FASES DE LAS BOTADURAS DE BUQUES EN GRADAS DE FERROL

Raúl Villa Caro, Secretario de EXPONAV (Exposición para el fomento de la construcción naval y las actividades marítimas)
rvilcar@exponav.org

RESUMEN:

Para mi parecer, el hito de la botadura representa el momento más importante de la vida de un buque, pero a pesar de ello tengo que reconocer que las prácticas empleadas en la botadura de los barcos por parte de los diferentes astilleros españoles evolucionaron con gran lentitud a lo largo de la historia, siendo uno de los factores que más condicionó este proceso, el provocado por el asentamiento de los astilleros en ubicaciones industriales permanentes. Tampoco se puede negar la influencia de cómo evolucionaba este proceso del "lanzamiento" de los buques en otros países, tipo Francia o Inglaterra.

Este trabajo versa sobre las diferentes etapas que se llevan a cabo durante la botadura (lanzamiento) de un buque. Se presentan imágenes de los diferentes elementos que se utilizan en las diferentes fases del proceso, se explica su funcionamiento y se observan bonitas ilustraciones de cómo avanza la construcción de un buque. También se explica, de forma simple, tradicional y artesanal, lo poco que ha ido evolucionando esta técnica desde las botaduras más primitivas. Se realiza una exposición detallada de los usos de los elementos más tradicionales de este acto, como son las cajas de arena, los santos de proa y popa, las llaves de retención, las reglas de deslizamiento, y el patín, entre otros. Se lleva a cabo una explicación simple, de cómo se realiza el reparto de presiones durante el momento del deslizamiento, para que se vea como "sufre" el buque en la grada. Y para finalizar se presentan imágenes de cómo se revoluciona la ciudad de Ferrol cada que se lleva a cabo el hito de una botadura de un buque de guerra. En las últimas botaduras, los astilleros de Navantia abrieron sus puertas a toda la ciudad, para que sus habitantes pudieran ser testigos de estos acontecimientos.

PALABRAS CLAVE (5):

Buque – botadura – astillero – proa - popa

ABSTRACT:

To my opinion, the highlight of the launch represents the most important moment in the life of a ship, but nevertheless admit that the practices used in the launching of ships from different Spanish shipyards evolved with great slowly throughout history, being one of the factors that conditioned this process, caused by the settlement of the shipyards in permanent industrial locations. Nor can we ignore the influence of how this process evolved the "launch" of ships in other countries such France and England.

This paper deals with the different steps carried out during the launch of a ship. Pictures of the different elements used in the different phases of the process are presented, its operation is explained and beautiful illustrations of how construction progresses are observedl. It also explains, in simple, traditional and handmade, how little this technique has evolved since ancient launchings. A detailed discussion of the uses of the traditional elements of this act is performed, such as litter boxes, bow and stern saints, holding keys, slide rules, and skate, among others. It performs a simple explanation of how to carry out the distribution of pressures during the time slip, so it looks as vessel suffers in the stands. And finally pictures of how the city of Ferrol lives each warship launching are presented. In recent launchings, Navantia shipyard opened its doors to the entire city, so they could witness these events.

KEY WORDS:

Ship - launch - shipyard - bow – stern

INTRODUCCIÓN BOTADURAS EN ASTILLEROS DE FERROL

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.

El proceso de construcción del buque tenía lugar en las instalaciones del astillero situadas en tierra junto a la línea de separación con el mar. El sistema utilizado para la construcción del casco era mediante el uso de grada.

