las zonas anódicas produce una corriente eléctrica que fluye hasta el cátodo: mientras que ambas zonas estén en cambio constante y sean del mismo valor, la corrosión será uniforme. En el momento en que, debido a las circunstancias que hemos descrito como fuente de corrosión, hay un desequilibrio en el valor de dichas zonas, se presentará la corrosión en forma de "picado", tanto más grave cuanto mayor sea la relación de superficies catódica-anódica. El fenómeno se verá muy agudizado si disponemos, en conexión eléctrica con el acero, algún otro metal de carácter decididamente catódico respecto a él, como, por ejemplo, el bronce de las hélices, ya que entonces el desequilibrio será mucho mayor. La cascarilla de laminación se comporta, galvánicamente, de un modo parecido al cobre, por lo que en los puntos en que presente grietas, aparecerá una corrosión muy fuerte.

De lo dicho hasta ahora se pueden deducir ya los métodos con los que se puede detener la corrosión; se fundarán, como es natural, en suprimir el flujo de las corrientes galvánicas de corrosión. Veamos los diferentes procedimientos:

a) Homogeneidad absoluta del material:

Sería ideal, ya que, de raíz, desaparecerían los pares causantes del fenómeno; claro está que esto es utópico, pues es imposible de realizar en la práctica, teniendo en cuenta el complejísimo origen en que radican las diferencias zonales de potencial.

b) Aislamiento eléctrico:

Es decir, apertura del circuito exterior de los pares. Esto es realizable solamente para el caso de metales diferentes acoplados entre sí; la corrosión propia (auto-corrosión) no puede ser atacada por este procedimiento.

c) Aislamiento entre el metal y el electrolito:

Es lo que se intenta con la aplicación de las pinturas; no se puede conseguir una protección total, ya que, a parte de la porosidad de aquéllas, incluso en las de mejor calidad, siempre quedarán zonas descubiertas a causa de deficiencias en el pintado o desprendimientos posteriores de la película; en estos fallos, por otra parte, puede verse muy incrementada la corrosión, pues las zonas pintadas, normalmente, presentan carácter catódico frente al acero desnudo y, además, en cuanto comienza la corrosión de las zonas descubiertas, éstas ven incrementado su carácter anódico al aumentar la concentración salina en los depósitos de los productos de la corrosión.

Este sistema debe de utilizarse en combinación con la protección catódica siguiendo las normas que describiremos más adelante. En buques en armamento podría prescindirse de la pintura, siempre que se hubiese llevado a cabo una instalación muy cuidada, de protección catódica.

d) Polarización de las pilas elementales:

Esta es precisamente la protección catódica. Si, por medio de un agente exterior, suministramos una corriente eléctrica de sentido contrario a la de corrosión, de tal modo que desaparezcan las corrientes anódicas o, en otras palabras, de modo que el potencial de las zonas catódicas se eleve hasta el correspondiente a las anódicas, habremos logrado la polarización de las pilas. En este momento, las corrientes galvánicas, autogeneradas, de corrosión, habrán dejado de fluir, puesto que habremos anulado las diferencias de potencial, deteniéndose, por lo tanto, la corrosión; parece ser que, a medida que va elevándose el potencial, van disminuyendo paulatinamente las zonas anódicas hasta que se alcanza la protección al desaparecer por completo; mientras que subsista alguna zona anódica, según un comunicado de F. L. Laque, en 1956, ésta seguirá corroyéndose libremente, sin que le afecte la corriente aplicada; de todos modos, bien sea porque van desapareciendo los ánodos, bien porque éstos van rebajando su actividad, lo cierto es que el resultado es el mismo.

La cantidad de corriente que hay que superponer no puede medirse; se controla el grado de protección, midiendo el potencial del metal frente a un electrodo de referencia, de potencial constante.

Cada reacción electroquímica tiene un potencial propio, que es la medida de su energía de reacción.

Mientras que los requerimientos de corriente no se pueden evaluar fácilmente, sí se puede calcular, en cambio, la variación de potencial en función de la densidad de corriente.

Una regla práctica, aproximada, para acero sumergido en agua de mar, fluyendo suavemente, consiste en suponer que la densidad se duplica para cada incremento

de -100 mV. Para este caso, según datos del Almirantazgo Británico, puede aceptarse la curva de la figura 3.

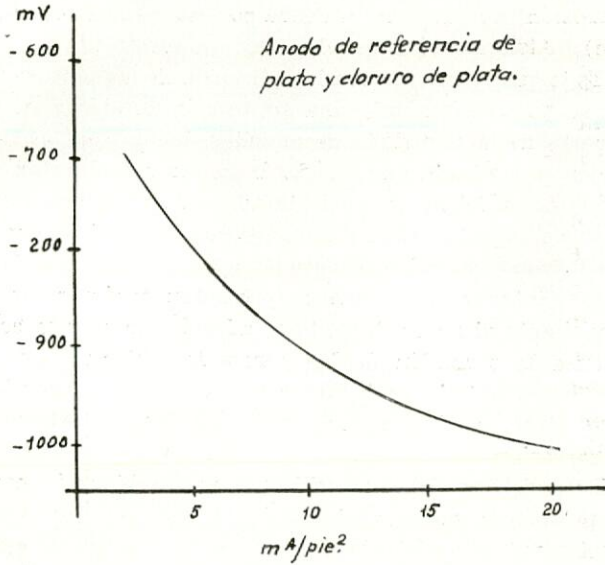


Fig. 3

en la que se sigue la ecuación

$$V = a + b \cdot \log i$$

que en este caso particular, corresponde a

$$v \text{ (volts)} = -0,57 - 0,33 \log i \text{ (mA/pie}^2\text{)}$$

Si siguiendo con datos del Almirantazgo, la ley de la relación entre potenciales y corrientes galvánicas es la

indicada en la figura 4, en la que se reflejan los principales fenómenos que se presentan con los valores que se utilizan en la práctica como medida de seguridad.

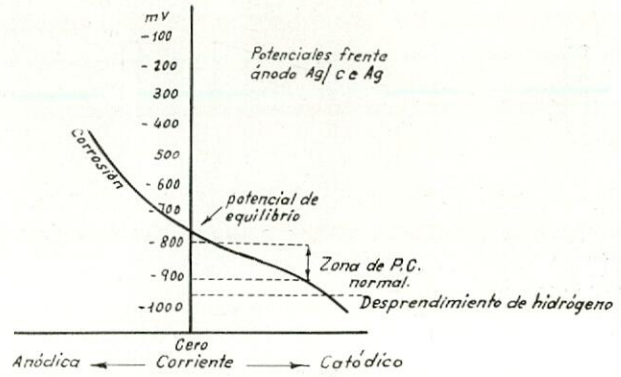
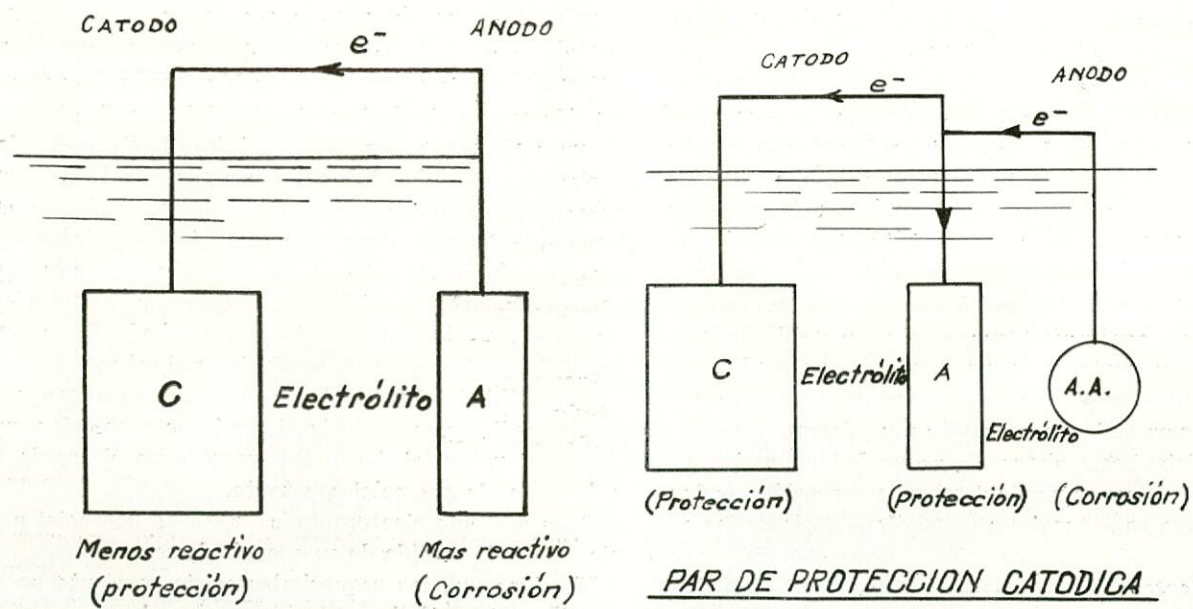


Fig. 4

Esquemáticamente, el mecanismo de la protección catódica está representado en la figura 5.

Como más adelante veremos, aparece en el cátodo un depósito de naturaleza alcalina, adherente e impermeable, que, mantenido estable gracias a la adecuada dosificación de las corrientes protectoras, actúa, a su vez, como elemento complementario de protección, reduciendo el consumo de corriente y beneficiando incluso, en el problema de las incrustaciones, si bien muy ligeramente y no en el alto grado que sugieren algunas publicaciones. En cuanto a este último problema, describiremos un método de protección para aplicar junto con la protección catódica.



PAR GALVANICO

El anodo A es mas reactivo y se corroe.

PAR DE PROTECCION CATODICA

El ánodo original "A" es ahora menos reactivo que el nuevo ánodo "A.A." y se vuelve catódico en el circuito del nuevo par.

Fig. 5

3.00.0.—TECNOLOGÍA ACTUAL.

Hemos visto ya que, con el fin de proteger catódicamente un metal sumergido en un electrólito, es necesario elevar el potencial de todos los cátodos locales hasta el de los correspondientes ánodos, a circuito abierto. Esto ocurre, normalmente, cuando el potencial del metal se eleva en — 200 ó — 300 mV sobre su potencial de corrosión libre, que es el reflejado en las series galvánicas.

En el caso de que haya acoplados eléctricamente metales diferentes, es preciso aplicar al miembro catódico una cantidad de corriente suficiente para elevarle su potencial hasta el correspondiente al anódico; como es lógico, si no se sobrepasa esta cantidad, el ánodo se seguirá corroyendo en función de sus desequilibrios propios, aunque se haya eliminado el principal peligro, que era el derivado del par entre los metales diferentes; cuando esta disminución de la corrosión no pueda ser aceptada como suficiente, habrá de suministrar a todo el conjunto, por encima de este valor, la sobretensión protectora de los — 200 ó — 300 mV. Esto se puede hacer por dos procedimientos generales; el de ánodos sacrificables y el de corrientes impresas por medio de ánodos inertes, consumibles o permanentes. En el primero, se conecta a la estructura metálica a proteger, un elemento de un cierto metal que sea fuertemente anódico frente a ésta; en el segundo, se aplica un electrodo inerte, activado por medio de una fuente de corriente continua exterior, de modo que, análogamente a lo del sistema anterior, se comporte como un ánodo.

En el presente apartado vamos a ir estudiando los datos necesarios para llevar a la práctica estas instalaciones, así como los instrumentos de medida que se precisan. Daremos los datos prácticos necesarios para proyectar una instalación y describiremos varios ejemplos.

Estudiaremos también, con detenimiento, los efectos de la protección catódica sobre las pinturas y los derivados del desprendimiento de hidrógeno, describiendo una serie de experiencias muy útiles para fijar el criterio a seguir al efectuar una instalación real.

3.01.0.—POTENCIALES, DENSIDADES DE CORRIENTE Y DISTRIBUCIÓN DE ÉSTA EN LA PRÁCTICA.

Ante todo, como elemento básico para el análisis de estos fenómenos, daremos una serie galvánica procedente del "Cathalogue of Museum Specimens". Kure Beach - Harbor Island Test Station International Nickel Co.

Los datos están obtenidos utilizando como electrólito el agua del mar, en flujo turbulento a una velocidad de 13 pies/seg. y con una temperatura media de 25° C, utilizando un electrodo patrón de calomelano saturado. Para pasar estos datos a los correspondientes a un electrodo de plata y cloruro de plata, hay que sumarles — 20 mV.

TABLA I

	mV
Magnesio puro	— 1.640
Aleación de magnesio (Al 6, Zn 3, Mn 0,2) ...	— 1.500
Zinc	— 1.030
Chapa de aluminio 3.003 H	— 940
Al 3.003 H	— 790
Al 6.061 T	— 760
Al 6.063 T	— 750
Al 5.052 H	— 740
Hierro fundido al 2 por 100 de níquel	— 680
Hierro fundido	— 610
Acero al carbono	— 610
Cor - Ten	— 600
Tipo 430 activo	— 570
Ni resist, tipo II	— 540
Tipo 304 activo	— 530
Tipo 410 activo	— 520
Ni resist, tipo III	— 490
Ni resist, tipo IV	— 480
Ni resist, tipo I	— 460
Bronce Tobin	— 400
Latón amarillo	— 360
Cobre	— 360
Latón rojo	— 330
Ambraloy	— 320
Composición G	— 310
Almirantazgo	— 290
90-10 Cu Ni + 0,82 Fe	— 280
70-30 Cu Ni + 0,06 Fe	— 270
70-30 Cu Ni 0,47 Fe	— 250
Tipo 430, pasivo	— 220
A níquel	— 200
Tipo 316, activo	— 180
Inconel	— 170
Tipo 410, pasivo	— 150
Titanio P D A	— 150
Plata	— 130
Titanio B I	— 100
Tipo 304, pasivo	— 84
Hastelloy C	— 79
Monel	— 75
Tipo 316, pasivo	— 50

De los datos expresados en esta tabla, podemos deducir el comportamiento relativo de estos metales cuando se les sumerge en un electrólito y se les conecta eléctricamente.

El problema del potencial que hay que lograr, el de las densidades de corriente y la adecuada distribución de ésta, se ha resuelto experimentalmente aunque, en

cada caso particular de aplicación, es conveniente cerciorarse bien antes de tomar como definitivos los criterios generales.

El criterio más comúnmente seguido para la elección del valor del potencial protector consiste en elevar el correspondiente al de corrosión libre, en unos — 200 ó — 300 mV. En la Armada Norteamericana, a base de una serie extensísima de experiencias, se suele aplicar una elevación de — 150 a — 200 mV, pero esto es peligroso, por ser algo escaso como criterio general.

Para el acero, puede considerarse protegido cuando se le polariza hasta los — 850 mV.

En la Armada Canadiense, el potencial de protección lo tienen fijado en — 840 mV.

Estos valores son los que se utilizan corrientemente para tener garantía de protección, ya que se conocen casos en los que se ha obtenido una detención perfecta del proceso corrosivo, en fondos de buques pintados, con potenciales de nada más que — 750 mV.

En aguas pobladas de restos orgánicos, bacterias amebicas y ciertos tipos de elementos incrustadores, hay que elevar el potencial protector hasta los — 900 mV.

Debe tenerse mucho cuidado con la excesiva elevación del potencial, ya que, como veremos extensamente más abajo, se corre el peligro de dañar las pinturas que hayan sido aplicadas a la estructura metálica a proteger; en este sentido, el criterio aceptado generalmente es el de considerar como tope de seguridad los — 1.000 mV.

En estructuras de metales anfotéricos, como aluminio, plomo y zinc también hay limitación en la elevación del potencial, ya que llegando a los — 1.100 mV sufren un ataque alcalino a cargo de los productos de la reacción catódica. Por eso, para la protección de elementos de aluminio, deben de disponerse ánodos de zinc, que garantizan el mantenimiento del potencial por debajo de los valores peligrosos. Se ha encontrado que para muchas de las aleaciones de aluminio, acopladas o no, a otros materiales tales como el monel, latón, etc., el potencial óptimo está entre — 950 y — 1.000 mV y que con — 1.200 mV sufren un ataque muy intenso.

Respecto a las densidades de corriente, se puede considerar suficiente, para cascos en reposo y recién pintados, la cifra de 0,1 mA/pie², llegando hasta un máximo de 5 mA/pie² para el casco desnudo; estas cifras varían sustancialmente para el caso en que el buque se encuentre en movimiento o que el medio presente condiciones especiales.

Por medio de la Tabla II y el gráfico de la fig. 6, pueden calcularse las cantidades de corriente necesarias para polarizar las superficies metálicas, sumergidas en agua de mar, hasta un nivel de — 200 mV por encima del potencial de corrosión libre, es decir, para alcanzar una protección eficaz.

TABLA III

(Densidades de corriente para la protección catódica.)

	mA/pie ²	
	Agua en reposo	Agua en movimiento 20 nudos
<i>Acero dulce.</i>		
Desnudo	3 - 5	8 - 10
Con pintura vinílica (nueva).	0,1 - 1	0,2 - 2
Con pintura vinílica (vieja).	1 - 2	2 - 4
<i>Cobre y sus aleaciones.</i>		
Desnudo	20	50 - 100
Con pintura vinílica (nueva).	0,4 - 4	1 - 10
Con pintura vinílica (vieja).	4 - 8	10 - 20

Las cifras dadas para el agua en movimiento están basadas en una prepolarización en reposo, hasta un valor protector.

En general, en la etapa de proyecto y como medida de seguridad, debe tomarse, de esta tabla, el valor superior añadiendo un 25 por 100.

