Ingeniería Naval

REVISTA TECNICA

ORGANO OFICIAL DE LA ASOCIACION DE INGENIEROS NAVALES

FUNDADOR: **AUREO FERNANDEZ AVILA,** INGENIERO NAVAL

DIRECTOR: **JUAN MANUEL TAMAYO ORELLANA,** INGENIERO NAVAL

AÑO X — MADRID, ABRIL DE 1942 — NÚM. 82

Sumario

Páginas

El avión y la turbina, por *X* 140
Equilibrado de Motores de Combustión de alta velocidad, por *Juan Manuel Tamayo Orellana,* Ingeniero Naval 143
Teoría de la elasticidad. Condiciones de compatibilidad y equilibrio, por *Aureo Fernández Avila,* Ingeniero Naval 151
El buque se hallaba asegurado, por *T. Olondo* 169

INFORMACION PROFESIONAL

"Impresiones Baumann" 174
Reacción de la Artillería montada a bordo, sobre las estructuras de los buques 174
La tobera Kort, su empleo y sus principales ventajas 176
Tacón en el codaste en buques muy rápidos 176
En el 75 aniversario de la dínamo 177

INFORMACION GENERAL

Junta Central de la Asociación Electrotécnica Española 183
La Compañía de Transportes Marítimos, S. A., cambia de nombre 183
¿Se decide el salvamento del "Normandie"? 183
Contratorpederos de aluminio 183
Probable construcción de dos trasatlánticos para la Compañía Vasco-Andaluza (Ibarra). 184
La actividad creciente de la Flota Mercante portuguesa 184
Contrato de construcción de un buque de carga para los Astilleros de Echevarrieta y Larrinaga (Cádiz) 185
Botadura del buque costero "Maribel" 185
Botadura del quinto bacaladero para la P. Y. S. B. E. 186
Dificultades en el salvamento del "Normandie" 186
Revista de Revistas 187

Redacción y Administración: Velázquez, 46. — Apartado de Correos 457. — Teléfono 64833

Suscripción: Un año para España y América, 60 pesetas. Demás países, 70 pesetas.

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

EL AVION Y LA TURBINA

Por X

Bien documentadas y con un fondo de indiscutible competencia hemos oído unas veces, leído otras, sendas conferencias dedicadas a la aviación. No creemos que, después de tan luminosas ideas relativas a la defensa del empleo de un arma tan eficaz como la del ataque aéreo, puedan subsistir los antiguos bandos irreductibles en el campo militar: el de los detractores a ultranza y el de los exaltadores incondicionales. Todos a una debemos ya dar por bienvenida el arma nueva, puesta bien a prueba en el actual conflicto mundial, con sincera admiración de técnicos y profanos. Iniciando su misión exploradora de reconocimiento del terreno enemigo, destruyendo después los objetivos militares, labor que completa la artillería, deja libre paso a las unidades motorizadas para que al fin llegue la infantería a tomar posesión del terreno conquistado. En el mar desarticula convoyes y acude con el avión torpedero a destruir buques de combate. ¿Qué más pueden exigir los recalcitrantes? Nada. Pero consecuente a las conferencias precitadas vienen, como era de esperar, amplios comentarios de prensa con sus inevitables juicios, ya caprichosos, siempre pasionales y por de contado hiperbólicos, relegando a segundo plano fuerzas marciales que desde tiempo inmemorial no han encontrado ni encontrarán sustituto, porque llevan en sí un poder decisivo en las contiendas: el dominio del mar. Muy recientemente, y a continuación de un discurso del Presidente Tojo, con el que daba cuenta de los éxitos nipones en el Pacífico y prevenía a algunos países contra la estéril resistencia con palabras que llevaban el eco de Isaías, modestamente exponía a su pueblo el Almirante Shimada las operaciones del Ejército y la Marina en los combates de Java, y decía: "De esta manera, en la doble batalla naval de Surabaya y Batavia, las fuerzas navales enemigas quedaron completamente aniquiladas y la Marina japonesa abrió el paso a la flota de transporte que condujo a las tropas de desembarco hasta Java." Exacto, y esto es lo que se llama dominio del mar; pero éste ya estaba de hecho conseguido después de los ataques en Hawai y Malaca, y aunque de extrema importancia los encuentros navales de Java, en los que pereció un Almirante, desde un punto de vista más elevado se aproximan a la categoría de grandes escaramuzas.

Lo que sí puede asegurarse es que un ejército sin aviación carece de eficacia, e igualmente una flota no puede actuar sin portaaviones; y además, que la colaboración entre las tres armas debe ser absoluta, pues la autonomía de cualquiera de ellas se refleja en lamentables resultados.

Nuestra misión de apostolado, con juicio ecuánime y objetivo, es insistir en el cometido especial de cada arma. De revelación en la guerra actual puede calificarse al avión torpedero, temible enemigo para las unidades a flote. Contra él no hay sino una defensa activa eficaz y el robustecimiento de los cascos. Las averías a proa han demostrado la necesidad de reforzar los mamparos de colisión que cedían a la presión del agua si no se moderaba la velocidad, con lo que el buque perdía una de sus más preciadas cualidades tácticas. El remedio puede estar en robustecer toda la defensa pasiva en proporción apreciable, es decir, llevando el 45 ó 50 por 100 del desplazamiento el porcentaje de protección. ¿Cómo conseguirlo, si para ello sería ne-

cesario aligerar de peso todos los demás elementos integrantes del buque? Alborea ya en el horizonte la turbina de gas, esperada impacientemente y con expectación hace muchos años y que ahora parece en vías de realización en sus aplicaciones marítimas, pues en tierra funciona hace tiempo en Suiza. No más calderas ni voluminosos conductos de humo; no más cilindros, émbolos, bielas, cigüeñales y todo el complicado mecanismo del movimiento alternativo con su martilleo incesante creador de armónicas difícilmente equilibradas. La turbina de gas invadirá el campo naval con evidentes beneficios para la propulsión y para la eficiencia militar de la nave. Menos espacio para el aparato motor, menor peso de casco por disminución de eslora, menor desplazamiento y coste, más unidades para un tonelaje global dado. El triunfo corresponde a la metalurgia, que en feliz maridaje con la soldadura eléctrica, en auge creciente, permite lo que reputábamos de dificultad insuperable. No se nos oculta que la turbina de gas tiene aún poco rendimiento, pero paulatinamente ha ido éste aumentando, al extremo que del precario 17 por 100 ha llegado a duplicar su valor, lo que es indicio del progreso incesante del nuevo aparato motor en prueba ya en ciertas unidades militares, si de momento sutiles, quizá en breve en grandes unidades. La principal ventaja que concedemos a la turbina es que por efectos reflejos sucesivos nos puede llevar a un tipo de buque capaz de aplicar a la protección el porcentaje antedicho, es decir, convertirlo en una verdadera fortaleza, y ello, unido a una defensa activa intensa, podrá hacerse frente al avión torpedero, arma aérea seria contra la flota si ésta no cuenta con defensa apropiada.

Y he aquí la filosofía del tema que abordamos. Un progreso mecánico alejado en apariencia de todo conato marcial, pero que implica una transformación radical en los sistemas de propulsión, repercute inmediatamente en la eficacia de una flota de guerra.

* * *

En cuanto a nosotros respecta, se abre ante los Ingenieros Navales una era de trabajo de la que es heraldo el cuadro resumen que publicamos en una Revista pasada, revelador del renacimiento de la construcción naval; y si ello continúa, como es de esperar, a un ritmo ascendente, y la clarividente Ley de creación de la Subsecretaría de la Marina Civil lo patentiza, el personal de nuestros astilleros y talleres tendrá que excederse en sus funciones con ese afán de superación que en psicoanálisis llaman el complejo de superioridad.

Del hecho evidente que no faltarán arrestos para acometer cuantas empresas de esta naturaleza se proyecten, nos da palpables pruebas nuestra Historia. En casi un tercio de siglo, inicia Patiño, desarrolla magníficamente Ensenada y completa Valdés la más ingente obra que puede imaginarse. Con una Marina inexistente al advenimiento de los Borbones, esos beneméritos españoles lo crean todo: arsenales, astilleros, personal, leyes constitutivas, ordenanzas, etcétera, y una flota de 304 buques, 76 de ellos de línea, que nos elevan a la categoría de potencia marítima.

Hoy también habrá que crear nuevos astilleros que surgirán al amparo de leyes alentadoras ya promulgadas y no volviendo la vista atrás sino para tomar ejemplos aleccionadores, caminaremos hacia nuestro destino imperial, sin desfallecimientos en la marcha, aligerados del lastre de pesimismo y resignada pusilanimidad con que hemos sufrido cerca de dos siglos la humillación de un imperio derrumbado, víctima de los imponderables de la Fatalidad, lo que había impreso en nuestro ánimo con marca indeleble el triste recuerdo de grandezas pretéritas y en constante reproche como un anatema la sentencia del Alighieri: "Nessun maggior dolore..."

* * *

El último número de la *Revista General de Marina* aparece encabezado por una vibrante nota redactada a vuela pluma con el título de "Acorazados". Sin duda no quiso su autor demorar un solo momento la expresión dolida e indignada contra ciertas opiniones extranjeras que, tenaces, impugnan el valor del buque de línea, y se apresta la fraternal revista a la publicación de una monografía dedicada al acorazado. INGENIERÍA NAVAL, que ha dado ya pruebas en sus columnas de coincidir, como es lógico, en su condenación hacia los inconscientes detractores del arma naval por excelencia, quiere figurar a la vanguardia de esta nueva legión de videntes españoles que defienden y defenderán con el

brío que hechos pasados patentizan la salvación de la Patria en su aspecto naval, pues en grave riesgo se la pondría de prevalecer el absurdo criterio de sustituir por un arma accesoria, aunque eficacísima, la concepción integral del poder naval cual es la flota, sin la cual las contiendas no tendrían solución posible.

La realidad del actual conflicto es que cuando la flota ha sabido adaptarse a los nuevos métodos de combate el éxito ha sido seguro, y lo que procede es que el buque de línea evolucione como ha venido haciendo desde tiempo inmemorial, pasando por galeras, navíos, etc., hasta el tipo de acorazado de nuestros días, el que a su vez requiere una radical transformación conservando su esencia. El adversario que ha surgido como arma insidiosa es el avión torpedero, como ya se dijo más arriba, que no es sino un destructor volante con mayor velocidad, y a defenderse de éste deben tender todos los progresos que exige el nuevo buque de línea; pero nada más, puesto que cuantas armas sutiles aparecieron para vencer al coloso de los mares se fueron esfumando en el pasado. El primer paso para la defensa ha sido el advenimiento, como imprescindible, del portaviones, elemento integrante de la flota con sus aviones propios, es decir, navales, sin mezcla alguna de elementos profanos del arte marinero. La flota conserva su aviación como ha hecho Inglaterra, no obstante ser uno de los países que creó el Ejército del aire, su R. A. F., de la que tanto se habla en estos días por la Prensa británica. Otro ejemplo de calidad lo da el Japón. Y bien apoyados los buques de línea por su flota aérea, hay que reforzarlos contra el ataque de torpedos, asignando a la protección submarina una proporción adecuada al riesgo de los impactos en la obra viva; reconocer la importancia de ellos y proveer en consecuencia, pues hasta hoy esa protección contra el fuego de artillería, el de ataque aéreo por bombardeos y el de torpedos están en la proporción 5,25-2,50-1.

La insensatez de esta distribución se evidencia si observamos que los buques de guerra sucumben por fuego de cañón o por torpedo con mucha mayor frecuencia que por bombas, cuyos impactos son harto difíciles. Tarento, Matapán, Islandia, Pearl Harbour, Malaca, Java comprueban nuestro aserto. Y si el "Bismark" resistió hasta nueve torpedos, puede considerarse las posibilidades que se presentan ante el buque de línea futuro si se protege su obra viva de una manera eficaz. Pero un incomprensible criterio en la construcción de los modernos acorazados ha sido el de otorgar una exagerada importancia al bombardeo aéreo contra la flota, lo que conduce a esas cubiertas de espesores conjuntos de doscientos y más milímetros, con pesos exorbitantes, en tanto la estructura celular de los dobles fondos queda casi inerme. Y aun cuando se aumenta el tanto por ciento de protección con los mayores desplazamientos, la concepción del nuevo buque no cristaliza en el tipo eficaz. Si, por ejemplo, se trata de un acorazado de 45.000 toneladas, bien protegido, según las normas existentes, la protección absorberá unas 17.000 toneladas, y de ellas 10.000 para protección vertical, 5.000 horizontal y 2.000 submarina. Craso error. Bien sabemos que estas líneas tratan de mejorar un tipo de acorazado sin acometer la tarea de defender la existencia de éste como elemento vital del dominio del mar; pero resulta, a nuestro juicio, tan incongruente discernir sobre contiendas entre los pueblos sin que aparezca siempre el factor naval como árbitro en la lid, que nos resistimos a formular alegatos de defensas sobre verdades que son axiomáticas.

No olvidemos que el éxito del avión torpedero ha sido facilitado por la inepcia, indefensión e imprevisión de los vencidos; una flota de buques de línea compuesta de unidades construídas para resistir impactos de torpedos como el "Bismark", flota siempre en vela, acompañada de sus aviones y demás auxiliares, no tiene por qué temer a la nueva arma y conservará todo su enorme valor.

Es, pues, un nuevo modo de combatir, una fase nueva de la defensa, y esta flota, apropiándose los elementos que el progreso le indica, perdurará a través de todos los recursos insidiosos que el ingenio humano aporte en la lucha entre los pueblos.

Compartimos con el Mando la idea de dotar a los grandes buques de mayor velocidad que sus antecesores, y aun cuando ello ha dificultado en grado superlativo la distribución de pesos del buque militar, forzoso es aceptar lo que los combatientes juzgan de absoluta necesidad; pero tal reforma, por radical que sea, no obsta para alcanzar el desiderátum del buque apto para todos los menesteres que la Patria le confíe.

Equilibrado de Motores de Combustión de alta velocidad

Por JUAN MANUEL TAMAYO ORELLANA
INGENIERO NAVAL

(*Continuación.*)

MOTOR MONOCILÍNDRICO

En este tipo puede equilibrarse el cigüeñal, brazos y muñón por medio de pesos compensadores al lado opuesto del eje en la forma bien conocida. Respecto a la biela, es costumbre considerar la cabeza como pieza giratoria y el pie como alternativa; equilibrar la primera con un contrapeso adicional, y el segundo, con un su-

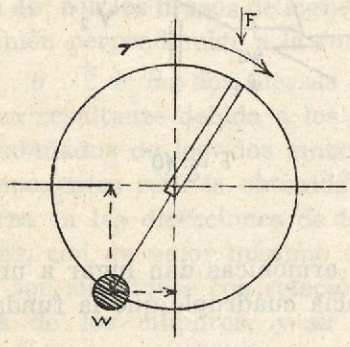


Fig. 8

plemento del peso de émbolo y sus partes componentes. El medio de repartir estos pesos es considerándolos inversamente proporcionales a las distancias al c. de g. de la biela, de los centros de pie y cabeza de la misma.

El equilibrado de los órganos alternativos con respecto a la componente de la armónica primaria se consigue por medio de un contrapeso equivalente a parte de la masa, no al total, del órgano alternativo, porque, en caso contrario, aparecería una resultante de las fuerzas desequilibradas con una reciprocidad en ángulo recto a la dirección de la carrera del émbolo e igual en magnitud a las fuerzas originales. La figura 8.ª nos permite ver que mientras la componente a lo largo de la carrera queda equilibrada, no lo está ya la perpendicular.

Hay casos en los que el sistema de construcción del motor puede resistir los esfuerzos vibratorios en la dirección normal al de la carrera del émbolo; ello no obstante, debe arbitrarse un procedimiento mediante el cual, o se equilibren totalmente los órganos alternativos por una masa giratoria al lado opuesto del eje del cigüeñal, o desistir de todo equilibrado. En este dilema, lo mejor es equilibrar la mitad del peso de las piezas alternativas con un contrapeso giratorio, en cuyo caso la fuerza de desequilibrio equivale a una masa igual al suplementario girando en dirección opuesta al movimiento del motor. Como comprobación de esto, supongamos la armónica primaria como equivalente a dos masas de peso mitad del de las piezas alternativas, girando a la velocidad del cigüeñal real, una en el mismo sentido que éste y otra en el inverso (fig. 9.ª). La masa que gira en el mismo sentido que el cigüeñal se puede equilibrar con un contrapeso igual

y queda sin equilibrar la otra masa que gira en sentido inverso.

Un procedimiento para equilibrar perfectamente las fuerzas alternativas es el de usar dos émbolos: el superior, con su vástago fijo a una

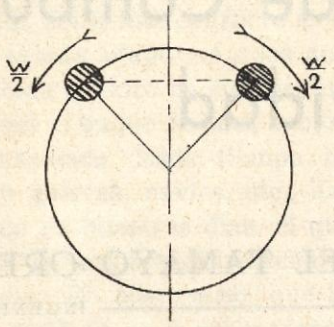


Fig. 9

cruceta, a cuyos extremos se articulan dos bielas que descienden exteriormente al cilindro a articularse a dos cigüeñales dispuestos simétricamente y a 180° del cigüeñal del vástago-biela del émbolo inferior: la cámara de combustión y compresión queda comprendida entre los dos émbolos. Este motor ocupa mucho en altura, pero es un ejemplo de equilibrado de una masa alternativa por otra similar, pero en opuesta dirección.

MOTOR DE DOS CILINDROS; CIGÜEÑALES A 180°

La figura 10 ilustra la disposición de este tipo. Refiriéndonos primero al efecto del movimiento principal, se ven las dos fuerzas de magnitud $M\omega^2 r$ actuando en las direcciones que se indican. Estas constituyen un par perturbador $M\omega^2 r \cdot b$ con su eje en C normal al eje de cigüeñales. No habrá, por tanto, fuerza vertical resultante, sino un par tendiendo a actuar alrededor de un eje perpendicular a la carrera del émbolo y en el centro del eje de cigüeñales, de magnitud igual a la componente en esta dirección del par principal. El máximo valor de este par es $M\omega^2 r \cdot b$; y el eje siempre normal al plano de cigüeñales, gira a su vez alrededor del eje de éstos a la misma velocidad del motor.

Efectos de las armónicas.—El efecto de la segunda armónica es tal que la masa $\frac{M}{4n}$ a un radio ficticio igual para los dos cigüeñales se moverá con un ángulo doble del cigüeñal (siendo doble del período principal), tal como aparece en la figura en sus posiciones relativas. Estas armónicas van en retraso de $\frac{\pi}{2}$ con la fundamental, la que, por conveniencia, se toma en fase con los cigüeñales principales.

El efecto neto de las segundas componentes equivale a dos fuerzas $\frac{M\omega^2 r}{n}$ actuando en ángulos rectos a los cigüeñales respectivos y en la misma dirección, girando a velocidad doble del cigüeñal, lo que produce una trepidación o martilleo de frecuencia doble que la fundamental.

De un modo similar puede estudiarse el efecto de la cuarta componente, y se verá que es equivalente a dos fuerzas en ángulo recto con los cigüeñales respectivos y en la misma dirección, girando a velocidad cuádruple que el mo-

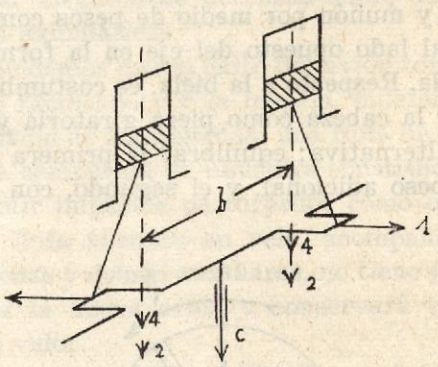


Fig. 10

tor. Estas armónicas dan lugar a un martilleo de frecuencia cuádruple que la fundamental.

MOTOR DE DOS CILINDROS: CIGÜEÑALES A 90°

En este tipo (fig. 11) la componente principal del movimiento de los émbolos está representada por $M\omega^2 r$ actuando en la dirección indicada. Si elegimos el punto C medio entre los ejes de los cilindros, la fuerza en A puede ser

sustituída por una igual en C y un par de transferencia $M\omega^2 r \cdot \frac{b}{2}$, e igualmente podemos hacer con la fuerza B. Entonces tendremos dos pares iguales cuyos ejes están representados en

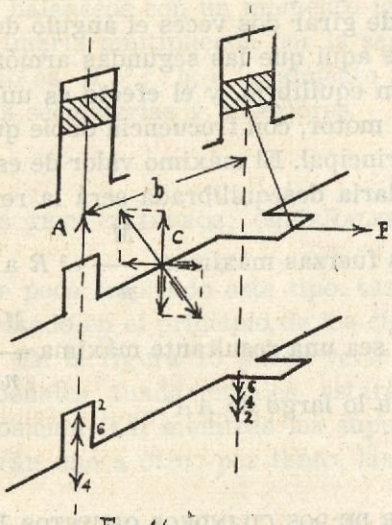


Fig. 11

dirección por las líneas gruesas, de magnitudes $M\omega^2 r \cdot \frac{b}{2}$ y dos fuerzas de magnitudes $M^2\omega r$ actuando paralelas a las fuerzas originales sobre los cigüeñales en A y B.

Los dos pares pueden reemplazarse por un par resultante de magnitudes $\frac{M\omega^2 r \cdot b}{2}\sqrt{2}$, actuando a 45° con los brazos de cigüeñal y cuyo eje es también perpendicular a la fuerza resultante $M\omega^2 r \cdot b\sqrt{2}$ de las dos fuerzas en C.

La fuerza resultante debida a los efectos de inercia combinados de los dos émbolos y sus partes componentes será la obtenida de la anterior fuerza en las direcciones de los ejes de los cilindros, con un valor máximo cuando los cigüeñales son simétricos con relación al plano de los ejes de los cilindros, y su valor será $M\omega^2 r\sqrt{2}$. En cualquier instante el valor es $M\omega^2 r\sqrt{2}\cos(\theta - 45°)$, en el que θ es el ángulo formado por el cigüeñal principal con la dirección de la carrera del émbolo.

De un modo análogo el efecto del par resultante en un plano perpendicular a la fuerza resultante producirá un par de inercia debido a las partes en movimiento alternativo sin equilibrar. Las fuerzas no equilibradas producen vibraciones verticales de frecuencia igual a la del émbolo, mientras que el efecto del par desequilibrado tenderá a hacer oscilar el motor alrededor de un eje horizontal, de banda a banda, y la frecuencia de esta oscilación angular será la misma de la del émbolo.

El valor máximo del par desequilibrado es $\frac{M\omega^2 r\, b\sqrt{2}}{2}$, y lo adquiere cuando la componente de la fuerza resultante en la dirección de los ejes de los cilindros es un mínimo, o cuando el cigüeñal principal ha alcanzado los 135° desde su punto muerto interior.

Las armónicas.—Las posiciones de las armónicas segunda, cuarta y sexta quedan indicadas en la figura, donde se verá que las segundas son equivalentes a un par $\frac{M\omega^2 r \cdot b}{2}$, girando a velocidad doble que el motor y su componente en el plano perpendicular a los ejes de los cilindros representará el efecto resultante. Este par acelera unas veces y retarda otras el efecto del par primario.

Los dos pares (2) pueden componerse en un simple par resultante girando a la velocidad del motor, cuya componente en el plano perpendi-

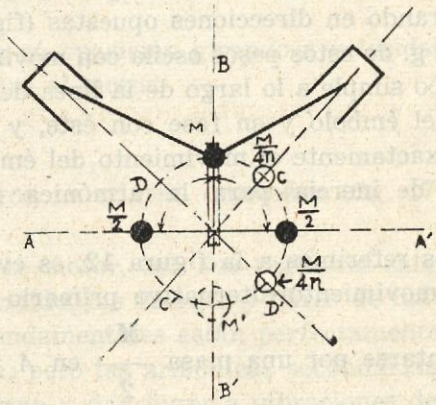


Fig. 12

cular a los ejes de los cilindros dará el efecto del par resultante.

Las cuartas armónicas producen el martilleo con frecuencia cuádruple de la fundamental y de valor máximo $\frac{M\omega^2 r}{4n^3}$. Las sextas produ-

cirán un par girando a seis veces la velocidad del cigüeñal con valor máximo $\frac{36\, M\omega^2 r}{512\, n^5} \cdot b$, que algunas veces se opondrá y otras ayudará a la resultante de los pares primario y secundario.

MOTOR DE DOS CILINDROS EN V; EJES A 90°

En este tipo los dos émbolos actúan sobre un solo cigüeñal.

La relación de las fuerzas de inercia pueden

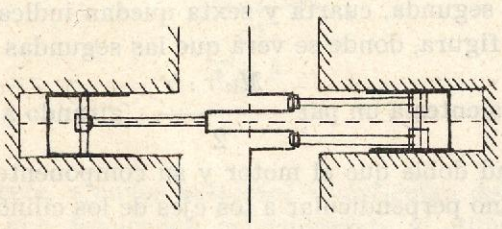


Fig. 13

estudiarse aplicando el principio de cigüeñales opuestos, o sea la armónica primaria en el movimiento alternativo puede representarse por dos masas iguales giratorias, de peso mitad cada una, girando en direcciones opuestas (fig. 12). El c. de g. de estos pesos oscila con movimiento armónico simple a lo largo de la línea de la carrera del émbolo y en fase con éste, y representa exactamente el movimiento del émbolo y fuerzas de inercia para la armónica fundamental.

Si nos referimos a la figura 12, es evidente que el movimiento alternativo primario puede representarse por una masa $\frac{M}{2}$ en A y otra $\frac{M}{2}$ en B para cada cilindro girando en opuestas direcciones. Ahora bien; las dos masas $\frac{M}{2}$ en AA equilibran; pero las otras dos $\frac{M}{2}$ pueden ser miradas como una total M en el muñón B, y ésta puede equilibrarse por una masa M' con radio R' al lado opuesto del cigüeñal tal que $MR = M'R'$.

Las armónicas secundarias.—Una ligera ojeada a la figura demostrará que cuando el cigüeñal queda en la dirección OC, tanto éste como el opuesto con respecto al cilindro 1 estarán en C, mientras que para el cilindro 2 estarán en D' (después de girar dos veces el ángulo del cigüeñal), y de aquí que las segundas armónicas no estarán en equilibrio, y el efecto es una vibración en el motor, con frecuencia doble que la armónica principal. El máximo valor de esta fuerza secundaria desequilibrada será la resultante de las dos fuerzas máximas $\frac{M}{n}\omega^2 R$ a 90° una de otra, o sea una resultante máxima $\frac{M}{n}\omega^2 R\sqrt{2}$ actuando a lo largo de AA'.

MOTOR DE DOS CILINDROS OPUESTOS 180°

Este tipo tiene los cilindros a opuestos lados del eje de cigüeñales, y éstos a 180° uno de otro; las explosiciones espaciadas en forma que producen un momento motor de gran regularidad. Para que las líneas del movimiento de los émbolos o carreras coincidan, uno de los cilindros lleva dos bielas y el opuesto una (fig. 13); entonces los movimientos principal, secundario, etc., de los dos cilindros se equilibran y no hay oscilación alguna. El equilibrado es lo más perfecto que puede conseguirse en cualquier tipo de motor. Los únicos factores desequilibrados son los debidos a la variación en el movimiento motor por la inercia del émbolo y el impulso de la ex-

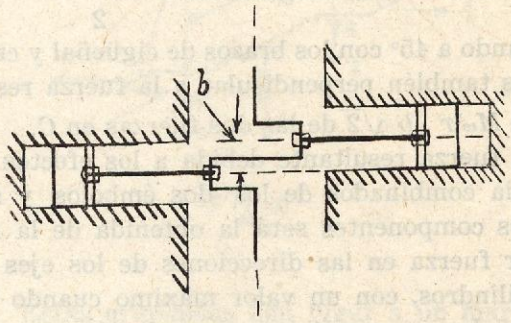


Fig. 14

plosión; por lo demás, y debido a su excelente equilibrado, se han alcanzado muy altas velocidades.

Cuando por dificultades de manufactura no pueden obtenerse cilindros co-axiales, se recurre al arbitrio indicado en la figura 14, que son los tipos *desaxé*. En este caso existen pares que producen balanceos con un momento igual a la fuerza primaria multiplicada por la separación axial; esto es, $M\,\omega^2\,r\,.\,b$, e igualmente para las armónicas secundarias y superiores.

MOTOR DE TRES CILINDROS; CIGÜEÑALES A 120°

Aunque poco empleado este tipo, también se estudia basado en el principio de los cigüeñales opuestos. En la figura 15 puede verse que los tres cigüeñales fundamentales estarán en la misma posición OA, mientras los supuestos se equilibrarán uno a otro; por tanto, las fuerzas

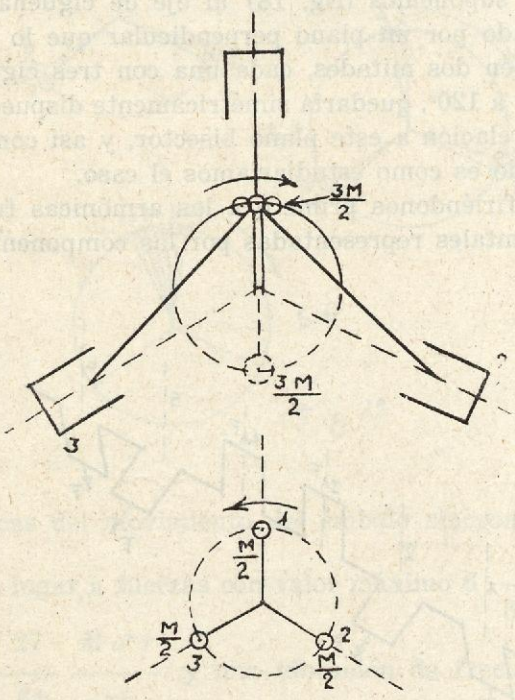


Fig. 15

armónicas aquellas se equilibrarán con una masa $\frac{3M}{2}$, con iguales radios, pero en dirección opuesta al cigüeñal real. Respecto a las armónicas secundarias, se ve (fig. 16) que para los cigüeñales en OA_1 OB y OC, que se equilibran uno a otro, los opuestos estarán en OA, y pueden sólo equilibrarse con una masa $\frac{3}{2}\,.\,\frac{M}{4n}$ colocada opuesta a OA y girando en sentido contrario a velocidad doble que el motor.

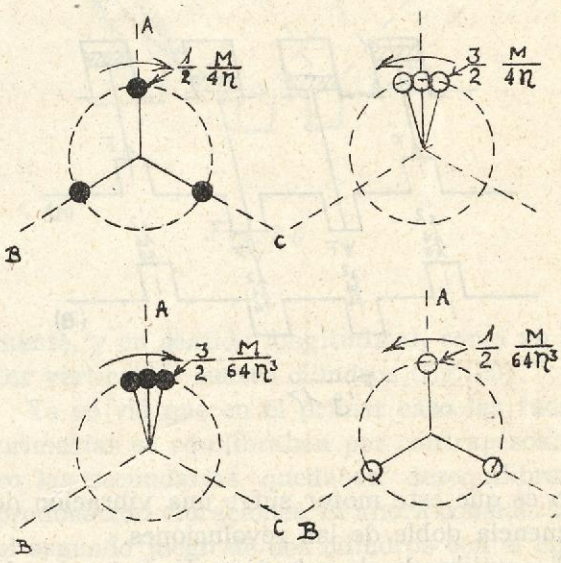


Fig. 16

En las cuartas armónicas los tres cigüeñales supuestos se equilibran, en tanto los principales están en OA, y con una masa $\frac{3}{2}\,.\,\frac{M}{64\,m^3}$ colocada en oposición girando a velocidad cuádruple que el motor.

MOTOR DE CUATRO CILINDROS (fig. 17).

En este motor, con sus regulares intervalos de encendido, las fuerzas y pares de las armónicas fundamentales están perfectamente equilibradas; pero las armónicas secundarias todas sincronizan y dan lugar a vibraciones de doble frecuencia a la del motor. Si la biela fuera de longitud infinita, éste estará en perfecto equilibrio con respecto a todas las armónicas; pero la oblicuidad de la biela hace que las fuerzas de inercia sean mayores para las posiciones del cigüeñal arriba que para las del cigüeñal abajo, y resulta que cuando dos émbolos pasan por los puntos muertos altos, los otros dos están pasando por el punto correspondiente a la posi-

ción baja del cigüeñal, y la consecuencia es una fuerza resultante hacia arriba debida a la diferencia entre las inercias de los pistones en sus posiciones alta y baja; esta fuerza hacia arriba se revela en cada media revolución del eje de cigüeñales y, similarmente, otra hacia abajo en las posiciones intermedias. El resul-

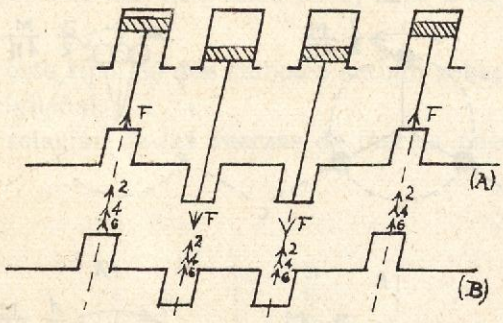


Fig 17

tado es que este motor sufre una vibración de frecuencia doble de las revoluciones.

El equilibrado de este tipo de motor puede estudiarse como en los casos precedentes. Examinando primero las armónicas fundamentales, es evidente que en todo momento las fuerzas armónicas de los dos cigüeñales exteriores equilibran en dirección y magnitud la de los interiores, y, además, los momentos de los pares primarios de los dos cigüeñales que están a la izquierda equilibran los debidos a los de la derecha, de modo que el equilibrado primario es perfecto. Con relación a las componentes secundarias del movimiento del émbolo, veremos que el total de las componentes para la posición del cigüeñal supuesto sincroniza y actúa verticalmente hacia arriba; cuando el cigüeñal ha girado 90°, estas segundas componentes se habrán movido relativamente 180° y seguirán en sincronismo. Darán lugar, pues, a vibraciones de doble frecuencia que la armónica principal; el valor máximo de esta fuerza secundaria será $F_2 = \frac{4 M \omega^2 r}{n}$.

Las cuartas armónicas sincronizan también, y la frecuencia de las vibraciones es de cuatro veces la de la armónica primaria, con un valor máximo $F_4 = \frac{M \omega^2 r}{n^3}$.

Igualmente las armónicas sexta y de orden superior sincronizarán para los cuatro émbolos con vibraciones de frecuencia mayor y menores fuerzas máximas correspondientes.

Se observará que, como todas las armónicas sincronizan para todos los émbolos y actúan en la misma dirección, no habrá par resultante de equilibrio.

Para equilibrar estas fuerzas secundarias puede recurrirse a introducir otro efecto armónico equivalente y en dirección opuesta. El mecanismo consistirá en dos cigüeñales a doble velocidad que la de las principales, cada uno en sentido contrario; esto es, el principio de los cigüeñales opuestos.

Puede reducirse la magnitud del desequilibrio de estas armónicas por reducción de peso de émbolo y biela.

MOTOR DE SEIS CILINDROS; CIGÜEÑALES A 120°

Si suponemos (fig. 18) al eje de cigüeñales cortado por un plano perpendicular que lo divida en dos mitades, cada una con tres cigüeñales a 120°, quedaría simétricamente dispuesto con relación a este plano bisector, y así considerado es como estudiaríamos el caso.

