año LXXXVIV ▪ N.° 990

INGENIERIA NAVAL

abril 2020

Revista del sector Marítimo

remolcadores • seguridad y salvamento

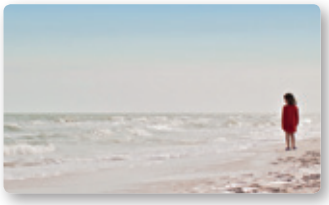
sumario

INGENIERIA NAVAL año LXXXVIV ▪ N.° 990
abril 2020

7 editorial / *editorial comment*

8 homenaje / *tribute*

9 coyuntura del sector naval
shipping and shipbuilding news



"Un mundo marítimo nuevo lleno de incertidumbre y sin tener claro el camino", por José-Esteban Pérez García

19 observatorio / *observatory*

"Evolución del mercado de transporte de pasajeros como consecuencia del COVID-19", por G. Polo y D. Díaz

25 remolcadores / *tugs*

47 seguridad y salvamento /
maritime security & safety

51 buques 4.0 / *vessels 4.0*

54 enermar / *renewable energy*

55 medio ambiente / *environment*

57 oil&gas / *oil&gas*

Resumen del comercio mundial de GNL en 2019

63 noticias / *news*

71 nuestras instituciones / *our institutions*

73 Blog de Exponav: de Nereidas a Buques

"La "botadura": el nacimiento de un "buque"", por R. Villa.

79 artículo técnico / *technical article*

"Aplicación de herramientas de Machine Learning al comportamiento en la mar" por José Enrique Gutiérrez-Romero; Pablo Romero Tello; Borja Serván-Camas; Jerónimo Esteve-Pérez

91 clasificados / *directory*

ROXTEC

PRÓXIMO NÚMERO / COMMING ISSUE

Industria auxiliar: gobierno y maniobra
Auxiliary industry: steering and manoeuvre

Consejo Técnico Asesor

D. Francisco de Bartolomé Guijosa
D. Manuel Carlier de Lavalle
D. Diego Colón de Carvajal Gorosabel
D. Luis Francisco García de España
D. Víctor González
D. Rafael Gutiérrez Fraile
D. José María de Juan-García Aguado
D. José Antonio Lagares Fernández
D. Nandi Lorensu Jaesuria
D. Agustín Montes Martín
D. Francisco Javier del Moral Hernández
D. Miguel Ángel Palencia Herrero
D. José Esteban Pérez García
D. Gonzalo Pérez Gómez
D. Mariano Pérez Sobrino
D. Gerardo Polo Sánchez
D. José María Sánchez Carrión
D. Jesús Valle Cabezas
D. Fernando Yllescas Ortiz

Noticias

Puertos del Estado reparte el segundo lote de mascarillas entre el sector marítimo

Autoridades portuarias, SASEMAR y la DGMM, además de los servicios esenciales portuarios recibieron más de 1.200.000 mascarillas FFP2.

https://bit.ly/2Vv4QYG

Pruebas de biocombustible en un petrolero

Durante este mes de abril, Stena Bulk estará probando en uno de sus buques de transporte de productos, el *Stena Immortal*, el biocombustible MR1-100 de GoodFuels.

https://bit.ly/3bAmjGk

Wärtsilä diseña el arrastrero de krill más grande del mundo

El grupo tecnológico Wärtsilä ha sido contratado para proporcionar el diseño de un nuevo buque de pesca, concretamente un arrastrero para la pesca de krill de última generación, que cuando se entregue será el más grande y eficiente de su tipo en el mundo.

https://bit.ly/2VP5bG1

El primer ferry a metanol del mundo está de aniversario

Hace exactamente cinco años que este buque, construido en Puerto Real, fue el primero de su tipo en estar propulsado con metanol.

https://bit.ly/2yDIxZ6

Buques transoceánicos propulsados con células de combustible, una realidad cada vez más cerca

ABB e Hydrogène de France (HDF) han firmado un MoU para fabricar conjuntamente sistemas de celdas de combustible de megavatios capaces de impulsar embarcaciones transoceánicas.

https://bit.ly/2wDjQvg

Enermar

Las japonesas Mitsubishi y Chubu compran la energética holandesa Eneco

Mitsubishi controlará el 80% de las acciones y Chubu el 20% restante. Mitsubishi también planea transferir parte de sus activos de eólica offshore (más de 400 MW) a Eneco.

https://bit.ly/3bBR7WG

http://www.facebook.com/groups/ingenierosnavales

http://linkd.in/13n4zoS

http://twitter.com/ingnaval

staff

año LXXXVIV • N.º 990

INGENIERIA NAVAL

abril 2020

Revista editada por la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España. Fundada en 1929 por Aureo Fernández Ávila, I.N.