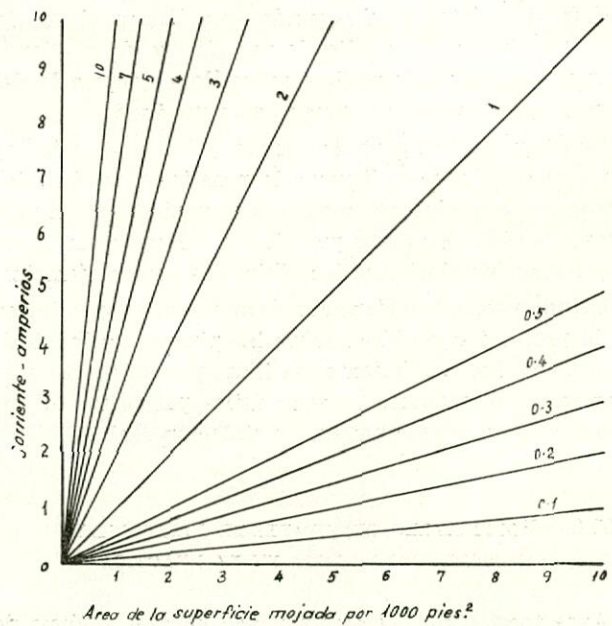


Fig. 6

Volvemos a insistir en que las cifras dadas son de tipo general, por lo que, en cada caso particular, habrá que hacer un ajuste definitivo, partiendo de ellas. Vamos a ver un ejemplo de un caso en el que, excepcionalmente, se han necesitado cantidades de corriente mucho más elevadas: se trata de los buques que navegan por aguas en que hay arena en suspensión en cantidad muy elevada; pueden llegar a superarse, ampliamente, los 10 mA/pie², debido a que la acción abrasiva de la arena

separa los recubrimientos de pintura y, además, va desprendiendo, a medida que se forma, la capa alcalina protectora, encontrándose así, el acero, en una situación permanente similar a la que correspondería, en un acero semidesnudo, a los instantes inmediatos al comienzo de la actuación de la protección catódica; unos datos nos ilustrarán acerca de las necesidades de corriente en estas circunstancias extremas:

Experimentalmente, se ha comprobado que el acero desnudo, limpio, sumergido en una corriente de agua de mar, a 2 pies/seg., experimenta una corrosión que equivale a una penetración de:

En las primeras tres horas 0,108 pulgadas/año
En las siguientes doce horas ... 0,051 pulgadas/año

Ahora bien, la corriente de corrosión que equivale a un desgaste de 0,050 pulgadas/año, es de 100 mA/pie² y, como es lógico, para obtener una protección adecuada se necesitará, por lo menos, esa cantidad: ya podemos deducir el gran aumento que hay que conceder para los casos en que hay abrasión.

Veamos el ejemplo; los datos proceden de la Electro Rust Proofing Corporation, Belleville, N. J.

En uno mineraleros de 20.000 pies² de superficie mojada, que navegaban por el Caribe, pasando dos veces a través de arena, en cada viaje de seis días, se hicieron mediciones minuciosas en 63 puntos, comprobándose, en cuatro años de servicio, una pérdida media de espesor en las planchas del fondo, de 0,052 pulgadas/año, con un máximo de 0,082 p/a. Para corregir esta corrosión, se les aplicó, durante año y medio, un sistema de protección catódica, a base de 400 ánodos galvánicos de aluminio, situados bajo las quillas de balance; los ánodos eran de 2.9.24 pulgadas, con una producción de 1,2 amp/ánodo, es decir, un total de 400 amperios, que corresponde a una densidad de 24 mA/pie².

Se comprobó, por medio de un electrodo de referencia de plata y cloruro de plata que, con el buque en reposo, se alcanzaba, rápidamente, un potencial protector, mientras que, a pesar de la elevada densidad de corriente aplicada, con el buque navegando en las condiciones antedichas, se iba muy por debajo del mínimo de seguridad. A la vista de las cifras que hemos dado antes para las corrientes de corrosión vemos que esto era ya previsible, puesto que las necesidades deberían de ser, aproximadamente, $100 \times 20000 = 2000$ A.

En vista de esto, se dispuso un sistema suplementario, de ánodos de grafito, activados por medio de una dinamo, con una capacidad de 2.000 Amp., con lo cual se puede alcanzar una densidad máxima de

$$\frac{2000 + 480}{20000} = 124 \text{ mA/pie}^2$$

y obtener una protección absolutamente eficaz.

A primera vista, estas elevadísimas cifras, parece que hacen prohibitivo el uso de esta protección; sin embargo, se comprobó que con la simple reducción del desgaste anual, de 0,050 a 0,040 pulgadas/año, la instala-

ción ya era rentable, de modo que el éxito fue total, puesto que la reducción conseguida fue muy superior a ésta.

De todos modos, las cifras manejadas normalmente, son del orden que hemos indicado anteriormente, siendo éste un caso anormal y poco frecuente.

Otra causa que influye decisivamente en los requerimientos de corriente, es la presencia, en el agua, de oxígeno, disuelto; vamos a analizarlo detenidamente:

La corriente es llevada, a través del agua, hasta el cátodo, por iones de hidrógeno cargados positivamente, los cuales deben de descargarse en el cátodo para convertirse en átomos de H, neutros; en ese momento, pueden combinarse entre sí y formar moléculas que se desprenderán en forma de hidrógeno gaseoso; requiere esto un potencial de unos — 1.000 mV.

Ahora bien, si en el cátodo hay algún agente oxidante, los iones tienen más facilidad para desprenderse, puesto que pueden combinarse con él. En el agua de mar, lo corriente es que se combinen con el oxígeno disuelto, formando agua.

Cuanto mayor es la cantidad de oxígeno disponible, más fácilmente pueden liberarse los iones de hidrógeno y, por lo tanto, más alto será el potencial de la reacción catódica; de esto se deduce que hay que aplicar una corriente más elevada, para alcanzar el mismo potencial.

Vemos, pues, que la corriente necesaria está controlada, en gran parte, por el porcentaje de oxígeno disuelto en el agua, así como por la facilidad de "echarle mano". Esto último depende de varios factores, siendo uno de los principales la cantidad de superficie de acero accesible a las reacciones, por lo que la continuidad e impermeabilidad de las pinturas es un factor que hay que tener muy en cuenta en el momento de hacer la evaluación energética del sistema de protección.

Hemos hablado ya de la formación de una capa alcalina, en las zonas catódicas; no cabe duda de que, a la vista de todo lo dicho, sus características físicas de permeabilidad, etc., influirán del mismo modo; esta es la razón por la que, en los instantes iniciales, se debe de suministrar una alta densidad de corriente con objeto de que se forme con rapidez; esto, sin embargo, tiene un inconveniente, pues sus características mejoran con la lentitud en su formación.

Otro factor importante es la velocidad con que el agua fluye sobre las superficies objeto de la protección, pues tiene gran influencia en la facilidad de aportación de oxígeno a las zonas catódicas.

También hay que considerar, como elemento determinante del problema, los cambios de temperatura. El oxígeno que se requiere para el proceso catódico alcanza el cátodo, en el último paso, por difusión a través de la capa límite de agua, adyacente a la superficie del metal. Suponiendo que el suministro de oxígeno disuelto, hasta la capa límite, está cubierto por el movimiento del agua, se comprende que su llegada al cátodo está profundamente influida por el coeficiente de difusión

el cual, a su vez, es función de la temperatura, con una variación, aproximada, del 2 por 100 por grado centígrado. En la figura 7 se dan las curvas obtenidas en la

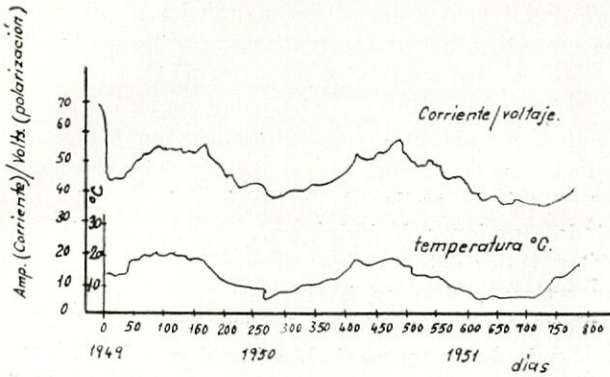


Fig. 7

protección del "H.M.S. Cleveland", que ilustran esto perfectamente.

Otra causa de incremento de las necesidades de corriente está constituida por la presencia de bacterias sulfuroductoras que estimulan la corrosión del acero en condiciones anaerobias, es decir, de ausencia de oxígeno; donde aparecen más frecuentemente es en estructuras enterradas, tales como muchas instalaciones terrestres de tuberías, aunque también pueden aparecer en el agua del mar. En buques a flote es menos frecuente su presencia que cuando se varan en fondos cenagosos, aunque también sucede en aquéllos, como se ha podido comprobar en los muelles de armamento de la Sociedad Española de Construcción Naval, en Sestao, en los que se presentaba circunstancialmente una corrosión típica en forma de unos depósitos negros, de sulfuros metálicos, en una faja situada a unos 0,80 m. por debajo de la flotación de los buques allí amarrados. En cuanto a los puntales metálicos de los muelles asentados en fondos cenagosos, es muy corriente este fenómeno.

El efecto de las bacterias consiste en reducir los sulfatos, pasándolos a sulfuros con liberación de oxígeno que actúa como despolarizador de las zonas catódicas al combinarse con el hidrógeno en ellas, de un modo análogo al oxígeno en disolución.

Las necesidades de corriente en presencia de estos microorganismos pueden alcanzar, en algunos casos, valores dobles de lo que correspondería a las mismas circunstancias, pero sin estos elementos.

Pasemos ahora a considerar la distribución de la corriente aplicada, sobre la superficie que se protege.

Como es lógico, ha de ser lo más uniforme posible, ya que de tener un campo muy variable nos saldríamos de los valores medios aconsejables. Para conseguir esto, como más adelante estudiaremos con el debido detalle, es preciso cuidar adecuadamente la distribución de los ánodos, así como, en ciertos casos, dotarlos de dispositivos especiales tales como cápsulas, pantallas dieléctricas, etc.

Excepto en ánodos cuyo potencial de trabajo sea inferior a -1.000 mV., se presentarán valores excesivos en sus proximidades o en los bordes de la pantalla, si no está bien dimensionada; ha de calcularse su tamaño de modo que no sobrepase, en los bordes, el máximo admisible; como, a partir de este punto, el potencial irá bajando, habrá que espaciarlos de tal modo que el vector suma de las curvas de polarización-atenuación (gradiente de potencial), produzca un potencial uniforme, logrando así que la corriente también lo sea. Vamos a aclarar un poco más este punto:

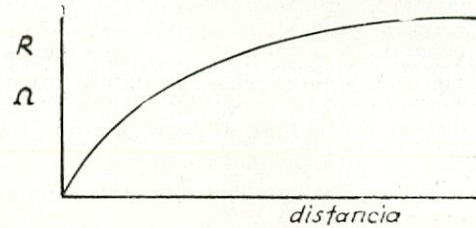


Fig. 8

En la figura 8 vemos los valores que toma la resistencia del circuito electrolítico, entre ánodo y cátodo, cuando se varía la distancia entre ambos; de esta figura obtenemos la 9, en la que representamos las densidades de corriente en función de la distancia; la línea

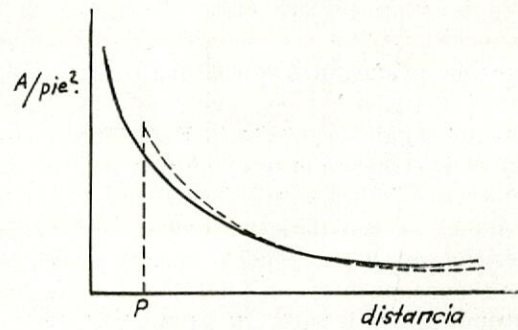


Fig. 9

continua representa el caso en que no se dispone ningún género de apantallado: vemos que, en las inmediaciones del ánodo hay una intensidad elevadísima, que va cayendo a medida que nos alejamos. Con línea de

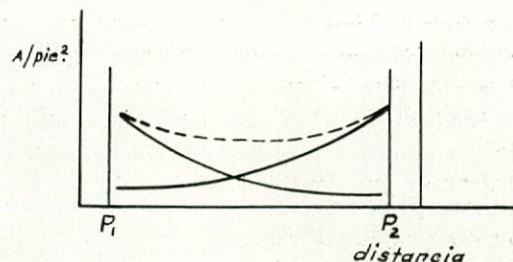


Fig. 10

trazos está representado el caso típico de un apantallado; hasta el borde (P), no hay flujo; en dicho punto comienza la atenuación, partiendo de un valor ligera-

mente superior al que correspondería en el caso anterior y llegando, rápidamente, a coincidir ambas.

El procedimiento para el dimensionamiento de la pantalla y espaciado de los ánodos, está representado en la figura 10, que es la composición de las correspondientes a dos ánodos; se les da un tamaño para que presenten en el borde un potencial de -1.000 mV. y se les sitúa a una distancia tal que el mínimo central corresponda al mínimo previsto.

En la figura 11 están representadas las curvas reales correspondientes a ánodos de magnesio, tomadas de

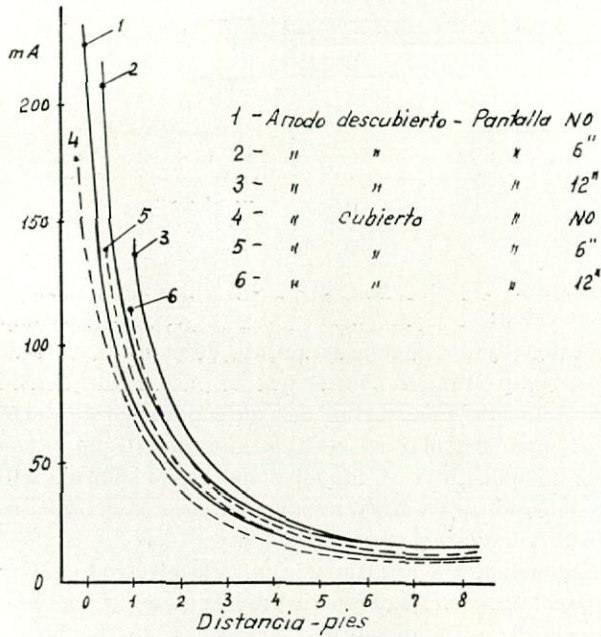


Fig. 11

una publicación del Naval Research Laboratory, de la U. S. Navy.

Un problema interesante en cuanto a la distribución de la corriente es el que plantea la presencia de entrantes en el casco, ya que es necesario que la protección catódica penetre en ellos. El caso más típico es el de las tomas de mar.

Se ha comprobado, en la práctica, que con disponer en la entrada de un exceso de -100 mV. sobre el mínimo protector establecido, es suficiente para la penetración adecuada. Esto no se ve afectado por la presencia de algas, pues su resistencia eléctrica es muy baja.

Lo podemos confirmar con algunas consideraciones teóricas.

Supongamos que en la superficie exterior del fondo se dispone, efectivamente, de un exceso de -100 mV.

Consideremos un entrante cilíndrico, de laterales paralelos, de un pie de diámetro, lleno de agua de mar y sin proteger por la pintura. La caída de potencial a lo largo de él será:

$$\int_0^1 \frac{\rho I_x}{\pi r^2} dx$$

siendo ρ la resistencia específica del agua de mar e I_x la corriente total que atraviesa una sección, x , para alcanzar las superficies interiores, es decir

$$I_x = \int_0^x 2\pi r \cdot i_x \cdot dx$$

en que i_x es la densidad superficial en el interior.

Consideremos ahora la curva experimental de la figura 3.

Tomando estos valores y suponiendo 5 mA/pie² en el fondo, se ve que puede conseguirse una penetración de tres a cuatro pies con -900 mV. en el exterior y -800 mV. en el fondo. Suponiendo que el interior estuviese pintado en un 80 por 100, podría llegarse a los siete pies con una caída de -100 mV.

Para mejorar la distribución de corriente es, también, una buena práctica el situar los ánodos a gran distancia de la superficie a proteger; esto es lo que se hace en las instalaciones estacionarias de ánodos de grafito y hierro, así como en ciertos tipos de ánodos de remolque, para buques en servicio. Volveremos sobre esto más ampliamente.

Finalmente, como ejemplo de los resultados obtenidos en la reducción de la corrosión, en función de di-

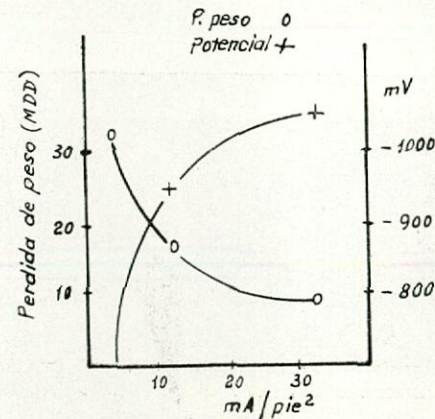


Fig. 12

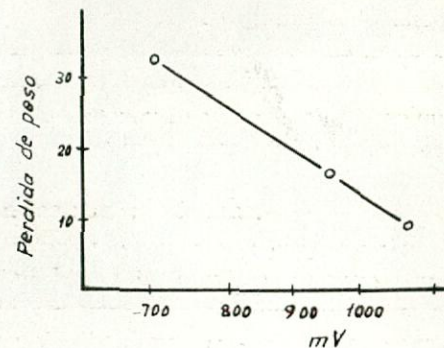


Fig. 13

versas densidades de corriente y potenciales, damos las figuras 12 y 13; los resultados proceden de unas experiencias realizadas por la U. S. Navy en la bahía de San Diego, California.