Refiriéndonos primero a las armónicas fundamentales representadas por las componentes

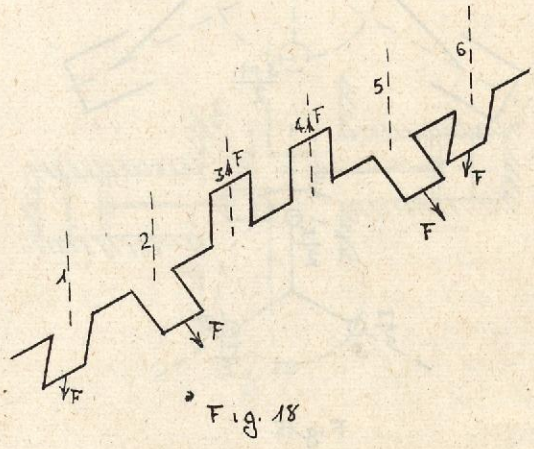


Fig. 18

de masas giratorias M sobre los cigüeñales, las tres armónicas primarias a un lado del bisector imaginario equilibrará las tres armónicas primarias del otro lado, o dicho más claro: el conjunto de cada tres se equilibrará en cuanto a dirección. Además, los momentos de estas ar-

mónicas con respecto al plano se equilibrarán así que el equilibrado es perfecto.

Armónicas secundarias.—La figura 19 nos muestra el círculo superior, que representa la disposición del cigüeñal referido al plano bisector y explica la posición de las masas giratorias equivalentes, girando a doble velocidad que la del eje para el caso de las segundas armónicas. Las cuartas armónicas aparecen en perfecto equilibrio en magnitud y dirección, y asimismo los momentos.

Si adoptamos igual método para las sextas armónicas (esto es, el término 6 θ en la fórmula general de la aceleración), se verá que para la posición del cigüeñal dada en la figura la disposición de los cigüeñales ficticios será la del círculo inferior, y el total de estas seis armó-

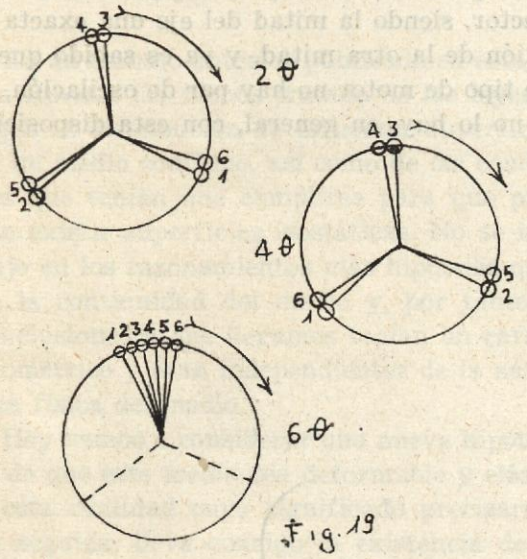


Fig. 19

nicas del movimiento del émbolo sincroniza y da lugar a fuerzas con valor máximo $6 \cdot \frac{36}{512\, n^5}$ ó $\frac{27}{64} \frac{M\,\omega^2\, r}{n^5}$, y una vibración de frecuencia séxtuple la del primario, o seis veces por reducción. No entra en juego par alguno.

El efecto práctico de estas rápidas vibraciones, con miras a todo intento o propósito de evitarlo, es nulo, pues la magnitud de las fuerzas máximas debidas a estas armónicas es muy pequeña si se compara con los defectos inherentes a mano de obra o trazado en el propio motor.

MOTOR DE OCHO CILINDROS EN V.

Este motor puede considerarse como cuatro juegos de dos cilindros a 90° visto transversal-

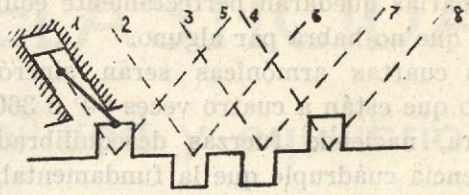


Fig. 20

mente, y en sentido longitudinal, como un motor vertical de cuatro cilindros (fig. 20).

Ya se vió que en el primer caso las fuerzas primarias se equilibraban por contrapesos; pero las secundarias quedaban desequilibradas, produciendo vibraciones. Si ahora consideramos el segundo juego de dos cilindros con el cigüeñal a 180° del primer juego, se verá que las fuerzas desequilibradas de las segundas armónicas sincronizan con las del primero. De aquí que en el conjunto de los cuatro juegos de pares de cilindros a 90° habrá cuatro fuerzas secundarias desequilibradas actuando unidas o en sincronismo. El máximo valor del total de estas fuerzas será $0{,}707 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$ veces la del motor de cuatro cilindros que tenga las mismas masas alternativas.

Otro sistema de disponer los cigüeñales en

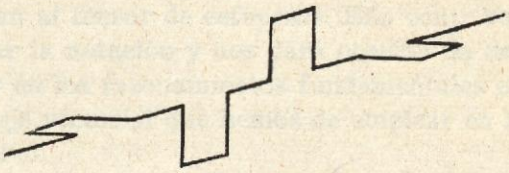


Fig. 21

este motor es el indicado en la figura 21, con los dos cigüeñales centrales a 180° (en vez de ir juntos como anteriormente), y a 90° con los

exteriores. En este caso, las secundarias desequilibradas del segundo cigüeñal están a dos veces 90° ó 180°, fuera de fase con las del primero o con la opuesta a ellos. Para el tercer y cuarto cigüeñal serán igualmente opuestas las secundarias; y el resultado será que las cuatro secundarias quedarán perfectamente equilibradas y que no habrá par alguno.

Las cuartas armónicas serán sincrónicas, puesto que están a cuatro veces 90° ó 360° una de otra, naciendo fuerzas desequilibradas de frecuencia cuádruple que la fundamental, pero de magnitud muy pequeña: $8 \frac{M\omega^2 R}{4 n^3} \cdot \sqrt{2}$ ó $2 \cdot \frac{M\omega^2 R}{n^3} \sqrt{2}$, comparada con la otra disposición de cigüeñales, estimándose que la diferencia es de $\frac{1}{80}$.

Puede continuarse el estudio en tipos de más cilindros que, como en el último considerado, podrían dividirse en grupos más sencillos que caerían dentro de los ya tratados. Sólo diremos, para terminar, que los momentos oscilatorios o de balanceo debidos a la separación axial de los cilindros en diferentes tipos de motor pueden ser eliminados en los tipos multicilíndricos por el método de simetría óptica. Sabido es que en el tipo vertical de dos cilindros con cigüeñales a 180° hay un par primario de balanceo. Si imaginamos un espejo plano situado transversalmente en el extremo del eje, la imagen reflejada nos dará una disposición del eje de cigüeñales que no formará con el eje real par alguno de oscilación; es decir, que el par del tipo original equilibra el de la imagen reflejada. Esta combinación de objeto e imagen es, por supuesto, la ordinaria disposición del tipo de cuatro cilindros.

También el motor vertical de seis cilindros a 120° puede dividirse por un plano transversal bisector, siendo la mitad del eje una exacta reflexión de la otra mitad, y ya es sabido que en este tipo de motor no hay par de oscilación, como no lo hay, en general, con esta disposición.

TEORIA DE LA ELASTICIDAD

Condiciones de compatibilidad y equilibrio

Por AUREO FERNANDEZ AVILA

INGENIERO NAVAL

1) *Generalidades.*

En un trabajo anterior publicado en esta misma Revista (1) hemos tratado de las leyes que rigen la distribución de esfuerzos superficiales en un medio continuo, así como de las condiciones que tenían que cumplirse para que pudieran existir superficies isostáticas. No se introdujo en los razonamientos más hipótesis que la de la continuidad del medio y, por tanto, las conclusiones a que llegamos tenían un carácter geométrico y eran independientes de la naturaleza física del medio.

Hoy vamos a considerar una nueva hipótesis: la de que este medio sea deformable y elástico, y esta cualidad cuyo significado precisaremos en seguida, lleva consigo la existencia de una relación entre los esfuerzos soportados y las deformaciones producidas, que se traduce en nuevas condiciones a que tiene que satisfacer el tensor de esfuerzos, para ser compatible con la supuesta naturaleza elástica del medio. Ello exige que se verifique un sistema de ecuaciones diferenciales que se designan corrientemente con el nombre de condiciones de compatibilidad .

Estas ecuaciones son una consecuencia directa de las que deben de satisfacer los coeficientes de la deformación, o componentes escalares del tensor de deformaciones, los cuales son unas funciones de las coordenadas del punto considerado, que no pueden ser elegidas arbitrariamente, como hizo notar por primera vez Barré de Saint Venant, ya que están relacionadas por un sistema de seis ecuaciones diferenciales que llevan el nombre de aquel insigne matemático. En este estudio presentaremos dichas ecuaciones en forma distinta de la por él dada, utilizando las ventajas del algoritmo vectorial, lo que permitirá llegar a expresiones más sencillas y nos ayudará a precisar mejor su significación y sentido.

En cuanto se refiere a esfuerzos, utilizaremos la misma notación empleada en nuestro anterior artículo citado, haciendo frecuente alusión a las fórmulas y resultados allí obtenidos.

Con objeto de facilitar la exposición de la teoría y destacar los conceptos más importantes, empezaremos por pasar una rápida revista a las circunstancias que concurren en la deformación de un medio continuo elástico, estudiando las condiciones a que debe satisfacer el tensor de deformaciones y las relaciones que le ligan al tensor de esfuerzos. Ello contribuirá a fijar la notación y nos dará ocasión de conservar en los razonamientos fundamentales el lenguaje vectorial que hemos de emplear en lo sucesivo.

Después introduciremos el concepto de *esfuerzos inducidos,* que se deduce fácilmente del de los directos, y permite simplificar la expresión de ciertos resultados y sus fórmulas correspondientes. Por último, serán estudiadas las ecuaciones generales de equilibrio que deben verificarse en un estado triple de esfuerzos, haciendo notar algunas analogías que presentan

(1) INGENIERÍA NAVAL, noviembre 1941.

con las del movimiento de flúidos incompresibles.

2) *Deformaciones de un medio continuo.*

Ante todo queremos manifestar que no es nuestro objeto hacer un estudio completo de este tema, desarrollado en forma magistral por numerosos autores (1). Vamos a tratar simplemente de exponer un esquema de los razonamientos necesarios para la obtención de las fórmulas fundamentales que, a modo de recordatorio, permiten seguir más fácilmente este artículo.

Consideremos en un medio continuo una porción infinitamente pequeña que rodee a un punto cualquiera P. Cualquier otro punto de esta región, A, vendrá definido en su estado inicial, esto es, anterior a la deformación que vamos a estudiar, por un vector de posición $\overrightarrow{PA}$. Como consecuencia de la acción de los esfuerzos superficiales se modificará la situación relativa de las partículas del medio y el punto A ocupará con respecto al P una nueva posición determinada por el vector $\overrightarrow{PA'}$. Si pudiéramos expresar, de una manera general, el vector $\overrightarrow{PA'}$ en función del $\overrightarrow{PA}$, tendríamos definida la deformación experimentada por el medio en las proximidades del punto P.

Para ello elijamos en el estado inicial un sistema coordenado cartesiano, determinado por los tres versores ortogonales (**i j k**). Si imaginamos estos tres versores unidos invariablemente al medio que se deforma, se transformarán en el estado final en un sistema de tres vectores oblicuos, cuyo valor absoluto será ya, en general, diferente de la unidad.

Limitándonos al caso de que la deformación pueda considerarse como infinitamente pequeña, estos vectores podrán representarse por las expresiones:

$$\mathbf{i} + d\mathbf{i} \quad , \quad \mathbf{j} + d\mathbf{j} \quad , \quad \mathbf{k} + d\mathbf{k} \quad ,$$

siendo

$$d\mathbf{i} \quad , \quad d\mathbf{j} \quad , \quad d\mathbf{k} \quad ,$$

los incrementos o alteraciones que experimentan los versores primitivos como consecuencia de la deformación.

Designemos por x, y, z, las coordenadas del punto A en un sistema (**i j k**), cuyo origen este situado en el punto P. Se tendrá en el estado inicial:

$$\overrightarrow{PA} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\,\mathbf{k} \qquad [1]$$

y en el estado final:

$$\overrightarrow{PA'} = x\,(\mathbf{i} + d\mathbf{i}) + y\,(\mathbf{j} + d\mathbf{j}) + z\,(\mathbf{k} + d\mathbf{k}) \qquad [2]$$

debiendo no olvidarse que x, y, z son infinitamente pequeños. La variación experimentada en la posición del punto A vendrá definida por el vector $\overrightarrow{AA'} = \overrightarrow{PA'} - \overrightarrow{PA}$, que podrá expresarse como sigue:

$$\overrightarrow{AA'} = x d\mathbf{i} + y d\mathbf{j} + z d\mathbf{k} \qquad [3]$$

Esta fórmula pone de manifiesto que la deformación viene determinada por un tensor

$$\boxed{\mathcal{D} = \mathbf{i}d\mathbf{i} + \mathbf{j}d\mathbf{j} + \mathbf{k}d\mathbf{k}} \qquad [4]$$

puesto que será:

$$\overrightarrow{AA'} = \overrightarrow{PA} \cdot \mathcal{D} \qquad [5]$$

A este tensor $\mathcal{D}$ le denominaremos tensor de deformaciones.

Designemos por $\mathcal{U}$ un tensor, que llamaremos unidad, que transforme un vector cualquiera **r** en sí mismo, esto es, tal que $\mathbf{r} \cdot \mathcal{U} = \mathbf{r}$. Es fácil ver que $\mathcal{U}$ será un tensor simétrico, que podrá expresarse por la fórmula:

$$\mathcal{U} = \mathbf{ii} + \mathbf{jj} + \mathbf{kk} \qquad [6]$$

(1) En la imposibilidad de dar una extensa reseña bibliográfica, citaremos, como modelo en su género, la primera Memoria sobre la teoría de la elasticidad de Cosserat y la exposición de Appell en su Mecánica racional, que en forma clara y didáctica tratan de esta cuestión.

o bien, en función de sus componentes escalares:

$$\mathcal{U} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad [6']$$

El vector $\overrightarrow{PA}$ que determina la posición del punto A respecto a P, se convertirá después de la deformación en el $\overrightarrow{PA'} = \overrightarrow{PA} + \overrightarrow{AA'}$, que podrá expresarse como sigue:

$$\overrightarrow{PA'} = \overrightarrow{PA} \cdot (\mathcal{D} + \mathcal{U}) \qquad [7]$$

Esta fórmula muestra claramente la naturaleza de la deformación. Si imaginamos una esfera infinitamente pequeña de centro en P, esta esfera se convertirá en un elipsoide, que será el del tensor $\mathcal{D} + \mathcal{U}$. Un sistema de tres versores ortogonales cualesquiera ($\mathbf{i}\ \mathbf{j}\ \mathbf{k}$) se transformará en un sistema de tres diámetros conjugados

$$\mathbf{i} + d\mathbf{i}\ ,\ \mathbf{j} + d\mathbf{j}\ ,\ \mathbf{k} + d\mathbf{k}$$

del citado elipsoide, que se denomina por ello de deformaciones, y cuyo conocimiento las determina completamente.

Estudiemos ahora la deformación del conjunto del medio. Cada punto P sufrirá un desplazamiento $\mathbf{u} = \overrightarrow{PP'}$, cuyas componentes en el sistema ($\mathbf{i}\ \mathbf{j}\ \mathbf{k}$) designaremos por u_1, u_2, u_3. Se tendrá:

$$\mathbf{u} = u_1\mathbf{i} + u_2\mathbf{j} + u_3\mathbf{k} \qquad [8]$$

y el vector $\overrightarrow{AA'}$, antes considerado, expresará la diferencia entre los desplazamientos experimentados por los puntos A y P. Esta diferencia puede resolverse en sus componentes como sigue:

$$\overrightarrow{AA'} = \frac{\delta \mathbf{u}}{\delta x}\, x + \frac{\delta \mathbf{u}}{\delta y}\, y + \frac{\delta \mathbf{u}}{\delta z}\, z \qquad [9]$$

Comparando esta expresión con la [3] antes escrita, se obtienen las notables relaciones que escribimos a continuación:

$$d\mathbf{i} = \frac{\delta \mathbf{u}}{\delta x}\ ,,\ d\mathbf{j} = \frac{\delta \mathbf{u}}{\delta y}\ ,,\ d\mathbf{k} = \frac{\delta \mathbf{u}}{\delta z} \qquad [10]$$

Conviene no olvidar que en estas fórmulas el desplazamiento $\mathbf{u}$ es infinitamente pequeño, en virtud de la hipótesis hecha, y por ello, los dos miembros de las igualdades anteriores son del mismo orden de magnitud.

Reemplazando los valores que acabamos de obtener para $d\mathbf{i}$, $d\mathbf{j}$, $d\mathbf{k}$, en la expresión antes dada [4] para el tensor de deformaciones, podremos poner éste bajo la forma:

$$\boxed{\mathcal{D} = \mathbf{i}\ \frac{\delta \mathbf{u}}{\delta x} + \mathbf{j}\ \frac{\delta \mathbf{u}}{\delta y} + \mathbf{k}\ \frac{\delta \mathbf{u}}{\delta z}} \qquad [11]$$

o abreviadamente:

$$\boxed{\mathcal{D} = \text{grad}\ \mathbf{u}} \qquad [11']$$

3) *Descomposición del tensor de deformaciones.*

Para estudiar más a fondo las características de la deformación haremos un detenido análisis de las propiedades del tensor $\mathcal{D}$. Empezaremos por recordar que un tensor cualquiera puede descomponerse de una sola manera en la suma de uno simétrico y otro antisimétrico. Designando por $\mathcal{D}_S$ y $\mathcal{D}_A$ respectivamente, la parte simétrica y antisimétrica del tensor de deformaciones, tendremos, pues:

$$\mathcal{D} = \mathcal{D}_S + \mathcal{D}_A$$

y la fórmula [5] nos dará:

$$\overrightarrow{AA'} = \overrightarrow{PA} \cdot \mathcal{D}_S + \overrightarrow{PA} \cdot \mathcal{D}_A$$

Fijémonos en el último término. La transformación originada por un tensor antisimétrico, sabemos que es equivalente al producto vectorial por un vector característico de la parte an-

tisimétrica, que designaremos con el nombre de axor (1) y representaremos por $\mathbf{A}_D$

La expresión de $\mathbf{A}_D$ es:

$$\mathbf{A}_D = \frac{\delta \mathbf{u}}{\delta x} \times \mathbf{i} + \frac{\delta \mathbf{u}}{\delta y} \times \mathbf{j} + \frac{\delta \mathbf{u}}{\delta z} \times \mathbf{k} = - \text{rot } \mathbf{u} \quad [12]$$

teniéndose:

$$\overrightarrow{PA} \cdot \mathcal{D}_A = \frac{1}{2} \overrightarrow{PA} \times \mathbf{A}_D = - \frac{1}{2} \overrightarrow{PA} \times \text{rot } \mathbf{u}$$

Por tanto, la deformación $\overrightarrow{AA'}$ podrá expresarse como sigue:

$$\overrightarrow{AA'} = PA \cdot \mathcal{D}_S - \frac{1}{2} \overrightarrow{PA} \times \text{rot } \mathbf{u} \quad [13]$$

El segundo término no es otra cosa que el desplazamiento experimentado por la partícula situada en A, como consecuencia de una rotación elemental

$$\frac{1}{2} \text{ rot } \mathbf{u}.$$

Para hallar la expresión explícita de la parte simétrica $\mathcal{D}_S$, es lo más sencillo desarrollar como sigue el tensor de deformaciones en función de sus componentes escalares:

$$\mathcal{D} = \begin{pmatrix} \frac{\delta u_1}{\delta x} & \frac{\delta u_2}{\delta x} & \frac{\delta u_3}{\delta x} \\ \frac{\delta u_1}{\delta y} & \frac{\delta u_2}{\delta y} & \frac{\delta u_3}{\delta y} \\ \frac{\delta u_1}{\delta z} & \frac{\delta u_2}{\delta z} & \frac{\delta u_3}{\delta z} \end{pmatrix} \quad [14]$$

y formar el tensor conjugado $\mathcal{D}_C$, que se obtiene permutando las filas por las columnas en la expresión anterior:

$$\mathcal{D}_C = \begin{pmatrix} \frac{\delta u_1}{\delta x} & \frac{\delta u_1}{\delta y} & \frac{\delta u_1}{\delta z} \\ \frac{\delta u_2}{\delta x} & \frac{\delta u_2}{\delta y} & \frac{\delta u_2}{\delta z} \\ \frac{\delta u_3}{\delta x} & \frac{\delta u_3}{\delta y} & \frac{\delta u_3}{\delta z} \end{pmatrix} \quad [15]$$

Del examen de esta fórmula se deduce que el valor de $\mathcal{D}_C$ puede también escribirse como sigue:

$$\boxed{\mathcal{D}_C = \mathbf{i} \text{ grad } u_1 + \mathbf{j} \text{ grad } u_2 + \mathbf{k} \text{ grad } u_3} \quad [16]$$

Obtenidos los desarrollos de los tensores $\mathcal{D}$ y $\mathcal{D}_C$, se tendrá:

$$2\mathcal{D}_S = \mathcal{D} + \mathcal{D}_C \quad [17]$$

y

$$2\mathcal{D}_A = \mathcal{D} - \mathcal{D}_C \quad [18]$$

Para hallar la expresión de $\mathcal{D}_S$ utilizaremos las notaciones:

$$\left.\begin{array}{lll} \varepsilon_1 = \frac{\delta u_1}{\delta x} & \varepsilon_2 = \frac{\delta u_2}{\delta y} & \varepsilon_3 = \frac{\delta u_3}{\delta z} \\ \gamma_1 = \frac{\delta u_2}{\delta z} + \frac{\delta u_3}{\delta y} \text{ ,,} & \gamma_2 = \frac{\delta u_1}{\delta z} + \frac{\delta u_3}{\delta x} \text{ ,,} & \gamma_3 = \frac{\delta u_1}{\delta y} + \frac{\delta u_2}{\delta x} \end{array}\right\} [19]$$

con lo que resultará:

$$2\mathcal{D}_S = \begin{pmatrix} 2\varepsilon_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \\ \gamma_2 & 2\varepsilon_2 & \gamma_1 \\ \gamma_3 & \gamma_1 & 2\varepsilon_3 \end{pmatrix} \quad [20]$$

Los valores de $\mathcal{D}_S$ y $\mathcal{D}_A$ pueden también escribirse de otro modo, reemplazando en [17] y [18] los de $\mathcal{D}$ y $\mathcal{D}_C$ dados por [11] y [16], obteniéndose las interesantes relaciones siguientes:

$$2\mathcal{D}_S = \mathbf{i}\left(\frac{\delta \mathbf{u}}{\delta x} + \text{grad } u_1\right) + \mathbf{j}\left(\frac{\delta \mathbf{u}}{\delta y} + \text{grad } u_2\right) + \mathbf{k}\left(\frac{\delta \mathbf{u}}{\delta x} + \text{grad } u_3\right) \quad [21]$$

(1) Muchos autores designan al tensor general con el nombre de *afinor*, en razón de la transformación afín que determina; reservando el nombre de tensor para los afinores simétricos y de axor para los antisimétricos. Nosotros preferimos reservar este último nombre para el vector que caracteriza la transformación producida por un tensor antisimétrico.

$$2\mathcal{D}_A = \mathbf{i}\left(\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial x} - \text{grad } u_1\right) + \mathbf{j}\left(\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial y} - \text{grad } u_2\right) + \mathbf{k}\left(\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial z} - \text{grad } u_3\right) \qquad [22]$$

Tratemos ahora de precisar el significado de las componentes escalares del tensor $\mathcal{D}_S$, que se designan con frecuencia con el nombre de coeficientes de la deformación. Los términos de la diagonal principal no son otra cosa que las dilataciones lineales de los versores (**i j k**); por ejemplo:

$$(\mathbf{i} + \mathbf{di})^2 = 1 + 2\mathbf{i} \,.\, \mathbf{di}$$

de donde:

$$|\, \mathbf{i} + \mathbf{di} \,| - 1 = \mathbf{i} \,.\, \mathbf{di} = \frac{\partial u_1}{\partial x} = \varepsilon_1$$

en virtud de [10].

De un modo análogo veremos que los términos designados por la letra γ representan dilataciones angulares; pues como es fácil comprobar, para γ_3, por ejemplo, la variación experimentada por el ángulo de los ejes **i**, **j**, primitivamente recto, vale

$$d(\mathbf{i} \,.\, \mathbf{j}) = \mathbf{i} \,.\, d\mathbf{j} + \mathbf{j} \,.\, d\mathbf{i} = \frac{\partial u_1}{\partial y} + \frac{\partial u_2}{\partial x} = \gamma_3$$

Designemos por $\mathbf{D}_x$, $\mathbf{D}_y$, $\mathbf{D}_z$ las componentes vectoriales del tensor simétrico $\mathcal{D}_S$; se tendrá:

$$\mathcal{D}_S = \mathbf{i}\mathbf{D}_x, + \mathbf{j}\mathbf{D}_y + \mathbf{k}\mathbf{D}_z, \qquad [23]$$

y dispondremos, para cada componente, de dos expresiones diferentes dadas por las fórmulas [20] y [21], que nos proporcionarán las siguientes igualdades:

$$\left.\begin{aligned} 2\mathbf{D}_x &= \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial x} + \text{grad } u_1 = 2\varepsilon_1\mathbf{i} + \gamma_3\mathbf{j} + \gamma_2\mathbf{k} \\ 2\mathbf{D}_y &= \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial y} + \text{grad } u_2 = \gamma_3\mathbf{i} + 2\varepsilon_2\mathbf{j} + \gamma_1\mathbf{k} \\ 2\mathbf{D}_z &= \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial z} + \text{grad } u_3 = \gamma_2\mathbf{i} + \gamma_1\mathbf{j} + 2\varepsilon_3\mathbf{k} \end{aligned}\right\} \qquad [24]$$

Estas ecuaciones son fundamentales para nuestro estudio, y de ellas deduciremos importantísimas consecuencias; pero antes de analizarlas debidamente vamos a hacer algunas consideraciones sobre otras circunstancias que caracterizan la deformación.

El coeficiente de dilatación cúbica o volumétrica, que designaremos por θ, valdrá, en el caso que estamos considerando, de que la deformación sea infinitamente pequeña:

$$\theta = \text{div } \mathbf{u} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 \qquad [25]$$

4) *Ejes del elipsoide.*

Hemos visto que un sistema arbitrario de tres versores ortogonales (**i j k**) se convierte —después de la deformación—en un sistema de tres diámetros conjugados del elipsoide de deformaciones. Existirá, pues, un sistema de ejes privilegiados ($\mathbf{i}_0$ $\mathbf{j}_0$ $\mathbf{k}_0$), que conservarán su ortogonalidad en la transformación, y que constituirán los ejes del elipsoide

$$\mathbf{i}_0 + d\mathbf{i}_0 \quad , \quad \mathbf{j}_0 + d\mathbf{j}_0 \quad , \quad \mathbf{k}_0 + d\mathbf{k}_0$$

Estos no serán en general paralelos a los del sistema primitivo, y para hacerlos coincidir será preciso efectuar una rotación elemental, que valdrá precisamente

$$\frac{1}{2} \text{ rot } \mathbf{u}.$$

Las longitudes de los ejes del elipsoide se hallan por un procedimiento similar al que seguimos para la determinación de los esfuerzos principales (1). Si las designamos por $1 + e_1$, $1 + e_2$, $1 + e_3$, éstas serán las correspondientes al tensor

$$2(\mathcal{U} + \mathcal{D}) = \begin{pmatrix} 2(1+\varepsilon_1) & \gamma_3 & \gamma_2 \\ \gamma_3 & 2(1+\varepsilon_2) & \gamma_1 \\ \gamma_2 & \gamma_1 & 2(1+\varepsilon_3) \end{pmatrix}$$

A las magnitudes e_1, e_2, e_3 las denominare-

(1) INGENIERÍA NAVAL, noviembre 1941.

mos dilataciones principales, y sus valores serán las raíces de la ecuación de tercer grado:

$$\begin{vmatrix} 2(\varepsilon_1 - e) & \gamma_3 & \gamma_2 \\ \gamma_3 & 2(\varepsilon_2 - e) & \gamma_1 \\ \gamma_2 & \gamma_1 & 2(\varepsilon_3 - e) \end{vmatrix} = 0 \qquad [25]$$

El tensor $\mathcal{D}_S$ referido a sus ejes se podrá expresar como sigue:

$$\mathcal{D}_S = \begin{pmatrix} e_1 & 0 & 0 \\ 0 & e_2 & 0 \\ 0 & 0 & e_3 \end{pmatrix} \qquad [26]$$

El elipsoide del tensor $\mathcal{D}_S$ se suele llamar elipsoide de dilataciones.

Resumiendo lo dicho hasta aquí, vemos que la modificación infinitamente pequeña experimentada por el medio continuo en las proximidades de un punto P, relacionada con su estado inicial, podrá descomponerse en tres sumandos:

a) Una traslación elemental **u**.

b) Una rotación elemental

$$\frac{1}{2} \text{ rot } \mathbf{u}$$

c) Una deformación pura, conservando el paralelismo de los ejes privilegiados, determinada por el tensor simétrico $\mathcal{D}_S$.

5) *Ecuaciones de Barré de Saint Venant.*

Examinando detenidamente las ecuaciones [24] antes halladas, se deduce una importante consecuencia; que el tensor $\mathcal{D}_S$ no puede ser elegido de un modo arbitrario, sino que tiene que satisfacer a determinadas condiciones, ocurriendo lo mismo, por tanto, con las seis componentes escalares de la deformación.

Para deducirlas bastará eliminar **u** entre las citadas ecuaciones, lo que se consigue fácilmente tomando rotaciones de sus dos primeros miembros. Así se obtiene:

$$\text{rot } \mathbf{D}_x = \frac{1}{2}\frac{\delta}{\delta x} \text{ rot } \mathbf{u} \quad ,, \quad \text{rot } \mathbf{D}_y = \frac{1}{2}\frac{\delta}{\delta y} \text{ rot } \mathbf{u}$$

$$\text{rot } \mathbf{D}_z = \frac{1}{2}\frac{\delta}{\delta z} \text{ rot } \mathbf{u} \qquad [27]$$

que muestran que la expresión:

$$dx \text{ rot } \mathbf{D}_x + dy \text{ rot } \mathbf{D}_y + dz \text{ rot } \mathbf{D}_z = \frac{1}{2} d \text{ rot } \mathbf{u} \qquad [27']$$

es una diferencial exacta. Se habrán, pues, de verificar las tres ecuaciones diferenciales siguientes:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\delta \text{ rot } \mathbf{D}_x}{\delta y} &= \frac{\delta \text{ rot } \mathbf{D}_y}{\delta x} \\ \frac{\delta \text{ rot } \mathbf{D}_x}{\delta z} &= \frac{\delta \text{ rot } \mathbf{D}_z}{\delta x} \\ \frac{\delta \text{ rot } \mathbf{D}_y}{\delta z} &= \frac{\delta \text{ rot } \mathbf{D}_z}{\delta y} \end{aligned}\right\} \qquad [28]$$

que expresan las relaciones buscadas. Proyectadas estas ecuaciones sobre los ejes coordenados, dan lugar a nueve ecuaciones escalares, que la simetría del tensor $\mathcal{D}_S$ reduce a sólo seis diferentes. Estas ecuaciones son célebres, y fueron halladas por primera vez en 1864 por Barré de Saint Venant, bastando para obtenerlas efectuar las operaciones indicadas en las [28], reemplazando los valores de los vectores $\mathbf{D}_x$, $\mathbf{D}_y$, $\mathbf{D}_z$, dados por las fórmulas [24]. Así resultan las seis ecuaciones diferenciales siguientes, que expresan las relaciones que deben verificarse entre las componentes escalares de la deformación $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$.

$$\left.\begin{aligned} \frac{\delta^2\varepsilon_1}{\delta y^2} + \frac{\delta^2\varepsilon_2}{\delta x^2} &= \frac{\delta^2\gamma_3}{dx\,dy} \quad ,, \\ 2\frac{\delta^2\varepsilon_1}{dy\,dz} &= \frac{\delta}{\delta x}\left[-\frac{\delta\gamma_1}{\delta x} + \frac{\delta\gamma_2}{\delta y} + \frac{\delta\gamma_3}{\delta z}\right] \\ \frac{\delta^2\varepsilon_2}{\delta z^2} + \frac{\delta^2\varepsilon_3}{\delta y^2} &= \frac{\delta^2\gamma_1}{\delta y\,\delta z} \quad ,, \\ 2\frac{\delta^2\varepsilon_2}{\delta x\,\delta z} &= \frac{\delta}{\delta y}\left[\frac{\delta\gamma_1}{\delta x} - \frac{\delta\gamma_2}{\delta y} + \frac{\delta\gamma_3}{\delta z}\right] \\ \frac{\delta^2\varepsilon_3}{\delta x^2} + \frac{\delta^2\varepsilon_1}{\delta z^2} &= \frac{\delta^2\gamma_2}{\delta z\,\delta x} \quad ,, \\ 2\frac{\delta^2\varepsilon_3}{\delta x\,\delta y} &= \frac{\delta}{\delta x}\left[\frac{\delta\gamma_1}{\delta x} + \frac{\delta\gamma_2}{\delta y} - \frac{\delta\gamma_3}{\delta z}\right] \end{aligned}\right\} \qquad [29]$$

Basta comparar este sistema de ecuaciones con las [28] para darse cuenta de la simplificación que introduce en las fórmulas el empleo del algoritmo vectorial. Ambos sistemas expresan el mismo hecho; sin embargo, la mayor sencillez de las fórmulas [28] permite darse

mejor cuenta del significado mecánico de las ecuaciones de Barré de Saint Venant.

Las ecuaciones [28] pueden ser también objeto de una interpretación interesante. La primera de ellas, por ejemplo, puede ponerse bajo la forma

$$\mathrm{rot}\left(\frac{\partial \mathbf{D}_x}{\partial y} - \frac{\partial \mathbf{D}_y}{\partial x}\right) = 0$$

que prueba que la cantidad entre paréntesis es un gradiente; y, en efecto, es fácil deducir directamente de las ecuaciones [24] que se tiene:

$$\frac{\partial \mathbf{D}_x}{\partial y} - \frac{\partial \mathbf{D}_y}{\partial x} = -\frac{1}{2}\,\mathrm{grad}\,(\mathbf{k}\,.\,\mathrm{rot}\,\mathbf{u}) \qquad [30]$$

y otras dos relaciones análogas.