Presidente de AINE y de la Comisión de la Revista
José de Lara Rey, Dr. I.N.

Vocales de la Comisión de la Revista
Raúl Villa Caro, Dr. I.N.
Jorge Pla Peralonso, I.N.

Asesor
Francisco Archanco Fernández, I.N.

Redacción
Verónica Abad Soto, I.N. (Redactora Jefe)

Publicidad
Dirección Comercial Baupress, S.L.
Rafael Crespo Fortún
Tels.: 915 102 059 / 609 117 340
Fax: 915 102 279

Administración
Noemí Cezón López

Dirección
Castelló, 66 - 28001 Madrid
Tels.: 915 751 024 / 915 771 678
e-mail: revista@sectormaritimo.es
www.sectormaritimo.es

Diseño y maquetación
DiseñoPar Publicidad S.L.U.
Tel.: 912 235 650 / 616 948 610
www.parpubli.com

Impresión
Imedisa Material de Oficina, S.L.
Tel: 914861606

Suscripción Anual / *Subscription Fee (2020)*:

Electrónica general	70,00 €
Electrónica estudiantes	35,00 €
Papel + electrónica (sólo España)	90,00 €

Notas:

No se devuelven los originales. La Revista de Ingeniería Naval es una publicación plural, por lo que no necesariamente comparte las opiniones vertidas por sus colaboradores en los artículos, trabajos, cartas y colaboraciones publicados, ni se identifica con ellos, y sin que esta Revista, por su publicación, se haga en ningún caso responsable de aquellas opiniones. Los firmantes de los artículos, trabajos, cartas y colaboraciones publicados son autores independientes y los únicos responsables de sus contenidos. Se permite la reproducción de nuestros artículos indicando su procedencia, pero no la distribución de la revista por ningún tipo de medio (electrónico y/o físico).

Publicación mensual
ISSN: 0020-1073
Depósito Legal: M 51 - 1958

La "BOTADURA": el nacimiento de un "BUQUE"

Por R. Villa, Dr. I. N. nº 2943

En lo que a mí respecta, el hito de la botadura representa el momento más importante en la vida de un buque. Un intervalo de tiempo de menos de un minuto, que apenas ha evolucionado a lo largo de la historia, y que representa todavía un instante romántico de la construcción naval, en que el buque transfiere su peso desde la cama de construcción, a la cuna de lanzamiento, justo antes del deslizamiento por la grada.

De esta forma "nace" el buque (la obra móvil más grande que construye el hombre) en el momento que contacta con la mar, su hábitat natural. Lo que hasta ese momento sólo eran partes del buque, ahora se unen en una única pieza, para durante unos segundos soportar en el deslizamiento solicitaciones, fuerzas, cargas, presiones, y velocidades, que en algunos casos alcanzarán los valores más altos de todo su ciclo de vida.

Figura 1. Cartel de créditos de la exposición de Exponav

Botaduras en los astilleros. De proa, de popa y de costado

Tradicionalmente en los astilleros españoles se practicaba la botadura sobre dos imadas con el buque apoyado sobre una basada, disponiéndose el buque con la proa hacia el mar, por lo que la botadura se realizaba de proa, de forma opuesta a cómo se realiza en la actualidad. Se consideraba que la popa, al estar más reforzada, podría soportar mejor los grandes esfuerzos finales de la botadura.