3.02.0.—INSTRUMENTOS DE MEDIDA.

Al enfrentarse con los problemas de que estamos tratando, la primera operación que hay que realizar consiste en la medición de los potenciales de corrosión; no se efectúa directamente puesto que es imposible, físicamente, separar los ánodos de los cátodos en el circuito de corrosión.

Existe lo que llamaremos "potencial del semipar", que es el potencial galvánico de corrosión libre. Un par galvánico resulta, entonces, de la inmersión en un electrolito de dos semipares, conectados entre sí, eléctricamente. La tensión galvánica del par es la resultante de la diferencia algebraica de los potenciales de los dos semipares; esta tensión puede ser medida perfectamente por medio de un potenciómetro intercalado en la conexión eléctrica de los dos semipares. De su lectura, conociendo el potencial de uno de ellos, puede deducirse con facilidad el del otro. El semipar de potencial conocido es lo que llamaremos "electrodo de referencia".

En la práctica, para trabajos de laboratorio, se utilizan electrodos de referencia de calomelano saturado, que tiene un coeficiente de temperatura muy bajo y gran capacidad energética, sin sufrir polarización apreciable.

Para los trabajos a bordo se suelen emplear aparatos de medida robustos y fáciles de manejar, como el re-

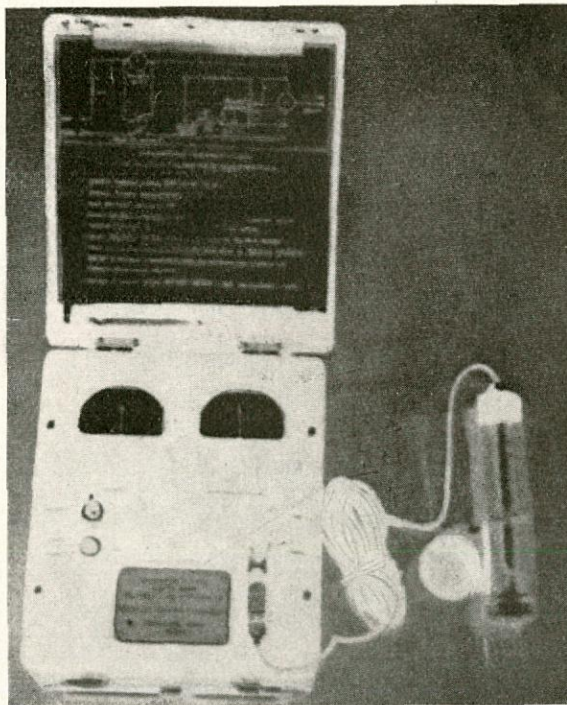


Fig. 14

presentado en la figura 14 (tiene conectado un electrodo de $Cu/SO_4 Cu$). Han de cumplir, en general, la condición de que el aparato de medida no consuma, prácticamente, ninguna corriente del electrodo de re-

ferencia. Se disponen intercalándolos entre el casco y el electrodo.

Hay varios tipos de electrodos de referencia para uso a bordo. Para uso intermitente y en lugares, como las rías, en que el agua puede variar de dulce a salada, los más recomendables son los de cobre y sulfato de cobre, siempre que el agua esté relativamente en reposo. En

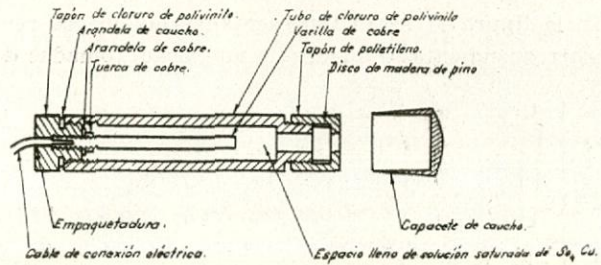


Fig. 15

la figura 15 se ve una representación esquemática de uno de estos:

Contiene una solución de sulfato de cobre, saturada, en un compartimiento en el que va sumergida dentro de la solución, una varilla de cobre puro; el contacto con el agua del mar se verifica a través de un tapón poroso dispuesto en el fondo. Como la solución de sulfato de cobre se va diluyendo poco a poco en el agua, es preciso reemplazarla periódicamente.

Las mediciones realizadas con este electrodo no se ven afectadas por la temperatura; en cambio los efectos de la luz se dejan sentir.

Cuanta menos sal contenga el agua en que se opera es mejor, pues tienen la tendencia a formar en el cobre una película de cloruro de cobre que reduce su potencial; esto se ve incrementado con la presencia de iones de cobre.

El que representamos en la figura, modelo comercial, tiene una longitud de 8 1/2" y un diámetro de 1 1/2". El capacete de caucho es para la estiba.

Para utilizar en agua de mar, en general, el mejor es el de plata y cloruro de plata que no depende, para su funcionamiento, de un electrolito en su interior. Utiliza el ion cloruro, natural, que se encuentra en dicha agua.

El elemento se obtiene depositando cloruro de plata fundido, químicamente puro, sobre una malla fina de plata, tras lo cual, se reduce catódicamente la superficie hasta liberar la plata. De este modo se logra una unión íntima entre la plata y el cloruro de plata. Disponiendo adecuadamente este elemento es posible mantener en el agua de mar un estado de solución saturada de cloruro de plata, en contacto inmediato con el electrodo.

Este electrodo es bastante estable ante los cambios de temperatura, aunque se ve algo influido por las variaciones de velocidad y cloruros del agua del mar.

Un tipo corriente soporta, sin alterarse, una corriente continua de 1/10 mA.

En la figura 16 se pueden apreciar las variaciones de F. E. M. experimentadas por los electrodos de este tipo, bajo polarizaciones anódicas y catódicas, con diferentes densidades de corriente.

Con esto se simplifica mucho la técnica de medida,

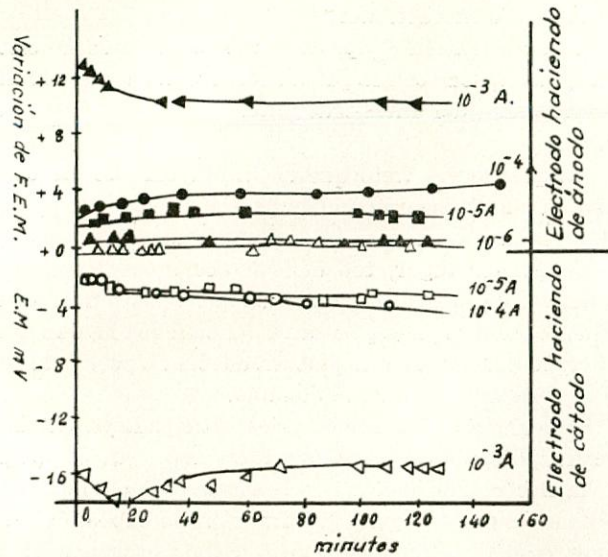


Fig. 16

ya que puede intercalarse directamente en el circuito un voltímetro tarado a 10.000 ohms/volt.

Como más adelante veremos, estos electrodos pueden utilizarse como elemento primario en un sistema de regulación automático, enviando a un "controller" adecuado los impulsos inducidos por el potencial del casco.

El error total, máximo, de este tipo de electrodo, no es mayor de 20 mV., sometido a las peores condiciones que puedan esperarse en cuanto a clorinidad, velocidad, temperatura y protección catódica.

En las figuras 17 y 18 se dan, esquemáticamente, dos

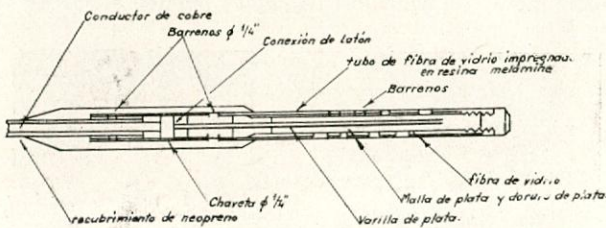


Fig. 17

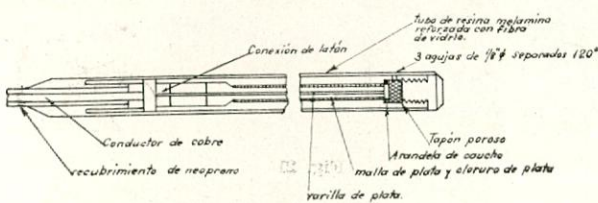


Fig. 18

variantes de electrodos de Ag/Cl Ag, de un modelo que se utiliza haciendo a remolque del buque y tomando lecturas desde puntos alejados. El segundo modelo, más

perfeccionado, permite tomar lecturas en aguas de cualquier salinidad, sin un error apreciable.

En la figura 19 se ve otro modelo de este electrodo, que se utiliza situándolo sobre el propio casco. Con este

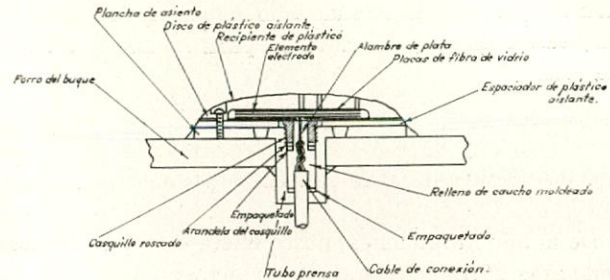


Fig. 19

electrodo se tiene un funcionamiento satisfactorio durante cinco años, por lo menos, a una intensidad, continua de 1/10 mA.

Tal como se puede apreciar en la figura, constituye él mismo la empaquetadura, haciendo perfectamente estanco el paso al interior del casco.

La envuelta exterior es de plástico antichoque.

Se suele disponer, sobre la superficie del casco, dos a cada banda, comprobándose así el grado y uniformidad del potencial alcanzados.

Los potenciales de los electrodos que hemos descrito, referidos al hidrógeno y a temperaturas normales, son:

Calomelano saturado	— 240 mV.
Plata/Cloruro de plata	— 260 mV.
Cobre/Sulfato de cobre	— 320 mV.

En cuanto a la evaluación de los efectos de la corrosión, a parte del examen visual, se realiza en laboratorio a base de medir la pérdida de peso de la probeta, limpia de los productos de la corrosión.

A bordo se sigue el sistema de comparar las medidas de espesor de las planchas en un cierto número de "estaciones".

En el comercio existen para ello infinidad de aparatos, de los cuales podemos citar el llamado "Audigage", de ultrasonidos. La preparación de las "estaciones" de medida, para su aplicación es sencilla; se describe en la figura 20.

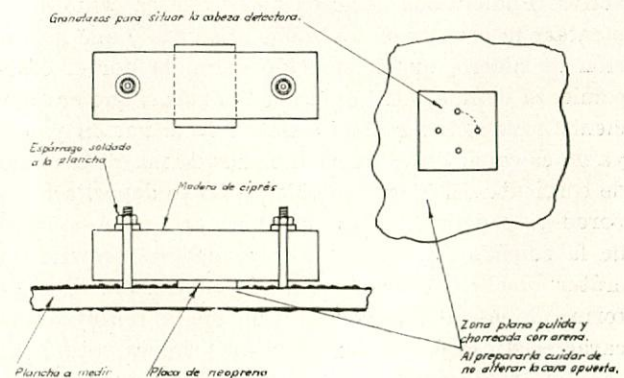


Fig. 20

Con este sistema, un manipulador entrenado puede apreciar cambios de espesor de la plancha del orden del 0,5 por 100.

Al repetir las medidas hay que hacerlo siempre en las mismas condiciones, manteniendo constante la presión del detector, utilizando el mismo aceite de contacto, empleando el mismo armónico para medir la frecuencia, etc.

3.03.0.—COMPATIBILIDAD CON LAS PINTURAS.

De lo que llevamos expuesto hasta este punto, puede deducirse fácilmente que en principio no hay ningún inconveniente, desde el punto de vista de la corrosión, en utilizar estos sistemas como único medio de protección. Sin embargo, por consideraciones técnicas y económicas, para la protección de grandes superficies, será muy interesante la combinación con otro sistema de protección, que actuará en forma complementaria. No cabe duda de que si la superficie que se intenta proteger, está cubierta de un material dieléctrico adecuado, las únicas superficies en que ha de actuar la protección catódica son aquellas que, por la razón que sea, quedan expuestas a la acción de los agentes corrosivos.

El primer material en que se nos ocurre pensar es la pintura. Esta sería suficiente medio de protección si no fuese porque, como muy bien sabemos, hasta la de mejor calidad termina desprendiéndose y dejando zonas sin proteger; aparte de los defectos en la aplicación inicial y la porosidad propia.

Hay una teoría muy interesante sobre el mecanismo de la corrosión de superficies pintadas:

Cuando la demanda de corriente desde las zonas catódicas es nula o muy baja, el hierro que pasa a la solución en las zonas anódicas se precipitará en las capilaridades y poros que existen en toda pintura, sea cual fuere el tipo de disolvente empleado. El óxido depositado en estas cavidades, de tipo compacto, a lo largo de las zonas anódicas, detendrá la ulterior corrosión y evitará la rotura de la película. Esta es la situación que ha de mantenerse en una superficie pasiva.

Ahora bien, al incrementarse las demandas de corriente del cátodo se pasa de la situación pasiva a la activa. Podríamos decir entonces que es como si aumentase la presión en las zonas anódicas y que la solución de hierro, que había sido detenida por el óxido, comienza de nuevo. El óxido de los poros, que era suficiente para detener el proceso en la situación pasiva, ya no es capaz en estas condiciones de mayor demanda de corriente. El hierro soluble ya no se deposita en los poros de la película, sino que ahora es llevado más allá de la superficie y depositado alrededor, formando un cráter, o sobre la picadura que se está produciendo, en forma de nódulo. Según el tipo de la pintura o las características de la plancha, esta primera rotura crecerá en profundidad, se extenderá horizontalmente, o ambas cosas a la vez.

Además de las razones que hemos dado para justificar la necesidad de simultanear la pintura con la protección catódica, queda otra razón definitiva, y es que este último sistema, por sí solo, tiene escaso efecto sobre la formación de incrustaciones orgánicas, por lo que es preciso pintar, por lo menos, con un compuesto a base de antiincrustantes.

No obstante, en el apartado 3.08.0 veremos un sistema para aplicar con la protección catódica, que elimina la necesidad del antiincrustante.

Ya que hemos visto que en la mayoría de los casos han de simultanearse ambos procedimientos de protección, vamos a estudiar su compatibilidad.

En primer lugar, tenemos la acción de los álcalis, producto de la reacción catódica sobre las pinturas; de aquí deducimos ya la primera condición que ha de reunir la especificación de una pintura adecuada para este fin: será resistente al ataque alcalino.

En segundo lugar, como hemos anticipado ya al hablar de los potenciales que deben aplicarse, está el peligro de la electroendósmosis, con penetración de la humedad, liberación de hidrógeno y formación de depósitos alcalinos bajo la película de pintura, todo lo cual conduce a su deterioro y desprendimiento. Podemos, pues, formular nuevas condiciones que han de respetarse, tales como mantener un espesor mínimo de la película de 0,15 mm. y una polarización máxima de —1000 mV., aceptada universalmente.

En lo que llevamos comentado acerca de este punto, así como en las pruebas que vamos a referir, se sobreentiende que se utiliza siempre, como electrólito, el agua de mar, que tiene normalmente un pH=8 a 8,2, y es, por lo tanto, de tipo alcalino; esto es muy importante porque se ha comprobado que el comportamiento de los recubrimientos de pintura, en medios ácidos, varía sustancialmente en sentido favorable; pueden soportar sin

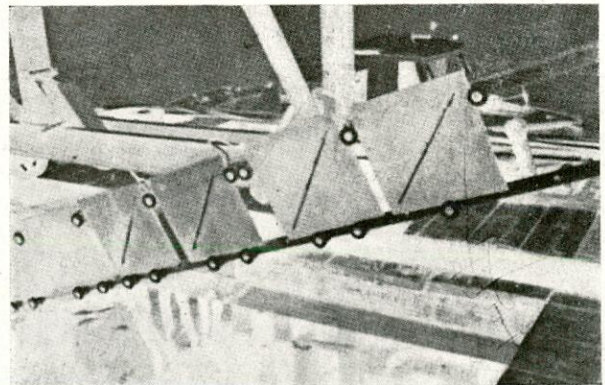


Fig. 21

deteriorarse, potenciales de polarización mucho más elevados, como veremos en un ejemplo que se citará cuando hablemos de los ánodos de grafito 3.06.2.

Vamos ahora a considerar unas experiencias americanas muy útiles para adquirir un criterio práctico en

nilo; la pequeña compatibilidad que, de todos modos, se observa con éste, es puramente accidental.

De las experiencias, la "I. Nickel Co." llegó a las siguientes conclusiones:

1) Máximos potenciales catódicos tolerables (con electrodo de referencia de calomelano saturado).

Pinturas de fondo corrientes	1.000 mV.
Pinturas vinílicas	1.000 mV.
Recubrimientos de plástico de aplicación en frío	750 mV.
Recubrimientos de plástico de aplicación en caliente	950 mV.

Todos estos recubrimientos se entiende que son de unos espesores del orden de la 0,1 mm.

2) Las pinturas antiincrustantes no ven afectadas sus características como tales, por la aplicación de la protección catódica.