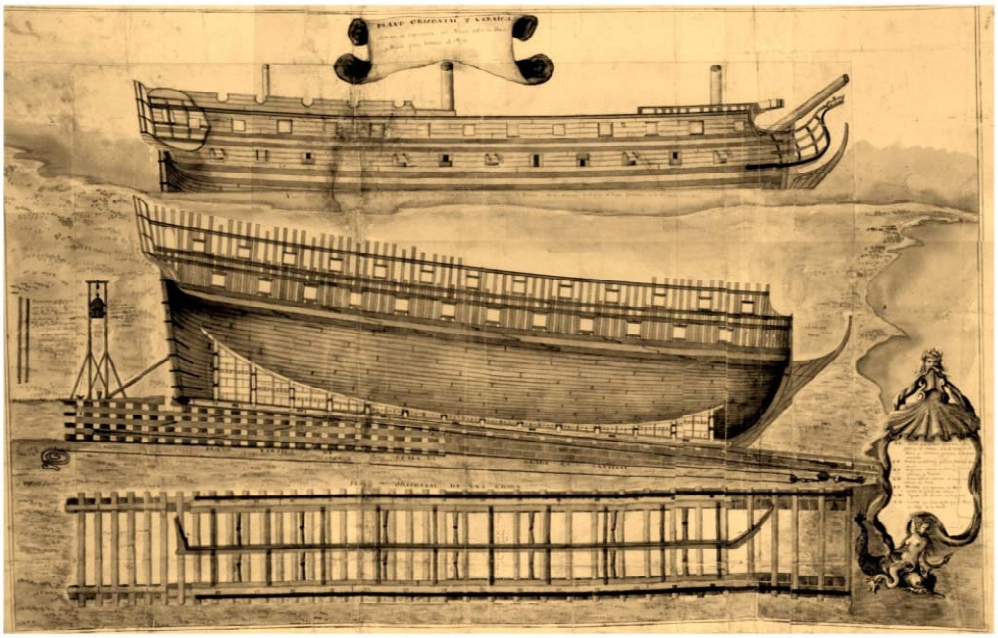


Lámina del Álbum del Marqués de la Victoria

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 se trata de un modelo de notables dimensiones, cuatro metros de eslora, elaborado en madera, metal y piola, 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, que tuvo lugar el 18 de Octubre de 1766. La disposición de las imadas y de la cuna de lanzamiento de este navío se mantuvo prácticamente inalterada, salvo ligeras variaciones, hasta la mitad del siglo XIX.

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, formando de esta manera una ante-grada, con la longitud necesaria para que el buque quedase a flote.

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

En el siglo XVIII la construcción naval militar que se practicaba en los astilleros de los arsenales de la Armada española había desarrollado técnicas que permitían la construcción y lanzamiento en grada inclinada de los grandes navíos y fragatas que requerían los programas navales de la época. A mitad de ese siglo, 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.

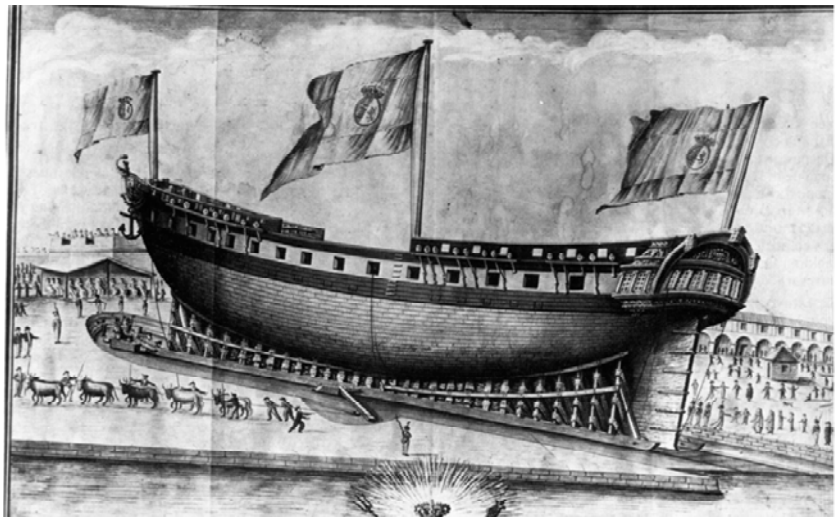
Las principales ventajas del lanzamiento por popa se derivan principalmente del hecho de que en general los calados de los buques a flote tienen asiento positivo (o sea son mayores en popa que en proa), y el menor calado a proa reduce la altura de agua necesaria en el extremo de las imadas para que el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

El astillero de Ferrol inicialmente recibió el nombre de Astillero de Monte Real y poco más tarde el de Real Astillero de Esteyro, que también se perdió más tarde quedando la denominación descriptiva de astillero del arsenal de Ferrol o simplemente astillero de Ferrol. Cuando más tarde, a principios del siglo XX, se privatizó la gestión del astillero junto con la zona industrial del arsenal, pasó a denominarse astillero de La Constructora.