Como ejemplo de las botaduras del Siglo XVIII se podría destacar la maqueta del navío *San Juan Nepomuceno* de 74 cañones que se encuentra en el Museo Naval de Madrid. De autor anónimo y fechado hacia 1766, año de

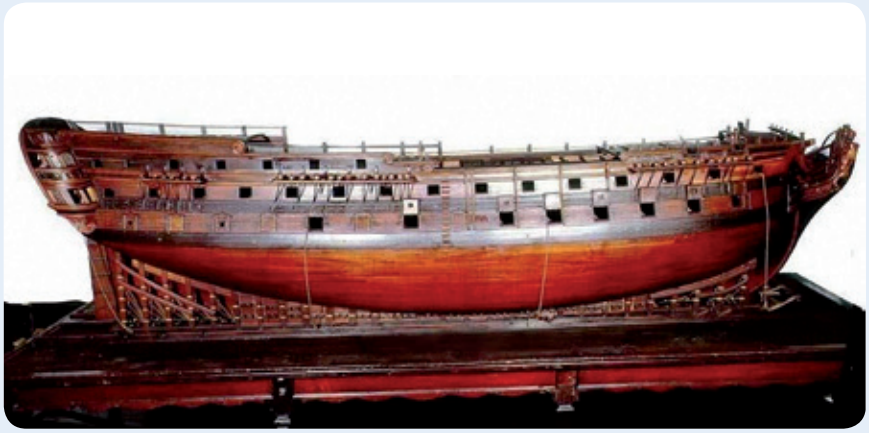


Figura 2. Modelo del San Juan Nepomuceno en grada. Museo Naval de Madrid.

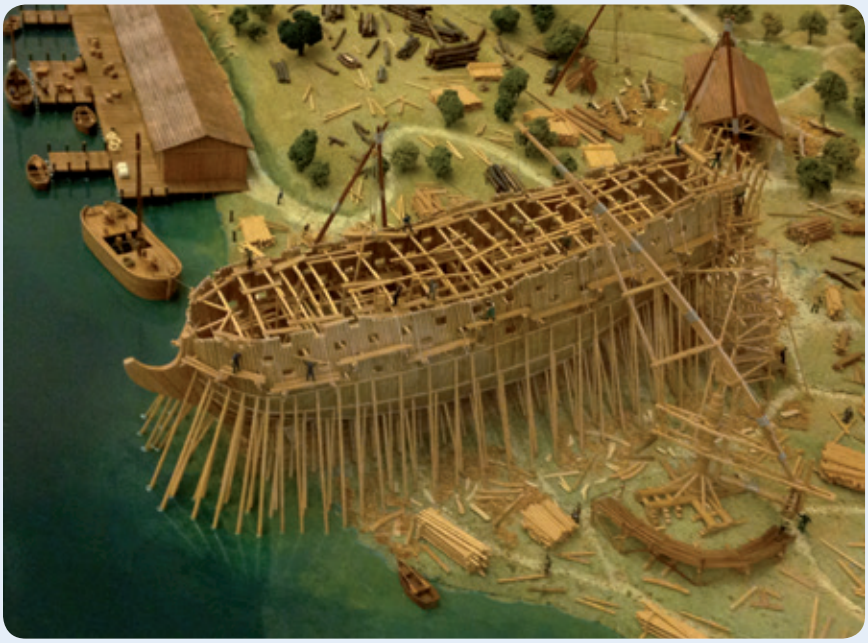


Figura 3. Astillero de Guarnizo

Figura 4. Botadura lateral en *Erandio*

Figura 4b. Panel de tipos de botaduras

su botadura, se trata de un modelo de notables dimensiones, que muestra al navío en grada con el costado de estribor completo y el de babor sin forrar incluyendo la cuna de lanzamiento completa, dispuesto para su botadura en el astillero de Guarnizo (Cantabria).

En aquella época la grada de construcción se ubicaba en un terreno situado en la ribera y dotado con una pequeña pendiente hacia el mar sobre el que se disponían los apoyos necesarios para la construcción de las embarcaciones y posteriormente los medios necesarios para su lanzamiento. Ésta pendiente solía prolongarse adentrándose en la mar, con la longitud necesaria para que el buque quedase a flote.

A mitad del siglo XVIII, con la llegada de los constructores ingleses contratados por Jorge Juan en su viaje a Londres, se adoptó en los astilleros de los arsenales la disposición en la grada del buque popa a la mar, por lo que se comenzó a botar los buques de popa, práctica que se ha mantenido hasta la actualidad en los astilleros españoles, salvo algunas excepciones.