La divergencia del tensor simétrico $\mathcal{D}_S$ satisface a las relaciones siguientes, que se deducen fácilmente de las [24]:

$$2\,\mathrm{div}\,\mathcal{D}_S = 2\left(\frac{\partial \mathbf{D}_x}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{D}_y}{\partial y} + \frac{\partial \mathbf{D}_x}{\partial z}\right) = \Delta\,\mathbf{u} + \mathrm{grad}\,\mathrm{div}\,\mathbf{u} \qquad [31]$$

$$\mathrm{div}\,\mathcal{D}_S = \Delta\,\mathbf{u} + \frac{1}{2}\,\mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\,\mathbf{u} \qquad [32]$$

$$\mathrm{rot}\,\mathrm{div}\,\mathcal{D}_S = \frac{1}{2}\,\Delta\,\mathrm{rot}\,\mathbf{u} = \frac{1}{2}\,\mathrm{rot}\,\Delta\,\mathbf{u} \qquad [33]$$

6) *Relación entre el tensor de esfuerzos y el de deformaciones.*

Hemos visto que la mera condición de continuidad exige que los esfuerzos unitarios que obran sobre los infinitos elementos superficiales que pasan por un punto P no puedan variar de un modo arbitrario. Basta, en efecto, el conocimiento de los esfuerzos relativos a tres elementos mutuamente ortogonales para poder determinar en función de ellos el relativo a un nuevo elemento que pase por el punto y forme con aquéllos tres ángulos conocidos. Precisando más el concepto, si consideramos un sistema cartesiano $OXYZ$ y designamos por **X, Y, Z** los esfuerzos correspondientes a tres elementos superciales normales a los ejes coordenados, el esfuerzo **T** relativo a un elemento cuya normal **t** tenga por cosenos directores α, β, γ, valdrá:

$$\mathbf{T} = \alpha\mathbf{X} + \beta\mathbf{Y} + \gamma\mathbf{Z}$$

o representando el tensor de esfuerzos por $\mathcal{T}$.

$$\mathcal{T} = \mathbf{iX} + \mathbf{jY} + \mathbf{kZ} \quad \text{y} \quad \mathbf{T} = \mathbf{t}\,.\,\mathcal{T}$$

Si a partir del origen trazamos los infinitos vectores imaginables que representen los valores de **T** para todas las orientaciones posibles del elemento considerado, el lugar geométrico de sus extremidades es un elipsoide, que se llama de esfuerzos, y del que son diámetros conjugados **X, Y, Z.** El tensor de esfuerzos podrá expresarse en función de sus componentes como sigue:

$$\mathcal{T} = \begin{pmatrix} N_1 & T_3 & T_2 \\ T_3 & N_2 & T_1 \\ T_2 & T_1 & N_3 \end{pmatrix} \qquad [34]$$

El conocimiento de las seis cantidades, N_1, N_2, N_3, T_1, T_2, T_3, nos da el reparto de los esfuerzos en el punto considerado. Designando por s_1, s_2, s_3 los esfuerzos principales, este tensor referido a sus ejes será:

$$\mathcal{T} = \begin{pmatrix} s_1 & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 \end{pmatrix} \qquad [35]$$

Las deformaciones alrededor del punto P tampoco pueden variar de un modo arbitrario. Si imaginamos una esfera material de radio infinitamente pequeño que envuelva al punto P, esta esfera hemos visto que se transformará en un elipsoide, que se llama de deformaciones. La deformación propiamente dicha vendrá determinada por el tensor simétrico

$$2\,\mathcal{D}_S = \begin{pmatrix} 2\varepsilon_1 & \gamma_3 & \gamma_2 \\ \gamma_3 & 2\varepsilon_2 & \gamma_1 \\ \gamma_2 & \gamma_1 & 2\varepsilon_3 \end{pmatrix} \qquad [20]$$

que, referido a sus ejes, se expresa como sigue:

$$\mathcal{D}_S = \begin{pmatrix} e_1 & 0 & 0 \\ 0 & e_2 & 0 \\ 0 & 0 & e_3 \end{pmatrix} \qquad [26]$$

Las seis componentes de $\mathcal{D}_S$ se expresan en función de los desplazamientos por las fórmulas [19] antes dadas. Cuando sean nulas, determinarán tres funciones escalares, u_1, u_2, u_3, que representarán el movimiento de conjunto más general posible de los distintos puntos de un cuerpo invariable, combinado o no, con una transformación por simetría.

Estas seis componentes determinan, pues, la deformación que experimenta el cuerpo para pasar de un estado que llamaremos inicial a otro infinitamente próximo. Admitiremos que existe una relación entre el estado de esfuerzos y el de deformaciones en un punto. Esto equivale a decir que el elipsoide de esfuerzos puede determinarse en cuanto se conozca el estado inicial y el elipsoide de deformaciones. Analíticamente ello exige que cada componente del tensor de esfuerzos pueda expresarse en función de las seis componentes de la deformación. Se tendrá, pues:

$$N_i = f_i\,(\varepsilon_1\ \varepsilon_2\ \varepsilon_3\ \gamma_1\ \gamma_2\ \gamma_3)$$
$$T_i = F_i\,(\varepsilon_1\ \varepsilon_2\ \varepsilon_3\ \gamma_1\ \gamma_2\ \gamma_3) \quad , \quad (i = 1, 2, 3)$$

Dada la magnitud sumamente pequeña de las componentes de la deformación, podemos asignar a estas funciones una forma lineal y escribirlas como sigue:

$$\left.\begin{aligned} N_i &= p_i + a_i\,\varepsilon_i + b_i\,\varepsilon_2 + c_i\,\varepsilon_3 + d_i\,\gamma_1 + \\ &\quad + f_i\,\gamma_2 + g_i\,\gamma_3 \\ T_i &= P_i + A_i\,\varepsilon_1 + B_i\,\varepsilon_2 + C_i\,\varepsilon_3 + D_i\,\gamma_1 + \\ &\quad + F_i\,\gamma_2 + G_i\,\gamma_3 \qquad (i = 1, 2, 3) \end{aligned}\right\} \qquad [36]$$

Cuando el estado inicial es también estado neutro, esto es, que en él todos los esfuerzos interiores son nulos, se verificará $p_i = P_i = 0$, y las seis ecuaciones anteriores contendrán 36 coeficientes desconocidos. Estas relaciones suponen una hipótesis particular sobre la naturaleza del medio, puesto que exigen que las deformaciones tengan un carácter de reversibilidad, anulándose cuando cese la acción de las fuerzas que producen. Esta cualidad se denomina elasticidad, y al medio continuo que la posee le llamaremos medio elástico.

Designaremos como medio homogéneo aquel cuya constitución en el estado neutro es la misma en todos sus puntos, y en él serán, por tanto, constantes los 36 coeficientes de las ecuaciones anteriores (1).

Un medio homogéneo se llama isótropo cuando en el estado neutro, y en un punto cualquiera del mismo, es imposible distinguir por una propiedad física cualquiera una dirección de otra (2).

En los medios homogéneos e isótropos, únicos que consideraremos, la condición de isotropía reduce el número de los coeficientes de 36 a 2, como veremos a continuación. Empezaremos por observar que esta condición exige que si se efectúa un cambio de sistema coordenado, los nuevos valores de las componentes del tensor de esfuerzos N'_1, N'_2, N'_3, T'_1, T'_2, T'_3 puedan expresarse en función de las componentes de la deformación ε'_1, ε'_2, ε'_3, γ'_1, γ'_2, γ'_3, por las mismas ecuaciones [36], conservando exactamente los mismos valores de los coeficientes.

Esta condición puede expresarse analíticamente; pero es más conveniente referir previamente a sus ejes ($\mathbf{i}_0\ \mathbf{j}_0\ \mathbf{k}_0$), los dos tensores de esfuerzos y deformaciones. Observaremos que los elipsoides de ambos tienen los mismos planos principales, como se comprende fácilmente por consideraciones de simetría, ya que si las deformaciones del medio son en un punto dado simétricas respecto a un plano principal, los esfuerzos también deberán serlo. Para relacionar los valores de $\mathcal{T}$ y $\mathcal{D}_S$ dados por [35] y [26], habremos de utilizar, pues, las relaciones [36], que nos darán para s_1, por ejemplo:

$$s_1 = a_1\,e_1 + b_1\,e_2 + c_1\,e_3 \qquad [37]$$

Si ahora, siguiendo un razonamiento de Appell, permutamos los ejes **j** y **k**, las componentes e_2 y e_3 se permutan también, y se tendrá:

$$s_1 = a_1\,e_1 + c_1\,e_2 + b_1\,e_3 \qquad [38]$$

(1) Appell, *Mec. rationelle.*

(2) Cosserat, *Sur la theorie de l'elasticité,* primera Memoria.

Comparando esta ecuación con la [37], vemos que habrá de ser $b_1 = c_1$. Por tanto, se verificará:

$$s_1 = a_1\, e_1 + b_1\,(e_2 + e_3) = (a_1 - b_1)\, e_1 + \\ + b_1\,(e_1 + e_2 + e_3)$$

y haciendo:

$$a_1 - b_1 = 2\,\mu \qquad \text{y} \qquad b_1 = \lambda$$

$$\boxed{s_1 = \lambda\,\theta + 2\,\mu\, e_1} \qquad [39]$$

puesto que:

$$e_1 + e_2 + e_3 = \theta = \text{div}\,\mathbf{u}$$

Permutando circularmente los ejes $\mathbf{i}_0$, $\mathbf{j}_0$, $\mathbf{k}_0$, esto es, s_1, s_2, s_3 y e_1, e_2, e_3, se tendrá:

$$\boxed{\begin{array}{l} s_2 = \lambda\theta + 2\mu e_2 \\ s_3 = \lambda\theta + 2\mu e_3 \end{array}} \qquad [39]$$

Estas condiciones muestran inmediatamente que entre los tensores $\mathcal{T}$ y $\mathcal{D}_S$ deberá existir la relación siguiente:

$$\boxed{\mathcal{T} = \lambda\theta\mathcal{U} + 2\mu\mathcal{D}_S} \qquad [40]$$

en la que, como vemos, intervienen tan sólo los dos coeficientes λ y μ, que se llaman de Lamé.

7) *Valor de los esfuerzos.*

La importante relación que acabamos de deducir nos permite expresar los esfuerzos y sus componentes en función de las deformaciones. Refiriéndonos a un eje cartesiano cualquiera, por ejemplo al OX, bastará multiplicar escalarmente los dos miembros de la ecuación [40] por el versor $\mathbf{i}$, y tener en cuenta que:

$$\mathbf{i}\,.\,\mathcal{T} = \mathbf{X} \qquad \mathbf{i}\,.\,\mathcal{U} = \mathbf{i} \qquad \mathbf{i}\,:\,\mathcal{D}_S = \mathbf{D}_x$$

con lo que resulta:

$$\boxed{\mathbf{X} = \lambda\theta\mathbf{i} + 2\mu\mathbf{D}_x} \qquad [41]$$

Esta expresión es general, ya que el eje OX es arbitrario. Reemplazando $\mathbf{X}$ y $\mathbf{D}_x$ por sus valores:

$$\mathbf{X} = N_1\mathbf{i} + T_3\mathbf{j} + T_2\mathbf{k}$$
$$2\,\mathbf{D}_x = 2\varepsilon_1\mathbf{i} + \gamma_3\mathbf{j} + \gamma_2\mathbf{k}$$

obtendremos:

$$N_1 = \lambda\,\theta + 2\,\mu\,\varepsilon_1 \qquad T_3 = 2\,\mu\,\gamma_3 \qquad T_2 = 2\,\mu\,\gamma_2$$

y, en general:

$$\boxed{N_i = \lambda\theta + 2\mu\varepsilon_i} \qquad \boxed{T_i = 2\mu\gamma_i} \qquad [42]$$

Sumando los esfuerzos normales correspondientes a un triedro coordenado, tendremos el valor del primer invariante J_1 del tensor de esfuerzos; esto es:

$$J_1 = N_1 + N_2 + N_3 = (3\,\lambda + 2\,\mu)\,\theta \qquad [43]$$

También se tiene, en general:

$$N_1 - N_2 = 2\,\mu\,(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \qquad [44]$$

Ambas fórmulas han sido frecuentemente utilizadas por Maxwell en sus investigaciones sobre elasticidad. El valor de un esfuerzo normal, N_i, podrá expresarse como sigue en función del invariante J_1:

$$N_i = \frac{\lambda}{3\,\lambda + 2\,\mu}\, J_1 + 2\,\mu\,\varepsilon_i \qquad [45]$$

de donde se deduce:

$$\varepsilon_i = \frac{\lambda + \mu}{\mu\,(3\,\lambda + 2\,\mu)}\left[N_i - \frac{\lambda}{2\,(\lambda + \mu)}\,(J_1 - N_i)\right] \qquad [46]$$

Para comprender mejor el significado de estos coeficientes, consideremos el caso más sencillo de distribución de esfuerzos que puede presentarse; a saber: que sean nulos todos los esfuerzos principales, excepto uno; por ejemplo, el s_1, que supondremos de tracción. Se tendrá entonces:

$$e_1 = \frac{\lambda + \mu}{\mu (3 \lambda + 2 \mu)} s_1$$

y

$$e_2 = e_3 = - \frac{\lambda}{2 \mu (3 \lambda + 2 \mu)} s_1$$

Se producirán, pues, los fenómenos siguientes:

1.° Una dilatación longitudinal en la dirección del esfuerzo y proporcional a él. El factor de proporcionalidad se denomina coeficiente de elasticidad, y su inversa, módulo de elasticidad o de Young, y se representa por la letra E:

$$E = \frac{\mu (3 \lambda + 2 \mu)}{\lambda + \mu} \qquad [47]$$

2.° Una contracción transversal e_2, cuya relación con la longitudinal e_1 se denomina coeficiente de Poisson. Designando por m la inversa de este coeficiente, será:

$$m = \frac{2 (\lambda + \mu)}{\lambda} \qquad [48]$$

De estas relaciones se deduce:

$$2 \mu = \frac{m E}{m + 1} \qquad [49]$$

Reemplazando los valores de E y m en las fórmulas [43] a [46], resultará:

$$J_1 = \frac{m E}{m - 2} \theta \qquad \lambda \theta = \frac{J_1}{m + 1} \qquad [50]$$

$$N_i = \frac{J_1 + m E \varepsilon_i}{m + 1} \qquad T_i = \frac{m E}{m + 1} \lambda_i \qquad [51]$$

$$\varepsilon_i = \frac{1}{E} \left[N_i - \frac{1}{m} (J_1 - N_i) \right] \qquad [52]$$

Un esfuerzo cualquiera **X** vendrá dado en virtud de [41] por la fórmula:

$$\boxed{\mathbf{X} = \frac{J_1}{m+1} \mathbf{i} + 2\mu \mathbf{D}_x} \qquad [53]$$

8) *Esfuerzos inducidos.*

El examen de esta fórmula sugiere una interpretación que juzgamos interesante. El esfuerzo **X** sobre un elemento normal a un versor **i** es la resultante de los dos vectores siguientes:

a) Un vector de valor absoluto constante $\frac{J_1}{m + 1}$, dirigido según el versor **i** considerado.

b) Un vector colineal con la componente correspondiente de la deformación $\mathbf{D}_x$.

Este último sumando representa, pues, la parte del esfuerzo que depende directamente de la deformación; por ello le designaremos con el nombre de *esfuerzo inducido,* representándolo con la misma letra que el esfuerzo total o directo correspondiente, afectado de una tilde. Así, tendremos:

$$\mathbf{X}' = 2\mu \mathbf{D}_x = \mathbf{X} - \frac{J_1}{m+1} \mathbf{i} \qquad [54]$$

Las componentes tangenciales de los esfuerzos inducidos son las mismas que las de los directos. Las normales valdrán:

$$N'_i = N_i - \frac{J_1}{m + 1} \qquad [55]$$

El conocimiento de los esfuerzos inducidos

lleva consigo el de los directos **X, Y, Z.** Bastará formar la suma:

$$J'_1 = N'_1 + N'_2 + N'_3 = \frac{m-2}{m+1} J_1$$

que determina J_1, y, por tanto, **X, Y, Z.**

9) *Condiciones de compatibilidad.*

Dada la dependencia lineal que existe en un medio elástico entre los esfuerzos y las deformaciones—supuestos infinitamente pequeños—, se comprende que el tensor de esfuerzos tendrá que satisfacer a determinadas condiciones para que las componentes de la deformación puedan verificar a las ecuaciones de Barré de Saint Venant, que hemos escrito en [28] en forma vectorial. En función de los esfuerzos inducidos, estas condiciones, llamadas de compatibilidad (1), serán evidentemente las siguientes:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial \operatorname{rot} \mathbf{X}'}{\partial y} &= \frac{\partial \operatorname{rot} \mathbf{Y}'}{\partial x} \\ \frac{\partial \operatorname{rot} \mathbf{X}'}{\partial z} &= \frac{\partial \operatorname{rot} \mathbf{Z}'}{\partial x} \\ \frac{\partial \operatorname{rot} \mathbf{Y}'}{\partial z} &= \frac{\partial \operatorname{rot} \mathbf{Z}'}{\partial y} \end{aligned}\right\} \quad [56]$$

que también pueden escribirse como sigue:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot}\left(\frac{\partial \mathbf{X}'}{\partial y} - \frac{\partial \mathbf{Y}'}{\partial x}\right) &= 0 \\ \operatorname{rot}\left(\frac{\partial \mathbf{X}'}{\partial z} - \frac{\partial \mathbf{Z}'}{\partial x}\right) &= 0 \\ \operatorname{rot}\left(\frac{\partial \mathbf{Y}'}{\partial z} - \frac{\partial \mathbf{Z}'}{\partial y}\right) &= 0 \end{aligned} \quad [56']$$

y demuestran que las cantidades entre paréntesis representan tres vectores potenciales.

Proyectando estas ecuaciones sobre los ejes coordenados, sólo dan lugar a seis ecuaciones escalares diferentes, en razón de la simetría del tensor de esfuerzos.

Su expresión es larga y complicada, y de ellas se ocupó primeramente Beltrami (1), por lo que algunos autores las designan con su nombre.

Estas condiciones pueden condensarse en la siguiente:

$$dx \operatorname{rot} \mathbf{X}' + dy \operatorname{rot} \mathbf{Y}' + dz \operatorname{rot} \mathbf{Z}' = \mu d \operatorname{rot} \mathbf{u} \quad [57]$$

o, en general:

$$\boxed{\operatorname{rot} \mathbf{X}' = \mu \frac{\partial \operatorname{rot} \mathbf{u}}{dx}} \quad [58]$$

Para expresarlas en función de los esfuerzos directos, empezaremos por observar que:

$$\frac{\partial \mathbf{X}'}{\partial y} - \frac{\partial \mathbf{Y}'}{\partial x} = \frac{\partial \mathbf{X}}{\partial y} - \frac{\partial \mathbf{Y}}{\partial x} - \frac{1}{m+1}\left(\mathbf{i}\frac{\partial J_1}{\partial y} - \mathbf{j}\frac{\partial J_1}{\partial x}\right) \quad [59]$$

El último paréntesis vale:

$$\mathbf{i}\frac{\partial J_1}{\partial y} - \mathbf{j}\frac{\partial J_1}{\partial x} = \operatorname{rot} J_1 \mathbf{k}$$

Tomando rotaciones de [59], y teniendo en cuenta que:

$$\operatorname{rot} \operatorname{rot} J_1 \mathbf{k} = \frac{\partial}{\partial z} \operatorname{grad} J_1 - \mathbf{k} \Delta J_1$$

resultará:

$$(m+1) \operatorname{rot}\left(\frac{\partial \mathbf{X}}{\partial y} - \frac{\partial \mathbf{Y}}{\partial x}\right) = \frac{\partial}{\partial z} \operatorname{grad} J_1 - \mathbf{k} \Delta J_1 \quad [60]$$

Y análogamente:

$$(m+1) \operatorname{rot}\left(\frac{\partial \mathbf{Y}}{\partial z} - \frac{\partial \mathbf{Z}}{\partial y}\right) = \frac{\partial}{\partial x} \operatorname{grad} J_1 - \mathbf{i} \Delta J_1 \quad [60]$$

$$(m+1) \operatorname{rot}\left(\frac{\partial \mathbf{Z}}{\partial x} - \frac{\partial \mathbf{X}}{\partial z}\right) = \frac{\partial}{\partial y} \operatorname{grad} J_1 - \mathbf{j} \Delta J_1 \quad [60]$$

(1) Algunos autores las llaman ecuaciones de continuidad.

(1) "Sur la théorie de la deformation infinement petite du milieu" (*Comptes Rendus*, 1889).

Otra interpretación interesante puede darse a las condiciones [27] y [56], resumiéndolas en las igualdades tensoriales siguientes fáciles de identificar:

$$\mathbf{i}\ \mathrm{rot}\ \mathbf{D}_x + \mathbf{j}\ \mathrm{rot}\ \mathbf{D}_y + \mathbf{k}\ \mathrm{rot}\ \mathbf{D}_x = \frac{1}{2}\ \mathrm{grad\ rot}\ \mathbf{u} \quad [61]$$

$$\mathbf{i}\ \mathrm{rot}\ \mathbf{X}' + \mathbf{j}\ \mathrm{rot}\ \mathbf{Y}' + \mathbf{k}\ \mathrm{rot}\ \mathbf{Z}' = \mu\ \mathrm{grad\ rot}\ \mathbf{u} \quad [62]$$

10) *Condiciones de equilibrio.*

Hemos visto en un trabajo anterior (1) que si **G** representa la fuerza que por unidad de masa actúa sobre un elemento de volumen del medio, la condición general de equilibrio es:

$$\boxed{\rho\mathbf{G} = \mathrm{div}\ \mathcal{T}} \quad [63]$$

que también puede escribirse como sigue:

$$\boxed{\rho\mathbf{G} = \mathbf{i}\ \mathrm{div}\ \mathbf{X} + \mathbf{j}\ \mathrm{div}\ \mathbf{Y} + \mathbf{k}\ \mathrm{div}\ \mathbf{Z}} \quad [64]$$

o en función de los esfuerzos inducidos:

$$\rho\mathbf{G} - \frac{1}{m+1}\ \mathrm{grad}\, J_1 = \mathbf{i}\ \mathrm{div}\ \mathbf{X}' + \mathbf{j}\ \mathrm{div}\ \mathbf{Y}' + \mathbf{k}\ \mathrm{div}\ \mathbf{Z}' \quad [64']$$

Reemplazando en [63] el valor de T dado por [40], tendremos:

$$\rho\mathbf{G} = \lambda\ \mathrm{grad}\ \theta + 2\mu\ \mathrm{div}\ \mathcal{D}_S$$

o bien:

$$\rho\mathbf{G} = \frac{1}{m+1}\ \mathrm{grad}\, J_1 + 2\mu\ \mathrm{div}\ \mathcal{D}_S \quad [65]$$

Tomando rotaciones y teniendo en cuenta [33], se obtiene:

$$\boxed{\rho\ \mathrm{rot}\ \mathbf{G} = \mu\ \mathrm{rot}\ \Delta\mathbf{u}} \quad [66]$$

(1) INGENIERÍA NAVAL, noviembre 1941.

Sustituyendo en [65] el valor de div $\mathcal{D}_S$ dado por [31], resulta:

$$\rho\mathbf{G} = \frac{1}{m+1}\ \mathrm{grad}\, J_1 + \mu\ \mathrm{grad\ div}\ \mathbf{u} + \mu\Delta\mathbf{u}$$

Pero en virtud de [49] y [50], se tiene:

$$\mu\ \mathrm{div}\ \mathbf{u} = \mu\theta = \frac{m-2}{2(m+1)} J_1 \quad [67]$$

valor que, reemplazado en la fórmula anterior, proporciona la relación siguiente:

$$\boxed{\rho\mathbf{G} = \frac{m}{2(m+1}\ \mathrm{grad}\, J_1 + \mu\Delta\mathbf{u}} \quad [68]$$

Esta fórmula importante, que expresa la relación que debe existir entre las fuerzas másicas y las deformaciones para que exista equilibrio, puede transformarse de muchas maneras. La más interesante consiste en ponerla en función de la segunda rotación del desplazamientou, utilizando la conocida identidad

$$\Delta\mathbf{u} = \mathrm{grad\ div}\ \mathbf{u} - \mathrm{rot\ rot}\ \mathbf{u}$$

de donde:

$$\mu\Delta\mathbf{u} = \frac{m-2}{2(m+1}\ \mathrm{grad}\, J_1 - \mu\ \mathrm{rot\ rot}\ \mathbf{u}$$

Así resulta:

$$\boxed{\rho\mathbf{G} = \frac{m-1}{m+1}\ \mathrm{grad}\, J_1 - \mu\ \mathrm{rot\ rot}\ \mathbf{u}} \quad [69]$$

Otra notable fórmula se obtiene tomando divergencias de los dos miembros de esta ecuación:

$$\boxed{\frac{m-1}{m+1}\ \Delta J_1 = \rho\ \mathrm{div}\ \mathbf{G}} \quad [70]$$

De un modo general vemos, pues, que habrán

de satisfacerse simultáneamente dos clases de condiciones: las de compatibilidad, que hemos dado en diversas formas, que pueden resumirse, por ejemplo, en la [58], y las de equilibrio que acabamos de considerar.

Ambas condiciones suelen enlazarse proporcionando nuevas relaciones. Así, tomando rotaciones de [58], se tendrá:

$$\text{rot rot } \mathbf{X}' = \mu \frac{\partial}{\partial x} \text{ rot rot } \mathbf{u}$$

y reemplazando el valor de la segunda rotación del desplazamiento, tomada de la ecuación de equilibrio [69], se obtiene:

$$\boxed{\text{rot rot } \mathbf{X}' = \frac{m-1}{m+1} \frac{\partial}{\partial x} \text{grad} J_1 - \rho \frac{\partial \mathbf{G}}{\partial x}} \quad [71]$$

Creemos conveniente llamar la atención sobre esta fórmula que representa seis ecuaciones escalares, y es equivalente a las condiciones de compatibilidad. La introducción de los esfuerzos inducidos **X'**, **Y'**, **Z'**, ha permitido escribirla en forma sencilla, y expresa una relación a que tienen que satisfacer las segundas rotaciones de los esfuerzos inducidos. Sus divergencias satisfarán a la ecuación de equilibrio [64'] antes dadà. Una y otra constituyen las ecuaciones más generales a que deben satisfacer los esfuerzos inducidos; éstos quedarán determinados tan pronto como conozcamos las condiciones que tienen que cumplir en la superficie límite.

11) *Otras formas de las ecuaciones anteriores.*

Aun cuando hemos expuesto ya diferentes formas que pueden afectar las expresiones de las ecuaciones de compatibilidad y equilibrio, vamos a tratar de otras transformaciones de que son susceptibles y que nos conducirán al establecimiento de nuevas relaciones. La variedad de fórmulas que así se obtiene para expresar un mismo hecho permite elegir en cada caso particular la que más se preste a simplificar el desarrollo analítico de la cuestión propuesta.

Empezaremos por observar que de la definición de esfuerzos inducidos [58] se deduce:

$$\mathbf{i} \times \text{rot } \mathbf{X}' + \mathbf{j} \times \text{rot } \mathbf{Y}' + \mathbf{k} \times \text{rot } \mathbf{Z}' = \mu \text{ rot rot } \mathbf{u}$$

y en virtud de [69]:

$$\boxed{\begin{aligned} &\mathbf{i} \times \text{rot } \mathbf{X}' + \mathbf{j} \times \text{rot } \mathbf{Y}' + \mathbf{k} \times \text{rot } \mathbf{Z}' = \\ &= \frac{m-1}{m+1} \text{grad} J_1 + \rho \mathbf{G} \end{aligned}} \quad [72]$$

que expresa en forma simétrica las ecuaciones de compatibilidad. Para poner esta fórmula en función de los esfuerzos directos, tomaremos rotaciones de [54], con lo que resulta:

$$\text{rot } \mathbf{X}' = \mathbf{X} \text{ rot } \mathbf{X} - \frac{1}{m+1} \text{ rot } J_1 \mathbf{i} \quad [73]$$

y teniendo en cuenta la identidad:

$$\mathbf{i} \times \text{rot } J_1 \mathbf{i} = \text{grad } J_1 - \mathbf{i} \frac{\partial J_1}{\partial x} \quad [74]$$

se obtendrá finalmente:

$$\boxed{\mathbf{i} \times \text{rot } \mathbf{X} + \mathbf{j} \times \text{rot } \mathbf{Y} + \mathbf{k} \times \text{rot } \mathbf{Z} = \text{grad} J_1 - \rho \mathbf{G}} \quad [75]$$

Otro tipo de relaciones se encuentra multiplicando vectorialmente las ecuaciones [72] y [75] por un versor coordenado, el **i** por ejemplo; y observando que, de un modo general, se verifica:

$$\begin{aligned} \mathbf{i} \times (\mathbf{i} \times \text{rot } \mathbf{X}) &= (\mathbf{i} \,.\, \text{rot } \mathbf{X})\, \mathbf{i} - \text{rot } \mathbf{X} \\ \mathbf{i} \times (\mathbf{j} \times \text{rot } \mathbf{Y}) &= (\mathbf{i} \,.\, \text{rot } \mathbf{Y})\, \mathbf{j} \\ \mathbf{i} \times \text{grad } J_1 &= - \text{rot } J_1 \mathbf{i} \end{aligned}$$

y que, además, a causa de la simetría del tensor $\mathcal{T}$:

$$\frac{\partial \mathbf{Z}}{\partial y} - \frac{\partial \mathbf{Y}}{dz} = (\mathbf{i} \,.\, \text{rot } \mathbf{X})\, \mathbf{i} + (\mathbf{i} \,.\, \text{rot } \mathbf{Y})\, \mathbf{j} + (\mathbf{i} \,.\, \text{rot } \mathbf{Z})\, \mathbf{k} \quad [76]$$

encontrándose idénticas relaciones para los esfuerzos inducidos.

Así se obtienen las siguientes fórmulas:

$$\text{rot}\left(\mathbf{X}' - \frac{m-1}{m+1} J_1 \mathbf{i}\right) = \frac{\delta \mathbf{Z}'}{\delta y} - \frac{\delta \mathbf{Y}'}{\delta z} + \rho \mathbf{i} \times \mathbf{G} \qquad [77]$$

$$\text{rot}(\mathbf{X} - J_1 \mathbf{i}) = \frac{\delta \mathbf{Z}}{\delta y} - \frac{\delta \mathbf{Y}}{\delta z} + \rho \mathbf{i} \times \mathbf{G} \qquad [77']$$

que pueden aplicarse también a los esfuerzos **Y** y **Z**.

Los anteriores resultados pueden simplificarse introduciendo el vector

$$\Omega = \mu \frac{m+1}{m-1} \text{rot}\, \mathbf{u} = \mathbf{i}\Omega_1 + \mathbf{j}\Omega_2 + \mathbf{k}\Omega_3 \qquad [78]$$

La fórmula [69] nos da entonces:

$$\boxed{\text{rot}\, \Omega = \text{grad}\, J_1 - \frac{m+1}{m-1} \rho \mathbf{G}} \qquad [79]$$

y las [30] y [54]:

$$\boxed{\frac{\delta \mathbf{Y}'}{\delta x} - \frac{\delta \mathbf{X}'}{\delta y} = \frac{m-1}{m+1} \text{grad}\, \Omega_3} \qquad [80]$$

y expresiones análogas para los demás esfuerzos.

Las ecuaciones [56'] mostraban, como dijimos, que los primeros miembros de estas relaciones eran vectores potenciales; la [80] nos determina el valor de ese potencial.

Por otra parte, la fórmula [58] nos dará:

$$\boxed{\text{rot}\, \mathbf{X}' = \frac{m-1}{m+1} \frac{\delta \Omega}{\delta x}} \qquad [81]$$

y la [66]:

$$\boxed{\Delta \Omega = \frac{m+1}{m-1} \rho\, \text{rot}\, \mathbf{G}} \qquad [82]$$

Para expresar la fórmula [80] en función de los esfuerzos directos, observaremos que:

$$\frac{\delta \mathbf{Y}}{\delta x} - \frac{\delta \mathbf{X}}{\delta y} = \frac{\delta \mathbf{Y}'}{\delta x} - \frac{\delta \mathbf{X}'}{\delta y} + \frac{\mathbf{k}}{m+1} \times \text{grad}\, J_1$$

y, por tanto:

$$\boxed{\frac{\delta \mathbf{Y}}{\delta x} - \frac{\delta \mathbf{X}}{\delta y} = \frac{m-1}{m+1} \text{grad}\, \Omega_3 - \frac{1}{m+1} \text{rot}\, J_1 \mathbf{k}} \qquad [83]$$

que nos determina la parte potencial y solenoidal de los vectores de este tipo. Esta ecuación puede también escribirse de otra manera, teniendo en cuenta la identidad:

$$\text{grad}\, \Omega_3 = \text{grad}\, (\mathbf{k} \,.\, \Omega) = \frac{\delta \Omega}{\delta z} + \mathbf{k} \times \text{rot}\, \Omega \qquad [84]$$

o bien, en virtud de la [79]:

$$\text{grad}\, \Omega_3 = \frac{\delta \Omega}{\delta z} - \text{rot}\, J_1 \mathbf{k} - \frac{m+1}{m-1} \rho \mathbf{k} \times \mathbf{G} \qquad [84']$$

Reemplazando este valor en la [83], resulta, finalmente:

$$\boxed{\frac{\delta \mathbf{Y}}{\delta y} - \frac{\delta \mathbf{X}}{\delta y} = \frac{m-1}{m+1} \frac{\delta \Omega}{\delta z} - \frac{m}{m+1} \text{rot}\, J_1 \mathbf{k} - \rho \mathbf{k} \times \mathbf{G}} \qquad [85]$$

12) *Caso que pueda prescindirse de la acción de las fuerzas de volumen.*

Este caso suele ser el más frecuente en las aplicaciones. La condición **G** = 0 permite entonces simplificar las fórmulas anteriores extraordinariamente. Así, la [70] da:

$$\boxed{\Delta J_1 = 0} \qquad [86]$$

lo que arrastra en virtud de [67] la condición

$$\boxed{\Delta \theta = 0} \qquad [87]$$

que puede escribirse como sigue:

$$\boxed{\text{div}\ \Delta \mathbf{u} = 0} \qquad [88]$$

Tomando laplacianos de la [68] y teniendo en cuenta la [86], se obtiene también:

$$\boxed{\Delta\Delta \mathbf{u} = 0} \qquad [89]$$

que exige:

$$\Delta\Delta\ u_1 = 0 \qquad \Delta\Delta\ u_2 = 0 \qquad \Delta\Delta\ u_3 = 0 \qquad [90]$$

Se tendrá, pues, en virtud de las [24]:

$$\Delta\Delta \mathbf{D}_x = 0 \qquad \Delta\Delta \mathbf{D}_y = 0 \qquad \Delta\Delta \mathbf{D}_z = 0 \qquad [91]$$

que se resumen en la siguiente:

$$\Delta\Delta \mathcal{D}_S = 0 \qquad [92]$$

y, por tanto:

$$\Delta\Delta \mathcal{T} = 0 \qquad [93]$$

y

$$\Delta\Delta \mathbf{X} = 0 \quad , \quad \Delta\Delta \mathbf{Y} = 0 \quad , \quad \Delta\Delta \mathbf{Z} = 0 \qquad [94]$$

Proyectando estas ecuaciones sobre los ejes coordenados, se obtienen las llamadas condiciones de Lamé:

$$\Delta\Delta\ N_i = 0 \qquad \text{y} \qquad \Delta\Delta\ T_i = 0 \qquad [95]$$

Los esfuerzos inducidos tendrán que satisfacer a las relaciones siguientes, que se deducen de las [71] y [64'].

Condición de compatibilidad:

$$\text{rot rot}\ \mathbf{X}' = \frac{m-1}{m+1}\ \frac{\delta}{\delta x}\ \text{grad}\ J_1 \qquad [96]$$

Condición de equilibrio:

$$\text{div}\ \mathbf{X}' = -\frac{1}{m+1}\ \frac{\delta J_1}{\delta x} \qquad [97]$$

que, combinadas, dan:

$$\boxed{\text{rot rot}\ \mathbf{X}' + (m-1)\ \text{grad div}\ \mathbf{X}' = 0} \qquad [98]$$

Esta ecuación prueba que la segunda rotación de un esfuerzo inducido es un vector irrotacional, cuyo potencial es proporcional a la divergencia del esfuerzo.

En función de los esfuerzos directos puede llegarse en este caso a expresiones aún más sencillas. Así, la condición de equilibrio es:

$$\text{div}\ \mathbf{X} = 0 \qquad [99]$$

y ambas condiciones, de equilibrio y compatibilidad, pueden resumirse en la siguiente, deducida de la [96]:

$$\Delta \mathbf{X} = -\ \text{rot rot}\ \mathbf{X} = -\frac{m}{m+1}\ \frac{\delta}{\delta x}\ \text{grad}\ J_1 \qquad [100]$$

Proyectadas las relativas a los tres ejes, equivalen a nueve ecuaciones escalares. Las seis de compatibilidad pueden obtenerse tomando el primero y tercer miembros; así resultan tres del tipo

$$\Delta\ N_1 + \frac{m}{m+1}\ \frac{\delta^2\ J_1}{\delta\ x^2} = 0 \qquad [101]$$

y otros tres del

$$\Delta\ T_3 + \frac{m}{m+1}\ \frac{\delta^2\ J_1}{\delta\ x\ \delta\ y} \qquad [102]$$

En esta forma aparecen dadas estas relaciones por varios autores (1). Las tres ecuaciones

(1) Por ejemplo: Timoshenko, *Theory of elasticity*, 1934, pág. 198; Baes, *Resistance de materiaux*, t. I, 1934, página 204.

de equilibrio proceden de la igualdad de los dos primeros miembros, que equivale a las ecuaciones escalares del tipo [99].