Y tras el paréntesis del Consejo Ordenador de Construcciones Navales Militares después de la guerra civil española, se convirtió en el astillero de La Bazán (por la Empresa Nacional Bazán de Construcciones Navales Militares) y en épocas recientes pasó a ser el astillero de Ferrol de Izar y en la actualidad de Navantia Ferrol.

PROCESO DEL LANZAMIENTO

Para facilitar el deslizamiento de las anguilas sobre las imadas en el momento de la botadura, se ensebaban las caras de ambas y entre ellas se aplicaba jaboncillo. Y para realizar la transferencia del buque desde los apoyos de construcción, formados por picaderos y escoras, a la cuna de lanzamiento, se disponían unas trincas de cáñamo sin alquitranar que por debajo de la quilla unían las columnas de las dos imadas. Antes de la botadura se mojaban las trincas, que al encoger levantaban el casco, lo que facilitaba la retirada de las escoras y picaderos con facilidad, permitiendo de esta manera que el buque descansara sobre la cuna. Y para retener el buque hasta el momento de la botadura se utilizaban unos contretes inclinados apoyados por un extremo en cada una de las anguilas y por el otro en un punto fijo en la grada, denominados *llaves de retenidas.* Finalmente en los momentos previos a la botadura se desmontaban los contretes inclinados, quedando la cuna con el buque retenidos por las trincas de proa, que se cortaban más tarde, quedando el buque libre para deslizar por las imadas hacia el mar.



Botadura de la fragata Restauración en el astillero del arsenal de Ferrol en 1826

En la lámina de la botadura de la fragata *Restauración* en el astillero del arsenal de Ferrol en 1826, se distinguen en la proa las trincas de retenida de las *basadas* y junto a ellas dos operarios con el hacha en lo alto dispuestos a cortarlas a la orden.

Debido a que el peso de los buques en lanzamiento, y por tanto la componente en la dirección del deslizamiento no eran muy elevados, lo que daba lugar a unas presiones bajas sobre las imadas, y al comportamiento poco previsible de lo sebos empleados, era frecuente que el buque no iniciara espontáneamente el deslizamiento necesitando un impulso para comenzar a deslizar sobre las imadas, para lo que se utilizaban diferentes sistemas, pero el más curioso y destacable consistía en un aparejo real hecho firme en un extremo a la popa o proa de la quilla, según se tratara de botadura de proa o de popa, que al tirar mediante animales de carga por el otro, producía un empuje sobre la cuna, como se observa en la figura anterior.

El sistema de dos imadas o *doble basada* también recibió el nombre de *basada de trincas* y su utilización en el astillero del arsenal de Ferrol se mantuvo hasta la mitad del siglo XIX, en que comenzó a utilizarse el sistema de *basada única* en la botadura de los buques de casco de acero que era también el empleado en los arsenales franceses.

En el sistema de basada única, también denominado de *zapata y corredera*, el buque se apoyaba durante el lanzamiento únicamente en una pieza de madera a lo largo de la quilla, la *zapata* empernada a la quilla, que deslizaba sobre una pieza fija a la grada denominada *corredera*, por lo que este sistema también recibía el nombre de *botadura sobre la quilla.* Frente a la basada doble, el sistema de zapata y corredera tenía la ventaja de requerir una cuna de lanzamiento con menos piezas de madera y por tanto resultaba más económico en materiales y horas de trabajo.

Como ya se ha comentado, durante el proceso de construcción del buque, éste debe transferir su peso a la grada a través de unos soportes adecuados que reciben el nombre de cuna o cama de construcción.

Una vez finalizada la construcción del casco se procede a la puesta a flote que se realiza mediante deslizamiento sobre un plano inclinado (cama de lanzamiento).

Aunque las botaduras también se podrían hacer de forma lateral (por existencia de poco espacio de agua, por ejemplo en ríos), debido a las características de construcción del astillero de Ferrol, estas se hacen mediante lanzamiento longitudinal, que a continuación explicaré.