Las principales ventajas del lanzamiento por popa derivan principalmente del hecho de que en general los calados de los buques a flote tienen asiento positivo (o sea son mayores en popa que en proa), y el menor calado a proa reduce la altura de agua necesaria en el extremo de las imadas para que el buque quede a flote, lo que reduce o minimiza el saludo del buque.

La botadura de costado es una alternativa a la botadura longitudinal, y se ha utilizado en zonas de aguas confinadas con reducido espacio disponible para la parada del buque, una vez a flote. En España este método de botadura fue utilizado hacia la década de los sesenta del pasado siglo por el astillero Tomás Ruiz de Velasco, situado en Erandio, Vizcaya.

Destacar que, aunque la botadura longitudinal sobre imadas en grada inclinada ha sido la más utilizada principalmente en los astilleros europeos, también han existido y existen otros procedimientos de puesta a flote de buques y unidades off-shore que ofrecen algunas ventajas específicas en razón de la ubicación del astillero, la tradición en construcción naval, y otras causas.

Etapas del lanzamiento

La botadura se lleva a cabo en diferentes etapas, y llega a revolucionar las ciudades el día del lanzamiento, para que sus habitantes puedan ser testigos de este acontecimiento. Se realiza en dos etapas:

- Transferencia del peso del buque desde la cama de construcción, formada por los picaderos, escoras y almohadas que lo han soportado durante la construcción, a la cuna de lanzamiento.
- Deslizamiento del buque y cuna de lanzamiento (que van unidos por medio de cables) de forma controlada, hasta que floten libremente.

Nomenclatura de la botadura

Durante el lanzamiento, el buque desliza a lo largo de pistas de deslizamiento llamadas imadas, normalmente dos, dispuestas simétricamente respecto al plano longitudinal, sobre las que apoya el peso del buque a través de las anguilas, piezas de contacto con las imadas que reciben el peso del buque a través de piezas, normalmente de madera, llamados picaderos, con las cuñas necesarias, para realizar mediante apriete de las cuñas, la transferencia del buque de la cama de construcción a la cuna de lanzamiento.

Las imadas se colocan sobre una superficie dotada normalmente con la inclinación de las imadas, que recibe el nombre de grada.

El conjunto de las anguilas y piezas de soporte reciben el nombre de cuna de lanzamiento. Las anguilas se convierten en una especie de vagones de tren, unidos solidariamente al casco por medio de cables (a veces, incluso soldados), que se deslizan junto al buque (actualmente una vez que se ha realizado la botadura, estos cables son liberados, ya que disponen de ganchos disparadores para ello, mediante buzos, y la cuna cae al fondo del mar, de donde se recupera).

En los extremos de proa y popa la cuna debe adaptarse a las formas más finas de estas zonas del buque a través de piezas de soporte de mayor altura que reciben el nombre de santos o apóstoles (seguramente, porque van colocados "allí arriba").

Además, estos santos ayudarían a la botadura dando mayor flotabilidad (en el caso del buque de proyección estratégica Juan Carlos I, donde existía gran preocupación por el calado en proa que podría adquirir el buque durante el saludo, los santos tradicionales fueron reemplazados y complementados con unos cajones/flotadores, que aumentaron más aún la flotabilidad).

Caja de arena

Pero el elemento verdaderamente responsable de la transferencia del peso de la cama de construcción a la cuna de lanzamiento, es el gran desconocido de la botadura. Una sim-