3) Las pinturas bituminosas, sin el complemento de un compuesto antiincrustante, se ven penetradas por los microorganismos y destruidas, no pudiéndose apreciar en ellas, por lo tanto, la acción de la protección catódica. Resisten, sin embargo, muy bien la acción alcalina. Las pinturas antiincrustantes, aplicadas so-

bre estas últimas, no dan un resultado muy satisfactorio.

Se ha presentado recientemente en los Estados Unidos una patente en la que se añade a las pinturas bituminosas un árido de material abrasivo con objeto de reducir la penetración de ciertos organismos incrustantes que las suelen taladrar dejando el metal al descubierto; parece ser que su uso es muy recomendable para la protección de puntales metálicos sumergidos.

Se realizaron también otras series de pruebas con potenciales crecientes y cuyos resultados se dan en la fig. 23. (Para materiales de los utilizados como recubrimiento en zonas de muy elevado potencial, pantallas dieléctricas, ver el apartado 3.07.1).

En el porcentaje de deterioro, solamente se tuvo en cuenta, en cada caso, la capa base; se consideraron los factores de formación de ampollas, resquebrajaduras, desprendimiento y corrosión.

Los potenciales variables, crecientes, se aplicaron según la siguiente secuencia:

- 4 meses a — 1.500 mV.
- 3 meses a — 3.000 mV.
- 8 meses a — 4.500 mV.
- 7 meses a — 6.000 mV.

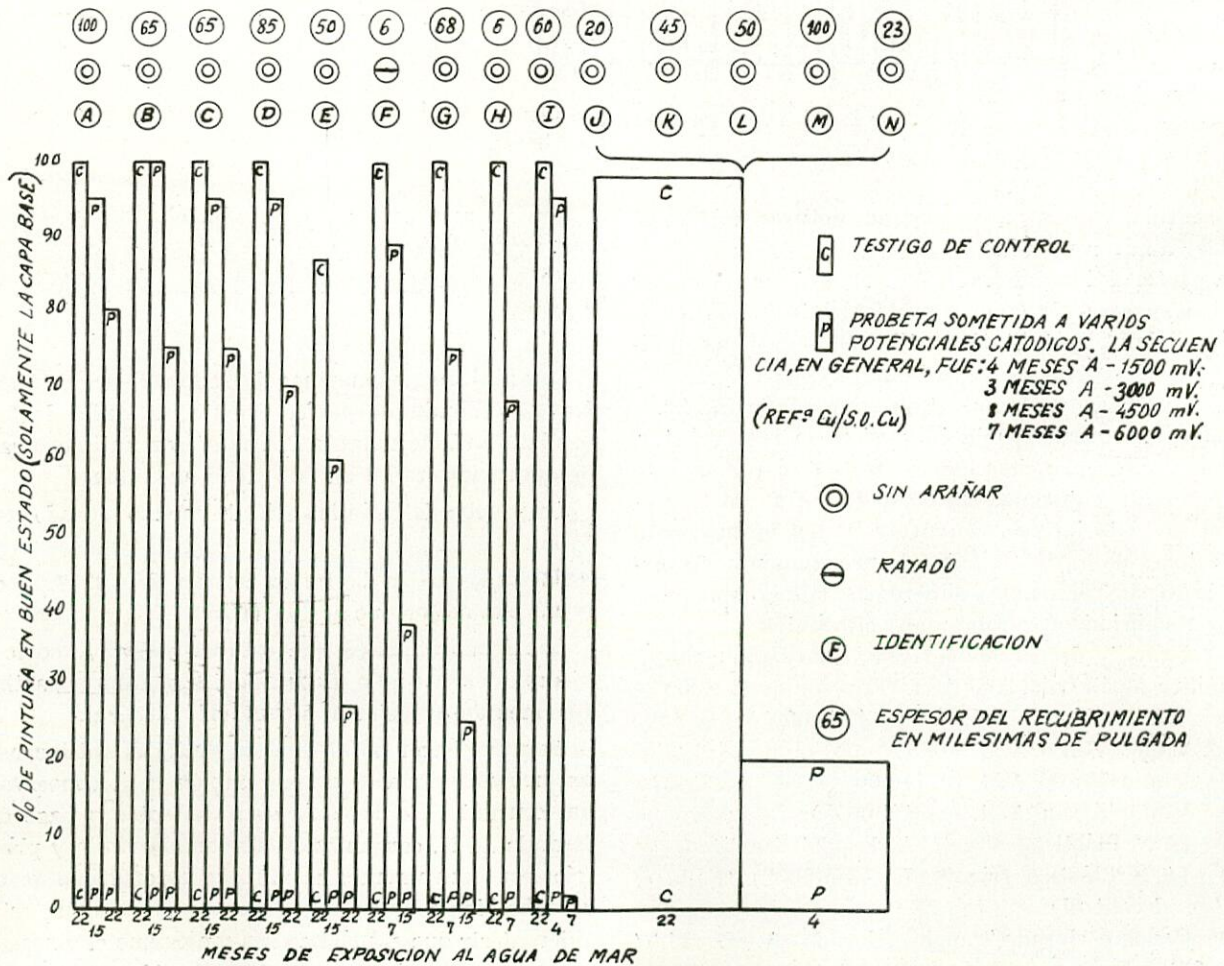


Fig. 23.

dando, pues, un total de veintidós meses de exposición.

A todos los recubrimientos se les aplicó una mano de acabado a base de vinilo antiincrustante, excepto en aquellos en los que dicha pintura era un componente normal.

Las probetas ensayadas fueron las siguientes:

A) Plancha de neopreno de 100/1.000" de espesor (la capa antiincrustante falló a los siete meses).

B) Vidrio epóxido aplicado en frío (A. I. falló a los cuatro meses) (0,06).

C) Vidrio epóxido aplicado en caliente (A. I. falló en siete meses) (0,06).

D) Polisulfuro epóxido aplicado en frío, de 50/1.000" de espesor. (A. I. presentó fallos a los cuatro y siete meses).

E) Neopreno dado a brocha, en caliente, de 50/1.000" de espesor. (El A. I. falló a los siete meses, y la capa base a los 15).

F) Esmalte de porcelana, de 0,006". (Fallo del A. I. a los siete meses y de la capa base a los siete meses). Sin rayar.

G) Vidrio de poliéster, aplicado en frío, con un espesor de 68/1.000". (A los cuatro meses falló el A. I. y a los 15 la base).

H) Esmalte de porcelana de 0,006. (Fallo del A. I. a los cuatro meses y de la capa base a los siete). Rayado, inicialmente.

I) Vidrio de poliéster, aplicado en caliente, con un espesor de 60/1.000".

J) Vinilo/Vinilo antiincrustante. Espesor de 20/1.000". (Fallo de la capa base a los cuatro meses).

K) Caucho de polisulfuro aplicado a llama por proyección. Espesor 0,045". (Fallo de la base a los cuatro meses).

L) Polietileno de 50/1.000", proyectado a llama. (La base falló a los cuatro meses).

M) Vinilo con pigmento de aluminio/Vinilo antiincrustante. Espesor 0,1". (Fallo del aluminio a los cuatro meses).

N) Saran/Saran A. I. de 23/1.000" de espesor. (La capa base falló a los cuatro meses).

Excepto la probeta F, se les había hecho a todas, inicialmente, una serie de arañazos.

En general, se vio que con el aumento de la tensión fallaban bastante la mayoría de los recubrimientos y que, por lo tanto, el espesor de la película aplicada, no es suficiente garantía de buen comportamiento.

Por ejemplo, entre los recubrimientos de vinilo y vinilo con pigmento de aluminio de 20 y 100 milésimas de pulgada, respectivamente, y con una mano de recubrimiento antiincrustante de vinilo, idéntica en ambos casos, no se apreció una diferencia sensible en su deterioro, pese a lo mayor que era el recubrimiento del segundo. Claro que en éste puede explicarse el fallo por el ataque alcalino del aluminio.

La plancha de neopreno de 100 milésimas aguantó mejor que la de 50 aplicada con brocha, en caliente.

Esto, sin embargo, no prueba nada respecto al espesor, puesto que se ha visto que las planchas de caucho se comportan mejor que el recubrimiento equivalente del mismo material que haya sido aplicado por inmersión, proyección o brocha, aunque luego se seque a gran temperatura.

El comportamiento del vidrio, tanto el de aplicación en frío como el caliente, de 65 milésimas, fue superior al de poliéster del mismo espesor, pues hay que tener en cuenta que a aquéllos les falló mucho antes el antiincrustante y, por lo tanto, estuvieron en condiciones más duras. Entre los poliésteres debe notarse que el caliente se comporta peor que el frío.

El polietileno y el polisulfuro, aplicados a la llama, dieron mal resultado.

Y, finalmente, el esmalte de porcelana. Aunque no fue muy sensible a los arañazos, su comportamiento fue deficiente; en su descargo, hay que hacer la observación de que estas eran unas porcelanas especiales para tubos de Schnorkel y silenciadores húmedos, de gran contenido en alúmina (Al_2O_3), resistentes al choque y a los ácidos, pero no a los álcalis, como era necesario en este caso. Otros tipos de porcelana adecuados, resistieron un año seguido ante potenciales de — 4.500 y 6.000 mV.

En general, después de numerosas pruebas, los materiales que demostraron un comportamiento más satisfactorio fueron:

Neopreno aplicado en frío, en planchas de 1/8".

Placas de vidrio epóxido reforzado de 1,5 mm.

Caucho de polisulfuro epóxido de 1 mm.

En definitiva, para admitir una pintura que haya de sufrir los efectos de la protección catódica, las condiciones que han de ser tenidas en cuenta, son las siguientes:

- 1) Resistencia ante el ataque alcalino.
- 2) Bajo porcentaje de transmisión de agua.
- 3) Carácter dieléctrico.
- 4) Buena adherencia al acero u otros metales.
- 5) Facilidad de aplicación.
- 6) Resistencia mecánica: abrasión, impacto, vibración y flexión.
- 7) En pinturas ordinarias, espesor mayor de 1,5 décimas.
- 8) Compatibilidad con pinturas antiincrustantes.
- 9) Precio.

Finalmente, hay que advertir que existen zonas más expuestas al deterioro, por su mayor potencial; esto ha de tenerse en cuenta, de un modo especial, en las proximidades de los ánodos; en el apartado 3.07.1, veremos como, para solucionarlo, se disponen unas defensas dieléctricas adecuadas sustituyendo o complementando a la pintura.

En la práctica se utilizan también unas pinturas con pigmentos de carácter anódico, que alteran la distribución de las zonas anódicas y catódicas, tales como la

Apexior y similares, para aplicar en las regiones próximas a hélices, tomas de mar, etc. No son recomendables porque su acción decrece rápidamente con el tiempo.

3.04.0.—DESPRENDIMIENTO DE HIDRÓGENO.

Cuando la polarización adquiere un nivel elevado, en la reacción catódica se desprende hidrógeno. Esto hay que tenerlo en cuenta, pues los potenciales a que ello sucede son del orden de los empleados en los sistemas que estamos estudiando; se puede suponer que el fenómeno comienza a presentarse, muy lentamente, a los -950 mV. y que, a partir de los -1.000 mV. cobra importancia, subiendo ya, muy rápidamente, al sobrepasarse este potencial. (Valores referidos a electrodo de plata/cloruro de plata). A potenciales bajos, el hidrógeno liberado, que siempre lo hay, se combina con el óxido disuelto en el agua, por lo que las cifras dadas dependen en gran manera de las condiciones del medio; puede asegurarse, sin embargo, con carácter general, que hay seguridad si no se sobrepasan los -1.000 mV. Esto ya vimos que era muy importante en cuanto al deterioro de las pinturas; otro caso grave es el que se presenta en la protección catódica de tanques cerrados o con mala ventilación, con los peligros derivados del carácter explosivo de la mezcla presente en su atmósfera, máxime teniendo en cuenta que se mantiene siempre un sobretensión de garantía para que las líneas de corriente alcancen los muchos rincones que tienen estos espacios.

Vamos a describir ahora una serie de experiencias realizadas con objeto de comprobar estos fenómenos.

Se utilizó un dispositivo como el representado esquemáticamente en la fig. 24.

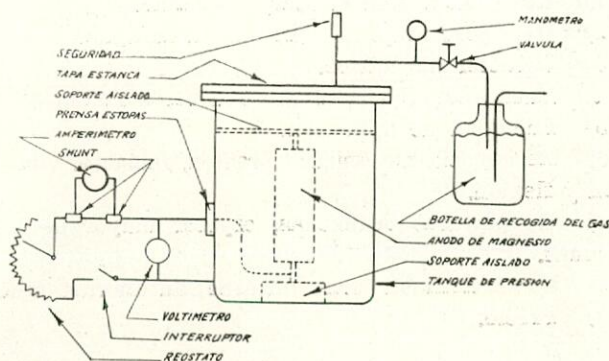


Fig. 24.

El sistema aplicado fue del tipo de ánodos galvánicos de sacrificio, y como elemento catódico a proteger, el propio tanque, de acero dulce sin ningún recubrimiento. Se puede apreciar en el esquema, que se montó un dispositivo de regulación del flujo de corriente, con objeto de hacer comprobaciones a varios niveles de polarización.

En primer lugar, se emplearon ánodos de magnesio, regulados al principio, a $0,0215$ mA/cm.² (1), manteniendo el tanque completamente lleno y dando salida al hidrógeno desprendido. En catorce días, se formó en la superficie interior del tanque un recubrimiento calcáreo, perfectamente tenaz, a lo largo de toda la superficie. Se midió el hidrógeno desprendido, viéndose que alcanzaba una media de 13 c. c./amperio-minuto, que es, aproximadamente, el doble de lo que corresponde al equivalente electroquímico teórico; con esto se vio que el rendimiento del ánodo era del 50 por 100, siendo el resto del hidrógeno desprendido debido a la interacción local de la superficie del magnesio (autocorrosión). No se acusó la presencia de ningún otro gas.

A las treinta horas de funcionamiento, se observó que la corriente bajaba hasta un valor de $0,0129$ mA/cm.². Cerrando la salida del tanque, se alcanzó, en setenta y cinco horas, una presión de $9,5$ kg/cm.².

A continuación, se hicieron pruebas con el tanque sin llenar del todo comprobándose que, al estar bien aireado, decrecía el desprendimiento de hidrógeno. Con el tanque lleno hasta los 7/8, se llegó, en veintinueve días, a una presión de 4 kg/cm.² y, teniéndolo mediado, no se notó aumento apreciable al cabo de catorce días. La explicación de estos fenómenos estriba en la presencia del oxígeno, que produce una despolarización del hidrógeno.

Quedó perfectamente patente, una vez más, la acción de la capa alcalina en cuanto a reducir el flujo de corriente.

También se realizaron ensayos con ánodos de cinc, obteniéndose, con el tanque lleno, una producción de 4 c. c./amp.-min. y alcanzando, en treinta días, una presión de $9,8$ kg/cm.². Lo mismo que en el caso del magnesio, con el tanque mediado, el desprendimiento de hidrógeno era prácticamente nulo.

Las conclusiones que sacamos de estas pruebas es que, en vista de que, efectivamente, el desprendimiento de hidrógeno es muy considerable, al proteger los tanques llenos de lastre, es necesario mantenerlos muy bien ventilados y adoptar las precauciones adecuadas a la presencia de una mezcla altamente explosiva. Veremos sobre esto en 3.11.0.

Se ha discutido bastante acerca de otro efecto pernicioso de la protección catódica, relacionado con el desprendimiento de hidrógeno: el agriamiento del acero.

Concretamente, el profesor W. H. Bruckner, de la Universidad de Illinois, aseguró, en 1956, que había

(1) Tomamos este valor, que es el doble del que se ha dado en la tabla II, para el acero dulce en las peores condiciones, con objeto de activar la formación de la capa alcalina. Después se autorreguló.

realizado experiencias en este sentido, con aceros, encontrando fenómenos de acritud (comprobada por el doblado de las probetas) y que observó que este efecto se producía a causa de un exceso de polarización, aguas de bajo pH, o bien, de alto contenido sulfúrico.

Para comprobar todo esto, se hicieron experiencias con aceros dulces corrientes, aceros de alta y baja aleación y aceros de alta tensión; se les sometió a la acción de la protección catódica, con densidades de 0,17 mA/cm.², sin que llegase a aparecer el menor indicio de acritud.

En otra serie, se sometió al acero dulce, en un medio altamente sulfúrico, a densidades de 0.54 mA/cm.² durante veinticuatro horas, sin que los posteriores ensayos de doblado a 180° demostrasen el menor efecto en

este sentido. Así se siguió con más combinaciones a base de ácido sulfúrico y densidades variables, sin que se obtuviese ningún resultado positivo.

Parece ser, pues, y es opinión generalizada en toda la literatura consultada, que se puede someter a los aceros usuales a densidades muy superiores a las que se emplean en la protección catódica, sin que se corra el menor peligro de agriamiento. Solamente hay evidencia de agriamiento en algunos tipos de aceros inoxidables.

Además, en toda la historia de la protección catódica aplicada a buques, no se encuentra la menor referencia a una sola avería causada por este efecto, por lo que no es aventurado pensar que puede utilizarse con plena tranquilidad.

ENSAYOS DE MODELOS DE BUQUES DE CARGA Y SU RELACION CON LOS RESULTADOS EN LA MAR

En la reunión que ha celebrado la Royal Institution of Naval Architects, en Gotemburgo, el día 5 de septiembre, se ha presentado un trabajo por los señores Hans Lindgren y Nils M. Norrbin, del Canal de Experiencias de Gotemburgo (SSPA), referente a los resultados de una serie de ensayos y pruebas de mar realizados con buques de carga pertenecientes a una misma serie.