También es conveniente considerar la forma que toman las ecuaciones de compatibilidad y equilibrio en función del vector Ω. La condición $\Delta J_1 = 0$ nos demuestra que en este caso grad J_1 debe ser un vector solenoidal, y, en efecto, la [79] nos da:

$$\text{grad}\, J_1 = \text{rot}\, \Omega \qquad [103]$$

El vector Ω satisfará en este caso a la ecuación de Laplace, como se deduce directamente de [82]:

$$\Delta\Omega = 0 \qquad [104]$$

Las ecuaciones de tipo [77'] nos dan aquí:

$$\boxed{\text{rot}\,(Z - J_1\mathbf{k}) = \frac{\delta \mathbf{Y}}{\delta x} - \frac{\delta \mathbf{X}}{\delta y}} \qquad [105]$$

Empleando los esfuerzos inducidos, es interesante notar que los vectores de la forma

$$\frac{\delta \mathbf{Y}'}{\delta x} - \frac{\delta \mathbf{X}'}{\delta y}$$

son a la vez potenciales y solenoidales, puesto que el potencial satisface a la ecuación de Laplace. La fórmula [80] los expresa en forma potencial. Para escribirlos en forma solenoidal bastará observar que la ecuación [84'] se reduce en este caso a:

$$\text{grad}\, \Omega_3 = \frac{\delta \Omega}{\delta z} - \text{rot}\, J_1\mathbf{k}$$

o bien:

$$\text{grad}\, \Omega_3 = \text{rot}\left[\frac{m+1}{m-1}\,\mu\,\frac{\delta \mathbf{u}}{\delta z} - J_1\mathbf{k}\right] \qquad [106]$$

y reemplazar este valor en [80].

13) *Consideraciones finales.*

Cuando puede prescindirse de la acción de las fuerzas de volumen, la fórmula [66] da:

$$\boxed{\text{rot}\,\Delta\mathbf{u} = 0} \qquad [107]$$

que, unida a la [74]:

$$\boxed{\text{div}\,\Delta\mathbf{u} = 0} \qquad [88]$$

muestran que el vector $\Delta\,\mathbf{u}$, del que conocemos su divergencia y su rotacional, está unívocamente determinado en todos los puntos de un espacio simplemente conexo, tan pronto como conozcamos los valores que toma en la superficie límite la componente normal a la misma.

Este vector satisface a las mismas condiciones que se verifican para la velocidad de un flúido incompresible en estado de movimiento potencial.

El desplazamiento **u** es, pues, una función vectorial biarmónica; lo mismo ocurre con los esfuerzos **X Y Z**, que deben satisfacer a las ecuaciones [94], según hemos visto. Como hace observar Baes (2), si la solución general de estas ecuaciones fuera conocida, bastaría en principio disponer de las funciones arbitrarias necesarias para satisfacer las ecuaciones en la superficie, y obtendríamos así una solución particular del caso estudiado. Desgraciadamente, la solución es inabordable analíticamente por su exceso de generalidad.

De todos modos, conviene tener presente que, siendo las ecuaciones diferenciales generales las mismas para todos los casos, serán las condiciones en los límites de la superficie las que determinen la solución de cada caso particular.

La distribución de los esfuerzos en todos los puntos del cuerpo considerado vendrá perfectamente determinada tan pronto como conozcamos la expresión del desplazamiento **u**; por tanto, estará ligada a las tres funciones escalares de las coordenadas del punto u_1, u_2, u_3, que representan la descomposición de dicho desplazamiento, según tres ejes cartesianos.

(2) *Resistance des materiaux*, t. I, 1934, pág. 205.

También podíamos proceder de otra manera planteando la cuestión en forma diferente. Por ser $\mathbf{G} = 0$, se verifica:

$$\frac{\partial \mathbf{X}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{Y}}{\partial y} + \frac{\partial \mathbf{Z}}{\partial z} = 0 \qquad [108]$$

o su equivalente:

$$\text{div } \mathbf{X} = \text{div } \mathbf{Y} = \text{div } \mathbf{Z} = 0 \qquad [109]$$

a causa de la simetría del tensor de esfuerzos. La segunda ecuación muestra que los esfuerzos son en este caso vectores solenoidales, y, por tanto, se tendrá, en general:

$$\mathbf{X} = \text{rot } \mathbf{A} \qquad \mathbf{Y} = \text{rot } \mathbf{B} \qquad \mathbf{Z} = \text{rot } \mathbf{C} \qquad [110]$$

en que **A**, **B**, **C**, representan tres vectores apropiados que pueden contener un gradiente arbitrario.

La [108] demuestra que el vector

$$\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial y} + \frac{\partial \mathbf{C}}{\partial z}$$

es potencial; podremos igualarlo a cero, a causa del gradiente indeterminado que contienen los vectores **A**, **B**, **C**; y ello exige que estos vectores sean de la forma:

$$\mathbf{A} = \frac{\partial \mathbf{c}}{\partial y} - \frac{\partial \mathbf{b}}{\partial z} \qquad \mathbf{B} = \frac{\partial \mathbf{a}}{\partial z} - \frac{\partial \mathbf{c}}{\partial x} \qquad \mathbf{C} = \frac{\partial \mathbf{b}}{\partial x} - \frac{\partial \mathbf{a}}{\partial y} \qquad [111]$$

siendo **a**, **b**, **c** tres vectores que deberán elegirse de modo que se satisfagan las condiciones de simetría y compatibilidad.

La condición de simetría del tensor de esfuerzos puede resumirse, según ya hemos visto, en la ecuación vectorial siguiente (1):

$$\mathbf{i} \times \mathbf{X} + \mathbf{j} \times \mathbf{Y} + \mathbf{k} \times \mathbf{Z} = 0 \qquad [112]$$

(1) "Superficies isostáticas y sus condiciones de existencia", fórmula 8. INGENIERÍA NAVAL, noviembre de 1941.

Ahora bien; en virtud de la identidad [84]:

$$\mathbf{i} \times \mathbf{X} = \mathbf{i} \times \text{rot } \mathbf{A} = \text{grad } A_1 - \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial x} \qquad [113]$$

y fórmulas análogas para los otros esfuerzos. La condición de simetría quedará, pues, satisfecha si se escribe:

$$A_1 = B_2 = C_3 = 0 \qquad [114]$$

y estas ecuaciones, a su vez, si se verifican las siguientes:

$$c_1 = b_1 = 0 \qquad a_2 = c_2 = 0 \qquad b_3 = a_3 = 0 \qquad [115]$$

siendo, como siempre, a_i, b_i, c_i , $(i = 1, 2, 3)$, las componentes cartesianas de los vectores **a**, **b**, **c**. Estos quedarán reducidos a las expresiones siguientes:

$$\mathbf{a} = a_1\mathbf{i} \qquad \mathbf{b} = \mathbf{b}_2\mathbf{j} \qquad \mathbf{c} = c_3\mathbf{k} \qquad [116]$$

La distribución de esfuerzos será conocida si conseguimos determinar en cada punto las tres funciones escalares

$$a_1 = F_1(x, y, z) \qquad b_2 = F_2(x, y, z)$$
$$c_3 = F_3(x, y, z)$$

ya que se verificará entonces:

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{X} &= \text{rot}\left(\mathbf{k}\frac{\partial F_3}{\partial y} - \mathbf{j}\frac{\partial F_2}{\partial z}\right) \\ \mathbf{Y} &= \text{rot}\left(\mathbf{i}\frac{\partial F_1}{\partial z} - \mathbf{k}\frac{\partial F_3}{\partial x}\right) \\ \mathbf{Z} &= \text{rot}\left(\mathbf{j}\frac{\partial F_2}{\partial x} - \mathbf{i}\frac{\partial F_1}{\partial y}\right) \end{aligned}\right\} \qquad [117]$$

Las funciones F_1, F_2, F_3 fueron consideradas por Maxwell, quien las introdujo como una generalización de la función de Airy, usada frecuentemente con fortuna para la resolución de los problemas de dos dimensiones.

Las componentes de los esfuerzos adoptarán la siguiente forma:

$$\left.\begin{aligned} N_1 &= \frac{\delta^2 F_3}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 F_2}{\delta z^2} & T_1 &= -\frac{\delta^2 F_1}{\delta y\, \delta z} \\ N_2 &= \frac{\delta^2 F_1}{\delta z^2} + \frac{\delta^2 F_3}{\delta x^2} & T_2 &= -\frac{\delta^2 F_2}{\delta x\, \delta z} \\ N_3 &= \frac{\delta^2 F_2}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 F_1}{\delta y^2} & T_3 &= -\frac{\delta^2 F_3}{\delta x\, \delta y} \end{aligned}\right\} \quad [118]$$

Debe notarse que la fórmula [105] nos muestra que:

$$\text{rot}\left(\mathbf{Z} - \mathbf{k}J_1 + \frac{\delta \mathbf{A}}{\delta y} - \frac{\delta \mathbf{B}}{\delta y}\right) = 0$$

lo que prueba que la cantidad entre paréntesis es un gradiente; y, en efecto, se ve fácilmente que se verifica:

$$\mathbf{Z} - \mathbf{k}J_1 = \frac{\delta \mathbf{B}}{\delta x} - \frac{\delta \mathbf{A}}{\delta y} + \frac{\delta}{\delta z}\,\text{grad}\,(F_1 + F_2)$$

y ecuaciones análogas para los otros esfuerzos.

Es también interesante observar que en las ecuaciones generales que hemos considerado no interviene más constante elástica del medio que el coeficiente de Poisson; pero no el módulo de elasticidad. Si se tiene en cuenta que el coeficiente de Poisson varía poco para los materiales constructivos de uso más corriente, resulta que para todos aquellos casos en que el módulo de elasticidad no intervenga en la expresión de las condiciones en la superficie, la distribución de los esfuerzos dependerá poco de la naturaleza del medio.

La aplicación de la teoría que precede a ejemplos prácticos presenta, en general, dificultades analíticas extraordinarias. Es conveniente, por ello, estudiar primeramente aquellos casos sencillos en que, por existir determinadas condiciones de simetría, o por poderse suponer plana la deformación, se producen importantes simplificaciones en las fórmulas dadas. Del conocimiento de estos tipos sencillos puede entonces inferirse con más facilidad el de otros más complejos. El estudio de algunos de estos casos, especialmente de la deformación llamada plana, es particularmente interesante, y será objeto de un próximo artículo.

El buque se hallaba asegurado

Por T. OLONDO

Con mucha frecuencia leemos u oímos la frase con que encabezamos este artículo, cuando un accidente marítimo ocasiona la pérdida de algún buque, y a veces suele añadirse, impropiamente, que estaba asegurado en el Lloyd's.

Decimos que impropiamente, porque esto último nunca corresponde a la realidad y da lugar a una confusión que corrientemente alcanza no sólo a profanos, sino también a personas que se hallan en relación directa con estos problemas marítimos mercantiles cuyo conocimiento no cuenta todavía, a nuestro juicio, con la divulgación que fuera de desear, pero que afortunadamente llevamos ahora camino de conseguir, para que se vaya formando esa conciencia marítima indispensable a toda nación que aspire a ocupar un puesto destacado entre las que se distinguen por su potencialidad naval en unidades mercantes, que suelen ser base de prosperidad económica y fundamento para la constitución de eficaces flotas de guerra que sirven de garantía para mantener la soberanía política nacional.

* * *

Para dar una idea general de cómo funciona el seguro marítimo en la actualidad, consideramos procedente echar una mirada retrospectiva que llegue a las instituciones precursoras del mismo y que funcionaban ya en los albores de la navegación en el Mediterráneo.

Está suficientemente comprobado que los rodios empleaban en sus costumbres marineras el método de la avería gruesa y lo tenían incorporado a su legislación. Roma, después, adoptó su esencia, y más tarde otros países siguieron esta práctica hasta llegar a nuestros días con las modificaciones que la evolución de los tiempos impuso, según se fueron desarrollando las actividades en este orden de la economía, que en momentos adquiría proporciones extraordinarias.

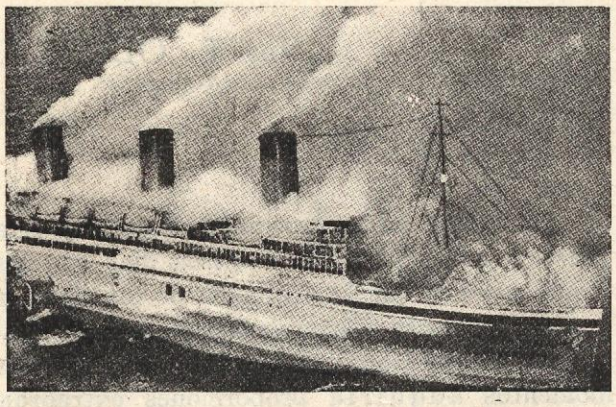
Debido a que los buques, en aquellas épocas pretéritas, no reunían las condiciones de seguridad necesaria, y también por falta de una legislación apropiada sobre la manera de prepararlos para sus viajes, se daban con frecuencia casos en que para dejar al buque más apto para sortear un temporal era preciso echar a la mar parte del cargamento, pues el deseo de aprovechar todo lo posible la capacidad de los buques hacía que cuando se trataba de mercancías de gran peso específico, al llenar las bodegas quedaba el casco tan sumergido, que perdía casi por completo sus reservas de flotabilidad.

Si la travesía se realizaba con mar encalmada, todo quedaba reducido al mayor esfuerzo necesario para mover un buque sobrecargado, pero si durante el viaje por mar ésta se agitaba en forma alarmante, el peligro de zozobrar se hacía pronto evidente y entonces había que recurrir al único remedio de que podían disponer, si no era posible una rápida arribada a un puerto de refugio.

Pero al arrojar parte del cargamento a la mar tenía que hacerse con el consentimiento de los dueños de la mercancía, que, como es natural, se oponían a que fuesen las suyas las que habían de ser sacrificadas, so pena de que el armador del buque y los dueños de la carga que

por tal sacrificio salvaron sus intereses, contribuyesen a reparar los perjuicios de los damnificados por la echazón, indemnizándoles, en proporción, por los daños sufridos.

Era esto una forma muy primitiva del seguro puesto que, a semejanza de lo que actualmente ocurre con las sociedades mutuas de seguros, se formaba en la expedición mercantil marítima una especie de hermandad, asociando los intereses para repartir entre los diversos



Vista aérea del incendio del "Atlantique", cuyo siniestro dió lugar a un gran litigio con los aseguradores.

componentes el perjuicio que la fatalidad podría originar a cualquiera de los interesados en la expedición.

* * *

También por aquellos tiempos, en las aventuras marítimas mercantiles empezaron a interesarse individuos que no eran marinos ni se dedicaban directamente al negocio naviero ni al comercio marítimo. Eran, sencillamente, prestamistas que arriesgaban sus caudales anticipando dinero sobre estas expediciones.

Si la aventura terminaba felizmente, ellos cobraban la suma prestada más otra cantidad que a veces solía ascender al treinta por ciento del capital prestado al armador y comerciantes que se habían unido para esta operación. Si el buque y cargamento se perdían, el prestamista perdía también sus derechos a la devolución del dinero prestado.

Así nació lo que ahora conocemos con el nombre de *préstamo a la gruesa aventura,* cuya práctica ha caído ya en desuso, pero que durante muchos siglos se empleó de manera constante y metódica, pues se hallaba, y continúa estando, regulada en todos los códigos de Comercio marítimo.

El préstamo a la gruesa, en cierto aspecto, tiene también semejanza con el seguro, pues el interés estipulado puede considerarse igual que si fuese la prima de seguro, y como al perderse el buque su armador no tiene obligación de devolver la suma que le prestaron, ésta hace las veces de la indemnización en los casos de seguro.

Pero cuando se enfocó en la forma que había de conducir directamente a lo que conocemos como seguro, fué en el siglo XIII, al tener su origen en Lombardía los métodos bancarios, dando lugar a que algunas personas que a ellos se dedicaban empezaran a garantizar el éxito de los viajes marítimos mediante una cantidad que cobraban como prima.

Claro es que, como el principio en que se basa el seguro es la división ilimitada de los riesgos, entonces no podía responder propiamente a este concepto, pues lo reducido de las operaciones tenía que conducir a unos tipos exagerados de prima, dando a esta práctica el sentido de jugadas financieras en que se dejaba mucho al azar.

Por eso el seguro marítimo no adquirió su verdadero carácter hasta que en Londres se centralizó la gestión del comercio marítimo mundial y fué posible que en el seguro de un mismo buque interviniesen gran número de aseguradores y que cada asegurador, en consecuencia, pudiese asumir la responsabilidad de los riesgos que corriesen el mayor número de buques.

* * *

Todo el mundo ha oído hablar de la Corporación Lloyd's, y puede decirse que la suya es la historia del seguro marítimo tal como hoy generalmente se practica.

Londres era en el siglo XVII el puerto más animado del mundo. Las famosas Leyes de Navegación dictadas para fomentar la marina mercante británica contribuyeron considerablemente al aumento de tráfico en los puertos ingleses, especialmente en el de Londres, que llegó a convertirse en un inmenso *entrepot,* es decir, un almacén a donde llegaban enormes cantidades de mercancías procedentes de las cinco partes del mundo y que luego eran, en gran proporción, reexpedidas a los lugares de dentro y fuera de la Gran Bretaña.

No existiendo entonces teléfono, telégrafo ni correo en el moderno concepto de estas palabras, las transacciones a que daba lugar los innumerables contratos que constantemente se celebraban, habían de ser realizados por relación directa y personal entre los individuos interesados en estas actividades.

Y en lugar de ir de calle en calle y de oficina en oficina para conseguir la realización de sus asuntos, los diferentes núcleos de personas que formaban estos sectores, buscaban instintivamente los lugares de reunión común aprovechando, casi siempre, el abrigo que les ofrecían los cafés públicos, actuando de manera parecida a la que todavía hoy podemos contemplar en Madrid, donde en algunos cafés, no muy alejados de su centro urbano, se reúne una clientela especial formada por individuos que entre sorbo y sorbo ajustan las condiciones de sus negocios, caracterizándose cada lugar por la clase de asuntos que en él corrientemente se trata.

Allá en las postrimerías del siglo que anteriormente mencionamos, había en Londres un establecimiento de este género que regentaba un tal Edward Lloyd y donde se reunían capitanes, armadores y comerciantes que en aquel lugar encontraban la oportunidad de cubrir los seguros de sus buques y cargamentos, pues también acudían allí gentes que disponían del capital y afición necesarios para intervenir en esta clase de asuntos.

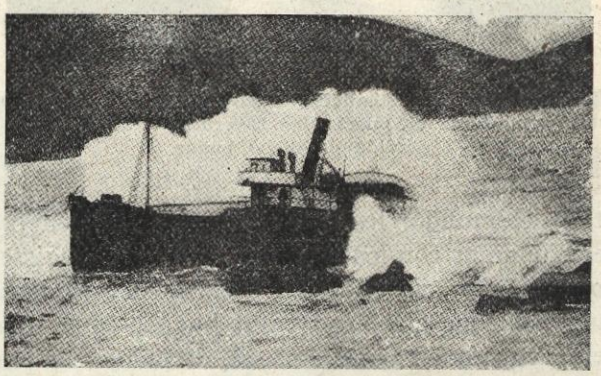
Las ofertas y demandas se hacían mediante noticias colocadas en las paredes del café, y así llegó a concentrarse, en aquel establecimiento, casi todo el volumen de contratos de seguros a que daban lugar los buques y sus cargamentos. Allí, lo mismo se aseguraba un buque que partía para China, en busca de té, que un cargamento de vino que saliese de España.

A medida que los años pasaban, el volumen y extensión de estos negocios fué aumentando extraordinariamente y, claro está, el café de Edward Lloyd llegó a resultar en extremo reducido para poder realizar allí el normal desenvolvimiento de estas gestiones.

Entonces, los clientes que formaban un fuerte grupo de aseguradores, convinieron en formar una Corporación a la que siguieron llamando por el nombre del café que frecuentaban, y alquilando locales adecuados, se instaron en ellos.

Dentro de la Corporación cada individuo operaba por su propia cuenta, pues aquélla sólo tenía por objeto marcar las normas a que habían de sujetarse todos sus miembros y defender los intereses morales y materiales de los mismos.

Más tarde, los capitales necesarios para estas inversiones rebasaron los límites de la capacidad invidual y, por este motivo, actualmente los miembros de la Corporación no son individuos, sencillamente, sino fuertes compañías preparadas para hacer frente a las contingencias que la gran extensión de estos asuntos plantea en cada momento, y como decíamos del caso anterior, estas compañías operan por su propia cuenta y riesgo bajo los auspicios de la Corporación.



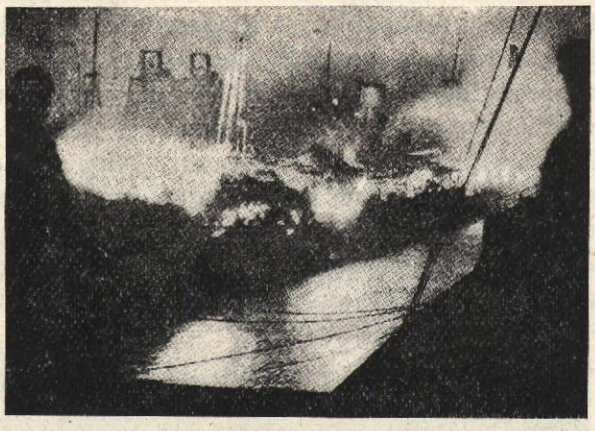
Los golpes del mar destrozando al "Iciar" a barlovento del rompeolas de Santurce.

Esta por sí no asume ninguna responsabilidad ni suscribe pólizas de seguro, y por ello expresábamos al principio de este trabajo, que no corresponde a la realidad la frase tan frecuente indicando que un buque se haya asegurado en el Lloyd's, con la que se confunde el carácter de la Corporación Lloyd con el de una compañía de seguros.

Para ingresar en ella se exige el cumplimiento de unos requisitos indispensables a fin de que las garantías sobre las pólizas de seguros que suscriben sus miembros sea absoluta en orden a su solvencia, lo cual ha hecho que el prestigio de la Corporación raye a tan gran altura.

Se halla regido por un Comité, elegido entre sus integrantes, y tiene por misión velar por los intereses de todos los miembros, facilitándoles toda la información necesaria en cuanto a buques, movimientos e incidentes, cargamentos, fletes y demás cuestiones que puedan interesar a los aseguradores.

Para dar facilidad a sus miembros, además de la redacción de pólizas-tipo, instrucciones para convenios de arbitraje, etc., y sus publicaciones periódicas, disponía últimamente de 150 estaciones meteorológicas y semafóricas, teniendo más de 1.500 agentes repartidos por los puertos del mundo, los cuales tampoco deben ser confundidos con los peritos del *Lloyd's Register of Shipping,* ya que esta entidad es solamente una sociedad clasificadora de buques cuya principal misión es, como se sabe, de índole completamente distinta a la que ocupa la atención del Comité que integra la Corporación Lloyd.



El vapor bilbaíno "Zabalbide", cuyo cargamento de esparto se incendió en el puerto de Liverpool, ocasionando la pérdida de dicho buque.

* * *

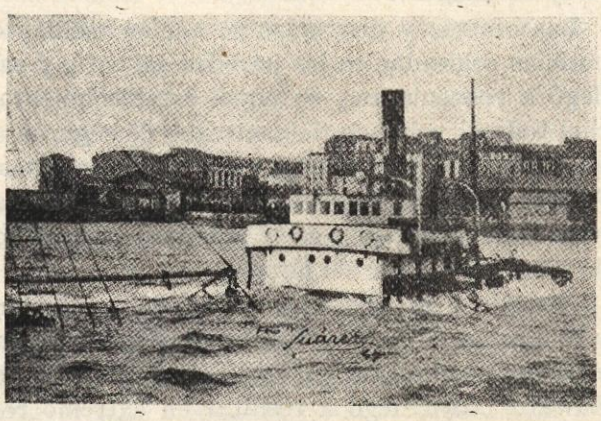
El seguro es tan indispensable al comercio marítimo y a la navegación, que si no existiese sería completamente imposible llevar a efecto las operaciones mercantiles necesarias para que las naciones continúen con el ritmo de vida que el progreso actual permite. Contando con esta garantía los capitales pueden ser empleados a fondo, pues tienen la seguridad de que mediante el desembolso de una cantidad fija, cuya cuantía suele ser poco elevada, el negocio queda a cubierto de todas las eventualidades con que le puedan amenazar las fuerzas ajenas a las incidencias de la organización específica del asunto.

Para darse una idea de la importancia que adquirían los negocios de seguros marítimos últimamente, basta saber que sólo por siniestros que revestían carácter totalitario en buques y cargamentos, las compañías tenían que indemnizar anualmente por valor superior a mil millones de pesetas.

A esto es preciso añadir una suma varias veces mayor por indemnizaciones debidas a causa de averías gruesas, averías particulares y robos, lo cual da una idea de los enormes capitales a que ascendían los valores asegurados si tomamos como base de cálculo una prima media de 40 céntimos por cada cien pesetas aseguradas.

A esta prima tan reducida pudo llegarse porque la subdivisión de riesgos llegó a atomizarse de tal manera, que refiriéndose al azar se podía decir que se le había encerrado dentro de límites tan estrechos, que era posible repartir, proporcionalmente, su funestos efectos entre todos los interesados en estas actividades, ya que más del noventa por ciento de los valores correspondientes a buques, cargamentos y demás conceptos que juegan en estos negocios, se hallaban cubiertos por las pólizas de seguros que les garantizaban contra los riesgos que pudiesen correr.

La organización de los seguros marítimos, durante estos últimos tiempos había alcanzado un grado de perfección casi completa, pues las compañías aseguradoras, traspasando los límites nacionales, se hallaban en constante relación con las de los demás países, formando con los seguros y reaseguros una red tan tupida y entrelazada, que hacía frecuente el caso de que un siniestro ocurrido, por ejemplo, en el Japón, repercutía en sus efectos sobre compañías aseguradoras españolas que no tenían relación directa con los asegurados, pero que habían aceptado alguna fracción de reaseguro como retro-



Estado en que quedó el buque "Manuela E", fondeado en el puerto de Gijón, al varar en Fomentín, después de haber roto por dos veces las amarras.

cesión de las fracciones que ellas cedían al extranjero.

En algunas naciones se inició, en los años anteriores a la guerra, la orientación del seguro marítimo hacia la estatificación o, por lo menos, a la nacionalización, como ocurre con las otras ramas del seguro, incendio, vida, etc., en casi todos los países.

Desde luego, en lo que respecta al seguro marítimo de guerra, la estatificación parece la forma más conveniente por varias razones que, sin duda, son las que han obligado a que tal sistema haya sido adoptado en la actualidad por varias naciones.

En épocas de guerra esa organización mundial del seguro a que antes aludimos, cambia completamente de aspecto, sobre todo si se trata de conflagraciones bélicas de la envergadura que adquirió la de 1914-18 y la que ahora presenciamos, pues la relación de las compañías aseguradoras entre sí queda rota en gran proporción, con el consiguiente perjuicio para la adecuada atomización de los riesgos.

Por otra parte, las estadísticas ni la experiencia sirven para formar las tablas que, como en el seguro ordinario, puedan tomarse como base para fijar los tipos de prima mediante los cuales quede la seguridad de poder cubrir las indemnizaciones por los siniestros que hayan de producirse, ya que la forma esporádica en que se presentan las circunstancias en tiempos de guerra, hace imposible determinar la prima que, sin rebasar un límite prudencial, garantice al asegurador por las responsabilidades que asumen sobre unos riesgos que en determinados momentos puedan adquirir volúmenes tan extraordinarios que se escapen a toda previsión y ponen en peligro todo el sistema que por tal causa no se apoya sólidamente en lo que debe considerarse como principio fundamental de la racional economía del seguro.

* * *

Mientras realizaba, en 1799, un viaje de Inglaterra para Hamburgo, la fragata *Lutine* naufragó llevando a bordo un cargamento en lingotes de oro y moneda acuñada, por valor de millón y medio de libras esterlinas.

La pérdida de tal cantidad en aquella época fué un rudo golpe para los aseguradores, y al cabo de sesenta años, en 1859, efectuándose trabajos para encontrar el tesoro, se salvó la campana que llevaba sobre el castillo, la cual fué colocado en medio del salón donde se hacen las contrataciones de seguros en el edificio que ocupa la Lloyd's Corporation.

Alguna vez hemos leído que esta campana toca siempre que ocurre un naufragio, pero la realidad no es esa, pues su tañido sirve para indicar que en relación con el seguro marítimo ha ocurrido algún suceso—fausto o infausto—, que por su volumen extraordinario es preciso concederle la mayor consideración.

La campana que perteneció a la fragata "Lutine".

Información Profesional

"IMPRESIONES BAUMANN"

La mejor manera de venir en conocimiento del estado de la repartición de los sulfuros en una pieza forjada, que se haya de maquinar, es la obtención de una macrografía de las superficies de la misma.

Para ello, y una vez completamente pulida, se limpia con escrupulosidad la superficie que se debe examinar, desengrasándola con petróleo o con gasolina. Se prepara un trozo de papel fotográfico de sacar positivas y se introduce en un baño de agua acidulada con ácido sulfúrico. Cuando esté el papel bien empapado, se aplica sobre la superficie de la pieza, por la parte impregnada de la sal de plata activa y se mantiene así durante un corto espacio de tiempo, separándola después. Se lava en agua y se suele fijar con una disolución de hiposulfito de sodio.

Las concentraciones de azufre se quedan marcadas según zonas negras u oscuras, indicando exactamente la repartición de los sulfuros y, por lo tanto, la mayor o menor seguridad de la pieza.

REACCION DE LA ARTILLERIA MONTADA A BORDO, SOBRE LAS ESTRUCTURAS DE LOS BUQUES

No solamente en España, sino también en todos los países que tienen Marina Mercante, por pequeña que sea, se han dictado recientemente disposiciones oficiales por las cuales se obliga a todos los constructores navales a disponer desde el principio de la construcción de cualquier clase de barco mercante, refuerzos o plataformas para la Artillería que en su día pueda montarse a bordo, cuando vaya a ser aprovechado como buque auxiliar de la Marina de Guerra. En otras ocasiones, y cuando los barcos de que se trate sean de gran importancia, los requerimientos que las autoridades de la Marina de Guerra hacen a los constructores navales o a los armadores que piden permisos de construcción para unidades de su flota, son de mucha más envergadura; se les suele exigir, además, la previsión de locales para pañoles de municiones, la montura de tubos por donde puedan instalarse los ascensores de proyectiles, la protección con plancha de escudo de algunas superestructuras y, por último, en los grandes transatlánticos, la habilitación de la cubierta superior como cubierta de despegue de aviones de la Marina de Guerra.

Por modesto que sea el proyecto de un buque, interesa, pues, al proyectista tener una idea de antemano sobre los refuerzos que le habrán de ser exigidos para la montura de las piezas artilleras, sobre todo para los cañones de mediano calibre, que se suelen disponer en las playas de popa o para los cañones-ametralladoras en montajes dobles, que se suelen disponer en los castillos.

Como saben nuestros lectores, el dibujo de estos refuerzos tiene su principal variable en la reacción que la pieza ejerce sobre la cubierta en el momento del disparo, debido a la aceleración dentro del ánima del proyectil y de los gases provinentes de la carga de proyección. Es, pues, conveniente que el Ingeniero Naval tenga una idea sobre la cuantía e importancia de estas reacciones, para lo cual se puede emplear el siguiente procedimiento elemental, que ha sido usado durante nuestra guerra con resultados satisfactorios:

En el momento del disparo, el proyectil recibe una impulsión que le comunica un aumento de cantidad de movimiento, y al mismo tiempo la carga de proyección, de peso importante, se desplaza dentro del ánima, convertida en gas, acompañando al proyectil hasta la boca. Al final de este fenómeno, tanto los gases como el proyectil salen animados de una velocidad inicial diferente, cuya relación, en la práctica, se considera igual a dos. Estos aumentos de cantidad de movimiento, y la necesidad de que el centro de gravedad del conjunto cañón-proyectil-carga de proyección quede invariable, por no existir fuerzas exteriores perturbadoras, sino únicamente de origen interior, producen un empuje hacia atrás sobre el cierre de la pieza, que sería de muchísima importancia si no fuera disminuído por el retroceso de la caña y demás partes móviles del cañón. Para que haya equilibrio se debe verificar, pues, la igualdad entre el aumento de la cantidad de movimiento de la parte de la pieza que retrocede y la suma de cantidades de movimiento del proyectil y de la carga de proyección. Igualmente, el trabajo almacenado por el proyectil y la carga de proyección en un sentido

debe ser igual al trabajo desarrollado en el otro por la pieza al efectuar todo el retroceso.

Estas dos ecuaciones fundamentales de equilibrio pueden expresarse en forma de fórmulas elementales que permiten calcular la reacción sobre cubierta. Así: sea v la velocidad de retroceso en metros/segundo; p, el peso del proyectil en kgs.; v_0, la velocidad inicial del proyectil en metros/segundo; ω, el peso de la carga de proyección en kgs.; v^1, la velocidad de los gases, que en la práctica se toma igual a $2\,v_0$ en metros/segundo; P, el peso de los elementos que retroceden, en kilogramos; R, la reacción sobre cubierta en kgs., y r, el retroceso de la pieza en metros.

La primera condición de equilibrio conduce a la fórmula siguiente:

$$v = \frac{p v_0 + \omega v^1}{P}$$

por medio de la cual, conociendo las características de la pieza, se puede determinar la velocidad de retroceso.

La segunda condición puede expresarse en la forma

$$r = \frac{2\,g\,R}{P\,v^2}$$

siendo $g = 9{,}81$ mts/seg.^{2}, que da la longitud del retroceso de las partes móviles del cañón, en función de la reacción sobre cubierta. Como puede verse, esta reacción resulta inversamente proporcional a la longitud del retroceso, por lo cual en las modernas piezas se hace que esta cantidad sea lo más grande posible, merced a mecanismos apropiados de frenos y de recuperadores.

Como orientación, insertamos la siguiente tabla con las características más importantes de las dos piezas de calibre medio que se suelen montar en casi todos los países, en buques mercantes de tonelaje ordinario:

	Cañón de 101 mm.		Cañón de 120 mm.	
v —	8,05	m/seg.	—	
p —	14,06	kgs.	22	kgs.
v_0 —	812	m/seg.	853,4	m/seg.
ω —	3,500	kgs.	6,148	kgs.
v^1 —	1.624	m/seg.	1.706,8	m/seg.
P —	2.130	kgs.	—	
R —	16.000	kgs.	19.813	kgs.
r —	0,227	m.	0,762	m.
π —	—		3.152	kgs/c.^{2}
A —	—		19.500	m.

En el cuadro anterior, π es la presión normal de los gases y A el alcance máximo de la pieza en metros.