Figura 5. Picadero de la cama de construcción

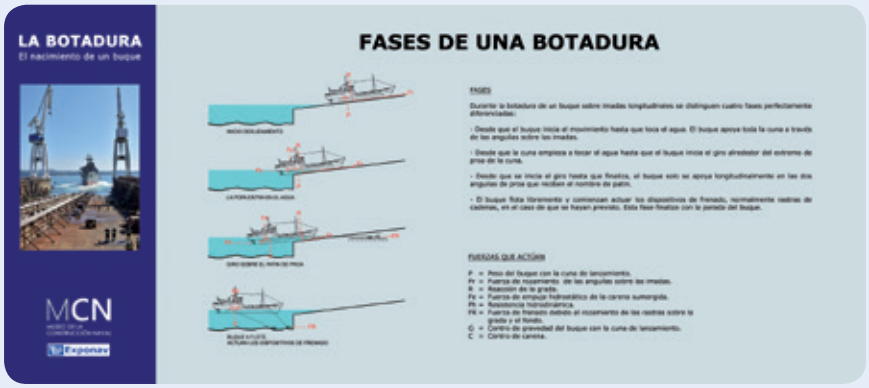


Figura 6. Fases del deslizamiento

Figura 7. Aspecto de la grada tras la botadura

Figura 8. Imadas y anguilas

Figura 9. Cajones para aumento flotabilidad

Figura 10. Panel de la cama de construcción

ple caja metálica, que contiene unas bolsas de arena que son pinchadas para que vaya saliendo la arena, es la responsable de que se vaya transfiriendo el peso, de la cama a la cuna.

La cuna del buque va amarrada al casco del buque mediante frenos de cable, cáncamos, grilletes y tensores con disparadores para permitir que la cuna siga solidaria al buque durante el deslizamiento.

Las llaves

Una vez realizado el proceso de transferencia el buque queda listo para la botadura. Con objeto de impedir su deslizamiento hasta el momento deseado, se utilizan unos dispositivos de sujeción llamados llaves de lanzamiento. Cuando se liberan las llaves de lanzamiento el buque queda libre para deslizar sobre las imadas, iniciándose así el proceso de lanzamiento de la botadura.

Las dos llaves, una por cada costado, están diseñadas por un juego de seis palancas, desmutiplicadoras de fuerza, que permiten que un simple solenoide pueda liberar el buque en el movimiento de la última palanca (la roja en la figura 13), para que se efectúe el lanzamiento.

Previamente al inicio de la construcción del buque en la grada, se sitúan las llaves de retención mecánica de babor y estribor respectivamente.

Las llaves móviles o palancas de retención mecánica se instalan en su posición definitiva, antes de la instalación de la retenida móvil (anguila móvil que marcará la posición definitiva del resto de las anguilas).

Indicar también que además existe un gato hidráulico para conseguir el efecto contrario en caso de que fuera necesario, es decir, tener que dar un "empujón" al barco para que empiece a deslizar, en caso de que no lo hiciera una vez que se abrieran las llaves de retención (existe una regla de deslizamiento para comprobar que esto no va a ocurrir, y que detecta un pequeño movimiento que indica que el barco está "vivo", una vez que se transfiere el buque de la cama de construcción a la cuna de deslizamiento, en los momentos previos a la botadura).

El patín

Evidentemente, la longitud y anchura de las imadas se ha diseñado para que soporten una presión determinada (presión media), y para que el giro del buque sobre el patín (último extremo de las anguilas en abandonar la basada móvil) se realice en un momento y lugar pre-

fijado (no nos podemos olvidar que el lugar de la botadura tendrá una profundidad determinada y debemos estar seguros que el buque en el momento del saludo, no calará más que lo que nos permite la profundidad en ese lugar y para ese instante del día).

Otro elemento muy importante, para que el buque deslice sobre la imada móvil, es la grasa. Será necesaria la aplicación de una serie de capas de grasa especiales que aseguren que el buque deslizará en el momento de la botadura.

Botaduras significativas en Ferrol

Si hubiera que destacar las dos botaduras más importantes llevadas a cabo en la historia de Ferrol, probablemente corresponderían a la del petrolero *Arteaga* en ASTANO en 1972, y el BPE *Juan Carlos I* en 2008.

Una de las más multitudinarias de los últimos años (más de 6.500 asistentes) fue la del buque de proyección estratégica (LHD) *Juan Carlos I*, de 230 metros de eslora. La ceremonia comenzó a las 18:00 horas del 10 de marzo de 2008, en la pleamar, con la llegada al astillero de don Juan Carlos, ataviado con el uniforme de capitán general de la Marina, y doña Sofía, junto al Príncipe don Felipe, que vestía el uniforme de capitán de Corbeta de la Armada, y doña Letizia.

Tras la bendición del buque por parte del vicario general castrense, la Reina, madrina del *Juan Carlos I*, procedió con el acto simbólico que lanzó al mar el buque.

Tras la botadura del BPE, los Reyes y los Príncipes se trasladaron al Museo de la Construcción Naval de Ferrol, donde inauguraron EXPONAV.