Los autores de este trabajo llegan en él a conclusiones prácticas de interés general mediante dicha experimentación y otras anteriores analizadas con profundos conocimientos teóricos y criterios de auténtico ingeniero naval, cuyo objetivo técnico final es la consecución del mejor barco que en cada caso sea posible.

A continuación se publica un resumen muy reducido del citado trabajo.

Características de los modelos y buques.

Los buques a que se refieren las pruebas fueron los "Minikoi", "Sabang" y "Vasaholm", pertenecientes al grupo de Compañías Navieras Broström, y estaban contruídos por los mismos planos, excepto en lo que se refiere a las hélices.

Las principales características de estos buques son las siguientes:

Eslora entre perpendiculares	$L_{pp} = 135,6$ m.
Manga	$B = 18,9$ m.
Calado	$T = 7,8$ m.
Desplazamiento	$\Delta = 13.170$ m ³
Coficiente de bloque	$\delta = 0,66$
Potencia de los motores	9.360 CVI
Potencia en el propulsor	8.080 CVP
Velocidad de proyecto	17,5 nudos.

Los buques estaban enteramente soldados, excepto dos costuras remachadas en el pantoque.

Los propulsores de los buques "Sabang" y "Vasaholm" tenían 5,10 m. de diámetro, con una relación de área desarrollada de 0,62 y 0,60, respectivamente, y una relación de paso de 1,04 y 0,98, también respectivamente.

La hélice del "Minikoi" tenía 5 m. de diámetro, 0,60 de relación de área y 1,07 de relación de paso.

Todos los propulsores eran de cuatro palas.

Los modelos fueron contruídos de parafina para los ensayos en aguas tranquilas a una escala de 1/21; de plástico reforzado con fibra de vidrio, a una escala 1/25 para los ensayos de maniobra; y de parafina también, pero a una escala 1/35 para los ensayos en olas.

Además de los buques indicados se utilizó también el "Mandalay" para las pruebas de maniobra, por no estar disponible para ello ninguno de los anteriores. La diferencia entre este buque y los demás consiste en que éste tiene una potencia menor (8.650 IHP), con las correspondientes diferencias en la hélice (5 m. de diámetro y 0,985 de relación de paso).

Ensayos en aguas tranquilas.

Se realizaron una serie completa de ensayos. Para el calado normal de servicio (7,80 m.) y la velocidad de 17 nudos se obtuvieron los siguientes resultados, según el propulsor montado:

	Minikoi / Sabang
Potencia de eje	6.647/6.576
Revoluciones	109,8/111,7
Rendimiento propulsivo	0,692/0,699
Coficiente de estela	0,274/0,257
Coficiente de succión	0,203/0,203
Rendimiento del propulsor	0,63 /0,651

Las diferencias encontradas para las distintas condiciones de calado y asiento se indican en la figura 1, en la que se han representado las relaciones de potencia y revoluciones con respecto a las correspondientes a las condiciones en servicio con calado de 7,80 m., cuando se cambian los calados o el asiento, pero no la velocidad.

Puede observarse en ellas que la influencia del trimado es muy escasa, aunque se mejore algo aumentando el asiento en popa.

Las curvas correspondientes a los métodos *a*, *b* y *c* muestran los resultados que se obtendrían empleando distintos métodos para el cálculo de la potencia, partiendo de unos datos dados.

El método empleado en la curva *a*, que es la que más se aproxima a los resultados obtenidos, consiste en suponer constante el coeficiente

$$c = \frac{\Delta^{2/3} V^3}{P_D}$$

Se hace observar, sin embargo, que dicho método no siempre da tan buenos resultados, y que el coeficiente *c* suele disminuir al hacerlo el calado, si se trata de for-

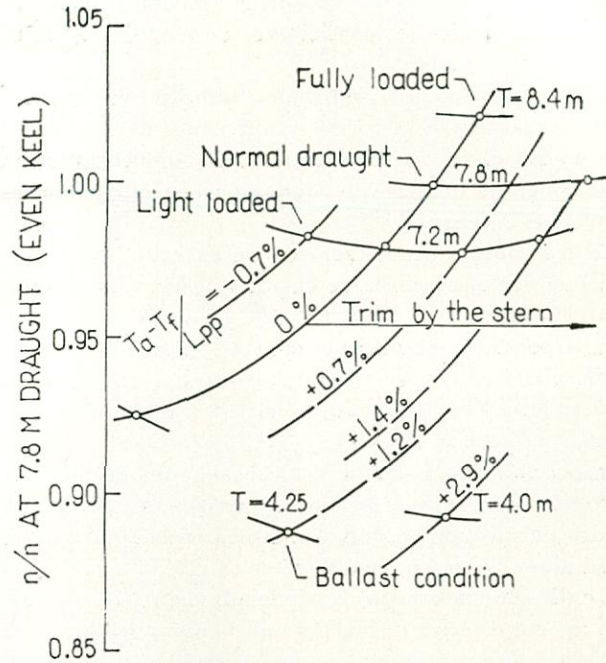
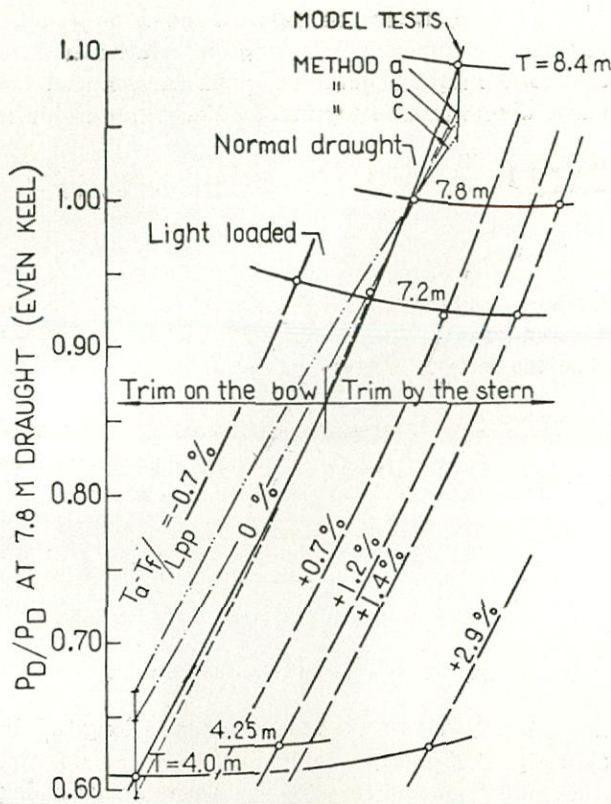


Fig. 1.—Influencia del calado y trimado sobre la potencia y r. p. m.

mas llenas, y a la inversa, si se trata de una carena de formas finas.

Fueron realizadas pruebas de mar con los tres buques indicados al principio, midiéndose la potencia por medio de diagramas, ya que se trata de buques a motor.

La comparación de los resultados obtenidos en las pruebas y las previsiones calculadas por el método de Froude, partiendo de los resultados obtenidos en los ensayos, indican diferencias de potencia variables entre 7,9 y 11,6 %, siendo menores las potencias medidas en las pruebas de mar; y diferencias de las revoluciones comprendidas entre 0,9 y 2,8 %, siendo siempre mayores las revoluciones en las pruebas de mar que en el canal.

El análisis de las pruebas de mar se realizó suponiendo que los coeficientes K_T y K_Q de la hélice permanecían invariables; con lo que puede deducirse del ensayo de propulsor aislado el grado de avance y, por tanto, la estela. El coeficiente de succión se supuso constante, calculándose sobre esta base la resistencia del buque.

En la figura 2 se indican en la parte alta las diferencias obtenidas entre los coeficientes

$$c_T = \frac{R_T}{\frac{1}{2} \rho v^2 s}$$

correspondientes al buque (c_{TS}) y al modelo (c_{TM}). Y en la parte baja, las diferencias del coeficiente de estela, calculado partiendo del momento.

Las líneas llenas indicadas en dichas figuras repre-

san la media estadística obtenida anteriormente por SSPA con resultados de pruebas de mar de otros muchos buques. Pudiéndose observar que aunque los puntos del "Minikoi" referentes a Δc_T se van bastante de la línea media, la dispersión de resultados sobre los que se trazó dicha línea no era menor.

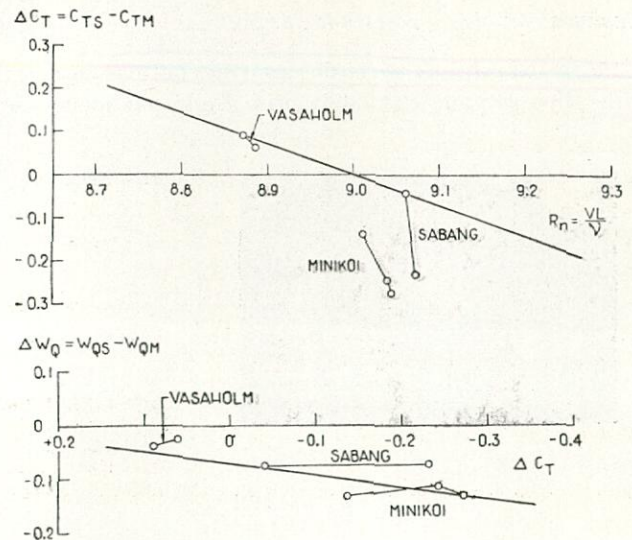


Fig. 2.—Efectos de escala, ΔC_T y ΔW_Q .

Cavitación.

Se realizaron ensayos de cavitación disponiendo en el túnel un cuerpo a proa de la hélice que reprodujera de la manera más aproximada que fuera posible la dis-

tribución de estela obtenida en el canal por medio de tubos de Pitot.

Las condiciones de ensayo fueron: de plena carga a toda fuerza; servicio; y lastre. En todas ellas se graduó el grado de avance—con la velocidad media—, de modo que fueran iguales los coeficientes de empuje K_T en el modelo y en el túnel.

Las observaciones realizadas indican variaciones muy escasas entre la forma y extensión de la cavitación en las distintas condiciones, por compensarse las variaciones de número de cavitación con las de grado de avance.

En las condiciones de servicio se extendía la cavitación laminar en el borde de entrada desde aproximadamente 0,6 R. hasta la punta de la pala, cuando ésta pasaba por la parte alta del codaste, estando bastante desarrollada en las secciones exteriores.

No apareció cavitación en la cara de presión más que en las condiciones de lastre.

Inspeccionadas las hélices de los buques después de cinco años de servicio, se observó en ellas erosiones en la cara de succión, tal como se indica en la figura 3, en el "Minikoi", y mucho más fuertes en el "Sabang", aunque en los mismos sitios aproximadamente. Se supone que, aparte de las diferencias que pudiera haber en el material, estas diferencias fueron debidas a que este último buque navegó durante más tiempo a mayor potencia.

Es interesante observar que entrando con los datos correspondientes a estas hélices en el conocido diagrama de Burrill (curva para cualquier tipo de sección), se obtienen relaciones de área del orden de 0,60; es decir, la misma que en el "Minikoi" y un poco menos en el "Sabang".

Ensayos con olas y resultados de servicio.

Se realizaron una serie de ensayos con olas de proa y de popa estando el modelo propulsado por un motor

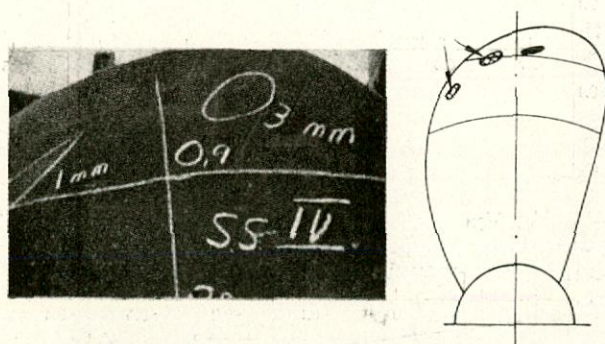


Fig. 3.—Muestras de erosión en el "Minikoi".

de corriente continua, que era posible regular por medio de un grupo Ward Leonard. Se corrió sobre olas de longitudes comprendidas entre $0,60 L_{WL}$ y $1,50 L_{WL}$ (siendo L_{WL} la eslora en la flotación), en los ensayos con mar de proa y longitudes $\lambda = 0,75 L_{WL}$ y $1,25 L_{WL}$ en los ensayos con mar de popa. Las alturas de las olas generadas correspondían a escala natural a olas de

2,3 y 3,5 m. de altura. La figura 4 indica la pérdida de velocidad en función de la longitud relativa de la ola, cuando la máquina desarrolla toda su potencia. Como puede observarse, el mínimo, es decir, la pérdida má-

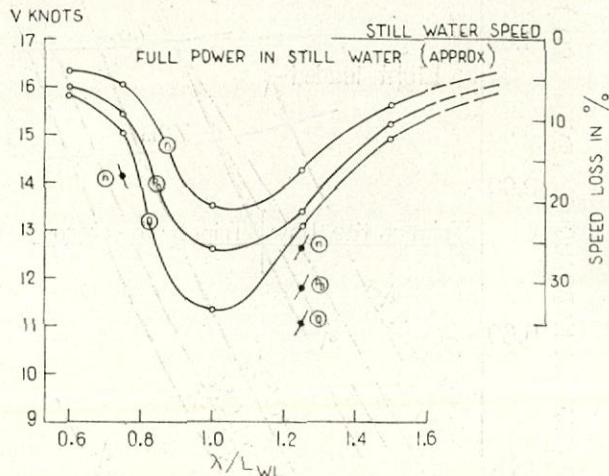


Fig. 4.—Pérdida de velocidad con olas.

xima de velocidad se produce cuando la longitud de la ola es igual a la eslora del buque.

Se midió también en estos ensayos el aumento de potencia y las amplitudes de cabezada, oscilaciones verticales y aceleraciones a proa y a popa; no reproduciéndose aquí los resultados obtenidos por no haberse tomado estas medidas a bordo y no poderse hacer, por consiguiente, ninguna comparación.

Estando el barco en servicio, y entre tres entradas en dique sucesivas, se tomó durante los años 1956 y 1957, por el personal de a bordo, los datos que se indican:

Cada cuatro horas, la velocidad por medio de una corredera tipo SAL; revoluciones y consumo de combustible, por medio de un instrumento especial; el rumbo; y una estimación de la velocidad y dirección del viento y el estado de la mar.

Una vez a la semana se midió, además, la potencia por medio de diagramas del indicador.

La ruta de los barcos era de Gotemburgo al Extremo Oriente, unas veces por el Mediterráneo y el Canal de Suez y otras rodeando por el Cabo de Buena Esperanza.

Fueron rechazados los datos correspondientes a calados menores de 7 m. y otras condiciones que no admitían las comparaciones con garantía; por ejemplo, si no coincidían los consumos con la potencia medida por el indicador, si había cambiado el rumbo apreciablemente durante el período, etc.

En la figura 5 se indica la influencia del tiempo transcurrido desde la última entrada en dique en el aumento de potencia en la hélice navegando con buen tiempo (0-1 de la escala de Beaufort). La coincidencia entre los aumentos de potencia correspondientes a tres períodos entre carenados es notable, aunque debe observarse a este respecto que el mayor crecimiento de la rugosidad del casco estaba ya superado, puesto que el

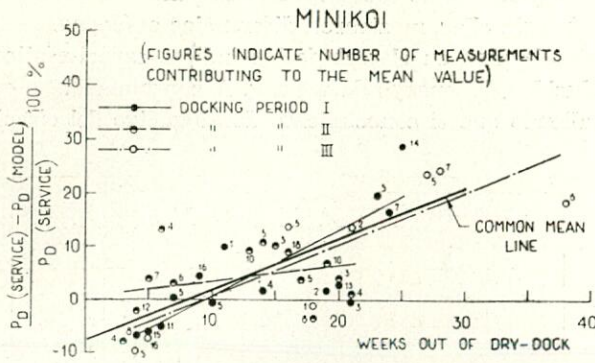


Fig. 5.—Influencia del tiempo desde la salida de dique.

barco llevaba un año de servicio cuando se inició esta investigación. La velocidad media durante un año fue de 16,4 nudos. No se reproducen los resultados del "Sabang" por merecer menos confianza, pero señalan las mismas tendencias que los del "Minikoi".

En la figura 6 se reproducen los resultados obtenidos,

por lo que se refiere a pérdidas de velocidad y aumento de potencia y revoluciones por efectos de la mar y el viento en el "Minikoi".

Maniobrabilidad.

Se realizaron ensayos con un modelo de plástico reforzado de vidrio, tal como se ha indicado al principio, propulsado por un motor de 24 voltios, cuya energía estaba generada por un motor de gasolina, con su correspondiente dinamo, montado también a bordo.

Se había programado toda la maniobra previamente y se tomaron los datos con un oscilógrafo de seis canales. Se lastró el modelo de forma que tuviera un radio de giro igual a 0,25 L_{pp} , de acuerdo con las propiedades dinámicas estimadas para el buque y el mismo período de balance que aquél, de 9 segundos. No se montaron sobre el modelo quillas de balance.