El esfuerzo sobre la plataforma se ejerce en forma de una fuerza y un momento. La primera tiende a cizallar los pernos de anclaje y el segundo tiende a levantar la basada por la parte anterior y a comprimirla contra la plataforma por la parte posterior. El esfuerzo de cizalla es la proyección reacción que se ha calculado, mientras que el momento es este mismo valor multiplicado por la altura de muñoneras en el caso de ángulo de tiro igual a cero, o bien por la distancia desde el centro de gravedad de la basada a la línea geométrica de la caña, cuando existe un ángulo de elevación o de depresión. El valor del momento es variable, pues, con el ángulo de tiro y produce efectos distintos sobre los refuerzos del casco, siendo los más perjudiciales los correspondientes al tiro en máxima depresión, por lo cual una de las pruebas que se hacen del montaje es un disparo en esta condición, con la máxima carga de proyección.

La forma de los refuerzos de las plataformas corrientes es circular, consistiendo en un tubo de chapa gruesa, proporcionado al calibre de la pieza, que llega hasta la sobre-quilla, reforzado por cuatro o más aletas soldadas o remachadas, según varias generatrices. Encima de las plataformas o de la cubierta se debe disponer un aro de forja, de diámetro un poco superior al de la basada del cañón, y de un espesor de unos 50 mm., remachado a la estructura. Este aro puede mandrilarse después, por medio de un aparato especial, a fin de proporcionar una superficie plana. En el caso de montarse varias piezas con tiro dirigido, las superficies de todas estas plataformas tienen que ser exactamente paralelas entre sí y paralelas a su vez a la plataforma de asiento del alza directora.

Para conseguir este paralelismo se precisa colocar el buque en dique y efectuar el mandrilado de todas las plataformas, guiándose por niveles lo más exactos posible. En la práctica, solamente se permite un error de unos dos o tres minutos, porque si es mayor, el error que se introduce debido a la diferencia en ángulos de muñoneras produce una dispersión en la salva que la hace prácticamente ineficaz.

Los locales contiguos a las plataformas en donde se monten piezas de calibre mediano, deberán estar protegidos contra el rebufo del disparo, para lo cual, si la plataforma está montada sobre superestructura, habrá necesidad de construir una pantalla en voladizo, destinada a este fin.

El emplazamiento del cañón tendrá que estar en un lugar amplio y de fácil municionamiento, cuando la pieza esté apuntada en cualquier dirección. La altura de la plataforma estará determinada por la altura de muñoneras, de tal modo que la pieza pueda cargarse cuando esté apuntada con el mayor ángulo de tiro posible y con la depresión más grande. Además, se deberán tomar precauciones para que el cierre no tropiece en la cubierta cuando recule el cañón por efecto del disparo en la primera de las dos condiciones más arriba indicadas.

Especial cuidado se deberá tomar con el apretado de las tuercas y contratuercas de los pernos de anclaje, y aun después de los disparos de prueba se deberán repasar todas estas tuercas para repretar las que se hayan aflojado. Es aconsejable escariar, si no todos, algunos de los agujeros de los pernos de anclaje.

LA TOBERA KORT, SU EMPLEO Y SUS PRINCIPALES VENTAJAS

Desde hace ya algunos años se viene hablando en las revistas técnicas, con mucha frecuencia, de la tobera Kort, aplicada principalmente a remolcadores y a buques de pequeño tonelaje, cuyos propulsores deban tener mucho resbalamiento o producir un empuje extraordinario. La tobera Kort está usada con profusión en Alemania y otros países europeos, y ya en España se ha adoptado en algunos barcos bacaladeros en construcción y, según nuestras noticias, se piensa adoptar en algunos buques de nuevo proyecto. Por eso consideramos interesante dar a nuestros lectores una idea divulgativa sobre las principales ventajas de este apéndice.

Como es notorio, la tobera Kort consiste en un anillo de forma convergente-divergente, que se monta rodeando a la hélice propulsora y que tiene un diámetro, en su sección menor, un poco más grande que el de la hélice. El efecto principal que se consigue con esto es el encauzamiento de los filetes líquidos, evitando los remolinos, que son una causa muy principal de la pérdida de rendimiento del propulsor. Paralelamente a la montura de la tobera se suele emplear en las popas, formas más abiertas, que produzcan una entrada franca de agua; todo ello encaminado a evitar los esfuerzos de aspiración de la hélice, cuando la velocidad del buque no corresponde a las revoluciones del propulsor.

La principal ventaja de la tobera Kort se encuentra en los casos en que la hélice tiene un resbalamiento superior al normal, bien porque el buque tenga que hacer una tracción sobre el exterior, o bien porque la hélice haya de ser demasiado pequeña por condiciones impuestas por el calado, por ejemplo, y, por lo tanto, su velocidad haya de conducir forzosamente a propulsores de mal rendimiento. En el caso particular del remolcador es donde se encuentran principalmente las ventajas de la tobera Kort. En esta clase de buques los resbalamientos son siempre anormales y en la tracción a punto fijo llegan a alcanzar un valor infinito. El empuje entonces queda notablemente mejorado. Así, por ejemplo, en remolcadores corrientes la tracción viene a ser de una tonelada aproximadamente por cada 100 IHP de la máquina, mientras que usando la tobera pueden alcanzarse corrientemente los 1.300 kgs. para igual potencia.

Navegando el buque libremente, la tobera Kort tiene poca influencia en la propulsión. Las velocidades alcanzadas son casi las mismas que se obtienen con los buques sin tobera, siempre que la hélice tenga un resbalamiento normal y esté bien proyectada. Pero en aquellos casos en que, por consideraciones derivadas de la índole de la maquinaria propulsora o bien por imposiciones restrictivas impuestas al calado, la hélice haya de girar a una velocidad demasiado alta, la tobera Kort proporciona un aumento importante en el rendimiento de propulsión y, por lo tanto, en la velocidad del buque, conservando la misma potencia.

En los barcos de popa corriente suele montarse la tobera sobre el mismo codaste, compuesta de dos piezas soldadas o remachadas al mismo; pero en los buques especialmente dibujados para montar este apéndice, la popa suele ser mucho más lanzada, la tobera forma ya parte integrante del casco, el eje porta-hélice es un poco más largo y se suele emplear un arbotante que aguanta el peso en gran voladizo del propulsor y del extremo de popa del eje de cola.

Modernamente se ha llegado a usar la tobera Kort como timón, para lo cual se la dispone colgada de una mecha que por su parte superior está soportada sobre un cojinete de empuje axial y que en la limera se apoya a través de otro cojinete de camisa o con juego de rodillos. A popa e inmediatamente después de la descarga de la hélice se suele colocar un plano de formas fusiformes, de pequeña superficie de zafrán, que aumenta el rendimiento de la tobera por un lado, y que por otro hace también el efecto de un pequeño timón. Girando la tobera con el plano antes mencionado, el chorro de descarga de la hélice forma un ángulo muy apreciable con el eje longitudinal del buque, cosa que le proporciona unas cualidades evolutivas extraordinarias, aun cuando la velocidad sea muy pequeña y aun estando el buque parado. En el caso de tobera fija se suele disponer el timón en tres planos, con lo que se consigue también buenas cualidades evolutivas, pero no tan importantes como las que se obtienen en la tobera giratoria. En ambos casos la potencia de los servomotores debe ser aproximadamente un 30 por 100 mayor que la de los empleados en buques similares sin tobera.

Desde el punto de vista constructivo, la tobera Kort presenta dos dificultades, que han sido causa retardatriz en su adopción. Una de ellas es la difícil construcción de este apéndice, de las popas y la dificultad de montura y desmontura del eje de cola y de la hélice; en algunos casos hay necesidad de practicar en los planos que hacen de timón un orificio que permite la salida hacia popa del eje de cola. Otra dificultad es la vulnerabilidad de la tobera en caso de varada o a los golpes de mar, sobre todo con mares gruesas de popa, en los que llega a descubrirse, saliendo fuera del agua; desde este punto de vista, la tobera timón presenta mayores dificultades que la tobera fija, razón por la cual su empleo queda bastante restringido a los buques que han de trabajar en el interior de puertos con calados suficientes para impedir las varadas de popa.

De todas maneras, las ventajas de índole hidrodinámica de la tobera Kort son tan patentes que no dudamos que en un próximo futuro su empleo se ha de hacer de manera rutinaria, por lo menos en remolcadores y buques de servicio similar.

TACON EN EL CODASTE EN BUQUES MUY RAPIDOS

Como es sabido, las altas velocidades de los modernos buques, tanto mercantes como, sobre todo, de guerra, producen un cambio de asiento consistente en

una disminución notable del calado a proa. Esta disminución es algunas veces tan grande que en los destructores modernos y en las lanchas rápidas, el pie de la roda sale algunas veces fuera del agua. La causa de este cambio en el asiento estriba en que la línea de empuje pasa por debajo, generalmente, del centro de resistencia de la carena, con lo cual se crea un momento de mucha importancia que tiende a levantar la proa.

La carena que el buque tiene realmente a gran velocidad es, pues, diferente de la calculada para el buque en reposo o con velocidades pequeñas y, por lo tanto, la resistencia suele ser en la mayoría de los casos bastante mayor que la que tendría si el buque conservase su asiento normal.

Varias soluciones se han usado hasta el presente para evitar este cambio de asiento perjudicial. En las embarcaciones "outboard", destinadas a regatas, se suele compensar la tendencia a levantar la proa, desplazándose hacia este extremo el tripulante, lo más posible y aun disponiendo un peso móvil que se mueve igualmente, en los momentos en que se ha alcanzado una gran velocidad. En las pruebas de los destructores se acostumbra algunas veces a consumir casi con exclusividad el combustible de los tanques de popa. Por último, según la opinión de algunos arquitectos navales extranjeros, la proa de bulbo tiene una favorable influencia sobre el fenómeno que nos ocupa.

Según nuestras noticias, en algunos destructores modernos y en lanchas rápidas de los últimos modelos, que pasan de las 40 kn. de velocidad, se ha dispuesto en el codaste, o en el extremo de popa cuando no existe esta pieza, una especie de tacón que proporciona un plano de sustentación en este extremo del buque. Con ello se consigue un empuje hacia arriba que tiende a disminuir el exceso de diferencia de calados. La resistencia suplementaria a la marcha que produce este tacón viene compensada con la disminución de desplazamiento que produce esta componente vertical y, desde luego, la carena real que proporciona es mejor que la que resultaría con el cambio de asiento más arriba indicado. Parece que la idea de este tacón está basada en la teoría del rediente, que, como saben nuestros lectores, se emplea mucho en lanchas rápidas y en hidroplanos.

Esta disposición está montada aún en muy pocos buques y no ha pasado, que sepamos nosotros, del estado de experimentación.

EN EL 75 ANIVERSARIO DE LA DINAMO

El 17 de enero de 1942 se ha conmemorado el 75 aniversario del día en que Werner Siemens, en el año 1867, presentó a la Academia de Ciencias de Berlín su trabajo titulado: "Sobre la transformación de fuerza de trabajo en corriente eléctrica, sin imanes permanentes". Con ello daba a conocer el descubrimiento del principio dinamoeléctrico y la primera dínamo del mundo, la cual podía producir la corriente eléctrica directamente de una fuerza mecánica de accionamiento. Tales máquinas son el fundamento de la técnica de la corriente industrial, de modo que el mencionado trabajo debe considerarse como el nacimiento de la era de la electrotecnia.

El sentido de la denominación del principio dinamoeléctrico sale de la traducción literal de la expresión "fuerza eléctrica". Antes del descubrimiento de este principio, también se podía producir corriente eléctrica, si bien se necesitaba para ello baterías de acumuladores o imanes permanentes. La corriente eléctrica producida por procedimientos químicos es muy costosa, siempre que sea preciso producirla en grandes cantidades. Las baterías consumen ácidos y metales, en grandes proporciones, por lo cual la relación entre el gasto y la utilidad, creciendo la intensidad de la corriente, siempre irá aumentando en sentido desfavorable. Sin embargo, se alimentaban ya, anteriormente, grandes instalaciones con baterías. Debe recordarse a propósito que Jacobí, en San Petersburgo, en el año 1836, condujo sobre el Neva un bote accionado eléctricamente, cuya corriente se tomó de una batería grande. Al mismo tiempo, se deduce de esto que el proceso inverso, es decir la producción de energía dinámica de la corriente eléctrica, se dominaba ya anteriormente. También la transformación de la corriente eléctrica en luz era ya conocida mucho antes, pues el arco voltaico fué descubierto por Davy en el año 1802. Esta experiencia fué ejecutada, asimismo, naturalmente, con baterías, como fuente de energía. Otro medio para producir corriente se basa en las leyes de la inducción de Faraday (1831), que expresan que en un conductor eléctrico se producirá una corriente, si se mueve dentro del campo de fuerzas de un imán, de forma que corte las líneas de fuerza de dicho campo. En los siguientes decenios, después del descubrimiento de estas leyes, se esforzaron muchos inventores por mecanizar este invento. Se dieron a conocer los más diferentes modelos de construcción de máquinas, en los cuales, o estaba el imán fijo o el conductor de cobre, en la mayor parte, tenía la forma de una bobina. Basadas en diferentes principios, fueron construídas, no obstante, solamente pequeñas máquinas destinadas a la experimentación. La razón de ello era que, por entonces, sólo se disponía de muy pocas barras imantadas de alta capacidad y se llegaban a pesos muy elevados cuando se querían formar fuertes campos magnéticos. Cuanto mayor era la potencia exigida, tanto más desfavorable se hacía la relación entre esta potencia y los pesos empleados de cobre y acero de imanes. No obstante, son muchos los inventores que, no retrocediendo ante esto, han transformado grandes potencias en estas máquinas llamadas electromagnéticas. Por ejemplo: en Francia, en el decenio de 1860, fueros dotadas torres de iluminación con arcos voltaicos, cuya corriente de servicio fué tomada de máquinas electromagnéticas. También las instalaciones galvánicas, como las de cobrear por medios electroquímicos, ya conocidos en el decenio de 1840, tuvieron, como fuente de energía, máquinas electromagnéticas. Prescindiendo del elevado gasto de material industrial, tenían todas ellas, ade-

más, el defecto de que el imán permanente perdía, poco a poco, su energía y era necesario reponerla.

La idea de sustituir el imán permanente en tales máquinas por electroimanes y alimentar estos con baterías, surgió de vez en cuando, pero no fué puesta en práctica debido a que, precisamente, se quería evitar

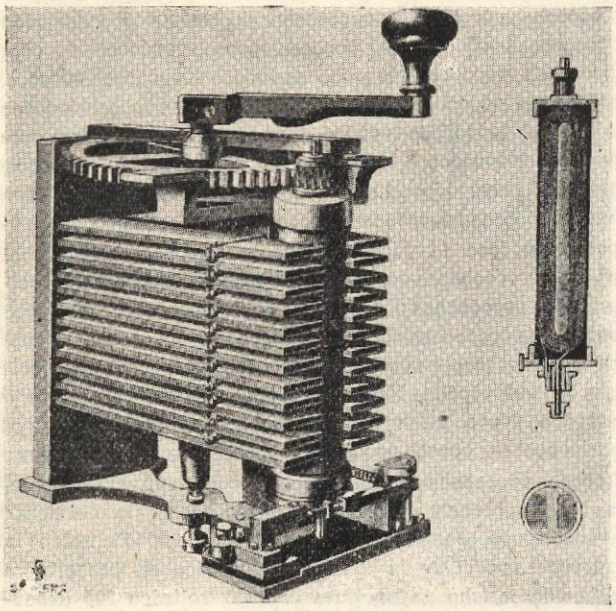


Fig. 1.

Telégrafo de aguja electromagnética de Werner Siemens, con inducido de doble T (1856).

el empleo de aquéllas. Más éxito parecía prometer el procedimiento de alimentar el inductor de una máquina magneto-eléctrica por medio de otra más pequeña, de la misma construcción, dotada de imanes permanentes. Esta clase de máquinas alcanzó, transitoriamente, una gran importancia, aunque, naturalmente, se conocía ya la poca seguridad que ofrecía en ellas el imán permanente.

En el decenio de 1860 fueron puestas en servicio tales máquinas, como ensayo, en un taller de fotografía de Mánchester, en donde las construyó el mecánico Wilde. En estas máquinas se comprobaron muchas faltas fundamentales, de modo que su constructor tuvo que limitarse a fabricarlas en pequeñas potencias, y para conseguir grandes potencias sólo podía lograrse mediante la puesta en servicio simultáneamente de varias máquinas pequeñas. Werner Siemens estaba interesado en el problema de la producción de corriente eléctrica, principalmente por su trabajo en la técnica telegráfica. También las instalaciones telegráficas necesitaban una fuente de energía eléctrica, tanto mayor cuanto más amplias eran las distancias que se deseaban unir. Después que puso en servicio, con baterías, las primeras instalaciones de esta clase, en los decenios de 1840 y 1850, buscó posibilidades que le permitieran reemplazar por máquinas las baterías, poco productivas, costosas y difíciles de conservar en buen estado.

No se sirvió para ello de algunas de las construcciones ya existentes, sino que empezó por estudiar el problema desde su base. En el transcurso de este trabajo, logró el invento de inducido de doble T (figura 1), el cual debía llegar a ser un importante elemento de construcción, no solamente para sus propios aparatos, sino también para los de los otros innumerables inventores. El inducido de dobe T es, en esencia, una pieza de hierro cilíndrica, en la cual se han fresado dos ranuras. Estas ranuras se cubren competamente con un arrollamiento de hilo, uniendo los extremos a dos piezas de contacto, de las cuales se toma la corriente. Uno de estos inducidos de doble T fué colocado y movido en un telégrafo de aguja magnetoeléctrico en 1856, entre los imanes de acero. Su sección circular hizo posible mantener muy pequeña la distancia del entrehierro entre el inducido y los imanes de acero.

Los imanes de acero se fabricaban, entonces, caldeando primeramente barras de acero, las cuales, trabajadas convenientemente, se endurecían por último y se introducían en una bobina, que era alimentada por una batería grande. La imantación se efectuaba de esta forma, naturalmente muy desigual, de modo que la fabricación de buenos imanes de acero era una cosa de suerte. No se obtuvieron, esencialmente, mejores resultados, cuando se pasó a una gran subdivisión de los aceros de imanes, en discos delgados. Estaba, por consiguiente, próximo el momento en que Werner Siemens concibiera la idea de reemplazar el imán de acero por el electroimán. El reemplazó, en un inductor magnético para el servicio de señales sonoras de ferrocarriles (figura 2), los imanes de acero por electroimanes, es decir, por dos discos de hierro dulce, con sus correspondientes expansiones polares, a las cuales dotó de un arrollamiento de hilo de cobre (figura 2). El procedimiento de las pruebas fundamentales fué descrito, más tarde, por el maestro de taller Müller, diciendo que Werner Siemens conectó primeramente el inductor a una batería, después, puenteó la batería y comprobó con ello que la producción de corriente seguía su curso. Con nuevas vueltas de la máquina observó que el magnetismo remanente en el hierro, era suficiente para iniciar la producción de corriente y que, con más vueltas de las corrientes del inducido, el campo se fortalecía y un cam-

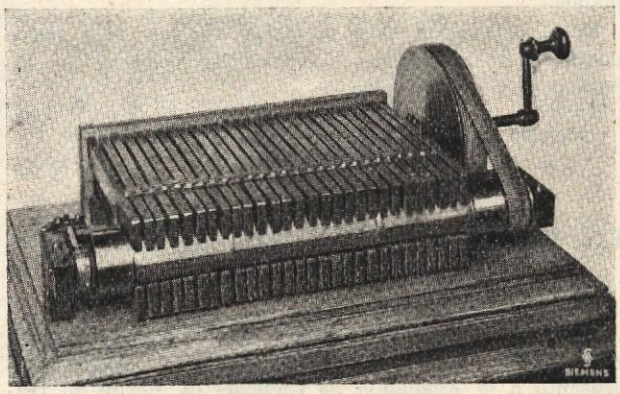


Fig. 2.

Inductor magnético para instalaciones de señales sonoras para ferrocarriles. De una de estas máquinas salió la primera dínamo del mundo.

po fortalecido traía también, como consecuencia, una corriente reforzada del inducido. Estas alternativas de la corriente prosiguen todo el tiempo preciso hasta alcanzar el límite de saturación del hierro.

Las consecuencias que Werner Siemens, bajo el nombre de "Principios dinamoeléctricos", presentó en la Aca-

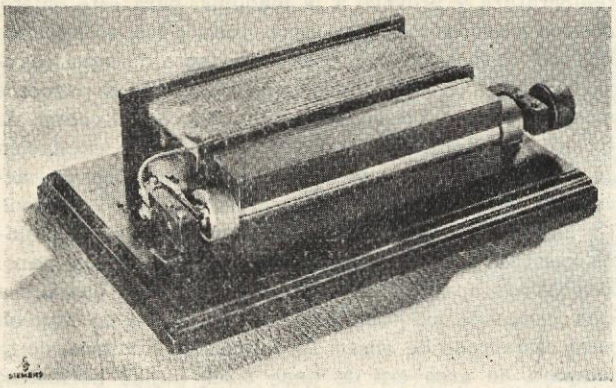


Fig. 3.

La primera dínamo del mundo. Ocupa, actualmente, un sitio de honor en el Museo Alemán de Munich.

demia de Ciencias, pueden resumirse en tres conclusiones:

1.ª La corriente producida en el inducido de una dínamo, puede emplearse directamente para la excitación del campo magnético, en lugar de una fuente de energía ajena.

2.ª Para la iniciación de la corriente del inducido y del campo magnético, es suficiente el magnetismo remanente.

3.ª La dínamo y el electromotor son reversibles; por consiguiente, son dos formas diferentes de aplicación de la misma máquina.

Los primeros ensayos los hizo Werner Siemens en otoño de 1866. A principios de diciembre, informó a su hermano Guillermo, en Londres, sobre su descubrimiento y le invitó para que él efectuase también pruebas. En los primeros días de diciembre presentó Werner Siemens a unos amigos de la Sociedad de Física berlinesa, entre los cuales se encontraban también profesores de la Universidad de Berlín, una máquina construída conforme al nuevo principio, con la cual se fundió un hilo de hierro de un metro de longitud, se desprendió gas oxhídrico y se formó un arco eléctrico. Además, expresó entonces Werner Siemens la idea de conectar una máquina electrodinámica como generador de corriente y otra como motor y, por consiguiente, establecer una transmisión de energía. En esta visita parece haber sido también fijado el plazo para dar a conocer el invento públicamente en la Academia de Ciencias de Berlín, para después de las vacaciones de Navidad de la Sociedad. En febrero del año 1867 se celebró en el Royal Society de Londres una conferencia dada por Werner Siemens, en la que fué presentada una dínamo, según el nuevo principio. Seguidamente, después de esta conferencia, presentó Wheatstone una máquina parecida. Como en todos los grandes inventos, surgieron aquí, más tarde, las disputas sobre quién fué el primero que había concebido la idea. Después de un profundo examen de todas las fuentes de estudio, la investigación histórico-técnica determinó, libremente, que otros inventores habían llegado muy próximo al descubrimiento, pero no estaban capacitados para reconocer claramente las reacciones interiores y formularlas irrecusablemente. No todas las máquinas, dispuestas como dínamos, del modo mencionado, se excitan por sí mismas; deben tener, en justa relación, el número de revoluciones, el número de espiras y la resistencia eléctrica y magnética.

Werner Siemens dijo de esto en sus Memorias: "Posteriormente, cuando la dínamo, después de esenciales mejoras, especialmente la introducción del anillo de Pacinotti y el sistema de arrollamiento de Hefner, encontró más amplia aplicación en la técnica y, tanto matemáticos como técnicos desarrollaban teorías de la misma, parecía casi natural y apenas era digno de llamarle invento el que, mediante la inversión del sentido de rotación de una máquina electromagnética, se lograra otra dínamoeléctrica. Contra esto puede decirse que los inventos más próximos a alcanzarse y de esencial importancia, son los que, por lo general, más tarde y después de los mayores rodeos, llegan a efectuarse. Además, no se podía lograr, fortuitamente, el invento del principio dinamoeléctrico porque las máquinas electromagnéticas sólo arrancan con exactas dimensiones y relación de espiras; es decir, cuando se invierte el sentido de rotación, refuerzan su electromagnetismo automática y continuamente."

Ninguno de los demás inventores ha previsto el futuro desarrollo práctico del invento, como Werner Siemens. Eso demuestra la frase final del mancionado informe de la Academia de Ciencias de Berlín:

"A la técnica se le ha dado, actualmente, el medio de producir corriente eléctrica de intensidad ilimitada, de forma fácil y económica, en todas partes donde haya

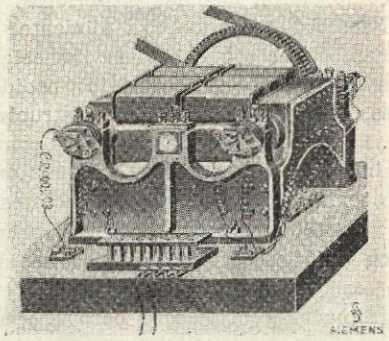


Fig. 4.

Dínamo del año 1867, con dos inducidos.

disponible una fuerza útil. Esta realidad llegará a ser de esencial importancia en varias ramas de la misma."

Werner Siemens sabía, perfectamente, que en la producción de corriente eléctrica se efectuaba una transformación de energía. Actualmente, parece superfluo insistir sobre ello; pero muchos inventores, antes que él,

conscientes o inconscientes, partían del supuesto de poder producir corriente eléctrica sin gasto de fuerza; por consiguiente, querían inventar un movimiento continuo. Hasta los físicos, a los cuales presentó Werner Siemens, a principios de diciembre, la primera máquina, se extrañaron de que para girar el inducido se pre-

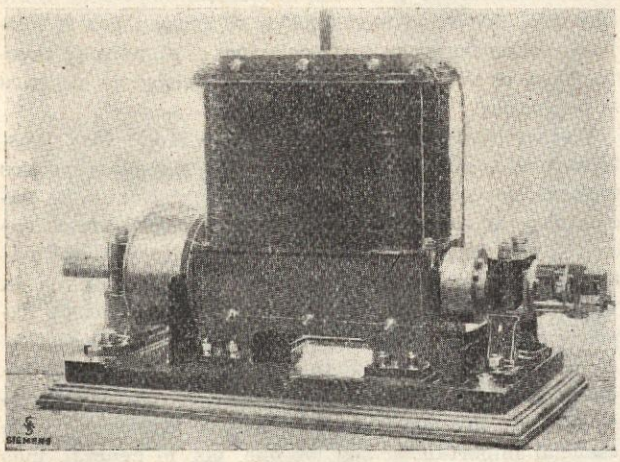


Fig. 5.

Dínamo con refrigeración por agua. Con estas máquinas fueron dotados los primeros coches de alumbrado, a los cuales se suministraba la corriente de excitación de otra segunda máquina, más pequeña.

cisase una fuerza tan considerable, tan pronto como la máquina se cargaba. Esto tiene que extrañarse, tanto más, cuanto que la ley de la conservación de la energía de Robert Mayer, de Heilbronn, fué descubierta ya en el año 1841. Debido al estado en que, por entonces, se encontraban los medios de publicación y enseñanza, tardaba siempre mucho tiempo hasta que esta clase de conocimientos se extendían, en general.

La primera dínamo tenía una capacidad de unos 30 vatios, como dieron medidas posteriores; por consiguiente, no hubiese bastado para alimentar una lámpara de incandescencia que brillase demasiado. En la época del invento, tampoco se hubieran podido efectuar tales medidas, ya que apenas había instrumentos para las mismas. La máquina estaba conectada como dínamo-serie y suministraba una corriente continua ondulatoria, ya que sólo tenía un colector de dos sectores.

Ya en el año 1867 se dedicaron, como primer campo de aplicación práctica, pequeñas máquinas en la construcción de explotaciones de minas, las cuales, completamente terminadas y dispuestas para el uso, se suministraron en grandes cantidades. En la primavera del año 1867 se construyó una dínamo, con dos juegos de inductores y dos inducidos, la cual necesitaba una fuerza de accionamiento de 4 a 5 caballos y debía ser presentada en la Exposición Mundial de París. Mas no se llegó a ello porque en París no podía disponerse de una fuerza de accionamiento. La figura 4 muestra la máquina, en la cual, por primera vez, se hizo perceptible, de un modo desagradable, el calentamiento del hierro del inducido. Se hicieron diferentes ensayos sin poder averiguar, con exactitud, la causa que lo motivaba.

Como causa principal, creyó Werner Siemens poder tomar la permanente inversión de la imantación del inducido y, como causa secundaria, también las corrientes parásitas o de Foucault. Más tarde, se reconoció que las corrientes parásitas formaban la causa principal. Sin ocuparse primeramente, a fondo, de la cuestión, quería solamente evitar la perjudicial elevación de temperatura y proveyó a la máquina, para este objeto, de una refrigeración por agua; hizo, pues, el inducido hueco y dejó pasar por él una corriente de agua (figura 5). Con tales máquinas se efectuaron los primeros ensayos de alumbrado en el año 1868, en el campo de tiro de Artillería de Tegel. La corriente de excitación se tomó en ellas de una segunda máquina pequeña, accionada igualmente mediante correa por una locomóvil. La lámpara de arco, que fué alimentada por la máquina, era todavía muy primitiva, pues se regulaba a mano. Semejantes aparatos de alumbrado, como se llamaba a este grupo de máquinas, fueron instalados en Munich para alumbrado de obras. La intensidad luminosa de la lámpara de arco era de unas 3.200 bujías normales: el precio de la dínamo 2.000 taler, y el de la lámpara de arco 250 taler. En los próximos años siguientes suministraron Siemens y Halske, anualmente, uno de estos juegos de máquinas, aproximadamente.

Con el invento del inducido de tambor, dado a conocer por el jefe de construcciones de Siemens y Halske, v. Hefner-Alteneck, en el año 1872, experimentó un fuerte empuje la construcción de máquinas eléctricas para producir corriente (figura 6). El inventor se basó para ello en una antigua construcción del inducido: en el inducido de anillo, que había empleado Pacinotti ya en el año 1860, como parte giratoria de los electromotores. Estos inducidos de anillos se componen, principalmente, de conductores arrollados a un cilindro de hierro en forma de anillo. Las escobillas para la conducción de corriente las hizo rozar Pacinotti, primitivamente,

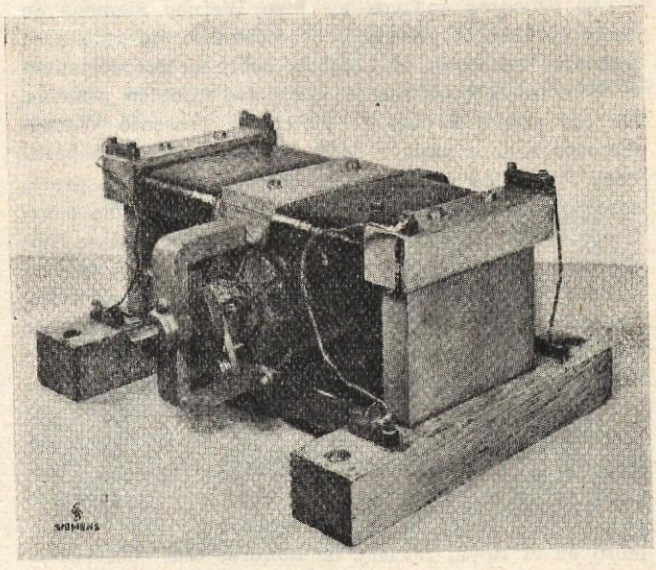


Fig. 6.

La primera máquina con inducido de tambor (1872). El original se encuentra en el Museo Postal del Estado, en Berlín.

sobre la parte exterior pulimentada de los conductores, mientras, más tarde, conducía los extremos de los conductores a un colector. Como quiera que en esta disposición las espiras interiores no participan de la inducción, mejoró v. Hefner-Alteneck esta construcción, colocando igualmente en la parte exterior, un cilindro

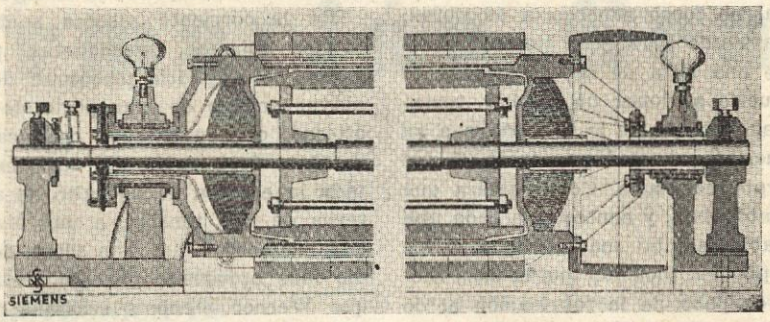


Fig. 7.

Máquina de inducido de tambor, con el hierro del inducido fijo y devanado giratorio. Con esta construcción se trató de eliminar el calentamiento del hierro del inducido.

macizo o hueco, fijándolo mediante bandajes. El colector se componía, primeramente, de ocho segmentos ordenados y separados entre sí, cuyo número fué elevado posteriormente. Por este medio se pudo rectificar, esencialmente, la curva de la corriente. En estos inducidos de tambor se efectuó, por primera vez, una subdivisión del hierro magnético, construyéndose el campo del inducido con alambre de hierro. A pesar de ello, el resultado obtenido no fué suficiente, ya que las corrientes parásitas no pudieron suprimirse. Para impedir, completamente, la inversión de la imantación del hierro del inducido, a la cual se reducía, principalmente, la causa del calentamiento, construyó v. Hefner-Alteneck, ulteriormente, una máquina en la cual el hierro del inducido estaba fijo y solamente giraba el arrollamiento colocado en un marco de plata Meneses (figura 7). Esta construcción fué, no obstante, muy pronto abandonada.

Con este inducido de tambor fueron equipadas las primeras dínamos y motores fabricados en serie, los cuales gozaron de una gran aceptación, como máquinas tipo D y se construyeron hasta el año 1888. En estas máquinas tipo D se componía el campo magnético de barras de hierro curvadas, en uno de cuyos extremos estaban fijas las bobinas de imantación (figura 8). Con estas máquinas tipo D, se efectuaron los primeron ensayos de transmisión de fuerza, en los años 1877 y 1878, en la fábrica de fusiles de Spandau. Ulteriormente, las máquinas tipo D sirvieron como generadores y motores en el primer tren eléctrico del mundo, el cual funcionó en la Exposición de Industrias y Artesanía de Berlín en el año 1879; en el primer ascensor del mundo, en 1880 (figura 9) y en el primer tranvía, en Lichterfelde, cerca de Berlín, en 1881. Aquí y en otros lugares se acreditaron completamente estas máquinas. Sin embargo, su empleo para fines de motores quedó, como una excepción todavía, ya que, provisionalmente, la producción de luz eléctrica interesaba en primer lugar.

El primer alumbrado del Kaisergalerie, el actual Pasage, en Berlín, en el año 1879, en la época de la Exposición de Industrias y Artesanía, fué una novedad. Por temor a un supuesto peligro de incendio, no pudieron Siemens y Halske efectuar esta prueba de alumbrado, dentro del recinto de la Exposición. Por primera vez fueron empleadas aquí lámparas de arco diferenciales, que presentaban un importante progreso, ya que se podían conectar varias de ellas a una sola máquina. Esta "división de la luz" significó una importante mejora en relación con la disposición anterior, en la que a cada lámpara de arco correspondía una máquina propia. El empleo de la luz eléctrica para el alumbrado de viviendas, se tomó primeramente en consideración cuando en el año 1880, fué conocida en Europa la lámpara de filamento de carbón, de Edison. Entonces fueron instaladas las centrales-bloque, cuyo nombre se debía al hecho de estar destinadas a suministrar la energía a un bloque o manzana de casas.