La Madrina

La tradición de romper una botella contra la proa es de origen británico y se produjo por primera vez en 1780. La S.E. de C.N. introdujo con las botaduras de los buques militares españoles la figura de la madrina (antes no existía esa figura), que normalmente solía recaer en una persona relacionada con el armador del buque y en el caso de tratarse de buques de guerra, con las altas personalidades del Estado, del Gobierno o de la Marina.

Previamente al lanzamiento de la botella, la madrina cortaba un cordón de seda. La reina Victoria Eugenia fue la madrina de la botadura del acorazado *España* y utilizó para cortar el cordón de seda un hacha de plata con mango tallado e incrustaciones de oro reali-

Figura 11. Caja de arena

Figura 12. Operario actuando sobre caja de arena

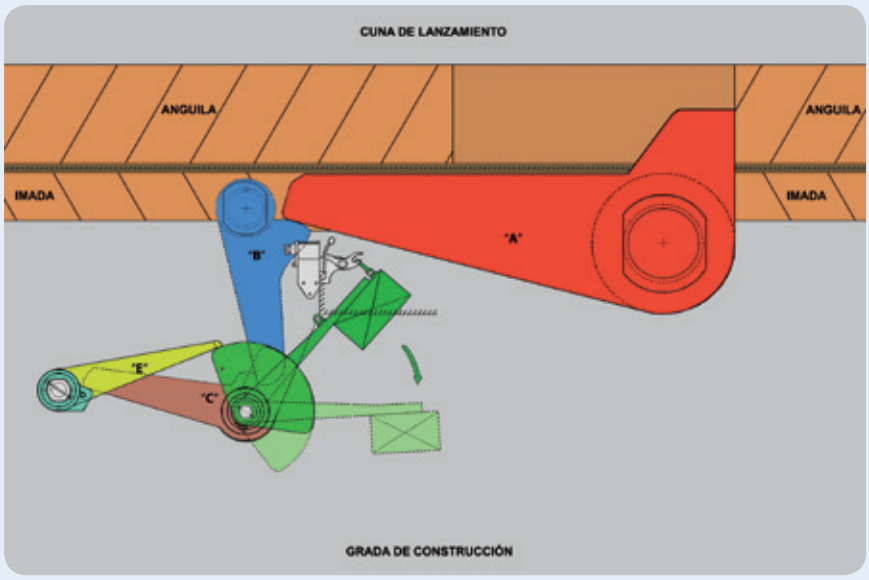


Figura 13. Llave de retención

Figura 14. Patín

Figura 15. Aplicación de grasa

Figura 16. Panel Arteaga

Figura 17. Panel BPE

Figura 18. Réplica del hacha Benlliure

zada por el escultor Mariano Benlliure, que asistió invitado a la botadura. Dicha hacha fue también utilizada para la botadura del acorazado *Alfonso XII* en el astillero de Ferrol el año 1913.

Para finalizar, y relacionado con la entrada de esta semana, me gustaría indicar que acabamos de inaugurar en la Sala Carlos III del Museo de la Construcción Naval la exposición "*La botadura. El nacimiento de un buque*", una de nuestras grandes apuestas para este año y que se inauguró el mes pasado con una conferencia del ingeniero naval José María de Juan-García Aguado, uno de los colaboradores principales de la muestra.

En los créditos del cártel principal de la exposición aparecen los principales colaboradores de la muestra, aunque todavía hubo muchos más. Se trata de una exposición realizada al cien por cien, por personal colaborador, y que estaba inicialmente prevista hasta finales de abril, aunque el terrible coronavirus, que nos obligó a cerrar el museo en marzo, ha modificado estas fechas, y se ampliarán.

La exposición está formada por 17 paneles explicativos (en esta entrada he incluido varios ejemplos) que recogen el proceso de botadura y su evolución histórica, e incluye objetos que se utilizaron en su día. Destaca una caja de arena, y el hacha tallada por Mariano Benlliure, con la que la hermana del rey Alfonso XII, cortó la cinta en la botadura del acorazado *Alfonso XIII*.

También se exhibe una maqueta que representa la botadura del *Arteaga*, en 1972; así como textos técnicos sobre cálculos como, por ejemplo, la "Teoría del buque y sus aplicaciones", de Carlos Godino, e innovaciones tecnológicas, como la cama elástica, utilizada en la botadura del *Arteaga*. ■