Los ensayos se realizaron a la velocidad correspondiente a 15 nudos; también se realizaron otros a velo-

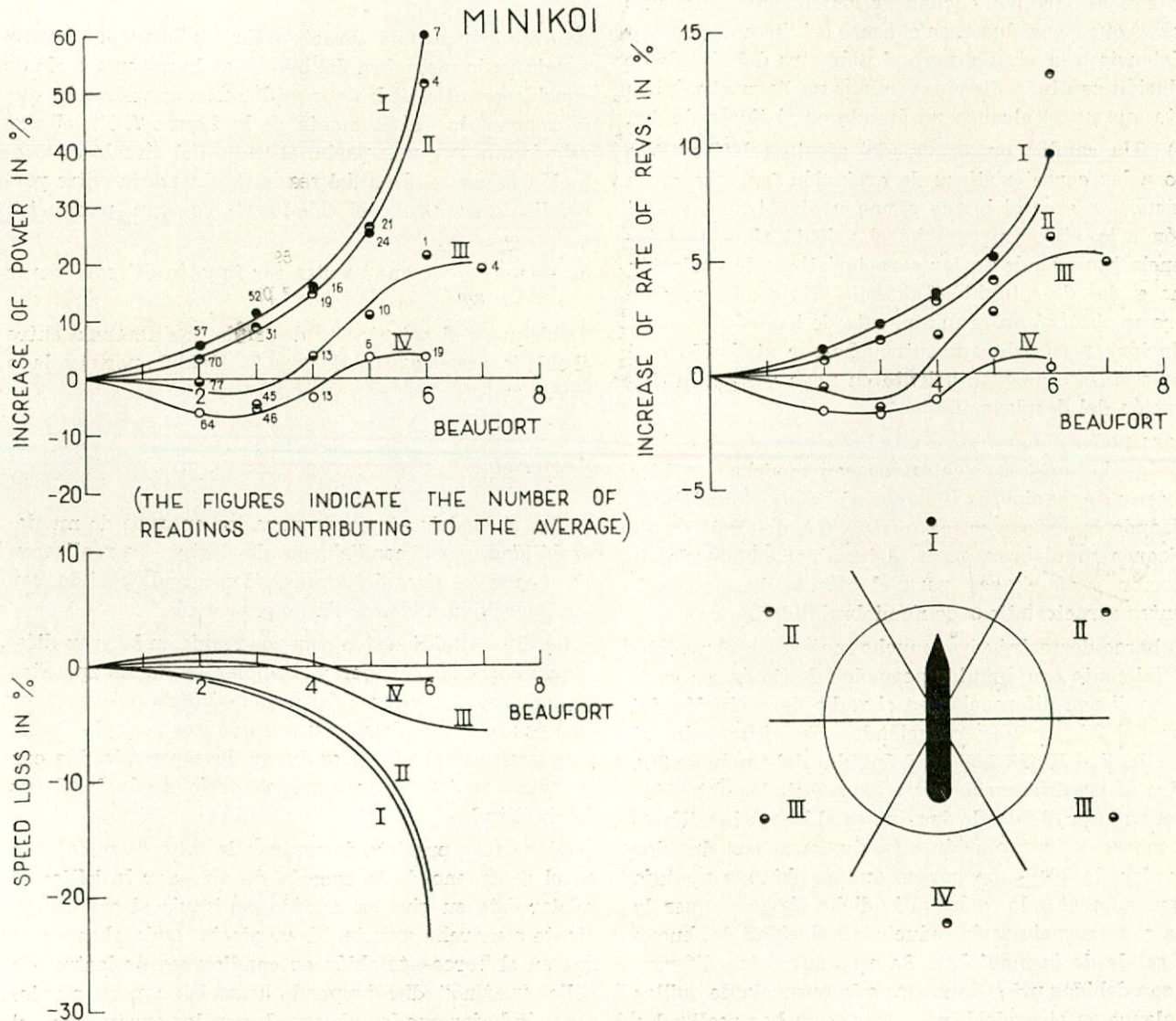


Fig. 6.—Influencia del viento y olas ("Minikoi").

idades inferiores, no encontrándose influencia de la velocidad.

La información obtenida puede resumirse como sigue:

a) Con el timón a la vía, el modelo tenía una ligera tendencia a caer a babor cuando a popa el calado es el correspondiente a plena carga y a estribor en condiciones de poca carga, con una hélice girando a derechas.

Las causas de ello son que la rotación de la estela de la hélice da lugar a que en la parte alta del timón sea mayor la presión dinámica en la cara de babor y en la parte baja, mayor en la de estribor. Si la estela del ouque fuera uniforme, el buque no cambiaría de rumbo en plena carga; aunque sí caería a estribor al disminuir la eficacia de la parte alta del timón, con poca carga. Pero las diferencias locales de la estela del buque dan lugar a que no actúen por igual ambas partes, produciéndose así el fenómeno también a plena carga.

b) La relación entre eslora y radio de evolución que caracteriza la curvatura de la trayectoria crece linealmente con el ángulo de la caña del timón hasta que éste alcanza un valor de unos 15°. Si aumenta, y particularmente si lo hace por encima de los 20°, las fuerzas no lineales que se producen en el casco originan una mayor resistencia a la virada, pero el diámetro del círculo de evolución continúa disminuyendo y no llega al mínimo hasta que no se alcanza un ángulo en el timón de 40°.

c) Un cambio en el calado afecta relativamente poco a las características de evolución (excepto en la tendencia a caer el buque a una u otra banda con el timón a la vía). En cambio, el asiento tiene una influencia tan grande en las características de evolución como en las de estabilidad de ruta. En condiciones de lastre se observó un gran aumento de los diámetros de evolución; pero este aumento debe ser atribuido casi completamente al gran asiento en popa y no a la disminución del desplazamiento.

Para poder comparar resultados reales con los obtenidos en los ensayos realizados con modelos, se hizo una serie de maniobras (25) con el buque "Mandalay", utilizando la cadena sueca de DECCA del Báltico. Se realizaron maniobras para determinar el círculo de evolución y en zig-zag para el cálculo de las consiguientes características de maniobrabilidad.

El barco demostró virar mucho mejor que el modelo, especialmente con ángulos pequeños de timón, en cuyo caso se dieron diferencias en el radio de evolución del orden del 25 por 100; reduciéndose las diferencias al orden del 5 al 10 por 100 para ángulos del timón de 30°.

Otra de las diferencias entre los resultados obtenidos con el buque y el modelo fue que en el buque los diámetros menores de evolución se obtuvieron con ángulos del orden de 30°, y no parece que se obtenga ventaja alguna aumentando más allá dicho ángulo, pues la única consecuencia sería reducir la velocidad del buque a la salida de la maniobra. Se cree que estas diferencias son debidas principalmente a la ausencia de quillas de balance en el modelo, pues otras pruebas realizadas recientemente con dos petroleros suecos del mismo pro-

yecto, pero uno de ellos provisto de quillas de balance y el otro sin ellas, mostraron diferencias análogas.

Se discuten en el trabajo los índices característicos deducidos del ensayo de zig-zag. A continuación, y entendiendo que el conocimiento del diámetro del círculo

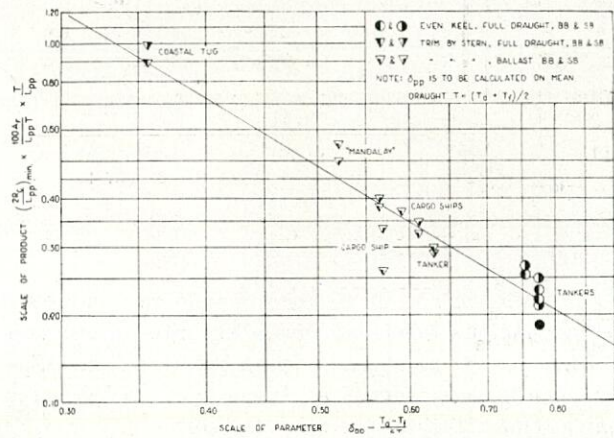


Fig. 7.—Relación semiempírica para el mínimo diámetro de evolución de motonaves de una hélice con un timón.

de evolución es una característica de la mayor importancia en la maniobra del buque, se hacen una serie de consideraciones, de las que se deducen una fórmula, que se representa gráficamente en la figura 7. En ella se relacionan, por una parte, el radio del círculo de evolución R_c con el área del timón A_r , la eslora entre perpendiculares L_{pp} y el calado T , con un parámetro

$$\delta_{pp} = \frac{T_a - T_f}{6T}$$

de bloque y el asiento; es decir, de la diferencia entre el calado a popa T_a y el de proa T_f dividido por el calado medio T .

Arrancada.

Con el modelo empleado para los ensayos de maniobrabilidad, y en condiciones de lastre, se realizaron otros ensayos para determinar el recorrido cuando, con una velocidad dada, se da marcha atrás.

La dificultad de estos ensayos reside en la gran diferencia entre las inercias y rozamientos de los aparatos propulsores del barco y del modelo. Por lo que, para los ensayos con el modelo, se programó una serie de "revoluciones equivalentes", en lugar de ser realizados con los pares motores que correspondería según las leyes de similitud.

Otra causa prevista de error es la falta de semejanza en el fenómeno de la succión de aire por la hélice al iniciar ésta su giro en sentido contrario al correspondiente a marcha avante. Y, en efecto, pudo observarse que en el barco—también en condiciones de lastre—la hélice "patinó", disminuyendo luego las r. p. m. a valores más bajos que los observados en los ensayos con el modelo.

Estos ensayos se realizaron para los casos en que el par motor aplicado a la hélice al dar atrás fuera igual al correspondiente a "avante media" y "avante toda", y, además, con la maniobra dispuesta de modo que la hélice gire a las revoluciones que proporcionen el grado de avance óptimo para el frenado, en condiciones de marcha avante, en lugar de dejarla loca y girando arrastrada por el agua, como en los otros dos ensayos citados (las demás maniobras ensayadas serán objeto de un informe posterior).

Este último método no resultó ser conveniente para un barco de motor—ya que este tipo de máquina es capaz de desarrollar un momento mucho más elevado que lo que se puede conseguir por el procedimiento indicado—, por lo que en las pruebas realizadas con el "Mandalay" en la mar no se reprodujo.

Estas pruebas mostraron que los ensayos reproducían bien las condiciones del barco real, pero que, como ya se ha indicado, en éste se producía una disminución de revoluciones, poco después de mandar atrás, que no se presentaban en el modelo, lo que originó que la distancia efectiva recorrida fuera mayor en el barco (770 m. a 16,1 nudos) que en el modelo (635 m. a 16 nudos).

Se propone a continuación un método aproximado para calcular esta distancia recorrida.

Para ello, se observa que en un motor Diesel el tiempo transcurrido desde que se manda "atrás toda" hasta que el motor ha parado y arrancado (con combustible) en sentido contrario, puede variar entre 10 y 40 segundos. Pero que el tiempo necesario desde que se manda el aire comprimido para el cambio y se producen las primeras explosiones es de unos seis segundos. Y como el tiempo para que el barco pare es de 3 a 6,5 minutos, es despreciable la influencia de la inercia, etc., del aparato motor en el espacio recorrido.

Para simplificar—y aunque se reconozca que esto no es cierto—se supone asimismo que la estela y la succión permanecen constantes.

Se obtiene así:

$$m \frac{dv}{dt} = T(v, n, w) - R \left(v, \frac{dv}{dt}, \Delta \right)$$

siendo T el empuje efectivo en sentido avante de la hélice, w el coeficiente de estela y R la resistencia hidrodinámica, positiva en sentido de proa a popa.

Si se acepta el concepto de masa virtual $(1 + k)$ y se ponen las variables en función de las correspondientes a las condiciones óptimas o de proyecto (a las que se afecta con el subíndice 0), de modo que

$$\frac{m}{m_0} = \mu \quad \frac{v}{v_0} = c \quad \frac{R}{R_0} = r \quad \frac{Q}{Q_0} = q$$

se obtiene

$$m_0 (1 + k) v_0 \frac{dc}{dt} = R_0 q \frac{K_T/K_Q}{(K_T/K_Q)_0} - R_0 r$$

siendo r función de c y de μ , y

$$\frac{K_T/K_Q}{(K_T/K_Q)_0}$$

función de

$$q/c^2 = \frac{K_Q/\Delta^2}{(K_Q/\Delta^2)_0}$$

siendo Δ el grado de avance.

La distancia necesaria para que se pare un barco que navega a la velocidad $v_1 = v_0 c_1$ cuando se aplica un momento constante $Q_0 q_1$ será:

$$S_1 = \frac{m_0 (1 + k) v_0^2}{R_0} \int_{c_1}^1 \frac{\mu c dc}{c_1 q_1 \frac{K_T/K_Q}{(K_T/K_Q)_0} - r} = \frac{m_0 (1 + k) v_0^2}{R_0} J_1$$

El valor de la integral J_1 ha sido calculado para los casos que se indican en la figura 8, suponiendo que la resistencia varía con $\mu^{0,5} c^{2,2}$.

Aplicada a los casos ensayados, ha dado resultados satisfactorios, excepto en lo que se refiere a la caída de r . p. m., de la que se ha hecho mención.

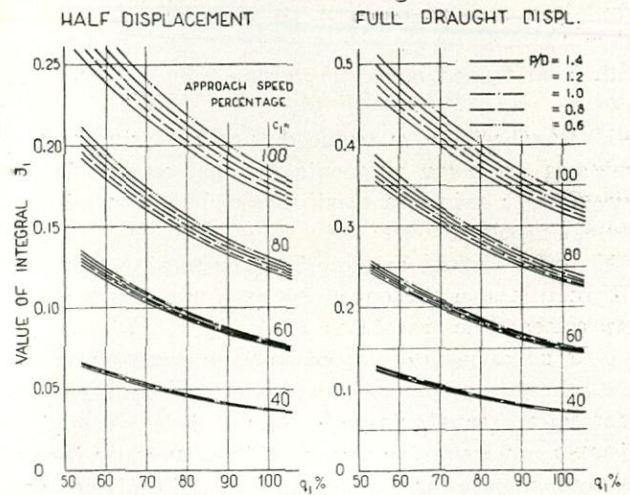


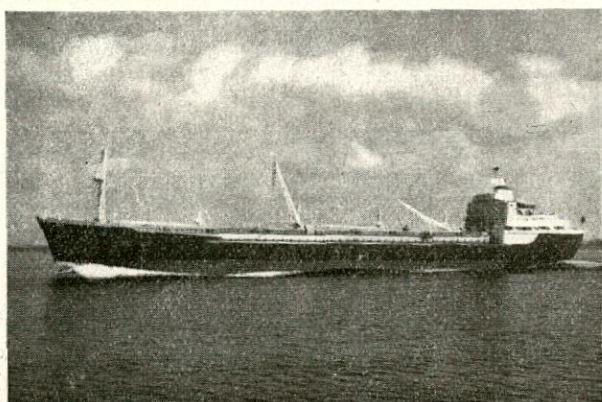
Fig. 8.—Cálculo aproximado de la distancia requerida para detener un buque. Valor de la integral J_1 de la fórmula.

INFORMACION DEL EXTRANJERO

ENTREGA DEL "ARALIZZ"

El día 4 de septiembre se entregó por los Astilleros de Öresundsvarvet de Landskrona, el "Aralizz" de 17.100 t. p. m. a los Armadores A. R. Appelqvist Aktiebolag de Estocolmo.

El "Aralizz" está especialmente construido para el transporte de cargas a granel, como carbón, minerales y cereales, teniendo las siguientes características principales:



Eslora total	157,95 m.
Eslora entre perpendiculares	146,30 m.
Manga de trazado	21,64 m.
Puntal de trazado hasta la cubierta principal	12,80 m.
Calado al franco bordo de verano	9,40 m.

El "Aralizz" es un buque de una cubierta con maquinaria así como el puente a popa, construido con arreglo a la más alta clasificación del Lloyd's Register of Shipping.

El barco dispone de siete bodegas servidas por nueve escotillas, ya que en las bodegas números 2 y 6 se han colocado dos escotillas.

Esta subdivisión de los espacios de carga en un mayor número de compartimientos cortos tiene especial ventaja al transportarse cargas pesadas, como por ejemplo minerales, ya que el sistema permite la concentración en pocos compartimientos. El centro de gravedad, por consiguiente, resulta más alto, siendo los movimientos del buque más confortables.

Además se han dispuesto tanques triangulares debajo de la cubierta, a los costados, para lastre de agua.

El equipo propulsor es un motor Diesel sobrealimentado, fabricado por Götaverken. Tiene seis cilindros y quema aceite pesado. A 115 r. p. m. desarrolla 7.500 BHP.

Durante las pruebas se consiguió una velocidad media de 16,5 nudos.

La instalación eléctrica es de corriente alterna a: 440 V., 60 ciclos para fuerza y 220 V. para alumbrado.

LA REUNION SEMIANUAL DEL "AMERICAN BUREAU OF SHIPPING"

En la sesión celebrada en Nueva York el 25 de julio último se dio cuenta, entre otros asuntos, de los siguientes:

Actividades Técnicas.

La cantidad de proyectos de nuevos buques en que han intervenido las Secciones Técnicas de la Sociedad refleja la actual reducción mundial en el volumen de la construcción naval; pero el número total de planos revisados se mantiene a un nivel alto, debido principalmente al extraordinario número de conversiones que se están efectuando, especialmente de petroleros en otros tipos de buques, principalmente en "bulk-carriers".

Tres de los petroleros modificados se han convertido en buques-tanques para azufre líquido a unos 150° C. Debido a la gran densidad de esta carga, los escantillones de estos buques se han tenido que incrementar, y ha tenido que preverse la dilatación de la parte estructural calentada por la carga. A uno de estos buques se le han instalado dos grandes grúas y bandas transportadoras, para poder trasegar a cargueros a granel.