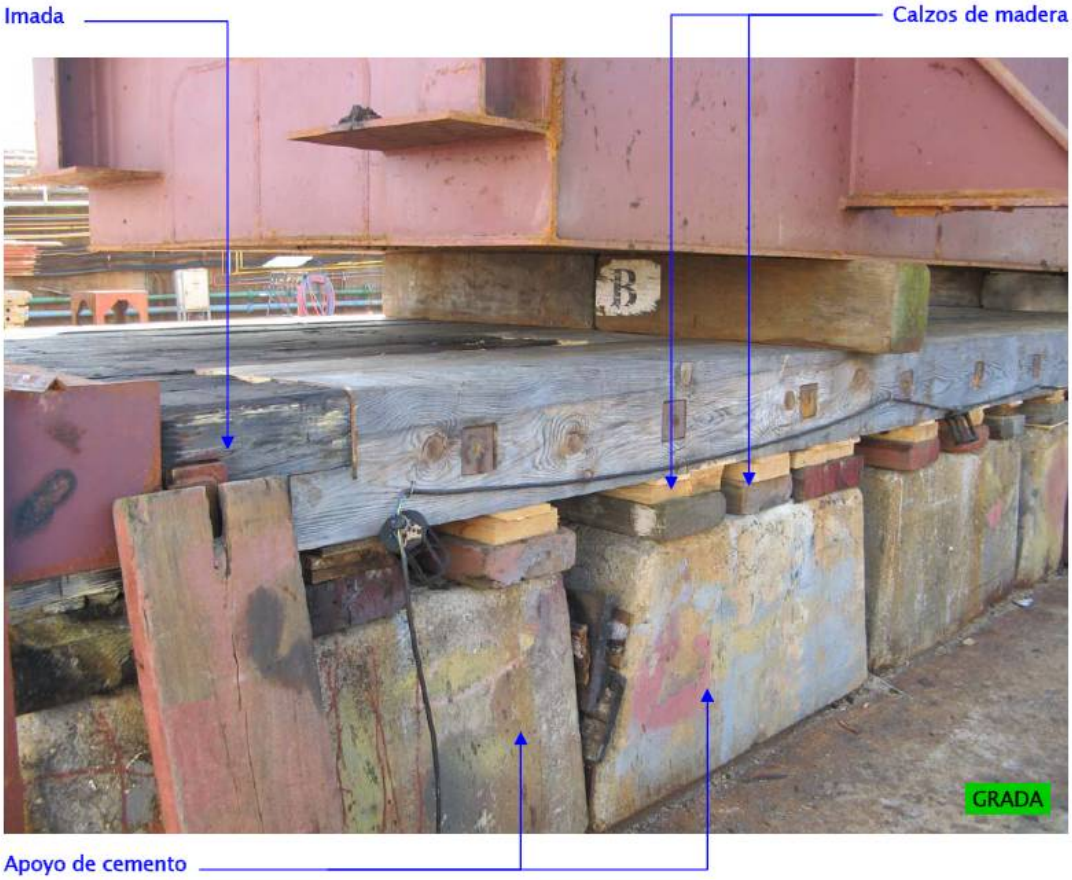
Cama de lanzamiento

ETAPAS DEL LANZAMIENTO

La botadura o lanzamiento se realiza en dos etapas:

- Transferencia del peso del buque desde la cuna de construcción, formada por los picaderos, escoras y almohadas que lo han soportado durante la construcción, a la cuna de lanzamiento.

Picadero de la cama de construcción



Calzo de madera

- Deslizamiento del buque y cuna de lanzamiento (que van unidos por medio de cables) de forma controlada, hasta que flote libremente.

Buque listo para botadura

BOTADURA MEDIANTE LANZAMIENTO POR POPA

Una de las razones que motivaron el cambio en el sistema de lanzamiento, fue el restablecimiento en el año 1848 del cuerpo de Ingenieros de Marina, que había sido suprimido en 1827, lo que llevó aparejado el establecimiento de una Escuela Especial en La Carraca (Cádiz) para la formación de los nuevos ingenieros de Marina. Debido a la carencia de profesorado para impartir docencia en la nueva escuela, la primera promoción de alumnos fue enviada a realizar sus estudios a la Escuela de Construcciones Navales de la Marina francesa establecida en el arsenal de Lorient y más tarde para completar los estudios y realizar prácticas a los arsenales de Brest y Toulon. Las siguientes

promociones también realizaron cursos en las escuelas de construcción naval de Francia y prácticas en sus arsenales.