Los conocimientos sobre las propiedades de la corriente eléctrica penetraron muy lentamente en otras esferas. Así creyeron, pues, muchos, que entonces había sido creada la máquina que, sin recibir energía, podía

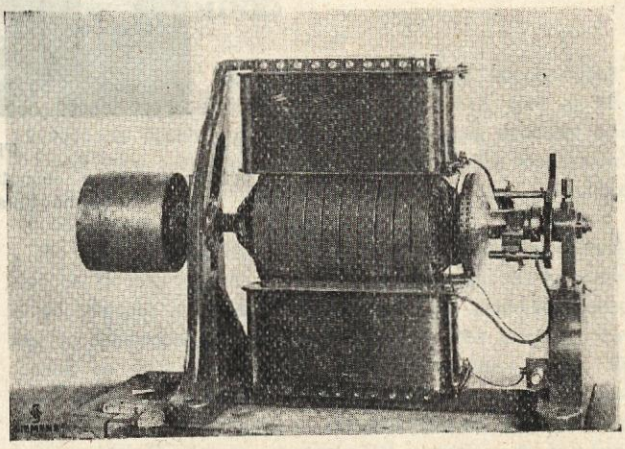


Fig. 8.

Máquina, tipo D, de construcción vertical (1876).

suministrar fuerza para el trabajo. El archivo de Siemens conserva numerosas consultas curiosas del decenio de 1860, de las cuales se deduce que al electromotor se le consideraba como la máquina del movimiento continuo. Un fabricante de Wüttemberg estaba dispuesto a comprar, inmediatamente, 10.000 motores de esta clase, si ellos podían arrastrar por montañas y valles un triciclo con una velocidad de 20 kilómetros por hora; que el peso total no fuese superior a 50 libras; la fuerza, suficiente para una hora, y el tiempo de recuperación, después de una hora de servicio, fuese de cinco minutos. Otro quería accionar un tambor, tostador de café, y se extrañó de que se le contestara a su pregunta diciéndole que, en primer lugar, tenía él que proporcionarse la energía necesaria. Como quiera que estas consultas se amontonaban, y contestar a cada una hubiese sido interminable, se dió más tarde a todos una respuesta corta y precisa, diciendo que la casa Siemens y Halske no se ocupaba de la fabricación ni de la venta de electromotores.

A fines del decenio de 1880 nacieron en Alemania las primeras fábricas de electricidad, cuya energía, de todas formas, sólo podían suministrar a pequeñas distancias, de modo que la corriente continua alcanzó muy baja tensión. Poco a poco, fué también fabricándose material de instalación apropiado, de manera que su empleo, para fines de alumbrado y fuerza, se extendió sucesivamente. Los generadores para las fábricas de electricidad fueron cada vez mayores y alcanzaron, por el año 1890, una potencia de algunos cientos de caballos.

De la corriente alterna sentían desconfianza hasta los mismos especialistas, principalmente porque creían no se podría prescindir de los acumuladores. El mayor ensayo de transporte de energía con corriente alterna, que tuvo lugar con ocasión de la Exposición de Frankfurt, en el año 1891, en el cual fué transportada la energía de un salto de agua, con corriente alterna de alta tensión, a una distancia de 175 kilómetros, demostró que esta clase de corriente era el medio más apropiado para la realización de la finalidad que Werner Siemens se había propuesto con su invento, o sea la de llevar la energía desde los sitios en donde puede disponerse de las fuerzas naturales, hasta los de consumo.

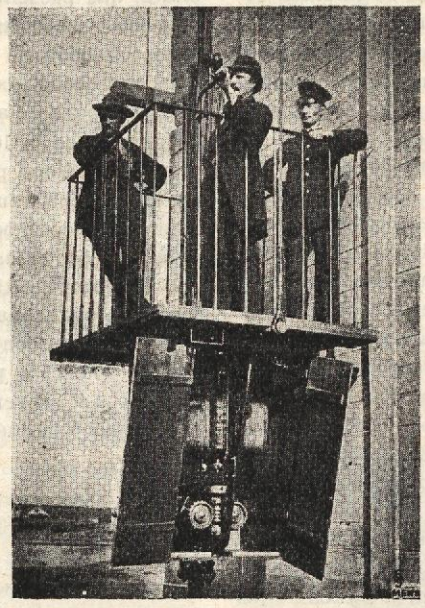


Fig. 9.
El primer ascensor eléctrico del mundo, accionado por una máquina tipo D (1880).

Información General

JUNTA CENTRAL DE LA ASOCIACION ELECTROTECNICA ESPAÑOLA

A principios del pasado mes de marzo se reunió la Junta Central de la Asociación Electrotécnica Española. Bajo la presidencia de don Carlos Laffitte, asistieron don Germán de la Mora, Presidente de la Cámara Oficial de Productores y Distribuidores de Electricidad; don Eduardo Carvajal Acuña, Director general de Minas y Director de la Asociación para el Fomento de Aplicaciones de la Electricidad "A. F. E."; el Coronel de Artillería don Santiago Gotor Ainsa, Presidente de la Agrupación de Barcelona de la Asociación Electrotécnica; don Antonio Gibert Salinas, Ingeniero Jefe de los Servicios Eléctricos de la Red Nacional de Ferrocarriles, y otros destacados elementos de la electrotecnia española, que constituyen la Junta Central del Organismo citado.

Entre diversos acuerdos de trascendencia para el desarrollo de las aplicaciones de la electricidad en nuestro país, se aprobó la inmediata publicación de las Normas de la Asociación Electrotécnica para diversas clases de maquinaria e instalaciones. El otorgamiento de la marca de calidad de la Asociación Electrotécnica para los aparatos de uso doméstico, ha sido confiado a la Sección A. F. E. de la misma.

LA COMPAÑIA DE TRANSPORTES MARITIMOS, S. A., CAMBIA DE NOMBRE

Como saben nuestros lectores, recientemente se había formado una Sociedad Naviera que recibió por nombre "Transportes Marítimos, S. A." y que ya en su corta vida ha contratado la construcción de dos hermosas unidades con la Sociedad Española de Construcción Naval. Recientemente se ha acordado por los elementos que componen la citada Sociedad sustituir su primitivo nombre por el de "Naviera de Exportación Agrícola, S. A." (N. E. A. S. A.). El principal negocio de esta Sociedad sigue siendo el transporte de frutas, especialmente desde nuestras costas peninsulares e insulares al Continente europeo.

¿SE DECIDE EL SALVAMENTO DEL "NORMANDIE"?

Leemos en la prensa diaria que las autoridades navales americanas han decidido llevar a cabo el salvamento del transatlántico "Normandie", que, como recordarán nuestros lectores, se fué a pique en la bahía de New-York, como consecuencia de los desacertados trabajos de extinción del incendio que se declaró a bordo de este buque.

Se ha encargado de los trabajos de salvamento la "Merrit Campan & Scott Compani", empresa neoyorkina especializada en esta clase de trabajos. Para emprender el salvamento ha sido habilitado un crédito de cinco millones de dólares.

CONTRATORPEDEROS DE ALUMINIO

Leemos en la Revista "Metalurgia y Eléctricidad" correspondiente al mes de enero de 1942, que el Ministerio de Marina de los Estados Unidos anuncia que actualmente estudia la construcción de un contratorpedero de aluminio, capaz de desarrollar una velocidad de 52 nudos.

No podemos, naturalmente, responder de la veracidad de la noticia; sin embargo, la información es verosímil, porque la necesidad de reducir el peso del casco en los modernos destructores es cada vez mayor, conforme se van adquiriendo velocidades más altas. El peso de la maquinaria también se ha reducido muy notablemente en las últimas construcciones, llegando en los grandes buques a construir las envueltas de las turbinas de B. P. y las cajas de engranes, de acero soldado.

Lo que verdaderamente nos cuesta creer, dados los tipos de buques más modernos de cuya construcción tenemos noticias, es que el barco a que hace referencia la noticia aludida, llegue a alcanzar la velocidad de 52 nudos. Para esto, por pequeño que sea el desplazamiento total del destructor, habrán de requerirse potencias del orden de los 200.000 HP., que, ni aun montando maquinaria del tipo más moderno, reduciendo a un mínimo el peso del casco y sacrificando hasta el límite el armamento, podrán encajarse en el desplazamiento total de un buque que pueda llamarse contratorpedero.

Lo que sí puede asegurarse es que desde hace unos cuantos meses, la fiebre de la velocidad se ha apoderado de los Almirantazgos de las naciones beligerantes. Ha de ser muy interesante seguir el desarrollo de los futuros barcos de guerra inspirados según esta directriz.

PROBABLE CONSTRUCCION DE DOS TRASATLANTICOS PARA LA COMPAÑIA VASCO-ANDALUZA (IBARRA)

Llegan hasta nosotros noticias de que la Gerencia de la Compañía Vasco-Andaluza (Ibarra), sostiene activas conversaciones con la Gerencia de la Sociedad Española de Construcción Naval, encaminadas a firmar el contrato de construcción de dos hermosos trasatlánticos, de unas 17.000 a 20.000 toneladas de desplazamiento. Estas negociaciones parecen estar ya tan adelantadas, que pronto esperamos que la Compañía Ibarra presente la oportuna instancia de permiso de construcción, y que, por lo tanto, se firme el contrato en un plazo breve.

Tenemos entendido que el proyecto definitivo aún no está redactado, pero que se trabaja en él activamente en las oficinas técnicas de la Sociedad Española de Construcción Naval, en sus astilleros y talleres de Bilbao, que es la factoría que habrá de construir estas dos unidades.

Desde hacía tiempo (ya va para dos años) la Compañía Ybarra había notado la necesidad de dotar a su hermosa flota de dos trasatlánticos de tonelaje medio, destinados a reforzar nuestras comunicaciones con Suramérica en la línea de Brasil-Río de la Plata, pasando por Canarias y, en tiempos normales por lo menos, por Barcelona-Marsella-Génova. Los dos trasatlánticos que actualmente hacen esa línea (el "Cabo de Buena Esperanza" y el "Cabo de Hornos") parecen insuficientes, si se tiene en cuenta la enorme importancia de esa línea y las necesidades materiales y espirituales que nuestra Patria tiene de comunicación con la América española.

Las características de estas unidades aún no se encuentran totalmente definidas, y aunque se han elaborado ya algunos proyectos, no parece que se haya llegado a la total definición de las mismas. La última palebra corresponderá, naturalmente, a nuestras Autoridades en este asunto de vital importancia para España. El tonelaje habrá de oscilar, como decimos más arriba, entre las 17.000 y las 20.000 toneladas, y la velocidad variará seguramente entre los 17 y los 20 nudos. Los buques habrán de estar dotados de los adelantos más modernos en trasatlánticos de su clase, tanto por lo que se refiere a la construcción metálica de los cascos, como en lo referente a la acomodación del pasaje y tripulación, elementos de carga y descarga, bodegas y aparato propulsor. Seguramente se empleará la propulsión por motores Diesel, que podrán ser construídos por los talleres de Sestao, que actualmente tienen entre manos la construcción de tres motores de 7.000 HP. cada uno. Esta obra habrá de servir para aumentar la ya grande práctica y entrenamiento que esta factoría atesora, en la construcción de grandes motores, cuyo tipo es parecido al de los que habría de construir para los trasatlánticos que nos ocupan. Además, las importantes ampliaciones que se tienen en estudio y que habrán de llevarse a la práctica en breve plazo, pondrán en condiciones a los talleres de Sestao para terminar esta nueva obra en el plazo necesario a la construcción total de los trasatlánticos.

El coste de construcción de las dos unidades habrá de oscilar entre los noventa y los cien millones de pesetas.

Esta noticia nos llena de profunda satisfacción y nos enorgullece, primeramente como españoles y después como técnicos navales, por representar un importante esfuerzo, que es posible realizar dada la madurez técnica e industrial de nuestros astilleros. Dios haga que pronto podamos ver terminados estos hermosos buques, que tantos beneficios materiales y espirituales han de reportar a nuestra amada Patria.

LA ACTIVIDAD CRECIENTE DE LA FLOTA MERCANTE PORTUGUESA

Leemos en el "Genie Civil" del 20-27 de diciembre de 1941 que distintos armadores portugueses han encargado unas 220.000 toneladas de buques nuevos, para su flota de comercio, a varios astilleros americanos y japoneses. Esta orden abona la tendencia de desarrollo que la Marina Mercante portuguesa experimenta desde el comienzo de la actual guerra.

El tráfico marítimo de los puertos portugueses ha crecido mucho; así, el número de entradas y salidas en el puerto de Lisboa durante el año 1940 ha sido de 450 llegadas y 300 salidas más que en el año 1938. También se han puesto en servicio unos 22 buques de carga ya viejos, que estaban amarrados, y se han dedicado a la navegación unos 2.800 tripulantes, instruídos rápidamente y escogidos entre los jóvenes portugueses, que han embarcado entremezclados con dotaciones ya hechas.

El tráfico marítimo principal en Portugal es, según

la Revista aludida, entre los puertos de la metrópoli y los neutrales de Africa, de Angola y por El Cabo hasta Mozambique, con escalas en Lagos y en El Cabo.

Es muy interesante la observación del desarrollo de la navegación portuguesa, pues según nuestras noticias ha habido conversaciones entre entidades armadoras de esta nación hermana y poderosos astilleros españoles, relativas a la posible construcción de unidades para la Marina Mercante de aquel país. El hecho de que haya habido que desamarrar 22 buques que estaban prácticamente abandonados por inútiles indica la gran necesidad de tonelaje a flote que tiene Portugal; por otra parte, en todos los países beligerantes o neutrales, y aun en la misma España, se nota esa apremiante necesidad de buques. Pudiera ser que estas circunstancias fueran la causa de la reanudación de las conversaciones aludidas.

CONTRATO DE CONSTRUCCION DE UN BUQUE DE CARGA PARA LOS ASTILLEROS DE ECHEVARRIETA Y LARRINAGA (CADIZ)

Conforme anunciamos a nuestros lectores en el número de marzo pasado de INGENIERÍA NAVAL, existían conversaciones entre las gerencias de los Astilleros de Echevarrieta y Larrinaga, como constructores, por un lado, y la Compañía Ibero-Americana de Navegación, como entidad armadora, por otro, con relación a la posible construcción de un buque de carga de unas 5.500 toneladas de peso muerto, destinado al cabotaje nacional.

Hoy nos es grato comunicar a nuestros lectores que estas conversaciones han llegado a feliz término, dando como resultado la firma del contrato de un buque cuyas principales características son las siguientes:

Eslora	104,25 m.
Manga	14,65 m.
Puntal	7,85 m.
Calado al disco de máxima carga	6,59 m.
Desplazamiento en máxima carga, al disco.	7.610 tons.
Peso muerto	5.790 tons.
Potencia de máquina	2.000 IHP.
Velocidad en servicio	11 kn.
Velocidad en pruebas a media carga	12 kn.

El buque estará propulsado por una máquina Christiansen & Mayer, dispuesta para admitir vapor a 17 kgs/cm². y a una temperatura de unos 350° C. Con la introducción normal la máquina debe desarrollar 2.000 IHP., a una velocidad de giro de 200 r. p. m. Como es sabido, la principal particularidad de esta patente consiste en el sentido uniflujo del vapor dentro de los cilindros, lo cual reduce a un mínimum el efecto de paredes. Se trata de elementos yuxtapuestos, compuestos cada uno de un cilindro de alta y otro de baja presión.

Suministran vapor a esta máquina y a las auxiliares dos calderas tipo La Mont de circulación forzada y dispuestas con parrilla plana para quemar carbón nacional. Se monta además una caldereta cilíndrica, que suministra vapor a unos 10 kgs/cm².

Este tipo de maquinaria es similar al que en la actualidad se está construyendo en los talleres de Bilbao de la Sociedad Española de Construcción Naval para todos los buques fruteros que a su vez se construyen en los distintos astilleros españoles, y que ya alcanzan el número de siete unidades: cinco que debe construir la Sociedad Española de Construcción Naval, en Sestao, y dos adjudicados a la Unión Naval de Levante, en Valencia.

Como decíamos a nuestros lectores, con esta construcción reanudan sus actividades navales los Astilleros de Echevarrieta, que durante un largo período de tiempo se han dedicado a otros trabajos, principalmente de material ferroviario. Esperamos que esta orden sea el comienzo de una época muy activa de construcciones navales en los astilleros gaditanos.

BOTADURA DEL BUQUE COSTERO "MARIBEL"

El día 7 de marzo, y en los astilleros del Cantábrico, de Gijón, propiedad de don Angel Riva Suardíaz, ha tenido lugar la botadura del buque costero "Maribel", del cual es armador el ingeniero naval citado Sr. Riva.

Se trata del buque primero de una serie de dos gemelos, que se construyen en dichos astilleros, y que tienen aproximadamente las siguientes características:

Eslora entre perpendiculares, 40,80 m.
Eslora máxima, 43,38 m.
Manga fuera de miembros, 8 m.
Puntal, 3,30 m.
Calado máximo medio, en carga, 3,01 m.
Diferencia de calados en lastre, 1,39 m.
Tonelaje del R. B., 398,53 tons. m.
Tonelaje neto, 297,23 tons. m.
Desplazamiento en lastre, 238 tons.
Peso muerto, 500 tons.
Potencia del motor, 330 H. P. e.
Velocidad en lastre, 9,5 millas h.
Velocidad en carga, 8,5 millas h.

El aparato propulsor consiste en un motor Crossley-Brother's de unos 300 B. H. P., reformado para los servicios de este buque. Los auxiliares principales son: un grupo independiente motor-dínamo instalado en la cámara del motor propulsor, un grupo motobomba y otra dínamo movida por el eje portahélices.

El buque fué botado con toda la instalación de maquinaria a bordo, y en un estado tan notable de ade-

lanto, que estimamos estará listo para navegar en muy breves días.

En un próximo número de INGENIERÍA NAVAL daremos más detalles de este buque.

BOTADURA DEL QUINTO BACALADERO PARA LA P. Y. S. B. E.

En el pasado mes de marzo ha tenido lugar, en los astilleros que posee en Sestao la S. E. de Construcción Naval, la botadura del quinto de los bacaladeros que para la P. Y. S. B. E. construye dicha entidad.

La botadura se efectuó sin ceremonia especial y con resultado plenamente satisfactorio, desde el punto de vista técnico, a pesar de la dificultad provinente de la mala calidad del sebo usado, por la imposibilidad de importación de estos productos. El buque recibió por nombre el de "Tornado".

En el mes de abril espera la S. E. de Construcción Naval poder efectuar la botadura del sexto y último de estos buques.

DIFICULTADES EN EL SALVAMENTO DEL "NORMANDIE"

Según nos enteramos por los corresponsales extranjeros de la Prensa diaria, las operaciones de salvamento del "Normandie" presenta enormes dificultades de orden técnico y material. No tenemos noticias concretas provinentes de personal docto sobre cuáles puedan ser estas dificultades; pero presumimos que la principal de todas ellas debe ser la necesidad de adrizar el buque, que, como es sabido, se encuentra varado sobre una banda.

Esta operación de adrizado presenta muchas dificultades en un barco del tonelaje del "Normandie", sobre todo si no se dispone de una playa con inclinación suave. El buque parece que se encuentra descansando sobre su costado de babor en un fondo fangoso y pedregoso y que ha formado cama, por lo cual resulta muy difícil vencer el momento necesario para el adrizado. Durante el salvamento del destructor "Ciscar" (primero de los grandes éxitos de la Comisión de la Armada para el Salvamento de Buques) hubo necesidad de efectuar la operación de adrizamiento, que pudo ser llevada a cabo con felicidad debido al fondo escaso y a la pequeña inclinación de la playa en donde descansaba el buque. Por otra parte, el trasatlántico "Fernando Póo", que en la actualidad se encuentra hundido en la costa de Africa y descansando también sobre su costado, presenta tales dificultades, que hacen que su salvamento sea problemático.

Las dificultades que encuentra la Compañía encargada del salvamento del "Normandie" son tan grandes, según nuestras noticias, que, en opinión de los técnicos norteamericanos, el coste de los trabajos no parece que puedan compensar de una manera económica el aprovechamiento futuro de la que fué la más hermosa unidad de la Marina mercante mundial. Por esta razón es muy posible que se abandone definitivamente el buque o que sea desguazado "in situ".

La pérdida de este buque representaría la desaparición de uno de los más hermosos trasatlánticos que el genio humano ha construído.

Revista de Revistas

BUQUES MERCANTES

LA FLOTA COMERCIAL ESPAÑOLA EN 1941, SEGUN LA ESTADISTICA OFICIAL, por Juan B. Robert. (*Nueva Economía Nacional,* 19 febrero 1942.)

En el año 1940, la Dirección General de Comunicaciones Marítimas no publicó Anuario de la Marina Mercante Nacional. Pocas modificaciones se han registrado desde aquel año hasta el presente momento; ni es posible comprar buques en el extranjero, ni los Astilleros españoles pueden construirlos actualmente con el volumen de su rendimiento en época normal. Así es que los efectivos de la flota comercial española permanecen prácticamente los mismos al empezar el año de 1942 que en la primavera de 1939. Si acaso, se han reparado un buen número de barcos salvados por los trabajos beneméritos de la Comisión de la Armada para el Salvamento de Buques.

Tampoco se ha publicado la lista oficial del año 1941, editándose en su lugar un suplemento con el mismo formato que el del año 1939, que recoge en sus páginas las alteraciones registradas en nuestra flota hasta el 30 de junio de 1941.

Escasas son las altas de nuevos buques abanderados en España que contiene el suplemento aludido. Mayor es, en cambio, el capítulo de bajas, aun computando tan solo aquellos buques mayores de 1.000 toneladas. Las hay por hundimiento durante la guerra de liberación, que se refieren a fecha anterior al año 1939, por naufragio o causa de accidente de navegación, por desguace, y perdidos por causas de la guerra actual, en su mayor parte por choque con minas.

Entre las primeras bajas figuran el vapor "Argentina", de la Compañía Trasatlántica, con 10.137 toneladas; el "Cabo Tres Forcas", que ya ha vuelto a ser alta; el "Fernando Póo", de la Transmediterránea, de 6.915 toneladas, semihundido y abandonado en la costa occidental de Africa y cuyo salvamento se estudia en la actualidad; en fin, como baja definitiva vapores como el "Sac 5", "Cabo Cullera", "Vicente la Roda", "Villamanrique", "Roberto R." y "Betis"; en total: 110.016 toneladas.

En el segundo concepto se incluye el trasatlántico a motor "Cabo San Antonio" y los vapores "Delfina", "Hércules" y "Monte Aralar"; en total: 22.235 tons

Se han desguazado los vapores carboneros "Deva", "Mina Carrio" y "Numa"; total: 7.539 toneladas.

Y por causas dimanantes de la guerra actual, según los datos contenidos en el suplemento, fueron baja los vapores "Mari", "Margari", "Santurce", "Sabina", "Banderas", "Monte Moncayo" y "Cabo Tortosa", además de cuatro buques menores de 500 toneladas. En total, 24.355 toneladas.

Debe consignarse, además, que repasando la lista oficial, el autor del artículo de referencia encuentra algunos buques inexistentes o inútiles, de los cuales, sin embargo, hay constancia en las Comandancias de Marina. Hay también muchos buques viejos, que en tiempos normales estarían al margen de todo tráfico, pero que hoy son elementos aprovechables. El desgaste de material flotante de todas las Marinas, que está operando la guerra en condiciones superiores a la otra guerra mundial, ha valorizado en grado increíble a los más veteranos navíos, por lo cual, a pesar de todas las dificultades, nuestra flota ha alcanzado en estos años una plusvalía insospechada.

Pero, además, con buenas medidas de gobierno como el establecimiento del crédito naval, ya instaurado en España, la ordenación de la construcción naval en el régimen de la Marina Mercante y el auge que está tomando la construcción de buques en los Astilleros nacionales, hay suficiente base para mirar el porvenir con plena confianza en el resurgimiento de la Marina Mercante cuando la paz alboree.

GRANDES BUQUES-TANQUES, por el Ingeniero diplomado, profesor Doctor Heinrich Herner. (*Schiffbau,* 1 de febrero de 1942.)

Entre los programas de reconstrucción y desarrollo de la nueva economía, que después de la guerra se han de acometer en Alemania y en los demás países europeos, uno de ellos, y quizá el más principal, ha de ser el de construcción de una Marina Mercante poderosa, con la rapidez necesaria para evitar el colapso, que forzosamente ha de producirse en el comercio marítimo a la terminación de las hostilidades. Para esto se precisará la construcción ordenada y tipificada de buques de las clases más necesarias.

La construcción de buques-tanques seguramente se ha de organizar en forma normalizada, y para la orientación de los lectores en este sentido, el autor del artículo de referencia desarrolla el tipo del gran petro-

lero de unas 15.000 toneladas de peso muerto, que seguramente ha de ser uno de los principales de esta clase de buques.

Para ello se basa en la experiencia adquirida por los Astilleros alemanes que, según el autor, desarrollaron el proyecto del primer buque destinado al transporte exclusivo del petróleo, terminando en el año 1913 los petroleros "Loki" y "Hagen", propulsados por motor Diesel, y con posterioridad han construído una serie muy numerosa de buques especiales de esta clase. Ultimamente se ha desarrollado, poco antes de empezar la actual guerra, un tipo "standard" de 15.000 toneladas métricas de carga, cuyos planos han sido adoptados por Astilleros alemanes y extranjeros. De este tipo se han construído buen número de buques para la "Standard Oil C°". Por el excelente resultado obtenido con este modelo se publican, a continuación, las principales características, que pueden ser de mucho interés para los lectores:

Se trata de un modelo de 15.000 toneladas de carga, que tiene las siguientes dimensiones:

Eslora en la flotación	151,50 m.
Manga	21,30 m.
Puntal	11,30 m.
Calado.....	9 m.
Arqueo bruto	alrededor de 10.390 Tons.
Arqueo neto	" 5.990 "

El buque está propulsado por un motor único de dos tiempos, simple efecto, marca Krupp, que con una potencia de 3.600 BHP, proporciona al buque una velocidad de 12,5 kn.

La construcción es, según el sistema Isherwood, de elementos longitudinales, y su casco se encuentra dividido por dos mamparos longitudinales, en tres regiones; que, a su vez, dividen diez mamparos transversales en 27 tanques de carga, con una capacidad total de unos 20.000 m³. El doble fondo también está habilitado para llevar aceite y agua. Los tanques de carga están separados de los de agua por medio de "coferdans", y tanto los mamparos longitudinales como los transversales se extienden desde el doble fondo hasta la cubierta principal.

En medio de los tanques de carga y separados por mamparos estancos transversales, se encuentra la Cámara de Bombas, cuya capacidad conjunta es de 1.450 toneladas-hora. Los tanques de carga están agrupados por cada par de mamparos transversales y unidos entre sí por medio de tuberías para gases, provistas de válvulas automáticas de presión y vacío. Desde éstas se produce la aspiración en la línea de carga a proa o hacia popa, y están comunicadas por medio de tuberías de ventilación hasta lo más alto de los palos, a fin de que los gases tengan salida en un lugar no peligroso.

Se dispone también por encima de la cubierta de los tanques de carga una tubería provista de 18 toberas, que proporciona un riego de agua destinado a la refrigeración de las chapas de la misma en tiempos muy calurosos.

En las disposiciones que reproducimos se puede ver la habilitación de la tripulación y los demás espacios destinados a los servicios. Encima de la cubierta principal se encuentran las tres superestructuras principales, que abarcan la totalidad de la manga. La maquinaria, como en casi todos los barcos de este tipo, se encuentra alojada a popa; los alojamientos de oficiales y tripulación se encuentran, parte en la superestructura del puente, y parte en la toldilla, cerca de los guarda-calores de máquinas.

Se ha empleado la soldadura en gran escala, a fin de abaratar la construcción y poder repartir mejor el trabajo en los Astilleros.

El timón es fusiforme y de tipo semicompensado; descansa sobre dos chumaceras recubiertas de goma, especialmente resistentes, que se alojan en poderosos tinteros unidos al codaste. En el artículo de referencia se publican las dimensiones principales de la cuaderna maestra, insertando un interesante dibujo con todo detalle sobre la construcción de la misma y dando las dimensiones de la mayor parte de los perfiles que constituyen estos elementos, el forro exterior y el remachado.

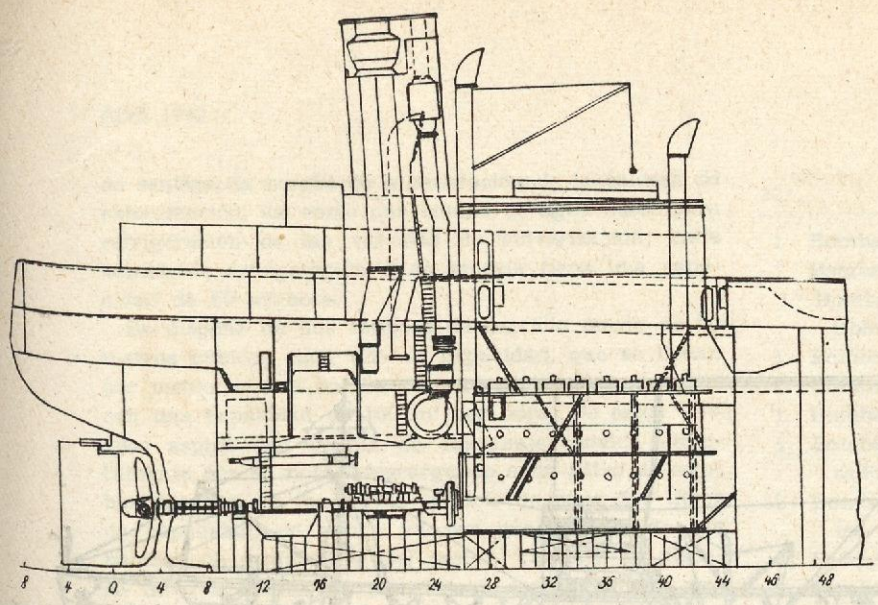
También se publica el plano de formas y los perfiles de la roda y el codaste. A estos detalladísimos planos remitimos a nuestros lectores interesados en la construcción de petroleros de gran tonelaje de porte.

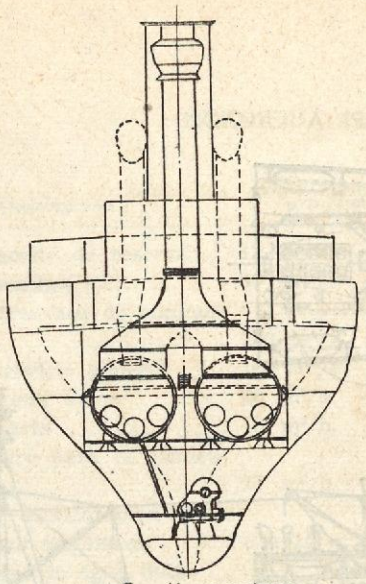
El motor principal tiene 8 cilindros, de dos tiempos y simple efecto, que descargan a una caldera de exhaustación, de la cual se alimentan durante la navegación las máquinas auxiliares necesarias a la propulsión, así como el servo-motor del timón. Para el servicio de puerto se disponen en la caldera de exhaustación unos mecheros apropiados para quemar combustible directamente.

El motor desarrolla 3.600 BHP, a 110 r. p. m.; es de inyección directa, según el conocido sistema Archaouloff (consistente en aprovechar la presión de compresión para actuar sobre una bomba con pistón diferencial que inyecta el combustible). Tiene la placa de asiento montada directamente sobre el doble fondo (sistema Tank-Top) sin polines. Como casi todos los motores de su marca, tiene una bomba de barrido para cada dos cilindros, movida por un potente brazo desde una cruceta motora. El mecanismo del telégrafo de máquinas tiene un enclavamiento con el volante de inversión y la palanca de arranque por aire, que impide cualquier error en la interpretación de las órdenes recibidas del puente.

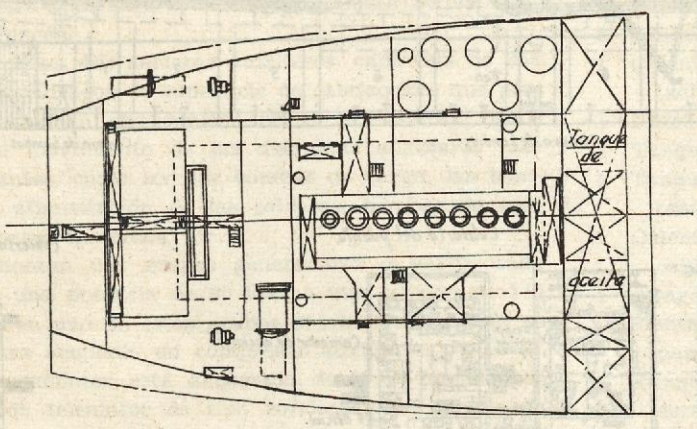
Por lo demás, los mecanismos principales siguen las normas de los grandes motores Krupp de dos tiempos. La refrigeración del motor se efectúa por medio de agua dulce, que es, a su vez, refrigerada por agua de mar, en un refrigerador apropiado.

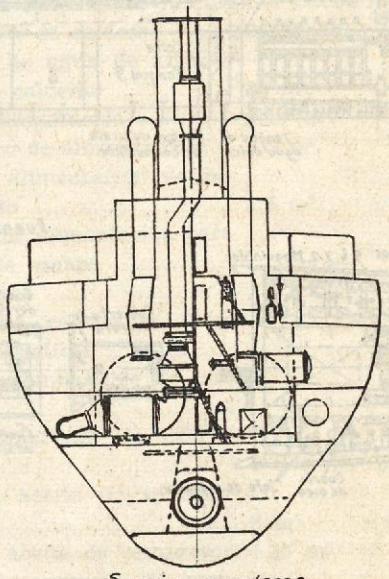
Los servicios y las máquinas auxiliares han sido objeto de un cuidadoso estudio. Se dispone primeramente de un compresor de dos fases, movido por una máquina de vapor capaz de aspirar 8,5 m³ y destinado al aire de arranque. Se dispone, además, de 8 bombas de pistón de simple efecto, movidas por cadena desde el eje; estas bombas son para refrigeración de los cilindros, de los pistones de la máquina, la bomba



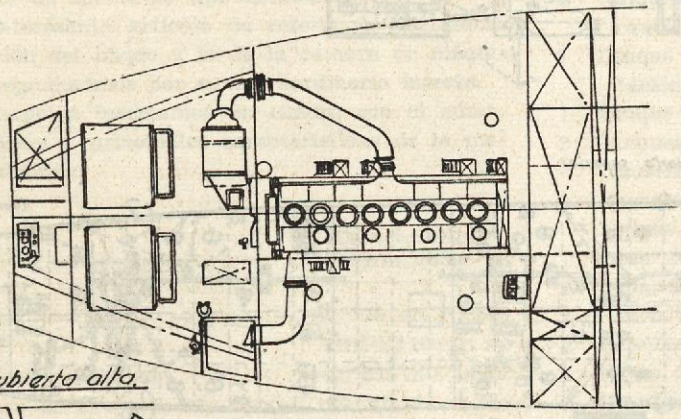


Seccion cuaderna 19 mirando a popa.