Entre los nuevos buques construidos y clasificados por la Sociedad figuran dos barcazas-tanque fluviales totalmente de aluminio. La mayor de las cuales será de 1.200 t. p. m.; sus tanques principales de carga estarán limitados por planchas lisas, para el transporte de productos especiales, tales como los químicos de gran pureza o líquidos comestibles. Esto supone una construcción de doble forro, con toda la estructura de fondo y costados dispuesta entre los forros exterior e interior y con los baos sobre la cubierta. Con esta disposición se reduce a un mínimo el peligro de contaminación y se facilita la limpieza de los tanques.

Continúa aumentando el tamaño de los petroleros. En la forma en que se han revisado las "Reglas" en 1959, se prevén buques hasta de 1.000 pies (305 m.), y a este tamaño se aproximan ya los dos petroleros que se construyen en Japón, que tendrán más de 900 pies (274 m.), con 130.000 t. p. m., aproximadamente.

Hace años, cuando empezó a crecer el interés por el desarrollo de proyectos de grandes petroleros y mineros, en tamaños sobre los que se carecía de experiencia, fue necesario reconsiderar la validez de los cálculos de resistencia estructural basados en cargas estáticas para la estimación de los momentos flectores resultantes en los cascos de los buques que navegan por la mar. Existen cuestiones a dilucidar sobre si determinados factores que tienen una influencia grande en los cálculos estáticos, tienen o no la misma influencia cuando realmente está el buque en la mar, con mar gruesa y, además, quedaba sin aclarar hasta qué punto se podía aceptar lo que podría denominarse la reducción de la severidad relativa de las condiciones de una mar gruesa a medida que aumenta el tamaño del buque.

El desarrollo de las nuevas instalaciones existentes en los Tanques de Experiencias, con dispositivos de formación de olas, y el equipo instrumental que se instala en los buques para la obtención de datos en la mar está facilitando la información sobre estos difíciles problemas.

Hace tres años, el Bureau estableció un contrato con el Tanque de Experiencias del Instituto de Tecnología Stevens, de Hoboken, N. J., para efectuar experiencias con una serie de tres modelos idénticos en sus dimensiones principales, pero variando los coeficientes de sus formas. La tendencia general de la influencia de los cambios de las formas del casco está de acuerdo con lo indicado por los cálculos standard estáticos, pero se han observado diferencias pronunciadas en su magnitud, y con algunas combinaciones de las condiciones de velocidades y mar, ambas dentro de gamas reales, se han visto algunas influencias opuestas a las previstas por aquellos cálculos.

Hasta ahora no se había desarrollado nada sobre esta cuestión; lo cual ha obligado al Bureau a desistir de su posición original de aplicar una amplia aproximación empírica al problema general de la resistencia longitudinal.

* * *

Se han terminado las pruebas preliminares de presión y temperatura del equipo propulsor del N. S. "Savannah", pero sin combustible nuclear. El programa prevé unas pruebas del equipo en el muelle de Camden hasta el 10 por 100 de su potencia. Antes de que la Comisión de Energía Atómica autorice las pruebas a la potencia máxima en la mar, se efectuará un análisis de las pruebas indicadas a baja potencia.

Está previsto el traslado del buque de Camden a Yorktown con el reactor "apagado", llevando sellados el "recipiente" y el compartimiento del reactor y maniobrando la máquina con el vapor de las calderas auxiliares.

Comentarios generales.

En el informe semestral del Comité de Directores del último año se indicó que en 1959 se había alcanzado el récord de construcción naval en el mundo en tiempo de paz, con 12.667.000 t. p. m. de buques nuevos construidos. Según las más completas estadísticas recopiladas recientemente por el Departamento de Comercio de la Administración Marítima de los Estados Unidos, una reducción de un 10 por 100 se ha experimentado en la construcción mundial en el año último.

Los astilleros del mundo terminaron en 1960, 764 buques mercantes, con 7.747.000 T. R. y 11.206.000 t. p. m., incluidos solamente los buques iguales o mayores de 1.000 T. R., lo que representa una reducción de 1.461.000 t. p. m. respecto a la producción de 1959. Las previsiones indican que en 1961 experimentará el tonelaje construido una nueva reducción sobre los totales alcanzados en los últimos años.

Como resultado de la enorme y continua producción en la postguerra, existen ahora en el mundo la cifra récord nunca alcanzada de 17.317 buques de altura con 122.027.000 T. R. y 171.890.000 t. p. m., iguales o mayores de las 1.000 T. R. Antes de la guerra existían 13.004 buques, con 59 millones de T. R. y 81.359.500 t. p. m. Es decir, que la flota actual tiene una capacidad de peso muerto de más del doble de la flota de la preguerra, con un notable aumento en tamaño unitario y velocidad media. La mayor expansión corresponde a los petroleros y "bulk-carriers".

La competencia entre los astilleros y las naciones se ha acentuado recientemente.

Algunos astilleros han sido más afortunados que otros, y tienen trabajo programado para los próximos dos o tres años. En ciertos casos, las factorías que no tienen nuevas construcciones se van manteniendo con las reparaciones y reformas. En los Estados Unidos han cerrado tres astilleros, vendiendo sus equipos.

En dicho país la industria de la construcción naval ha continuado recibiendo una ayuda moderada con el Programa de reemplazo de buques de la postguerra, mediante subsidios a los armadores, de acuerdo con la Administración Marítima. Esto ha supuesto ya pedidos de 70 cargueros y siete buques mixtos de carga y pasaje, por un importe contratado de 870 millones de dólares aproximadamente. Están programados contratos adicionales, que se cursarán antes de finalizar el año actual, tan pronto se reciban las ofertas de los astilleros, para la construcción de más cargueros.

Se están pagando subsidios de compensación (operating-differential) a casi 300 buques, y más armadores están gestionando este subsidio. El reemplazo de estos buques subsidiados dará a los astilleros americanos un volumen de trabajo anual en los próximos años. De considerable importancia para esta industria es el hecho de que más del 75 por 100 de los buques de carga y pasaje registrados en los Estados Unidos fueron cons-

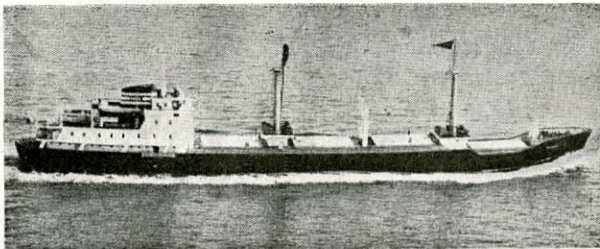
truidos durante el período de la segunda guerra mundial. En los próximos años, el 80 por 100 de la flota mercante privada alcanzará los veinte o más años de vida.

EL CARBONERO "BISCAYA"

El astillero Aalborg A/S de Aalborg (Dinamarca) entregó hace poco a la compañía Aktieselskabet Det Danske, de Copenhague, el buque "Biscaya". La nueva construcción es un buque de carga a granel, constuido especialmente para el transporte de carbón, según las reglas de primera clase + 100 A 1 del Lloyd's Register of Shipping.

La nueva construcción está reforzada para el tráfico entre hielos y para carga de mineral, y tiene las siguientes características principales:

Eslora total	104,00 m.
Eslora entre perpendiculares	97,00 m.
Manga fuera de miembros	14,60 m.
Puntal a la "raised quarter deck"	8,20 m.
Puntal hasta la cubierta superior	6,60 m.
Calado con franco bordo de verano, aprox.	6,16 m.
Capacidad de carga, aprox.	4.200 t.
Capacidad aprox. de bodegas:	
En grano	209.900 cbf
En balas	201.900 cbf
Arqueo:	3347/1532 TBR/TRN
Propulsión: Motor B & W de	3.900 CV.
Velocidad:	14 nudos.



El casco del buque está dotado de cinco mamparos estancos y tiene cuatro bodegas con una escotilla cada una. Las superestructuras y las máquinas propulsoras van a popa. El "Biscaya" es un buque de una sola cubierta, con "raised quarter deck". El servicio de las escotillas el buque tiene un puntal de carga de 20 toneladas, así como siete plumas, de cinco toneladas cada una.

El equipo marino es de lo más moderno y comprende, entre otras cosas: radar, FT, Decca, brújula de proyección con mando automático, sonda acústica, radiogoniómetro. Los espacios habitables están provistos de una instalación de calefacción y ventilación por conductos a alta presión. Toda la maquinaria de cubierta es eléctrica.

El motor principal es Burmeister & Wain, del tipo 650-VTBF-110, y desarrolla 3.900 CV, a 170 r. p. m.,

proporcionando al buque una velocidad de 14 nudos. Está equipado para el servicio con aceite pesado. La corriente eléctrica se genera mediante dos motores B & W, de cuatro tiempos y cinco cilindros sobrealimentados, del tipo de 520-MTBH-30, y un motor Diesel tipo 320-MTBH-30.

NUEVAS CASAS FLOTANTES

Una firma británica construye un nuevo tipo de embarcación-vivienda, o casa flotante. Tiene un casco todo él de madera, de 9,75 × 3 m., y comprende un espacioso salón, una habitación para dos camas, cuarto de baño, cocina y una amplia cubierta para baños de sol. Está amueblada con gusto, y la cocina cuenta con el equipo más moderno. El casco se trata debidamente para hacerlo excepcionalmente impermeable y resistente a las rozaduras. Esta vivienda flotante es muy adecuada para familias poco numerosas que disfrutan viviendo en ríos o canales. La nueva embarcación podrá exportarse desmontada para ahorrar gastos.

PRIMER BUQUE CON EL EJE DE COLA MONTADO SOBRE COJINETES DE BOLAS

Los Astilleros Falkenbergs Varv, acaban de entregar al armador A. B. Bonnier, el carguero "Frederika" de 1.800/2.300 t. p. m. que tiene la particularidad de ser el primer buque cuyo eje de cola irá montado sobre cojinete de bolas.

Hace tiempo que S. K. F. había pensado construir cojinetes de bolas para ejes de cola, pero tropezaba con la dificultad de que su instalación debía ser perfectamente estanca. Al haber resuelto por fin dicho problema, este sistema presenta la ventaja de disminuir el desgaste, la holgura y las pérdidas por fricción; teniendo además la ventaja, al parecer, de que su instalación es más barata que la de los demás sistemas utilizados hasta la fecha.

LA ARMADA DE LOS ESTADOS UNIDOS ES UN CLIENTE QUE EXIGE

Un portavoz de la New York Shipbuilding Corporation de Camden, ha anunciado recientemente que es de esperar que dicho astillero pueda ser de nuevo suministrador de la Marina de los Estados Unidos.

Lo anterior es una consecuencia de que dicho astillero había sido objeto de críticas de la Marina de los Estados Unidos por la calidad de la construcción del portaviones "Kitty-Hawk" de la clase Forrestal y en agos-

to se le había comunicado que no sería, en adelante, tenido en cuenta en las construcciones a realizar en 1962, si no introducía nuevos métodos de control de la calidad de sus fabricaciones. El portavoz antes mencionado, ha comunicado ahora que se habían tomado las medidas oportunas y puesto en conocimiento de las autoridades navales por lo que éstas habían autorizado nuevamente el posible trabajo en dichos astilleros.

Se hace notar que el astillero reseñado no sólo es el constructor del portaviones "Kitty-Hawk", sino también del buque con propulsión atómica "Savannah".

COLABORACION DE POLONIA CON GUINEA PARA LA PESCA EN LA MAR

En el mes de mayo se ha iniciado la actividad de la Sociedad Soguipol, que con un capital de más de 1.300 millones de francos de Guinea, se dedicará a la pesca en las costas de este país.

Actualmente cuenta con cuatro pesqueros de 17 m., pero antes de fin de año la flota de la Sociedad aumentará en otros dos del mismo tamaño y en otras cuatro embarcaciones.

Todas estas embarcaciones forman la contribución de Polonia en la Sociedad, esperándose que en el curso

del próximo año se pesquen unas 5.200 t. de pescado en las costas del Golfo de Guinea y en los bancos de Dakar.

DOS EMPRESAS DE CONSTRUCCION NAVAL EN CUBA

Las empresas polacas Cekop y Prozamet, han realizado un encargo por valor de más de 10 millones de dólares, para la elaboración del proyecto y la construcción de un astillero y un taller de reparaciones en Cuba.

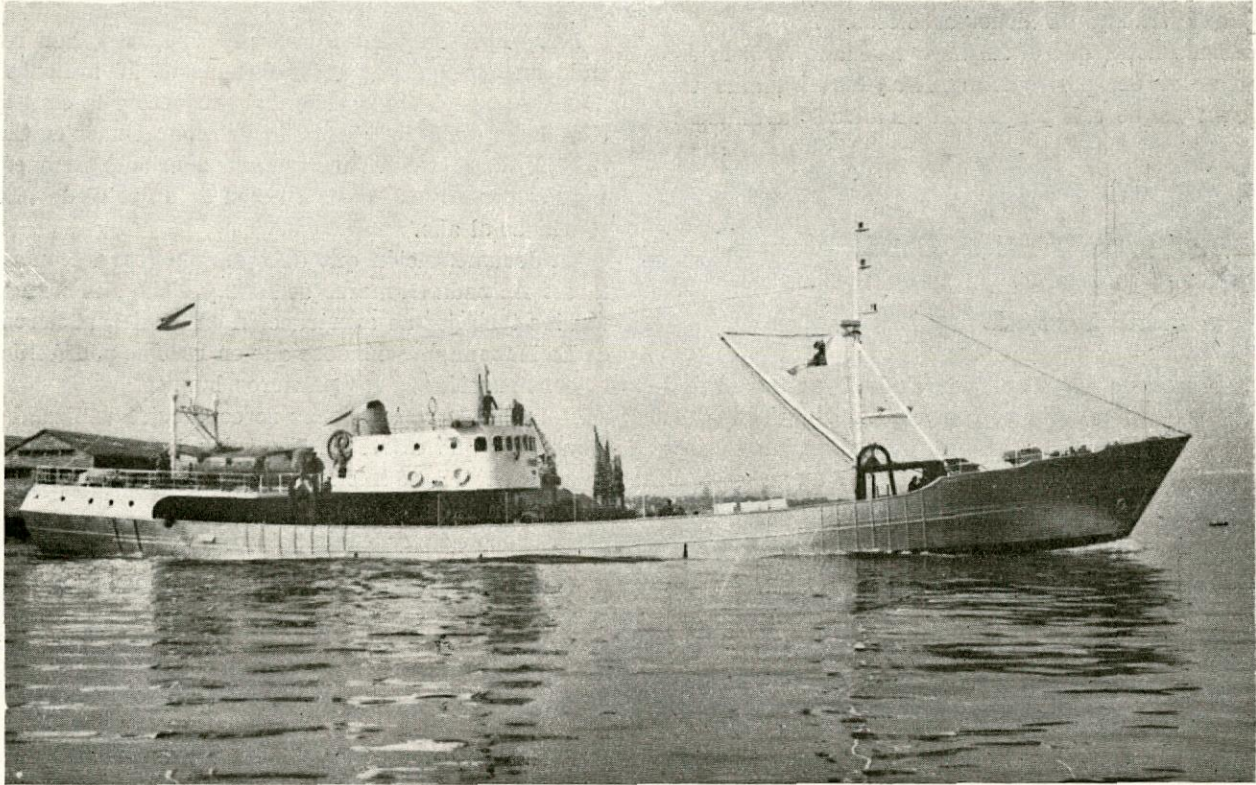
El astillero tendrá un tamaño adecuado para construir buques de 10.000 t. a razón de un total de 70.000 toneladas al año.

La documentación que debe suministrar Polonia estará terminada en marzo de 1962 y dicho año comenzarán los trabajos de construcción en Mariel, al noroeste de La Habana, previéndose que en 1965 se podrá iniciar la construcción de los primeros buques.

El taller de reparaciones se construirá utilizando el dique seco que existe en La Habana. La construcción de esta factoría se iniciará en 1962, para ser puesta en servicio en 1964.

Noticias de procedencia polaca indican que se ha previsto que 25 estudiantes cubanos sigan los cursos de Ingeniería Naval en la Escuela Politécnica de Gdansk. Además, otros 80 cubanos recibirán enseñanzas prácticas y teóricas en Astilleros polacos.

INFORMACION NACIONAL



PRUEBAS OFICIALES DEL TRAWLER CONGELADOR "LEMOS"

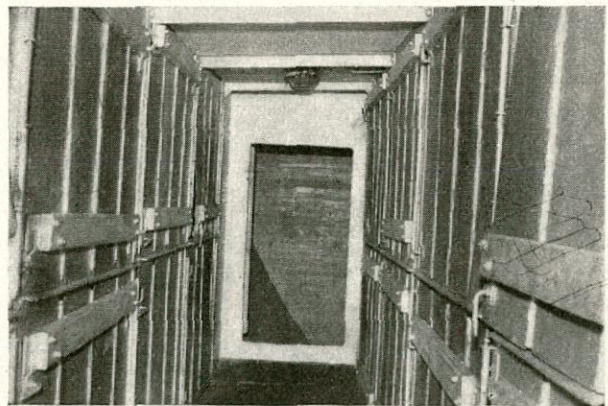
Durante los días 9 y 12 de agosto tuvieron lugar en el puerto de Vigo las pruebas oficiales, en las situaciones de calados correspondientes a lastre y plena carga respectivamente, del motopesquero congelador "Lemos" construido por Astilleros Construcciones, S. A. para la firma armadora Pescanova, S. A. El buque realizó sus pruebas oficiales en ambas situaciones de carga, debido a que es cabeza de serie de seis unidades gemelas contratadas por el mismo Astillero para el mismo Armador.