La formación francesa de estos ingenieros de Marina dio lugar a la introducción en los astilleros de los arsenales españoles de las técnicas de construcción, y concretamente del lanzamiento de los buques, que se practicaban en los arsenales de Francia.

En fechas próximas a la botadura se disponía la corredera debajo de la quilla por tramos de cierta longitud dejando algunos tramos abiertos para que en esa zona la zapata apoyase directamente sobre algunos picaderos que actuaban como retenidas y recibían el nombre de *picaderos secos* disponiéndose transversalmente contretes hechos firmes en la grada para evitar el movimiento lateral de la corredera.

En la zona central, en una longitud del orden de un diez por ciento de la eslora del buque, se disponían a ambas bandas unas almohadas fijadas al casco, y alineadas con ellas pero fijas en la grada unas pistas denominadas *anguilas muertas* dejando un huelgo entre ambas de uno o dos centímetros. Estas *anguilas* se prolongaban en la antegrada y tenían por misión guiar el buque en el caso de que se produjera una escora imprevista a una banda durante el lanzamiento.

Aunque con este sistema no se precisaba trinca de retenida, misión que cumplían los *picaderos de retenida,* era práctica normal fijar la zapata a un muerto o arganeo mediante un cable que se cortaba en el momento del lanzamiento, o bien se serraba el extremo de proa de la zapata unida previamente a un punto fijo de la grada.

En lo buques de casco de acero las almohadas no se fijaban al casco sino que se sujetaban mediante cables que se hacían pasar por groeras dispuestas al efecto y sus extremos se llevaban al escoben en proa y a la limera del timón en popa que se tensaban con los calabrotes, y transversalmente se aseguraban mediante cables denominados *frenillos*.

Durante el lanzamiento, el buque deslizaba a lo largo de pistas de deslizamiento llamadas imadas, normalmente dos, dispuestas simétricamente respecto al plano longitudinal, sobre las que apoyaba 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 (además de lo que veremos a continuación), la transferencia del buque de la cama de construcción a la cuna de lanzamiento.