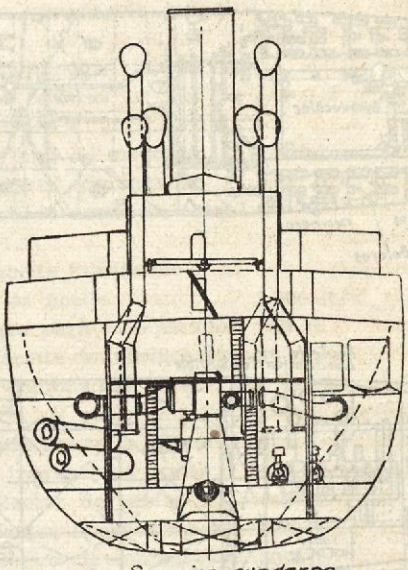


Seccion cuaderna 26 mirando a popa

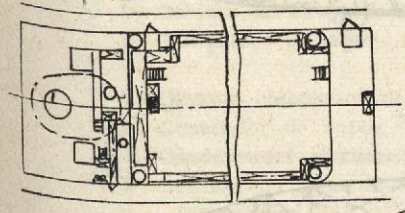


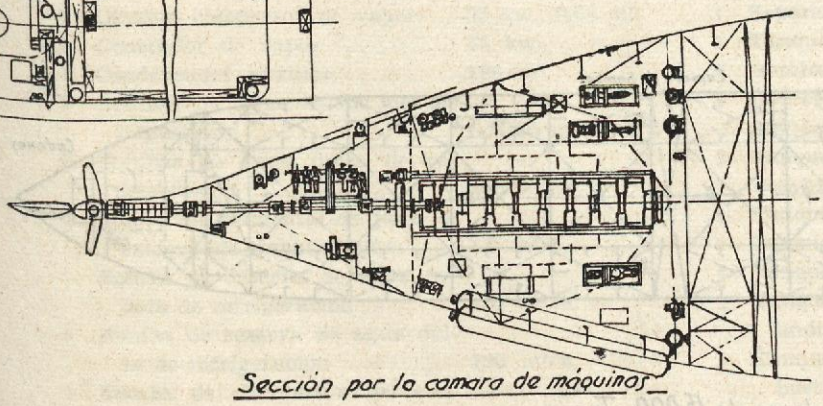
Seccion por la cubierta alta.

Seccion por la plataforma.



Seccion cuaderna 43 mirando a popa.

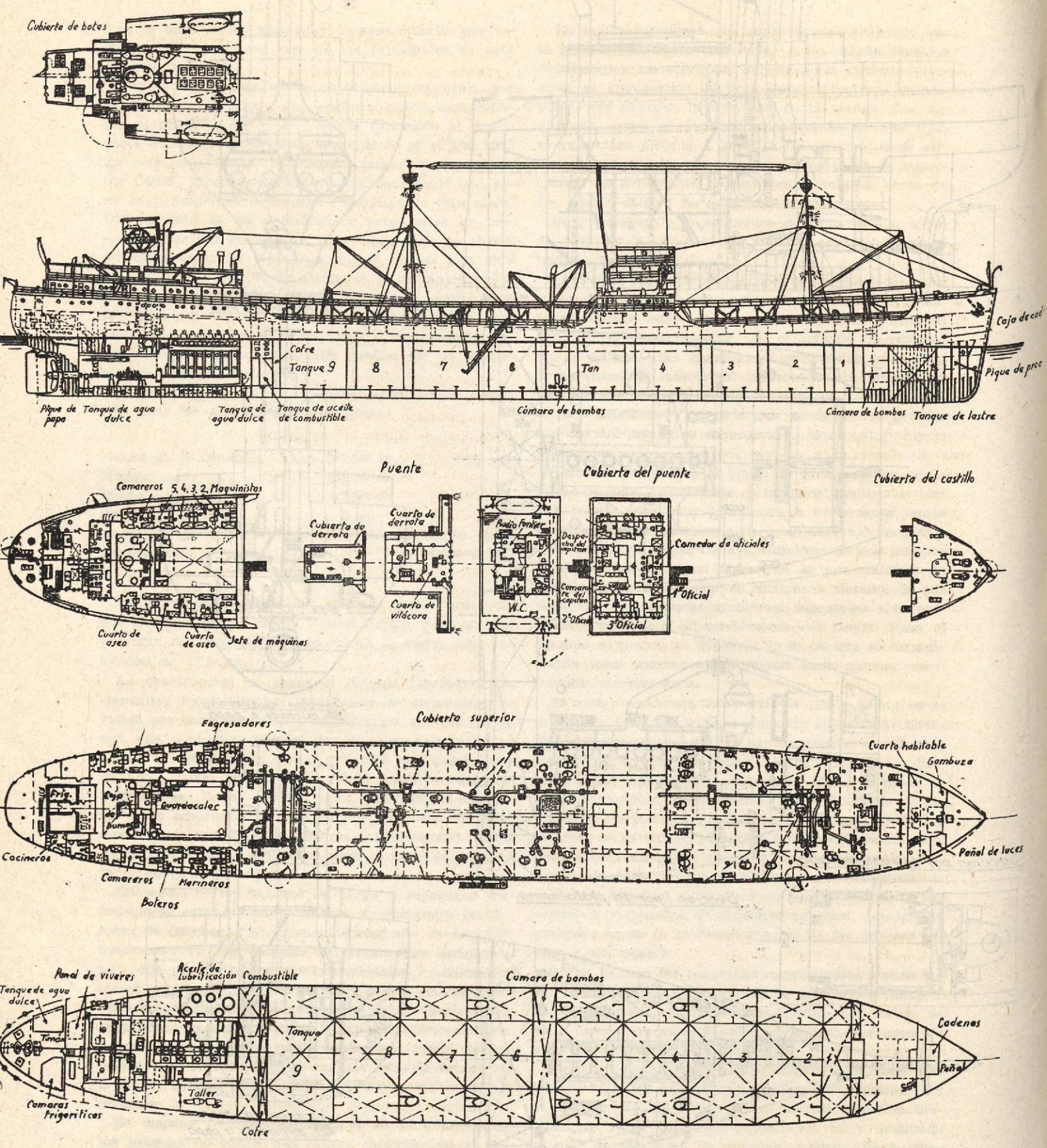




Seccion por la camara de máquinas

Maquinaria para un buque de unas 15,000 tons.

PROTOTIPO TANQUE.



Disposición del Petrolero de 15.000 Tns

de sentina, la bomba de alimentación de la caldera de exhaustación, así como una bomba de agua dulce para refrigeración de las válvulas de pulverización; cada bomba de refrigeración o de sentina tiene una capacidad de 50 m³/hora.

Se dispone de dos tanques de servicio diario de 20 metros cúbicos cada uno de capacidad, que se llenan por medio de una bomba de trasvase movida a vapor, con una capacidad de 100 m³ por hora. De estos tanques aspira una bomba de engranaje movida directamente por el motor, descargando a un filtro de combustible y a un tanque de servicio de unos 500 litros de capacidad, de donde va por gravedad hasta las bombas de combustible del motor. También se dispone de una bomba de lubrificación de engranaje, que sirve para trasvasar el aceite provinente de los tanques-almacén.

Se montan dos calderas auxiliares, cada una de 233 metros cuadrados de superficie de calefacción, que producen vapor a una presión de 14 atmósferas, destinado al movimiento de las máquinas auxiliares más importantes, como son las bombas de carga, las bombas de alimentación de las calderas, bombas de sentina, contra incendios, etc.

Se montan dos grupos generadores a vapor, cada uno de una potencia de 30 kw., a una tensión de 115 voltios; en uno de estos grupos dínamo-generadores se encuentra acoplado un compresor auxiliar.

El servomotor está accionado desde el puente por medio de telemotor de tipo corriente. Se dispone de un molinete de anclas de tipo horizontal.

En el interesante artículo de referencia se inserta la disposición del buque y la de la cámara de máquinas, que reproducimos por su extraordinario interés.

A continuación insertamos un cuadro con el número, descripción y principales características de la maquinaria auxiliar:

N.º	Descripción	Características principales
1	Motor principal	65/125 cm., 3.600 BHP., 110 r. p. m.
2	Calderas auxiliares	c/u 255 m², 14 at.
1	Caldera de exhaustación	130 m², 14 at.
1	Compresor a vapor	77 BHP., 350 r. p. m.
1	Dínamo compresor de vapor	35 kw., 0,68 m³.
1	Generador de vapor	35 kw.
1	Condensador auxiliar	186 m².
3	Bombas de agua salada de refrigeración	c/u 60 m³/h.
3	Bombas de agua dulce de refrigeración	c/u 60 m³/h.
1	Bomba de alimentación para la caldera de exhaustación	1,5 m³/h.
1	Bomba de reserva de agua salada de refrigeración	153 m³/h.
1	Bomba de reserva de agua dulce de refrigeración	120 m³/h.
1	Bomba de circulación del condensador	510 m³/h.
1	Bomba de aceite de reserva	42 m³/h.
1	Bomba de sentina	60 m³/h.
1	Bomba de trasvase de combustible	100 m³/h.
1	Bomba de servicio general	105 m³/h.
1	Bomba de agua dulce	10 m³/h.
1	Bomba sanitaria	10 m³/h.
1	Bomba de aire para el condensador	17 m³/h.
2	Bombas de alimentación para las calderas auxiliares	c/u 15 m³/h.
2	Refrigeradores de agua dulce	—
1	Planta evaporadora	2,7 Tm/24 H.
2	Ventiladores de calderas	c/u 11.000 m³/h.
1	Precalentador de caldera	28/30 m².
1	Calentador de agua de alimentación de calderas	10 m².
1	Filtro de alimentación	1,49 m².
1	Tanque filtro de alimentación	3,5 m³.
1	Tanque de alimentación de rebosamiento	1,3 m³.
1	Calentador de alimentación para caldera de escape	—
1	Apaga-chispas	—
1	Planta bomba - calentador - filtro para combustible	—
1	Tanque de combustible de calderas	11 m³.
2	Tanques almacenes de lubrificante	c/u 6 m³.
1	Tanque de aceite de sedimentación	8 m³.
1	Tanque de aceite de compresor	1,15 m³.
2	Tanques de consumo de combustible	c/u 21 m³.
1	Aparato de levantar la maquinaria	3 Tm.
1	Mesa de maquinista	—
2	Tanques de retorno	c/u 9,5 m³.
1	Banco de trabajo	—
2	Botellas de aire de arranque	c/u 14 m³.
1	Filtro de aceite combustible	—
1	Refrigerador de aceite de lubrificación	—
1	Filtro de aceite lubrificado	—
1	Separador de aceite	1.500 lt/h.
1	Tanque sucio para el separador	750 lt.
1	Bomba de aceite de lubrificación	30 m³/h.
1	Bomba de combustible	1 m³/h.
1	Polipasto	5 Tm.
2	Tanques para aceite de cilindros	c/u 6 m³.
1	Bomba de trasvase de aceite	0,6 m³/h.
1	Tanque colector de aceite	640 lt.
1	Tanque colector de condensación	640 lt.
1	Tanque colector de combustible	500 lt.
1	Tanque almacén de aceite de cilindros	200 lt.
1	Tanque almacén de aceite combustible	500 lt.
1	Eyector con condensador	—

CONSTRUCCION NAVAL ALEMANA DE EXPORTACION (dragas), por el Ingeniero diplomado Curt W. Eichler. (*Schiffbau*, 1 febrero 1942.)

La Revista aludida publica un interesante artículo sobre la construcción en Alemania de dragas de todas clases, tanto de rosario como de succión.

Se describen primeramente varios tipos distintos de dragas, insertando a continuación los planos de disposición, fotografías y características principales de cada uno de ellos. Estos tipos son los siguientes:

1.° Draga rosario corriente para cargar gánguiles:

Eslora en cubierta	26 m.
Manga	6 m.
Puntal	2,25 m.
Calado	1,25 m.
Dragado efectivo	200 m³/h.
Profundidad de dragado	8 m.
Capacidad de los cangilones	180 lt.
Cangilones por minuto	24,5
Potencia del motor	100 BHP.
Velocidad del motor	320 r. p. m.
Motor del molinete	20 BHP.

La draga no está propulsada y el rosario está accionado por una máquina Diesel.

2.° Dragas rosario con descargadero automático a ambas bandas para descargar sobre las orillas de canales:

Eslora en la flotación	25,4 m.
Manga	12 m.
Puntal	1,65 m.
Idem máximo en la maestra	1,9 m.
Calado medio	1,20 m.
Dragado efectivo	200 m³/h.
Capacidad de los cangilones	300 lt.
Cangilones por minuto	17
Longitud de los canales de descarga.	28 m.
Angulo	13°
Profundidad de dragado	6 m.
Potencia de la máquina	160 IHP.
Velocidad	130 r. p. m.
Máquina auxiliar de barrido	45 IHP.

Una vez que el fango se encuentra descargado por los cangilones, resbala por las vertederas los 28 m. de longitud, auxiliado por la corriente de barrido proveniente de una centrífuga de 800 m³/h., movida por la máquina auxiliar.

Toda la maquinaria es de vapor y está alimentada por dos calderas de 55 m² c/u. de superficie de calefacción a 10 kgs./cm².

3.° Draga helizoidal de trepanadora, con romperocas en la proa:

Eslora	40 m.
Manga	9,80 m.
Puntal	2,50 m.
Calado	1,37 m.
Capacidad de dragado (mezcla)	1,900 m³/h.
Profundidad de dragado	7,6 m.
Máquina principal	660 BHP.
Máquina secundaria	240 BHP.
Máquina del molinete	40 BHP.

La maquinaria es Diesel-eléctrica. El motor principal mueve un generador que alimenta los motores eléctricos de la hélice trepanadora y, además, el motor eléctrico de una bomba centrífuga que aspira la mezcla por una tubería en el interior de la dicha trepanadora. La mezcla se descarga por el extremo opuesto de la embarcación, a través de una gran tubería. Este tipo de dragas es muy interesante por su originalidad.

4.° Draga de succión auto-propulsada:

Eslora	50 m.
Manga	10 m.
Puntal	4,20 m.
Calado con 600 Tm.	3,56 m.
Capacidad de cántaras	500 m.³
Carga con arena	500 a 800 m³/h.
Carga con fango	2,800 m³/h.
Profundidad de dragado	12 m.
Velocidad	7 kn.
Máquina de dragado	500 IHP.
Máquina propulsora (dos)	240 IHP.
Calderas (dos)	Cada una 144 m²., 11 at.

Este tipo es corriente y no tiene ninguna particularidad especial.

5.° Draga de succión con propulsión Diesel-eléctrica:

Eslora	62,60 m.
Manga	13,30 m.
Puntal	5,36 m.
Calado con 1.000 Tm. de carga	4,30 m.
Capacidad de cántaras	700 m³.
Carga de dragado con arena	350 m³/h.
Profundidad de dragado	19,5 m.
Velocidad	8 kn.

Se dispone de un motor principal generador, que suministra corriente al motor de la bomba de succión y al motor propulsor. Se dan detalles y planos de disposición, con perfil y plantas de las cubiertas de este tipo de buques.

6.° Draga de succión para llenar gánguiles:

Se trata de un tipo descrito someramente, provisto de un motor Diesel de 700 BHP, que suministra energía eléctrica a una bomba capaz de aspirar 4.200 m³ de mezcla por hora, o sea, unos 700 m³ de fango y arena.

7.° Grua con elevador:

Eslora	60,0 m.
Manga	26,5 m.
Puntal	4,2 m.
Altura máxima de elevación	34 m.

Se trata de un artefacto movido por máquinas de vapor de 350 y 220 IHP, de aplicación muy especial.

En el artículo de referencia se describen, a continuación, un ganguil sin propulsión y una grua flotante de unas 60 Tm.; el primer artefacto es de escaso interés, y el segundo, más interesante. Se insertan planos y fotografías de la grúa, con información suficiente para servir de orientación a un proyecto de esta clase de artefacto.

CONSTRUCCION NAVAL

BUQUES SOLDADOS, por Giuseppe Castori. *Sapere*, 31 de enero de 1942.)

Durante los últimos años se ha difundido grandemente en la construcción naval la soldadura eléctrica. La ventaja principal de este procedimiento consiste en el hecho de permitir la abolición del remachado, obteniendo así una notable economía de peso con la supresión de los solapes de las chapas y de los mismos remaches.

Es de sobra conocido el mecanismo de este método; consistente en hacer saltar un arco con una diferencia de potencial de unos 20 voltios, entre el electrodo y la pieza que se quiere soldar; con el calor del arco se funde el electrodo, cuyo metal se deposita sobre la pieza, produciendo la soldadura. En el estado actual de la técnica es posible soldar acero de cualquier tipo de los empleados en la construcción de los cascos de los buques, obteniendo resultados sorprendentes en homogeneidad, según puede verse por examen microscópico y con resistencias similares a las del propio metal enterizo. La soldadura eléctrica con electrodos revestidos de materiales especiales, ha permitido eliminar el inconveniente, debido a la acritud del material en las proximidades de la parte soldada, debido al enfriamiento demasiado rápido por el contacto con el aire; este revestimiento, además, tiene la ventaja de introducir en la soldadura elementos adicionales apropiados para formar, durante la operación y protegiendo al baño en fusión, una capa de escoria ligera y de composición adecuada para favorecer el enfriamiento más lento e impedir la oxidación. Así se han llegado a obtener soldaduras de características iguales, por lo menos, a las del metal soldado. Al adoptar en la práctica la soldadura en los cascos de los buques, se encontraron dificultades, principalmente debidas a la novedad del método y a la necesidad de una racional organización del trabajo, así como de una preparación necesaria de los técnicos y de los operarios.

Alemania fué la primera nación que adoptó la soldadura en gran escala, debido a la limitación en el tonelaje de sus buques de guerra, impuesta por el tratado de Versalles, que la impedía construir buques acorazados de más de 10.000 toneladas, ni cruceros de más de 6.000. Para obtener la mayor ligereza posible, entronizó la soldadura en sus buques de guerra, construyendo el crucero "Emden", en donde consiguió un ahorro en peso de un 20 por 100 en algunos lugares, cosa que representó del 8 al 10 por 100 de disminución en el total del casco. También se empleó la soldadura en el crucero "Leipzig", obteniendo una notable economía de acero.

El proyecto de un barco de guerra representa un compromiso entre los varios pesos que lo constituyen y principalmente entre el peso del casco, de la habilitación y equipo, del aparato motor y del armamento; cualquier economía obtenida en el peso más importante, que es el del casco, se puede utilizar en el acrecentamiento del armamento militar. De este modo se pudo construir en Alemania los acorazados de bolsillo del tipo "Deutschland", de 10.000 toneladas, obteniendo una economía de cerca de 500 toneladas, que permitió dotar a este buque de cañones de 28 ctms., mientras ningún otro buque de igual tonelaje ha podido montar artillería de calibre superior a 20,5 cm. De este tipo era el "Graf Spee", que resistió el ataque de tres cruceros británicos ante el puerto de Montevideo.

Inglaterra, estimulada por los éxitos alemanes, adoptó la soldadura en sus naves de guerra, pero con paso mucho más lento, por no estar acuciada por la necesidad. Comenzó a usarla en los cruceros ligeros de 7.000 toneladas, tipo "Leander"; fué adoptada después en la construcción del crucero "Arethusa" y el portaaviones "Ark Royal", de 22.000 toneladas, era casi completamente soldado.

En Francia se ha utilizado la soldadura en grande escala en la construcción de diversos cruceros tipo "Dupleix". También ha sido adoptada en los Estados Unidos y en el Japón; el acorazado "Wáshington", de 35.000 toneladas, que se encuentra en construcción en América, será soldado en gran parte. En Italia también se ha empleado la soldadura con gran éxito en buques de todos los tonelajes.

Otras ventajas tiene también la soldadura, además del aligeramiento del peso del casco, y son las de proporcionar una mayor rapidez constructiva, menores

gastos de manutención y mayor duración de los buques.

Para implantar la soldadura fué necesario modificar en algunos puntos los métodos tradicionales de la construcción naval y adoptar otros nuevos. Así, por ejemplo: algunos perfiles como los de C y los Z no tienen razón de existencia, pudiéndose sustituir en todos los casos por hierros T y por angulares de lados desiguales, de los cuales el lado mayor viene soldado directamente a la chapa. Los cubre-juntas ya no son en general necesarios, pudiéndose hacer la unión a tope, soldada o bien recubierta por el ala de un angular o angular con bulbo, soldada igualmente a ambas chapas.

Las partes del casco que generalmente suelen soldarse son:

La quilla, la roda, el codaste, los mamparos, las cubiertas, las superestructuras, los polines de las máquinas, de las calderas, de los ejes y las pasarelas. La soldadura de las extremidades del buque proporciona a la nave un aspecto mejor y puede hacer aumentar ligeramente la velocidad, además de proporcionarle una disminución en el peso. Los tanques de agua y de nafta son casi siempre soldados; el uso de la soldadura en estas partes está justificado por el ahorro del peso y la disminución de los angulares marginales, de las alas de refuerzo y de los solapes de las chapas, y también por la absoluta estanqueidad que proporciona la soldadura, cosa muy importante en este caso. En el caso de las cubiertas, la soldadura proporciona también una buena impermeabilidad y produce una superficie lisa, fácil para el baldeo y para el forrado de madera.

En los buques modernos mercantes las supersestructuras de cubierta tienen una gran importancia desde el punto de vista de la comodidad del pasaje y de la tripulación, cualidades éstas que dependen en gran manera de la amplitud de las superestructuras. La adopción de la soldadura en ellas se justifica por proporcionar un aumento de resistencia, una disminución de peso y un aspecto más elegante.

Las ventajas conseguidas con la soldadura en construcción naval son innumerables; el continuo perfeccionamiento de la técnica y el mejoramiento de los materiales de adyunción conducirán bien pronto en todos los países a la construcción de los buques enteramente soldados.

MAQUINAS Y TURBINAS DE VAPOR

LAS VALVULAS DE REDUCCION, por Ricardo Wäldmuller. (*L'Industria Meccanica,* octubre de 1941.)

La Revista aludida publica un artículo del autor más arriba expresado, en el que se dan diámetros y disposiciones principales de tres tipos de válvulas reductoras de vapor, llegándose a las siguientes conclusiones:

En general es siempre conveniente la aplicación de las válvulas reductoras, porque abaratan la instalación, permitiendo el uso de tubuladuras, válvulas y accesorios de menor resistencia, con lo cual también se hace más económica la manutención. Si las válvulas de reducción están bien construídas y tienen buenos materiales, no necesitan de cuidados especiales; un reconocimiento periódico de la válvula y del asiento garantizan un perfecto funcionamiento durante muchos años.

Es importante no superar el consumo máximo prescrito por el constructor, si se quiere que la válvula conserve constante la presión reducida. Se inserta en el artículo referido una tabla que da los consumos de vapor en kilogramos-hora, para vapor saturado, para válvulas de doble asiento y la reducción para el caso de uso de válvulas de asiento sencillo o de vapor recalentado.

MOTORES

NUEVOS CASCOS DE BUQUES PROPULSADOS CON MOTORES DIESEL CON GASOGENO, por el Ingeniero diplomado Kurt Schmidt. (*Werft Reederei Hafen,* 1.º de diciembre de 1941.)

Ya hace treinta y dos años que aparecieron buques propulsados con motor con gasógeno destinados a la navegación del Rin. Sin embargo, el desarrollo de esta clase de propulsión no ha sido llevado a cabo porque a la terminación de la guerra de 1914-1918 los intereses americanos colocaron en el Continente europeo la mayor cantidad posible de gasoil, con lo cual cesaron las tentativas de aplicación del gasógeno para la navegación. En el año 1934-35 se construyó el buque a motor "Harpen I", que constituyó un jalón en el desarrollo del gasógeno aplicado a la construcción naval, adoptando un nuevo tipo estudiado por la Casa Deutz. Las características principales de este tipo de gasógeno, que le diferencian de los aparatos que comúnmente se montan en los barcos de motor Diesel, son las siguientes:

1.ª Refrigeración por agua del gasógeno mismo, en lugar de usar revestimiento de material refractario.

2.ª Parrilla giratoria en lugar de parrilla plana.

3.ª Pequeños ciclones en lugar de filtros de mucho empacho.

4.ª Empleo de motor Diesel de tipo moderno con circulación forzada y encendido por medio de delco.

5.ª Dispositivo de seguridad en el servicio.

Fundado en este tipo, la Casa Deutz ha desarrollado su patente, cuyas ideas directrices son las siguientes:

El gasógeno es un recipiente refrigerado por circulación exterior de agua, que se carga por su parte superior a través de una válvula de esclusa. También en su parte alta se encuentra la aspiración de gas del motor. En su parte inferior se encuentra la parrilla, constituída por una bandeja montada sobre rodamientos que, merced a un mecanismo de sinfín movido por

un pequeño motor eléctrico, puede girar, impidiendo la formación de la bóveda de carbón; en esta bandeja se añade un poco de agua, que impide la entrada del aire entre ella y la parte inferior del gasógeno. En el centro de la parrilla se encuentra una tobera revestida.

Los gases aspirados pasan por un depurador compuesto de dos ciclones montados en paralelo y, por último, son aspirados, o bien directamente por los cilindros del motor en el caso de máquinas de cuatro tiempos, o bien por un aspirador centrífugo movido directamente por la máquina propulsora en el caso de motores de dos tiempos. El agua de refrigeración del gasógeno se calienta fuertemente y llega a hervir, con lo cual se produce vapor, que es empleado en la calefacción del buque, aprovechando el agua condensada para refrigerar nuevamente, en circuito cerrado. Según el autor, a pesar de esta refrigeración no se han producido corrosiones importantes en las partes bañadas por el agua durante los años que estas clases de instalaciones llevan en servicio.

El motor de dos tiempos también ha sido empleado muy recientemente en unión al gasógeno, para lo cual se dispone, como se ha dicho más arriba, de un aspirador centrífugo que comunica a su descarga con la galería de barrido. El motor está provisto de una bomba de aire, generalmente lateral, y movida por la biela de cada cilindro, que introduce el aire de barrido y el aire suplementario. La mezcla se regula por medio de válvulas de mariposa situadas en las tomas de aspiración de las bombas de barrido auxiliares y en la descarga del aspirador centrífugo.

En el artículo de referencia se inserta el corte transversal de un motor Deutz de dos tiempos, especialmente dibujado para ser alimentado por gasógeno.

También se insertan dos ejemplos de disposición general esquemática de montura de instalaciones con motor Diesel alimentado por gasógeno de la patente que se ha descrito. El artículo se ilustra con profusión de dibujos del gasógeno y de los ciclones.

CONSTRUCCION DE MOTORES DIESEL DE TIPO LIGERO, por WW. Hartl. (*Werft Reederei Hafen,* 1.° de diciembre de 19941.)

Con la aplicación del motor Diesel para tracción terrestre y para la navegación aérea se ha desarrollado a "fortiori" el tipo de máquina ligera que requiere imprescindiblemente esta clase de servicio y se ha llegado a construir motores de peso por HP. extremadamente reducido hasta potencias de 300 B. H. P., en los cuales el material principal de sus piezas más importantes son aleaciones ligeras a base de aluminio.

En construcción naval el uso de esta clase de aleaciones ligeras no está aún tan generalizado. Se oponen a ello varias razones. Una de ellas es que los motores marinos son por regla general más lentos que los terrestres y los empleados en aviación, razón por la cual sus dimensiones son mucho mayores a igualdad de potencia; deben resistir presiones más elevadas, y las temperaturas de funcionamiento también son bastante mayores. Otra razón es que los motores propulsores suelen tener más longitud que los terrestres y los de aviación, por lo cual la rigidez que proporciona a las piezas principales del motor, como placas de asiento y bloques de cilindros, las aleaciones ligeras, no es suficiente, esta razón es de capital importancia. Por último, también puede decirse que los motores marinos deben desarrollar su potencia de una manera ininterrumpida durante varios días y aun durante varias semanas, y por esta razón sus materiales deben ser más resistentes a los agentes destructores (corrosión, temperatura, vibraciones, fatiga mecánica alternativa) que el empleado en los motores terrestres o de aviación.

El uso de metales ligeros redunda en un aumento del precio de venta del motor. Comparando máquinas similares construídas de hierro fundido, de acero soldado y de metal ligero, los precios de venta vienen a estar en la relación respectiva de 1 : 2 : 3 — 3,5, puesto que a pesar de la disminución del peso, mientras que los metales pesados valen en bruto de 0,03 a 0,05 R. M./kg., el precio de los metales ligeros oscila entre 0,9 y 1,0 R. M./kg. Contrariamente, los pesos de piezas similares construídas de los materiales anteriormente dichos están en la relación 1 : 0,7 : 0,5. Así, por ejemplo, una placa de asiento que, construída en hierro fundido pesa 900 kg., si se construye de chapa de acero soldado pesa solamente 630, y si se funde de aleación ligera de aluminio solamente alcanza un peso de 450 kg. Habida cuenta de que del metal ligero pueden construirse las plazas de asiento, los bloques de cilindros, los pistones, la tubería de aspiración y barrido y las tapas del cárter, el ahorro de peso que significa en números redondos el empleo del metal ligero en un motor corriente oscila entre el 15 y el 25 por 100.

El peso por HP. de los modernos motores Diesel de tipo marino oscila entre los 15 y los 50 kg.; para pequeñas máquinas, especialmente motores auxiliares, entre 10 y 35 kg. En cambio, el peso por HP. de los motores de tracción construídos de metales pesados oscila solamente entre 5 y 8 kg., debido a su mayor velocidad de giro, habiéndose alcanzado en nuevas unidades terrestres y aéreas construídas con metales ligeros la cifra "récord" de 1 a 2 kg./B. H. P.

La aplicación del motor ligero en construcción naval es relativamente reciente, unos diez años. Hoy se emplea en embarcaciones costeras y de policía, lanchas rápidas torpederas, sumergibles, botes salvavidas y embarcaciones especiales. Sin embargo, en barcos mercantes el empleo de motores de tipo ligero no está generalizado, aunque existe la tendencia a disminuir en lo posible el peso del casco y de la maquinaria, en aras del aumento del peso muerto, puesto que es sabido que por el ahorro de una tonelada de casco o de maquinaria, a igualdad de velocidad el desplazamiento disminuye en cuatro toneladas por término medio.

Desde el punto de vista de resistencia mecánica, las piezas construídas de hierro fundido pueden soportar de 12 a 14 kg/mm², teniendo una carga de rotura de 24 a 26 kg/mm²; las construídas de acero soldado pueden resistir de 18 a 22 kg/mm², si bien en las partes soldadas, solamente de 9 a 12 kg/mm²; la resistencia

aceptable correspondiente en el caso de empleo de metales ligeros es de 8 a 12 kg/mm².

Se exponen a continuación en el artículo de referencia unos cuantos ejemplos de disposición de piezas, nervios y refuerzos de las mismas, construídos de metales ligeros, y se insertan tablas muy interesantes sobre composición y características físicas de distintas aleaciones ligeras.

La corrosión es un mayor enemigo en el caso de los motores ligeros que en el de los motores pesados construídos de hierro fundido o de acero. Especialmente en los motores marinos, el agua de mar ataca mucho a las aleaciones de aluminio. Por esto la solución mejor es el empleo de agua dulce para la refrigeración, agua que luego es enfriada a su vez por agua de mar.

En el artículo de referencia se insertan a continuación una serie de ejemplos de motores ligeros, ilustrados por interesantes fotografías, cuyos tipos de mayor interés para nuestros lectores son los siguientes:

Motor marino Deutsche Werke, de 375 B. H. P., que pesa 3.800 kilogramos, construído de hierro fundido y 2,980 de silumín.

Motor Mercedes para lancha rápida, en V, de 950 B. H. P., a 1.630 r. p. m.; su peso en construcción de hierro fundido es 2,880 kilogramos, y en construcción ligera, 2,100 kilogramos.

Motor Maybach, de 250 B. H. P. y 1.500 r. p. m., con un peso de 1.350 kilogramos.

Motor Maybach, en V, de 650 B. H. P. y 1.400 revoluciones por minuto. Su peso, 2.100 kilogramos.

Motor Baybach, en V, de 650 B. H. P. y 1.400 revoluciones por minuto, con un peso de 2.300 kilogramos.

Motor Davy-Paxmman, de 1.000 B. H. P., para lancha torpedera.

También se publican en el artículo de referencia fotografías de diversas piezas construídas en metal ligero, especialmente pistones, y datos de características físicas y metalográficas de las aleaciones más usadas.

LA INYECCION DE COMBUSTIBLE EN MOTORES DE EXPLOSION, por el Dr. Luigi Fabio Rapi (*Auto Moto Avio,* 15-31 octubre 1941).

Como continuación a un artículo de este mismo autor que trataba de la inyección de combustible en los motores Diesel, publicado por la Revista de referencia y cuyo extracto conocen ya nuestros lectores (INGENIERIA NAVAL, marzo de 1942), se publica en el número referido más arriba un interesante artículo sobre la inyección de combustible en los motores de explosión, principalmente destinados a Aviación.

En él, y con gran lujo de detalles, se publican los resultados de pruebas obtenidos con cuatro motores distintos con sistema de inyección de gasolina. En los esquemas correspondientes, en función de los ángulos girados por el cigüeñal, se estudian las siguientes características:

1.° Variación de la presión media efectiva y del consumo variando el momento del comienzo de la inyección.

2.° Variación de la presión media efectiva y del consumo en un mismo motor para varios tipos de inyectores, variando el principio de la inyección.

3.° Sobre un mismo motor, variaciones de la presión media efectiva y del consumo con tres diversos tipos de bomba, variando el principio de la inyección.

4.° Variaciones de la presión media efectiva y del consumo en un mismo motor, con tres presiones de inyección diferentes, variando el comienzo a la inyección.

5.° Variaciones de la cantidad de aire aspirada durante la fase de aspiración.

6.° Diagramas de descarga de la bomba Compur.

7.° Diagramas de la bomba Bosch y Compur.

Compara después el autor los resultados obtenidos en la utilización de los motores cuando se colocan los inyectores en el tubo general de aspiración o en la misma cámara de combustión, al igual que ocurre en los motores Diesel, y publica un interesante gráfico sobre las variaciones de la presión media efectiva, el consumo y el rendimiento en un mismo motor, con las dos posiciones del inyector y con alimentación por carburador corriente.

Pasa después a estudiar el efecto de la distribución de las válvulas en la presión media efectiva, comparando estas características en un mismo motor en el cual se varíen los puntos de cierre y apertura de las válvulas de aspiración y descarga.

Por último estudia el efecto del combustible, primero desde el punto de vista de su composición química y segundo haciendo variar el título de la mezcla carburada.

Las conclusiones de estos estudios son, a grandes rasgos, las siguientes:

1.ª De los dos sistemas de inyección, el de la cámara de combustible o en el colector de aspiración, el más conveniente desde todos los puntos de vista es el primero, que asemeja el motor de explosión a una máquina Diesel.

2.ª Con el sistema de inyección en la cámara de combustión la colocación del inyector y la duración del período de la inyección vienen determinados según la forma de la cámara de explosión, pero tienen una cierta influencia en el rendimiento del motor. Los mejores resultados se obtienen colocando el inyector de modo que el chorro de combustible esté en un plano normal al eje del cilindro y en dirección opuesta al flujo del aire durante la aspiración. La inyección debe iniciarse entre los 60° y los 90° del punto muerto en la fase de aspiración y debe tener una duración comprendida entre los 40° y los 80°. La presión de inyección tiene una influencia pequeñísima en el rendimiento, por lo cual se determina por consideraciones constructivas.

3.ª Con la inyección en la cámara de combustión, la forma de ésta es de la máxima importancia, puesto que de ella depende la relación de torbellino y la buena mezcla de combustible y de aire; la forma de la cámara de combustión es el factor más importante en el rendimiento con esta clase de inyección.

4.ª La inyección del combustible en la cámara de combustión asegura un mejor rendimiento volumétrico

que la inyección en el colector o que la evaporación en carburador corriente.

5.ª El consumo específico es casi igual en los tres sistemas comparados.

6.ª Lo mismo ocurre respecto a las temperaturas de la cabeza del cilindro.

7.ª El lavado de la cámara de compresión es siempre mejor y más eficaz con cuatro válvulas (dos de aspiración y dos de descarga) que solamente con dos válvulas. Se ha comprobado que con cuatro válvulas el lavado de la cámara de combustible puede ser efectuado de manera completa, con una diferencia de presiones entre la de aspiración y la de descarga de 75 a 125 mm. de columna de mercurio con una distribución de válvulas que asegura un recubrimiento de 120° a 123° y con velocidades de giro de 2.000 a 2.200 r. p. m.