El buque desarrolló a toda fuerza una velocidad de 12,02 nudos en la situación de lastre y de 11,40 nudos en la de plena carga. A marcha económica desarrolló la velocidad de 11,17 nudos en lastre y de 10,40 nudos a plena carga. El radio de acción de este barco es de 13.400 millas.

Es el primer pesquero de arrastre congelador que se construye en España. Su eslora total es de 52,00 metros y el tonelaje de registro bruto, de 500 tons., poseyendo las características principales que se indicaron en el pasado número de abril de esta revista.

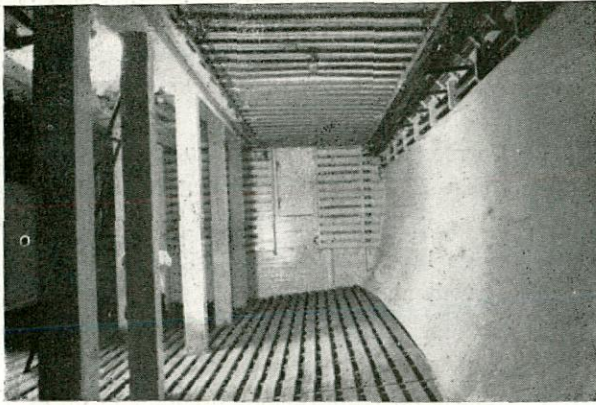
El buque cargará 250 toneladas de pescado conge-

lado, poseyendo una instalación frigorífica apta para una congelación en cuatro túneles con circulación de aire frío por un total de 20 toneladas cada veinticuatro horas. La temperatura de congelación es de -30° C y la de conservación del pescado, una vez congelado, es de -20° C.



Túnel de congelación a 30° bajo cero.

La propulsión del buque es por un motor Diesel de construcción nacional que desarrolla 950 BHP a 375 r. p. m.



Vista parcial de la cámara de conservación de pescado congelado a -20° C.

En los últimos días de agosto salió el buque para su viaje inaugural, desplazándose a pescar a los mares de las costas argentina y uruguaya al objeto de capturar las especies más finas que serán transportadas congeladas hasta los mercados nacionales.

**BUQUE PESQUERO A MOTOR
"NAVIJOSA"**

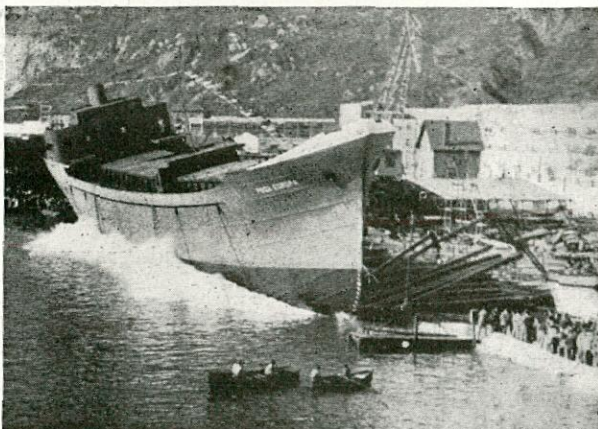
El 13 de septiembre se efectuaron las pruebas oficiales del buque "Navijosa", construido en la Factoría de Hijos de J. Barreras, para los armadores Navijo, S. A., de Sevilla.

La velocidad media obtenida en condición de lastre, fue de 10,27 nudos.

Dicho buque corresponde a la serie de "Standard 29 Barreras", cuyas características principales han sido publicadas en anteriores números de esta Revista.

BOTADURA DEL "PROA EUROPA"

El día 28 de julio pasado se efectuó la botadura, en los Astilleros Tomás Ruiz de Velasco, del carguero "Proa Europa".



El buque, que se botó de costado, tiene las siguientes características:

Eslora total	79,750 m.
Eslora entre perpendiculares	72,100 m.
Manga	11,750 m.
Puntal a la cubierta superior	7,000 m.
Puntal a la cubierta principal	4,550 m.

La capacidad de bodegas aproximada es de 125.000 pies cúbicos y va propulsado por un motor Burmeister de la Maquinista Terrestre y Marítima de 2.000 BHP a 270 r. p. m.



Lleva dos grupos electrógenos de 80 Kw. cada uno, y otro de 10 Kw.

**CONSTRUCCION EN ESPAÑA DE DOS
PETROLEROS DE 50.000 TONELADAS
PARA EL EXTRANJERO**

El Servicio Técnico de Constructores Navales comunica que se ha firmado el contrato de construcción de dos petroleros de 50.000 tons. de p. m., por encargo de un armador griego domiciliado en Nueva York. Los buques se construirán en Astilleros de Cádiz, S. A., e irán propulsados por turbinas, suministradas por el armador.

Serán entregados a fines de 1964. Se trata de los mayores buques contratados en España hasta la fecha.

**PRUEBAS OFICIALES DEL PESQUERO
"JOSE-CARLOS"**

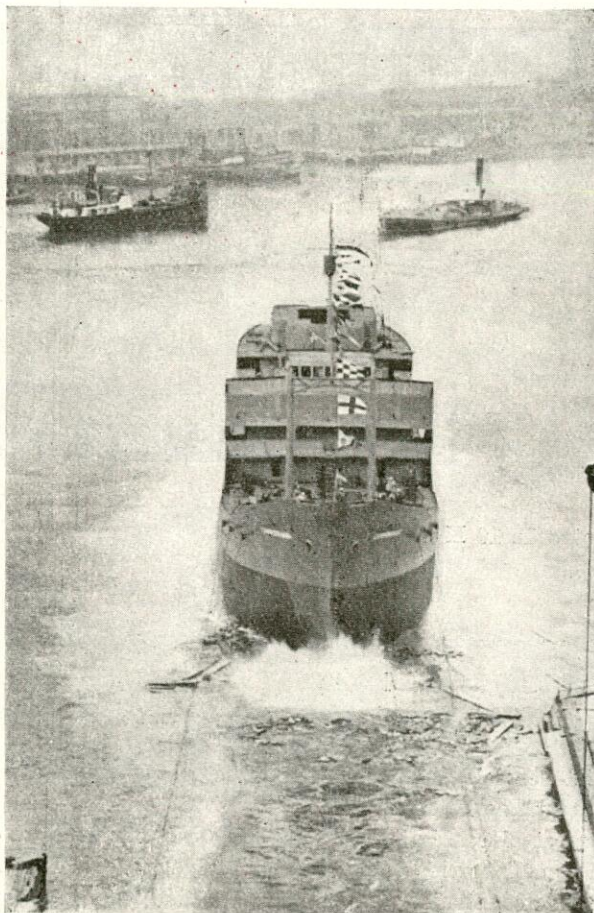
El 26 de septiembre se han efectuado las pruebas oficiales en lastre del buque "José-Carlos", construido por la Factoría de Hijos de J. Barreras, S. A., para los armadores señores Braulio y Amable Márquez Alvarez, de Bouzas (Vigo).

La velocidad media obtenida en condición de lastre ha sido de 11,68 nudos.

Dicho buque corresponde a la serie de "Superstandard 29 Barreras", cuyas características principales ya son conocidas de nuestros lectores por haberlas publicado en otras ocasiones.

BOTADURA DEL "CAMPORRASO"

El 1 de agosto pasado tuvo lugar en la factoría de la S. E. de Construcción Naval, de Sestao, la botadura del "Camporraso". Este buque, encargado por CAMPSA,



tiene las mismas características que el "Campocerrado", botado hace unos meses para el mismo armador. Su peso muerto es de unas 9.000 toneladas.

NORMALIZACION ESPAÑOLA

En el número de julio-agosto de la Revista del Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo aparecen las siguientes normas UNE aprobadas con carácter definitivo:

1.ª Revisión.

17005 Rosca métrica de perfil triangular ISO. Medidas básicas.

- 18006 Correas trapeziales para las transmisiones industriales. Medidas.
- 18079 Engranajes. Útiles para el tallado. Fresas de forma.
- 18086 Correas trapeziales para las transmisiones industriales. Verificación geométrica.
- 18098 Rodamientos. Método para la determinación de la capacidad de carga estática de los rodamientos radiales de rodillos.
- 18101 Correas planas para las transmisiones. Longitudes.
- 18102 Poleas de transmisión. Regulación de la distancia entre ejes.
- 37130 Cuzin. Perfiles rectangulares, estirados en frío, con aristas vivas.

Asimismo aparecen las siguientes propuestas de normas UNE:

- Núm. 23026.—Terminología del material contra incendios. Extintores.
- Núm. 26160.—Acumuladores eléctricos de plomo. Norma de calidad.
- Núm. 27558 h4.—Construcción naval. Ventilación natural. Ventiladores de forma de manguerote. Tipo II. Rueda.
- Núm. 27558 h6.—Construcción naval. Ventilación natural. Ventiladores de forma de manguerote. Tipo II. Pasador.
- Núm. 27558 h7.—Construcción naval. Ventilación natural. Ventiladores de forma de manguerote. Tipo I. Asa.
- Núm. 27558 h9.—Construcción naval. Ventilación natural. Ventiladores de forma de manguerote. Tipo II. Ménsula.
- Núm. 27559.—Construcción naval. Ventilación natural. Ventiladores de forma de manguerote. Tipos I y II. Caperuza.
- Núm. 27560.—Construcción naval. Ventilación natural. Ventiladores de forma de manguerote. Tipos I y II. Grapa.
- Núm. 27561 h1.—Construcción naval. Ventilación natural. Ventiladores de forma de manguerote. Tipos I y II. Rejilla.
- Núm. 27617.—Construcción naval. Enjaretados, pasamanos y escalas para las cámaras de máquinas y calderas.
- Núm. 27618.—Construcción naval. Candeleros para las cámaras de máquinas y calderas.
- Núm. 27619.—Construcción naval. Peldaños de escala para los departamentos de máquinas y calderas.
- Núm. 27620.—Construcción naval. Enjaretados (galerías), para los departamentos de máquinas.

VACANTES DE INGENIEROS

La Secretaría del Instituto de Ingenieros Civiles, ha remitido a la Asociación de Ingenieros Navales, la siguiente relación de vacantes existentes en la Organización Europea de Investigación Nuclear (CERN), de Ginebra.

Título	Calificación requerida
Ingeniero Superior o Físico Superior.	Grado universitario en Ingeniería eléctrica o en Física. Experiencia en el proyecto de aceleradores de partículas o de equipo electromagnético análogo.
Ingeniero Superior de Seguridad.	Grado universitario en Ingeniería o título equivalente. Amplia experiencia en la planificación y dirección de programas de ingeniería y seguridad. Experiencia en seguridad industrial, adquirida en trabajos exclusivamente técnicos, que hayan requerido la aplicación de conocimientos de Técnica e Ingeniería, para la resolución de problemas presentados por accidentes y para el establecimiento de normas de seguridad.
Ingeniero de Seguridad.	Grado Universitario en Física o equivalente. Experiencia de Seguridad, adquirida en trabajos estrictamente técnicos, que hayan requerido la aplicación de conocimientos de Física e Ingeniería, para la solución de problemas de accidentes y para el establecimiento de normas de seguridad. Debe poseer iniciativa y ser capaz de prever dificultades que puedan presentarse.
Ingeniero electrónico o Físico.	Ingeniero electrónico o Físico. Grado universitario y experiencia en el desarrollo y construcción de equipo electrónico para experiencias de Física Nuclear.
Ingeniero eléctrico.	Ingeniero eléctrico graduado, con varios años de experiencia en el proyecto de equipo pesado electrónico o electromagnético y de su equipo de control.
Ingeniero Electricista o Ayudante Técnico Principal.	Ingeniero electricista diplomado o técnico superior con varios años de experiencia práctica en el estudio y las medidas de equipos eléctricos importantes, especialmente de electro-ímanes. Un conocimiento de la alta tensión y de las técnicas del vacío sería una gran ventaja.

Los interesados en dichas plazas pueden obtener más información sobre las mismas en la Secretaría del Instituto de Ingenieros Civiles.

REPARACION Y TRANSFORMACION**DEL PETROLERO BRITANICO****"ESSO-DURHAM"**

Los Astilleros de Cádiz acaban de conseguir la reparación del petrolero británico "Esso-Durham" de 36.000 t. p. m., que quedó gravemente averiado como consecuencia de una explosión a 100 millas de Gibraltar, en el pasado mes de enero.

Con ocasión de la reparación, se le va a hacer a dicho buque una transformación importante, que consiste en alargarlo 12 m. y aumentar su p. m. en 2.000 toneladas.

ASOCIACION DE INGENIEROS NAVALES

El comité organizador del X Congreso Nacional Italiano de Colegios de Ingenieros nos ruega la publicación de la siguiente nota, al mismo tiempo que invita a los ingenieros españoles a participar en él.

Del 9 al 12 de noviembre próximo tendrá lugar en el "Palazzo della Civiltà del Lavoro", de Roma, el X Congreso de los Colegios de Ingenieros Italianos.

El Congreso estudiará el tema "EL INGENIERO Y SU PROFESION", y en especial:

- La reforma de la formación profesional.
- La especialización y el ejercicio de la profesión
- Problemas jurídicos.

Especialistas eminentes presentarán informes generales en los que se ha tenido en cuenta, estudios y comunicaciones procedentes de 92 Colegios de Ingenieros de las distintas provincias italianas y que agrupan a casi 34.000 ingenieros y, por otra parte, las conclusiones de coloquios y conferencias internacionales, a fin de establecer comparaciones entre la situación de los ingenieros en los distintos países.

En el Congreso participarán, además del Ministro Italiano de Obras Públicas, delegados de los Colegios profesionales, representantes de Asociaciones culturales y científicas, Autoridades políticas y Dirigentes de las principales ramas económicas italianas.

Los interesados en dicho Congreso pueden dirigirse a la Asociación para más detalles.

INFORMACION LEGISLATIVA

PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

RESOLUCION del Instituto Nacional de Industria por la que se hacen públicas las características de las "Obligaciones INI-BAZAN", canjeables, primera emisión.

"Obligaciones INI-BAZAN", canjeables, primera emisión, que han sido puestas en circulación el día 28 de julio, cuya publicación se hace en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 28 del Reglamento General de Bolsas, de 31 de diciembre de 1885.

Emisión de 250.000.000 de pesetas, al 5,50 por 100 anual, libre de impuestos, a pagar por cupones semestrales el 30 de agosto y el 30 de febrero de cada año, autorizada por Decreto 1.319/61, de 28 de julio:

Emisión primera; serie única; número de títulos: 50.000; numeración: 1/50.000; importe nominal de cada título: 5.000; nominal total: 250.000.000.

Madrid, 23 de agosto de 1961. — El Gerente, *José Sirvent*.

("B. O. del Estado" de 1 de septiembre de 1961, página 12837, núm. 209.)

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

DECRETO 1.691/1961, de 6 de septiembre, por el que se adjudica el concurso para la realización de las obras de "Instalación eléctrica, cabrestantes, alumbrado y servicios varios, incluidos en el proyecto de muelles, habilitación y servicios del dique seco", del puerto de Sevilla, a la "Empresa Nacional Elcano, Sociedad Anónima".

("B. O. del Estado" de 15 de septiembre de 1961, página 13486, núm. 221.)

MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL

RESOLUCION de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales por la que se convoca concurso para profesores encargados de curso de asignaturas del curso de Iniciación para el curso académico 1961-62.

MINISTERIO DE INDUSTRIA

ORDEN de 9 de agosto de 1961 por la que se resuelve el concurso convocado para cubrir en propiedad la plaza de Ingeniero Auxiliar de la Inspección de Buques de Pontevedra.

Ilmo. Sr.: De acuerdo con la propuesta elevada por la Dirección General de Industrias Navales, y como resolución al concurso libre convocado por Orden Ministerial de 17 de abril del corriente año ("Boletín Oficial del Estado" núm. 96, de 22 del mismo mes) para la provisión en propiedad de la plaza de Ingeniero Auxiliar de la Inspección de Buques de la provincia de Pontevedra, Este Ministerio ha tenido a bien adjudicar la plaza mencionada al Ingeniero Naval don Ricardo Saura Rodríguez.

Lo digo a V. I. para su conocimiento y demás efectos. Dios guarde a V. I. muchos años.

Madrid, 9 de agosto de 1961.—*Planell*.

Ilmo. Sr. Director General de Industrias Navales.

("B. O. del Estado" de 2 de septiembre de 1961, página 12877, núm. 210.)

MINISTERIO DE COMERCIO

ORDEN de 22 de agosto de 1961 por la que se conceden primas a la navegación, durante el año en curso, a los buques de la "Compañía Frutera Valenciana de Navegación, S. A.", "Torres de Cuarte", "Torres de Serranos", "Alberique", "Alcalá", "Alcacer", "Almadén", "Almazán" y "Almenara".

ORDEN de 22 de agosto de 1961 por la que se conceden primas a la navegación, durante el año en curso, a los buques de la "Naviera de Exportación Agrícola, Sociedad Anónima", "Benicasim", "Benicarló", "Benidorm" y "Benisanet".

ORDEN de 22 de agosto de 1961 por la que se conceden primas a la navegación, durante el año en curso, a los buques de la "Naviera de Exportación Agrícola, S. A.", "Benier" y "Benizar".

("B. O. del Estado" de 6 de septiembre de 1961, página 13051, núm. 213.)