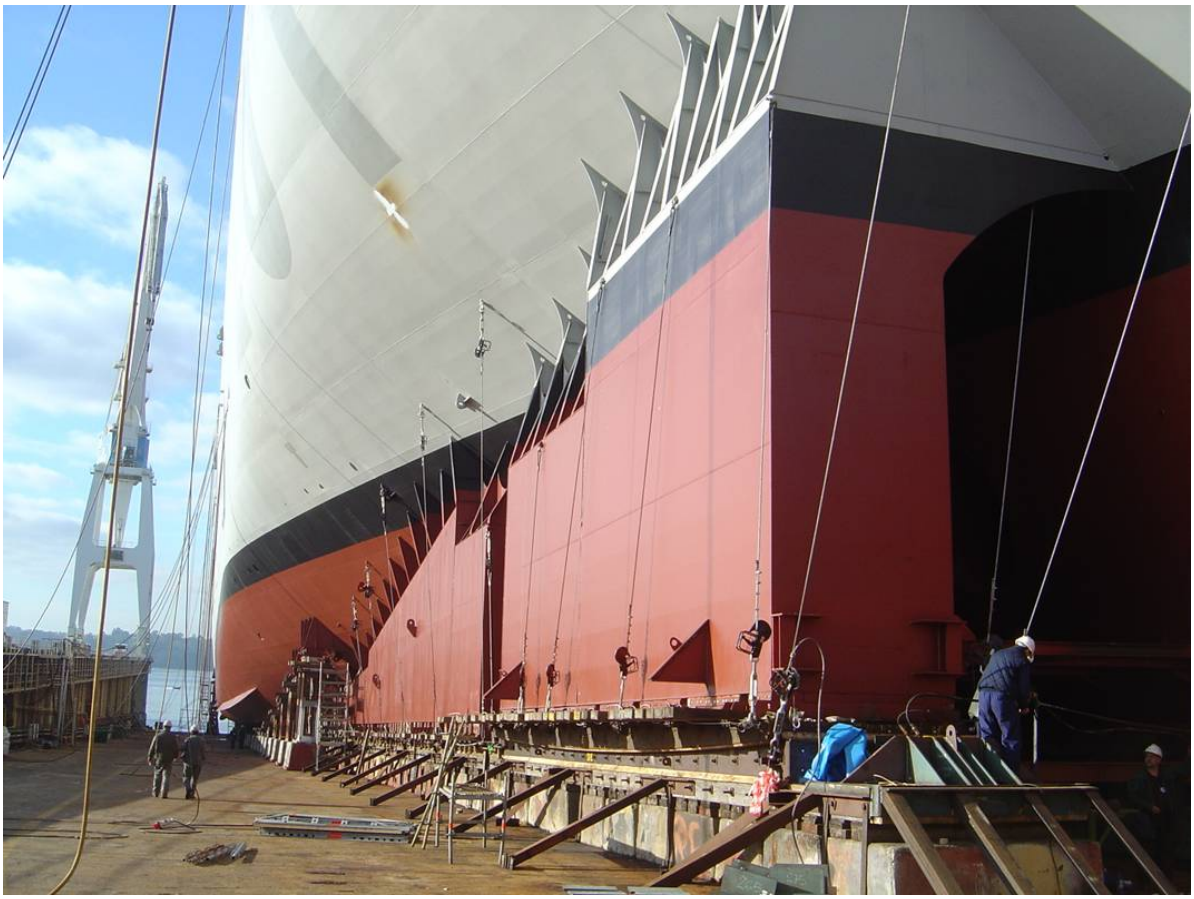
Imadas, anguilas y santos de proa

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

El conjunto de las anguilas y piezas de soporte recibían el nombre de cuna de lanzamiento. Las anguilas se convertían en una especie de vagones de tren, unidos solidariamente al casco por medio de cables (a veces, incluso soldados), que se deslizarían 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 debía adaptarse a las formas más finas de estas zonas del buque a través de piezas de soporte de mayor altura que recibían el nombre de santos o apóstoles (seguramente, porque van colocados “allí arriba”). Además estos santos ayudarían a la botadura dando mayor flotabilidad (en la actualidad, 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).

Cajones para aumento flotabilidad



Cajones para aumento flotabilidad instalados

Cama de lanzamiento tras una botadura

Pero el elemento verdadero responsable de la transferencia del peso de la cama de construcción a la cama de lanzamiento, es el gran desconocido de la botadura. Unas simples cajas de madera o metálicas, que contienen unas bolsas de arena, son pinchadas para que vaya saliendo la arena, y se vaya transfiriendo el peso, de una de las camas a la otra.

Caja de arena

Operario actuando sobre *Caja de arena*

La cuna del buque va amarrada al casco del buque mediante frenos de cable, cáncamos, grilletes rectos, grilletes de liria y tensores con disparadores para permitir que la cuna siga con el buque y le sirva de freno al mismo hasta la entrada al dique dónde se procederá a su desmontaje.

La instalación de estos elementos: frenos de cable, cáncamos, grilletes y tensores con disparadores se realizaba una vez instalados todos los elementos que conformaban la cuna de lanzamiento.