8.ª En los motores con inyección en el cilindro y con gran recubrimiento de válvulas, la marcha al "relenti" no puede mantenerse, y el motor se para. Se puede reducir el inconveniente colocando la mariposa muy próxima a la válvula de aspiración y usando una mariposa para cada cilindro.

9.ª En los motores con inyección en el cilindro y con mucho recubrimiento de válvulas y sobrealimentados, el uso de un turbo-compresor de alimentación da el máximo rendimiento, sobre todo para el efecto de cota en los motores de aviación.

10. El combustible no inflamable que se empieza a usar en aviación y en lanchas rápidas de modelo antiguo es el que tiene una curva de destilación más inferior que el de la gasolina de aviación, llamado de seguridad; conduce en su empleo a unas potencias y a unos consumos específicos parecidos a los de la bencina, cuando se efectúa la inyección en el cilindro.

LA REUNION DEL CONSORCIO DE ESTUDIOS PARA LA MEDIDA DE LA DETONACION EN LOS MOTORES. (*Le Genie Civil,* 20-27 de diciembre de 1941.)

Las cualidades antidetonantes de una gasolina se acostumbran a medir por el índice llamado octano, metro que fué usado por primera vez por la Coperative Fuel Research (C. F. R.). Este índice octano expresa el tanto por ciento de isooctano que sería necesario mezclar con el resto de heotano para obtener un combustible cuyo poder indetonante fuese igual al de la gasolina de que se trata. El poder indetonante de la mezcla patrón o del combustible es medido por comparación en un aparato patrón, definido y construído por la misma firma más arriba indicada, en el cual se va variando la tasa de compresión hasta que se produce la detonación; de este modo pueden compararse las dos gasolinas.

El octano puro era el combustible más indetonante conocido hasta el año 1932, en que se empezó a estudiar las gasolinas desde este punto de vista. Pero modernamente, el desarrollo de los motores de explosión, principalmente los de aviación, con tasa de compresión con más de seis y medio, exigen combustibles cuyo poder indetonante sea superior al octano.

En Alemania, la conocida y poderosa firma Farbenindustrie ha construído en serie un buen número de motores de ensayo, cuyos resultados pueden compararse fácilmente con los del motor "standard" de la C. F. R. También ha fabricado una gasolina más indetonante que el isooctano para servir de punto de comparación.

Un método muy bueno para medir índices de indetonación mayores del 100 por 100 es el de las mezclas; se basa en el principio siguiente:

Si se hace una mezcla de 25 por 100 del carburante de ensayo y de un 75 por 100 de una esencia de índice conocido igual a 41, supongamos que, por ejemplo, se obtiene un índice de esta mezcla igual a 50. El aumento de poder indetonante será, pues, para 25 por 100, $50 - 41 = 9$, y, por tanto, para 100×100 será: $9 \times 4 = 36$; el índice del carburante será, pues, $41 + 36 = 77$. Este método supone, como es en la práctica cierto, la proporcionalidad entre el índice octano y el tanto por ciento de la mezcla.

Otro procedimiento consiste en añadir sustancias antidetonantes, como son, por ejemplo, el tetraetilo de plomo. No existe proporcionalidad entre las adiciones de este producto y el aumento de poder antidetonante, sino que la función va siendo cada vez menos creciente, disminuyendo, por lo tanto, su derivada.

M. E. Schuch ha imaginado un dispositivo que permite medir la detonación con más precisión que por el procedimiento ordinario, en el cual se utiliza el doblamiento de un estilete. El método consiste en medir las variaciones de presión de gran frecuencia que se observan desde que empieza a producirse la detonación y que se vienen a superponer al diagrama que se obtiene con los indicadores. Se han construído dos clases de aparatos con este objeto, cuyos resultados han sido excelentes. La separación entre los valores encontrados para combustibles de un mismo índice octano es, a menudo, inferior a 0,1 unidad.

METALURGIA

PRODUCTOS METALURGICOS DE REEMPLAZO, por M. León Guillet (*L'Usine,* 15 enero 1942, y *Le Genie Civil,* 7-34 enero 1942).

A mediados de diciembre de 1941, M. León Guillet, que, como nuestros lectores sabrán seguramente, es la figura cumbre de la metalurgia moderna, especialmente en lo que se refiere a bronces y demás aleaciones no ferrosas, pronunció en la S. I. A. una interesante conferencia que extractan las Revistas de referencia, y de

la cual se sacan los siguientes conceptos principales:

El aprovisionamiento que tenía Europa antes de la guerra en materias primas especiales la hacía depender de Rusia por el manganeso y de otros países extracontinentales para el cobre, níquel, estaño, tungsteno, molibdeno y cobalto. Por lo tanto, en la actualidad es necesario sustituir estas materias cuya importación ha desaparecido.

Productos de reemplazo.—No quieren decir productos equivalentes desde todos los puntos de vista, sino más bien para alguna de sus particularidades. De manera que el uso aconsejará cuándo se puede sustituir un producto por otro.

Aceros especiales de construcción.—Estos aceros son perlíticos y contienen una cantidad de níquel que es irreemplazable; se pueden disminuir sus tantos por ciento, pero no demasiado, sin grandes riesgos de fragilidad y sin perder los márgenes necesarios de seguridad para las operaciones de cementación y los tratamientos térmicos.

Aceros de moldeo.—Se ha desarrollado en Francia un acero que da muy buenos resultados y cuya composición y características son las siguientes: C = 0,25 %; Mm = 1 %; Ni = 1,75; Mo = 0,30 %; R = 80 kg/mm.²; E = 60 kg/mm.²; A = 13 %. Todas estas características son excelentes para una proporción de níquel tan pequeña.

Aceros inoxidables.—En el acero austenítico de 18 por 100 de cromo y 8 por 100 de níquel se ha intentado reemplazar en parte el níquel por el manganeso, obteniendo buenos resultados, con una composición de 1,5 por 100 de níquel y un 8 por 100 de manganeso.

También se ha reemplazado con éxito el níquel por el nitrógeno, que se ha introducido bajo forma de ferrocromo nitrurado. El acero así obtenido presenta características muy próximas a las del acero austenítico, si bien no puede asegurarse nada concreto por verificarse en este momento los ensayos de utilización. La composición aproximada es la siguiente: Cr = 23 %; Ni = 4 a 5 %; N = 0,25 a 0,30 % y C = trazas.

Resistencias eléctricas.—Las aleaciones habituales tienen las proporciones siguientes: Cr = 20 %; Al = 2 a 5 %; Co = 2 a 5 %; o bien Cr = 20 %; Ni = 10 a 80 %. El más utilizado es el nicrome de 80 y 20 por 100 de cromo.

Para temperaturas inferiores a 700 grados se utiliza ahora un metal cualquiera, pero cuando la temperatura es superior ningún sustituto ha dado buenos resultados.

Aceros rápidos.—En estos materiales el problema es aún más grave. Las composiciones químicas son las siguientes: C = 0,6 %; Cr = 4,5 %; Mo = 1,5 a 8 %, y Va = 1 a 1,5 %.

De estas distintas composiciones solamente se fabricará en Francia una sola aleación en el porvenir; se prohibirá igualmente utilizar masas monobloques de más de 300 grs. de peso, salvo mandrinos especiales, fresas, escariadores, etc.

Fundiciones especiales.—Aquí también el niquel es indispensable para numerosos usos a fin de dar una buena resistencia al desgaste, que puede alcanzar de cinco a seis veces más grande que las de las fundiciones ordinarias; esto se consigue aproximadamente con un 4 por 100 de níquel, y es, pues, un error prohibir el empleo de este material y del cromo en las fundiciones.

Cobre.—El problema del cobre es grave, por lo que concierne a los latones y a los bronces.

El latón ordinario de 59 por 100 de cobre, 39 por 100 de cinc y 2 por 100 de plomo se sustituye por duraluminio al plomo con 1,5 al 2 por 100 de plomo. Para introducir el plomo en el duraluminio se utiliza una aleación madre magnesio-plomo. El plomo disminuye el alargamiento y la resiliencia, por lo cual hace falta distinguir con mucho cuidado la viruta recuperable para no mezclarla con viruta corriente de duraluminio.

En los conductores eléctricos de cobre se sustituye este metal por aluminio con alma de acero, o bien por conductores de almelec (aleación aluminio-magnesio silicio).

El aluminio se ha generalizado para toda clase de objetos que antes se construían de latón. La aleación aluminio-cobre (de 12 a 13 por 100 de cobre) es utilizada para los cojinetes de biela; el compuesto duro Al^2 — Cu, se aisla en la eutéctica, de manera que la aleación presenta una estructura análoga a la de los metales antifricción, en donde los cristales duros estaño-antimonio se aislan en un magma de estaño o de plomo. El aluminio reemplaza a la plata o al estaño en la composición de espejos; el metal pulido recubierto de una capa muy delgada de óxido anódico, conserva sus propiedades reflectoras y queda prácticamente inalterable. La pureza con que puede obtenerse en la actualidad el cinc permite obtener con el aluminio y el cobre aleaciones mucho más estables que las obtenidas con el cinc impuro; una proporción de 0,2 a 0,3 por 100 de magnesio mejora aún esta estabilidad. Se conocen tres aleaciones a base de cinc que dan buenos resultados y que reemplazan al bronce en numerosas aplicaciones, pero que resisten mal al agua caliente y a los ácidos. Las composiciones químicas son las siguientes:

Zamak n.º 2: Al = 4 %; Cu = 3 %; Zn = 93 %.
Zamak n.º 5: Al = 4 %; Cu = 1 %; Zn = 95 %.
Zamak b: Al = 10 %; Zn = 90 %.

Para los antifricciones se han ensayado aleaciones plomo-calcio-litio, en Alemania especialmente. Por último se trata de los productos placados, cuyo uso se está generalizando en todo el Continente. Uno de ellos es el vedal compuesto de una capa muy delgada de aluminio. Otro de ellos es el níquel sobre acero austenítico o, en fin, el mallechort, el inconel, etc.

Míster Guillet termina diciendo que el bloqueo exigirá ahondar más en estos estudios, de manera que al final de las hostilidades se podrá encontrar una orientación nueva para ciertas industrias.

LA FOSFATIZACION DE LOS METALES FERROSOS, por O. Macchia. (*L'Industria Meccanica,* octubre de 1941.)

Como continuación a estudios efectuados por el mismo autor, la Revista de referencia publica un interesante artículo, en el que trata de los defectos y dificultades de la fosfatización en diversas piezas.

Las causas que dan origen a revestimientos fosfáticos defectuosos pueden ser clasificadas del modo siguiente, que estudia el autor con todo detalle:

1.° Insuficiente preparación en la superficie que debe ser fosfatada.

2.° Disposición no pertinente de los objetos en la solución fosfática.

3.° Uso de un producto fosfático que tenga una relación ácido fosfórico total/ácido fosfórico libre, no conveniente.

4.° Insuficiente cantidad de producto fosfático contenido en la solución.

5.° Temperatura de operación demasiado baja.

6.° Presencia de impurezas en la solución fosfática.

7.° Fosfatización de aceros no aptos para tal tratamiento.

De todas estas causas trata el autor con gran detenimiento, y propone los remedios y las pruebas necesarias para evitarlas.

Este artículo, que es en sí de interés, lo será aún más el día no lejano que se implante en España la fosfatización, como medio de proteger el material de los cascos de los buques, cosa que ya se hace en el extranjero.

ELECTRICIDAD

DISPOSICIONES DE LA RED Y GRUPOS DE SOCORRO, por el Ing. diplomado Carl Züblin. (*Werft Reederei Hafen,* 15 de diciembre de 1941.)

A bordo de todos los buques, principalmente de pasaje, se debe siempre disponer de un grupo y de una red especial para el caso de que por incendios, inundación de un compartimiento u otras averías, los grupos electrógenos principales no puedan funcionar, o la red principal de luz o fuerza quede interceptada.

Con referencia a la catástrofe del "Morro Castle", que llevaba a su bordo unos 200 pasajeros, puede decirse que desde el principio casi de la declaración del fuego, faltó la energía eléctrica, porque las cámaras de calderas y las de máquinas hubieron de ser abandonadas por el personal de máquinas; también faltó el agua a presión y con ambas deficiencias los trabajos de salvamento se hicieron muy difíciles. Contrariamente, durante el incendio del "Georges Philippar", que disponía de grupos electrógenos de socorro, no llegó a faltar la luz hasta que el buque fué abandonado.

Los grupos de socorro empezaron a ser usados en Alemania en el año 1914, siendo el primer buque que dispuso de una de estas plantas, el vapor "Zeppelin", al cual se le montó sobre cubierta un auxiliar Diesel-generador de 54 kw., cuyo funcionamiento era completamente autónomo.

Se puede asegurar que casi universalmente ha sido adoptado el motor Diesel como aparato generador de urgencia, pero su instalación, así como el acoplamiento de la generatriz a la red principal, debe hacerse de tal manera que su funcionamiento sea automático e inmediato, sin la menor dilación, en el momento necesario.

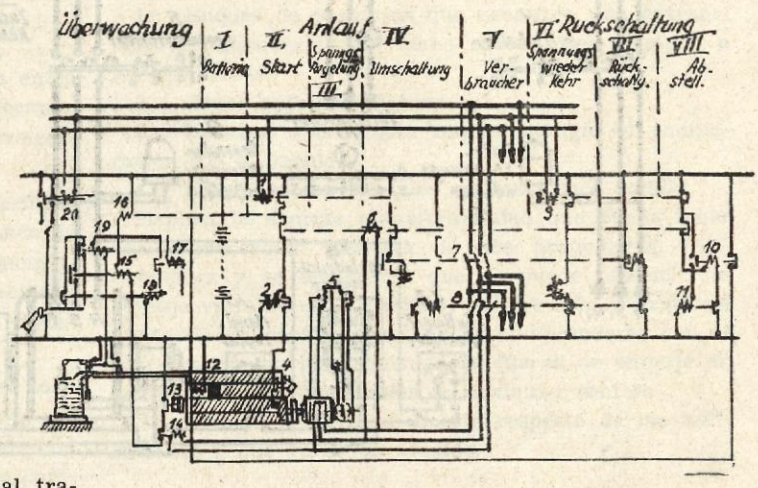


Fig. 1.

1. Aparato indicador.—2. Relais de retardo.—3. Motorcito de arranque.—4. Regulador mecánico del motor Diesel.—5. Reostato.—6. Aparato indicador de tensión en el generador.—7. Interruptor de la red.—8. Interruptor de la corriente. — 9. Relais de tiempo. — 10. Relais de parada.—11. Relais de tiempo.—12. Solenoide para parar.—13. Interruptor de presión.—14. Relais de tiempo.—15. Relais de señales.—16. Relais de seguridad.—17. Relais de tiempo.—18 y 19. Relais de Señales.—20. Relais de alarma.

El arranque del grupo de socorro debe hacerse automáticamente, bien sea con ayuda de un motor eléctrico de arranque, o bien por medio de aire comprimido.

Una disposición muy recomendable de la Casa A. E. G. es la representada en el esquema de la figura número 1: El arranque del motor principal se efectúa por medio de un pequeño motor de arranque (3), accionado por el relais (2), que funciona en el caso de que la tensión en la red principal se anule. Los detalles de este acoplamiento pueden seguirse con facilidad por la observación del esquema y de la leyenda adjunta.

Otro montaje, también muy usado, es el representado en el esquema segundo, de la Casa Siemens. También en esta disposición se produce el arranque automático del motor Diesel en el momento en que falte la corriente en la red principal, merced a una corriente auxiliar dispuesta para el efecto.

Por último, en el esquema de la figura 3, puede verse la montura y acoplamiento eléctrico de un grupo de

socorro, debido a la misma Casa, cuyo arranque se hace por medio de aire comprimido.

El artículo de referencia se extiende después en la descripción de los motores más usados en Alemania como motores de urgencia, enseñando la sección característica de una pequeña unidad destinada a este objeto, de cuyo conjunto y montura a bordo inserta las correspondientes fotografías.

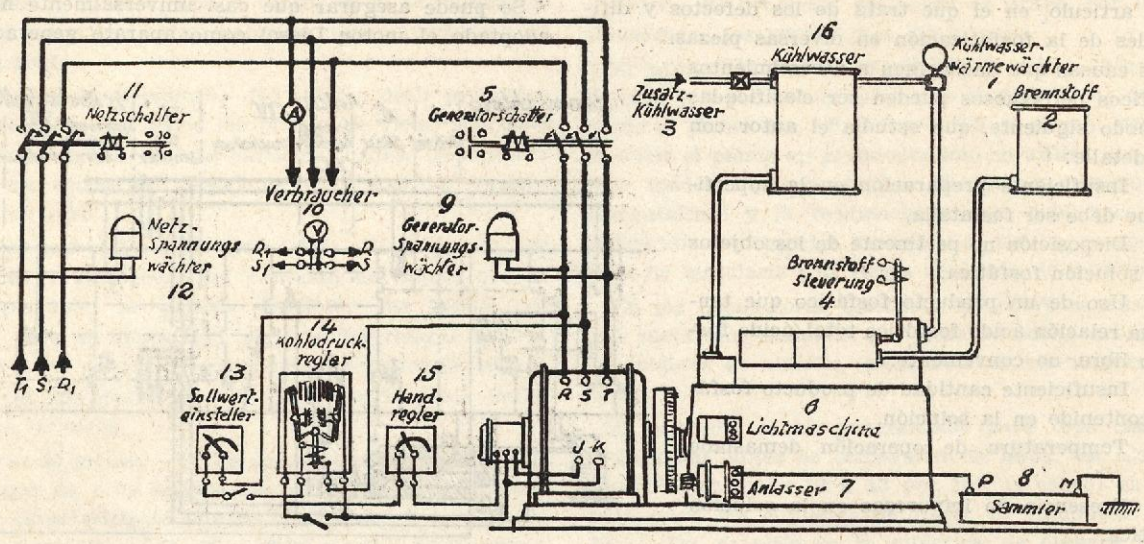


Fig. 2.

1. Termómetro de agua de refrigeración.—2. Combustible.—3. Agua de refrigeración de reserva.—4. Mando del combustible.—5. Interruptor del generador.—6. Generador para alumbrado.—7. Motor de arranque.—8. Batería.—9. Voltímetro del generador.—10. Consumo principal.—11. Interruptor de la red.—12. Voltímetro de la red.—13. Interruptor de servicio.—14. Regulador de carbones.—15. Regulador de mano.

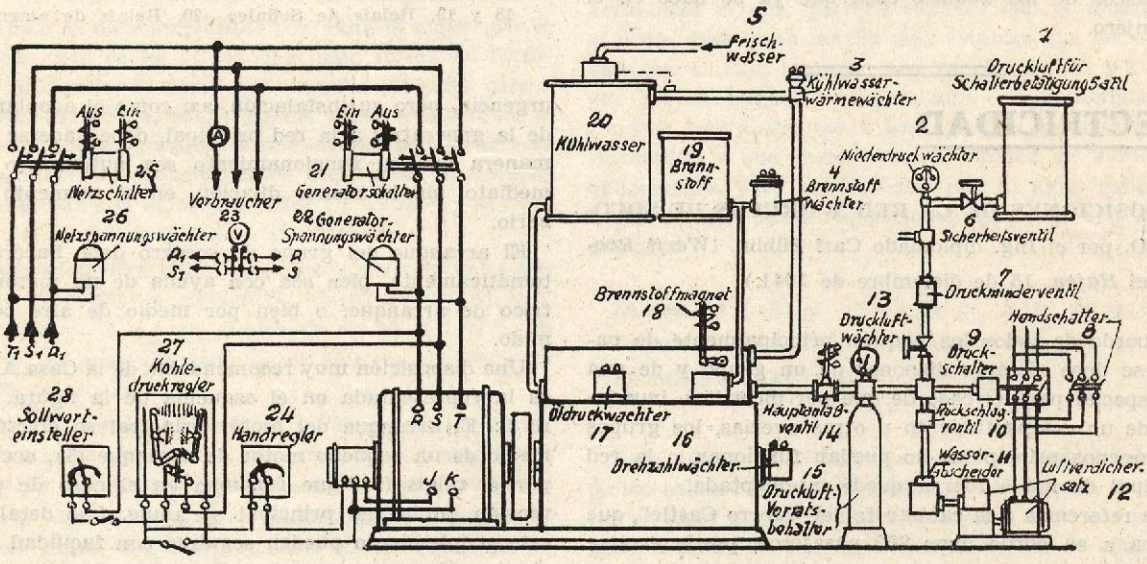


Fig. 3.

1. Aire comprimido para la puesta en marcha, cinco atmósferas.—2. Manómetro de baja presión.—3. Termómetro del agua de refrigeración.—4. Indicador de combustible.—5. Agua dulce.—6. Válvula de seguridad.—7. Válvula reductora.—8. Interruptor de mano.—9. Interruptor de presión.—10. Válvula sin retorno.—11. Separador de agua.—12. Compresor de aire.—13. Manómetro de aire comprimido.—14. Válvula principal de arranque.—15. Botella de aire de arranque.—16. Taquímetro.—17. Indicador de aceite a presión.—18. Solenoide mando del combustible.—19. Combustible.—20. Agua de refrigeración.—21. Interruptor de la generatriz.—22. Voltímetro de la generatriz.—23. Consumo principal.—24. Regulador de mano.—25. Interruptor de la red.—26. Voltímetro de la red.—27. Regulador de carbones.—28. Interruptor de servicio.

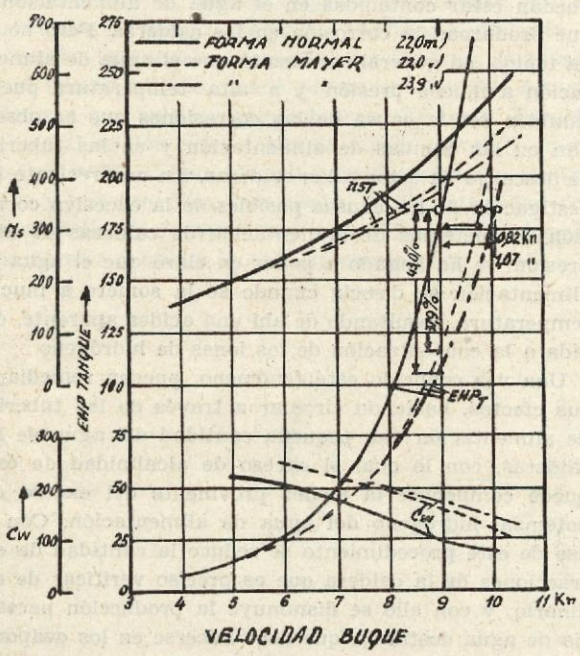
TEORÍA DEL BUQUE

FORMAS Y RESISTENCIA DE CARENA DE PESQUEROS DE 22 MS. DE ESLORA (discusión de un artículo glosado en INGENIERIA NAVAL de marzo de 1942). Comunicación del Ingeniero E. Heskscher. (*Werft Reederei Hafen*, 15 noviembre de 1941.)

La Revista de referencia publica la discusión entre el arriba citado autor y el doctor Bruhl, de Bremen, relativa al artículo publicado por el primero, concerniente a moto-pesqueros de 22 ms. de eslora.

Se refiere principalmente a las experiencias verificadas con modelos en el Canal y en el análisis gráfico de sus resultados. Estos resultados se refieren principalmente a las potencias de remolque y a las características de distintos modelos de hélices probadas a varias velocidades de giro.

Lo más interesante para nuestros lectores, sobre todo habida cuenta del gran número de pesqueros que en la actualidad se están proyectando y construyendo con formas Mayer o similares, son los resultados de comparación entre modelos con esta clase de carenas y de las mismas características, pero con carena ordinaria. El gráfico que reproducimos a continuación expresa esa comparación desde el punto de vista de la potencia de remolque, el número de revoluciones y el coeficiente del Almirantazgo, en función de la velocidad de la embarcación.



PROYECTOS DE EMBARCACIONES ESPECIALES PROPULSADAS CON PROPULSOR VOITH-SCHNEIDER, por el Ingeniero diplomado W. Baer. (*Schiffbau*, 1.° de diciembre de 1941.)

La Revista de referencia publica algunos ejemplos de instalaciones del propulsor Voit-Schneider en algunas embarcaciones especiales, principalmente las siguientes:

1.° Buques de pasajeros que necesiten una extraordinaria maniobrabilidad, como sucede, por ejemplo, a los ferryboats.

2.° Grúas auto-propulsadas.

3.° Lanchas que tengan mucha manga en comparación con el calado.

4.° Remolcadores fluviales de muy poco calado.

Explica la enorme maniobrabilidad que puede tener una embarcación provista de dos propulsores Voit-Schneider y se demuestra que se puede producir un empuje variable en intensidad, en dirección y hasta en punto de aplicación, como puede comprenderse con el solo examen de los esquemas de fuerza de empuje de dos propulsores, orientables en cualquier sentido.

Se publican fotografías a este respecto de las aplicaciones a que ya se ha aludido.

MISCELANEO

FRESADO DE ENGRANAJES HELICOIDALES CON FRESA MADRE SIN DIFERENCIAL, por Luigi Donzelli. (*L'Industria Meccanica*, octubre de 1941.)

En la Revista más arriba indicada se inserta un artículo en donde se trata con toda extensión del problema de fresado de ruedas helicoidales, con fresa madre, tal y como suele hacerse para las ruedas de engranajes reductores de las turbinas de propulsión o de los turbo-auxiliares.

El carácter matemático del artículo impide su extractación, por lo cual referimos a nuestros lectores a la Revista indicada cuando tengan que enfrentarse con un problema de dentado de esta clase.

En el artículo de referencia se dan procedimientos de cálculo para determinar las constantes de la máquina, los avances del porta-fresas y el ángulo de la fresa, aplicando los cálculos a numerosos ejemplos.

UN NUEVO ESTROBOSCOPO DE LABORATORIO. DESCARGAS ELECTRICAS MANDADAS POR UNA VALVULA DE TRES ELECTRODOS, por Louis Sackmann. (*Le Genie Civil*, de 17-24 enero 1942.)

Los estrobóspodos eléctricos, gracias a la puesta en juego de cantidades de energías considerables, presentan la doble ventaja de la instantaneidad de los des-

tellos (condición precisa para obtener imágenes netas, cualquiera que sea la velocidad real de los fenómenos estudiados), y de una grande potencia luminosa, necesaria para asegurar una observación cómoda.

Todos estos procedimientos utilizan las descargas luminosas en las lámparas de gases raros, como neon, cripton, etc., y para esto se recurre a un condensador, que se carga y se descarga alternativamente, gracias a un mecanismo de sincronización, que lleva siempre un contactor movible. Es muy importante que este contactor sea un aparato robusto y que trabaje a las tensiones más bajas posibles.

Un instrumento de laboratorio de esta clase deberá presentar las características siguientes:

1.° Tensión de utilización débil, que no llegue a los 300 voltios, por ejemplo.

2.° Descargas y destellos mandados por un relais a muy baja presión.

3.° Contactor rotativo, con un par resistente muy pequeño, y en todo caso, rigurosamente constante, para evitar los defasajes por aumento de carga.

Las ventajas inmediatas con un aparato de estas características serían las siguientes:

1.° Funcionamiento regular, gracias al contactor relais especial.

2.° Manejabilidad muy grande.

3.° Eliminación del peligro de las altas presiones.

4.° Empacho y peso muy reducido, características que no son despreciables.

El estrobóscopo de thyratron.—Se basa en el siguiente principio:

Se reemplaza el sincronizador de circuito de descarga por una lámpara de tres electrodos, que hace el papel de relais eléctrico. La rejilla del thyratron manda la descarga del condensador y, por consiguiente, el momento preciso del destello estroboscópico para una polarización conveniente; la corriente electrónica de la lámpara se acelera bruscamente, la resistencia interior desciende hasta un valor muy pequeño, y entonces, bajo la acción de este cortocircuito se efectúa la descarga del condensador. La tensión de aceleración es transmitida a la rejilla por un contactor rotativo en baja tensión.

Además de la duración muy breve del funcionamiento del contactor, la rejilla está permanentemente a una tensión tal que la corriente electrónica es prácticamente cortada; la válvula de tres electrodos, cuya resistencia interior es entonces muy elevada, funciona como un verdadero interruptor. Durante este tiempo, relativamente largo respecto a la duración del funcionamiento del contactor, el condensador se recarga a su carga inicial. Esta carga se opera a través de una fuerte resistencia, por intermedio de un condensador nodriza que está en relación directa con la tensión de utilización (fenómeno de relajación).

Modos de funcionamiento.—El estrobóscopo de thyratron puede funcionar según dos regímenes diferentes:

A.—Funcionamiento autónomo con destellos de relajación. No hay contacto de sincronización. La tensión de la rejilla se mantiene constante; no habrá aceleración electrónica más que si la tensión en los bornes del condensador de descarga y, por consiguiente, la tensión de la placa alcanza un valor crítico. Tan pronto como se produce el destello, el condensador se recarga al final de un tiempo T, que es el período propio del sistema (relajación). En el artículo que se glosa se inserta la curva característica de una lámpara de tres electrodos de esta clase.

B.—Funcionamiento síncrono mandado por un contactor: El contactor manda las descargas, comunicando a la rejilla la tensión de aceleración necesaria; pero se precisa actuar sobre la resistencia del circuito de carga, para que el período propio del estrobóscopo esté próximo al período impuesto por el contactor.

Es de notar que si la resistencia se regula a un valor demasiado elevado, el tren de destellos presentará fallos, pero estará siempre sincronizado. Para restablecer la continuidad del tren bastará reducir lentamente el valor de la resistencia de carga.

M. Andrè Lallemand ha puesto a punto un procedimiento de estroboscopia, utilizando una lámpara tríodo ordinaria; la energía puesta en juego es muy pequeña, de manera que se explotan exclusivamente las variaciones de tensión sin hacer intervenir la descarga de un condensador. No hay, por lo tanto, fenómeno de relajación.

CORROSION EN LAS TUBERIAS DE ALIMENTACION. (*Shipbuilding and Shipping Record*, enero 22, 1942.)

El uso del vapor a altas presiones a bordo de los buques ha hecho precisa la adopción de métodos muy exactos para el control de la cantidad de impurezas que puedan estar contenidas en el agua de alimentación y que produzcan la corrosión en las calderas. Pero no se ha tenido, en general, en cuenta que el agua de alimentación a mucha presión y a alta temperatura pueda también ser la causa de las corrosiones que se observan en las bombas de alimentación y en las tuberías de descarga de éstas a las calderas. En una reciente investigación de las causas posibles de la excesiva corrosión, en sistemas de alimentación de calderas de alta presión, se ha llegado a poner en claro que el agua de alimentación se disocia cuando se la somete a mucha temperatura, resultando de ahí una acidez aparente, debida a la concentración de los iones de hidrógeno.

Una vez conocido este fenómeno, pueden remediarse sus efectos, haciendo circular a través de las tuberías de alimentación una pequeña cantidad del agua de las calderas, con lo cual el exceso de alcalinidad de ésta puede compensar la acidez provinente del exceso del potencial hidrógeno del agua de alimentación. Con el uso de este procedimiento se reduce la cantidad de extracciones de la caldera que es preciso verificar de ordinario, y con ello se disminuye la producción necesaria de agua destilada, que debe hacerse en los evaporadores de a bordo; todo lo cual redunda en beneficio del rendimiento global de la instalación.

LA ESCUELA SUPERIOR Y ELEMENTAL DEL TRABAJO DE GIJON, por T. Martínez Escobar. (*Formación y Documentación Profesional,* enero-febrero 1942.)

La revista de referencia, en su primer número, publica un interesante artículo original del Sr. Martínez Escobar, director de la Escuela Industrial de Gijón, sobre el funcionamiento del citado Centro de enseñanza, que consideramos de mucho interés para nuestros lectores, dada la importancia que, debido a las actuales circunstancias de escasez de mano de obra, tienen en estos momentos todas las cuestiones de formación profesional.

La Escuela Superior y Elemental del Trabajo de Gijón fué creada por Real orden de 14 de noviembre del año 1897, como Escuela de Artes y Oficios, poseyendo talleres de carpintería, de cantería, de herrería, de relojería y aparatos artísticos, de costura y confección y de bordado. Junto a estas enseñanzas prácticas se dieron, desde el principio, enseñanzas teóricas sobre Aritmética, Geometría y Dibujo. Las clases para aprendices y las femeninas eran diurnas; las de los adultos, nocturnas. Se trataba de una mezcla de enseñanza de carácter artístico, artesano y profesional tan importante, que solamente en el primer año se matricularon 473 alumnos. En el año 1901 se elevó esta Escuela a la categoría de Escuela Superior de Industrias, estableciéndose en ellas las enseñanzas de Perito mecánico, electricista y aparejador de obras, siendo esta última enseñanza sustituída posteriormente por la de perito químico, que asimismo, más tarde, fué suprimida; continuó, además, la Sección de aprendices y la de enseñanza nocturna para obreros.

Por Real decreto de 31 de octubre de 1924 se convirtió este Centro en Escuela Superior de Trabajo, con las enseñanzas de técnico mecánico y técnico electricista, y se creaba la Escuela Elemental del Trabajo, instalada en el mismo edificio, donde fueron continuadas las enseñanzas que existían para obreros. En esta Escuela elemental se dan enseñanzas de oficial obrero y maestro industrial en las especialidades de mecánico electricista y químico. Hay, por tanto, en la actualidad dos clases distintas de enseñanza: una dedicada a la formación técnica y otra a la capacitación obrera.

Para atender a su enseñanza se han montado en esta Escuela talleres de carpintería, forja, ajuste, fundición, fontanería, mecánica, eléctrico y de artes gráficas. Todos ellos dotados de abundante material. Además, se encuentra en proyecto la construcción de nuevos talleres, como el de calderería y otro dedicado a construcciones civiles.

El buen resultado de las enseñanzas ha sido la causa del gran número de alumnos matriculados que han cursado estudios en esta Escuela, llegando, por ejemplo, en el curso 1934-35 a los 768 alumnos de la Escuela elemental y a los 204 en la Escuela superior.

Esta Escuela ha procedido a la industrialización de sus talleres, principalmente al taller mecánico, llegándose de esta forma a la creación del taller-escuela, con resultados verdaderamente extraordinarios. Se ha construído en estos talleres material para la misma Escuela, e incluso algunas máquinas; también se ha construído material para otros centros del Estado y para otras industrias privadas de la región. Se empezó, naturalmente, por la fabricación de maquinaria sencilla, llegando a construir las más complicadas, y actualmente se tiene en construcción una garlopa, a la que seguirá la de un torno mecánico, del cual se poseen los modelos. Este procedimiento pedagógico produce excelentes resultados, por el interés que tienen los alumnos en la fabricación de piezas que han de tener destino real y han de ser parte integrante de una máquina aprovechable.

A partir del año 1930, no obstante las reformas y ampliaciones, el edificio de la Escuela resultaba insuficiente para atender a las crecientes necesidades que planteaba la misma, su misión y su desarrollo. Se procedió entonces a construir un nuevo edificio pensando en un volumen de unos 1.500 alumnos entre las enseñanzas obreras y de perito; en la actualidad el número de éstos es ya casi de 1.000 en total.

La Junta Central de Formación Profesional ha encargado a esta Escuela, junto con la de Madrid, de realizar un ensayo de los planos de estudios elaborados, en los cuales se separan las enseñanzas de la formación profesional obrera de las de peritos o técnicos industriales. De esta forma comenzará en el futuro a trabajar la Escuela Superior de Gijón.

ACTANO
Astilleros y talleres
del Noroeste S.L.
CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE TODA CLASE DE BUQUES HASTA 90 m.
DE ESLORA, INCLUIDOS REMOLCADORES, PETROLEROS, DRAGA, etc.
TALLERES MECÁNICOS
CONSTRUCCIONES METÁLICAS EN GENERAL
FUNDICIÓN DE HIERRO, BRONCE Y METALES LIGEROS
Apartado 994
EL FERROL DEL CAUDILLO
Teléfono 401