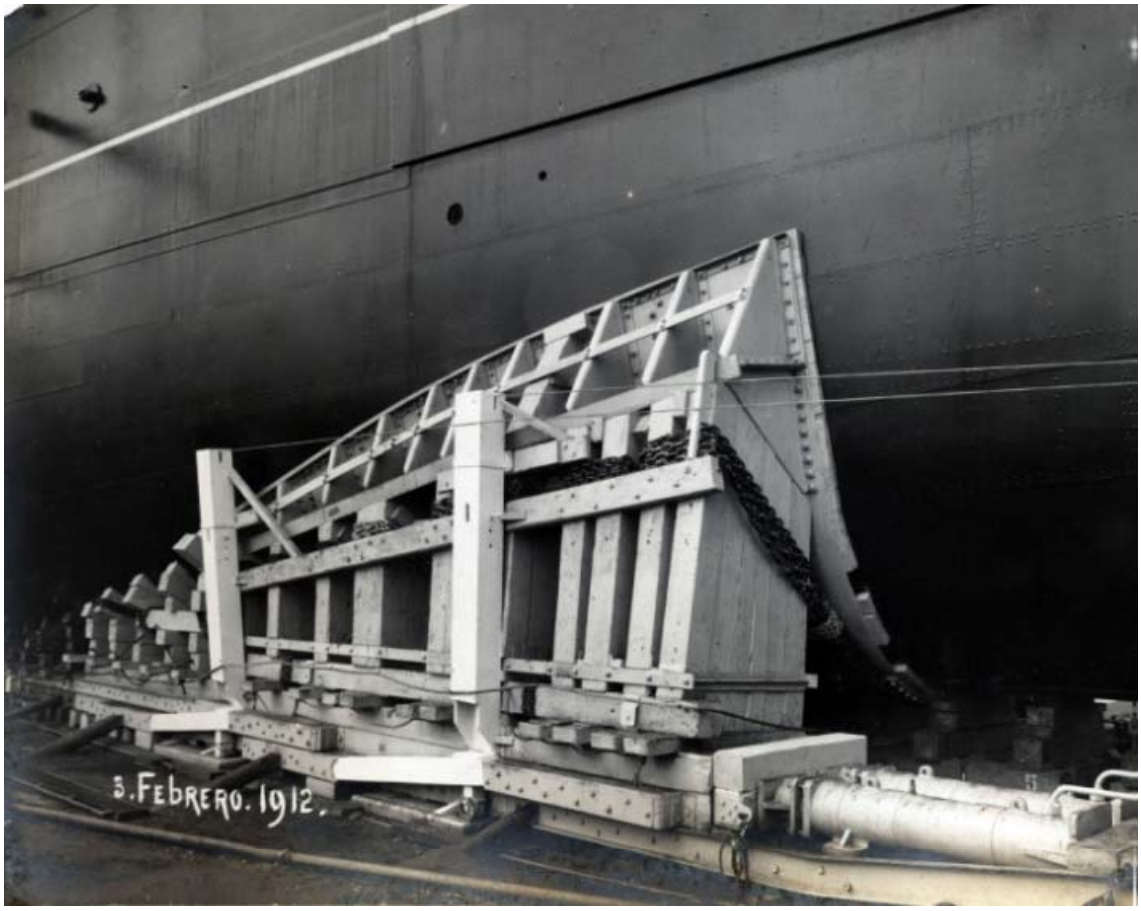
En 1909 con la aprobación del Plan Ferrándiz llegó a los astilleros y zonas industriales de los arsenales de Ferrol la tecnología más avanzada empleada en la construcción de buques de guerra de la mano de los socios británicos de la Sociedad Española de Construcción Naval que había ganado el concurso para la adjudicación del plan de modernización de los arsenales y la ejecución de un programa de construcciones navales militares.

Con el lanzamiento del acorazado *España*, primero de los buques construidos en el astillero ferrolano por la S.E. de C.N. este proceso pasó a realizarse por el sistema la *basada doble* que era la técnica empleada en los astilleros británicos. Este sistema era similar al empleado tradicionalmente en los astilleros españoles incorporando algunas novedades para adaptarlo a la construcción de buques con casco de acero.

La basada doble estaba formada por la *basada fija* y la *basada móvil*. La basada fija se apoyaba en el terreno, o plan de la grada, a través de un soportado formado por picaderos se madera y en su cara superior se disponían las pistas de deslizamiento o imadas. La basada móvil sobre la que apoyaba el buque en el momento del lanzamiento estaba formada por unas piezas denominadas anguilas sobre las que se disponían los apoyos de madera encargados de soportar el peso del buque durante el lanzamiento transmitiéndolo a las imadas a través de las anguilas. Este conjunto recibía el nombre de *cuna de lanzamiento*.

En la cara de contacto de las anguilas y las imadas se extendía sebo en caliente para conseguir una capa delgada de dos a tres milímetros y como lubricante se utilizaban pellas de jabón entre ambas superficies.

La transferencia de la cama de construcción a la cuna de lanzamiento se llevaba a cabo mediante el apriete de las cuñas de la cuna de lanzamiento, dejando un número mínimo de escoras y almohadas pertenecientes a la cama de construcción que eran desmontados en los momentos previos al lanzamiento.



Santos de proa con dos contretes de retenida y dos prensas hidráulicos. Cuna de lanzamiento del acorazado España dos días antes de su botadura. 3/2/1912. Fotografía del Archivo Histórico de Navantia-Ferrol

Para impedir el deslizamiento del conjunto buque-cuna durante el proceso de transferencia cuando el peso del buque comenzaba a cargar sobre las imadas, se disponían unos contretes inclinados denominados *llaves* o *contretes de*

retenida que transmitían la componente paralela del buque y la cuna a un punto de la grada. En los acorazados se dispusieron tres de estos contretes en cada una de las imadas, dos de ellos situados en la zona de los santos de proa y uno en la zona de los santos de popa. Hasta el momento de la botadura cada uno de los contretes estaba soportado por un puntalillo vertical, denominado *muñeco*, que lo mantenía en su posición impidiendo su caída accidental.

Para la botadura se disponía una tribuna de madera próxima a la proa del buque donde se situaba la madrina y los invitados, y la ceremonia comenzaba con la bendición de la nave por parte de un sacerdote. A continuación se daba orden de abatir las últimas escoras y almohadas una a una por ambas bandas y de forma perfectamente simétrica. Este proceso se realizaba zafando las cuñas a golpes de mandarria, lo que en ocasiones presentaba grandes dificultades. La utilización de cajas de arena para desmontar las almohadas era desconocida por estas fechas en este astillero.

Una vez libre el barco de soportes y apoyado exclusivamente sobre imadas, se mandaba zafar los puntalillos o *muñecos* quedando en ese momento el buque sobre los contretes de retenida.

En el momento de la botadura se producía el zafado simultáneo cada una de los contretes de retenida mediante un lingote guiado convenientemente por un conducto vertical; el lingote estaba unido a un cabo de sujeción que llegaba hasta la tribuna de invitados que en el momento de la botadura cortaba la madrina, liberando la cuna de lanzamiento que comenzaba entonces a deslizarse hacia el mar.

Este sistema utilizado para abatir los contretes de retenida fue introducido por la S.E. de C.N. en la tecnología del lanzamiento de los buques, procedente de los astilleros británicos.

En la botadura del transatlántico crucero *Reina Victoria Eugenia* que tuvo lugar el día 21 de abril de 1920 junto con los contretes de retenida, uno en cada

imada, se emplearon por primera vez en el astillero ferrolano las *retenidas de palanca*, también denominadas *retenidas eléctricas*, una en cada imada.

Esta circunstancia se produjo con frecuencia en los buques botados en este periodo incluyendo la botadura más solemne que fue la del acorazado *España* amadrinado por la reina Victoria Eugenia en presencia del rey Alfonso XIII, donde tuvieron que actuar estos gatos o prensas hidráulicas para vencer la fuerza de rozamiento inicial.

Por este motivo, previamente a la botadura del crucero *Blas de Lezo* se realizó en el astillero de Ferrol una experiencia para determinar el coeficiente de rozamiento entre las anguilas y la imada utilizando un pequeño tramo de la anguila cargado con la misma presión unitaria prevista en el lanzamiento y con el mismo tipo de sebo y jabón entre imada y anguila.

Efectivamente, todos los acorazados y cruceros construidos en la factoría ferrolana por la S.E. de C.N. tuvieron saludo al abandonar las imadas, debido a que la altura de agua sobre este punto era inferior al calado a proa del buque a flote. En el caso del acorazado *España* la diferencia entre estos valores, que se conoce como *saludo estático*, era de 2,10 metros.

LA MADRINA

La tradición de romper una botella contra la proa es de origen británico y se produjo por primera vez en 1780 en el *HMS Magnanime* botado en el astillero de Deptford, siendo un varón quién lanzaba la botella. Posteriormente en 1871 el Príncipe Regente introdujo por primera vez la figura de la madrina.

La S.E. de C.N. introdujo en las botaduras de los buques militares españoles la figura de la madrina, 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, quien amadrinaba el buque y simbólicamente lo enviaba al mar a través del impulso aparente que le transmitía una botella de champán que chocaba contra la proa

bajo el impulso de la propia madrina. La botella de champan utilizada en la botadura de los acorazados era de la casa Pedro Domeq.

Previamente al lanzamiento de la botella, la madrina cortaba un cordón de seda con los colores de la bandera española a cuyos extremos iban unidos los cabos que hacían descender los pesos que abatían los contretes quedando el buque libre para iniciar el descenso hacia el mar. 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 realizada por el escultor Mariano Benlliure, que asistió invitado a la botadura.

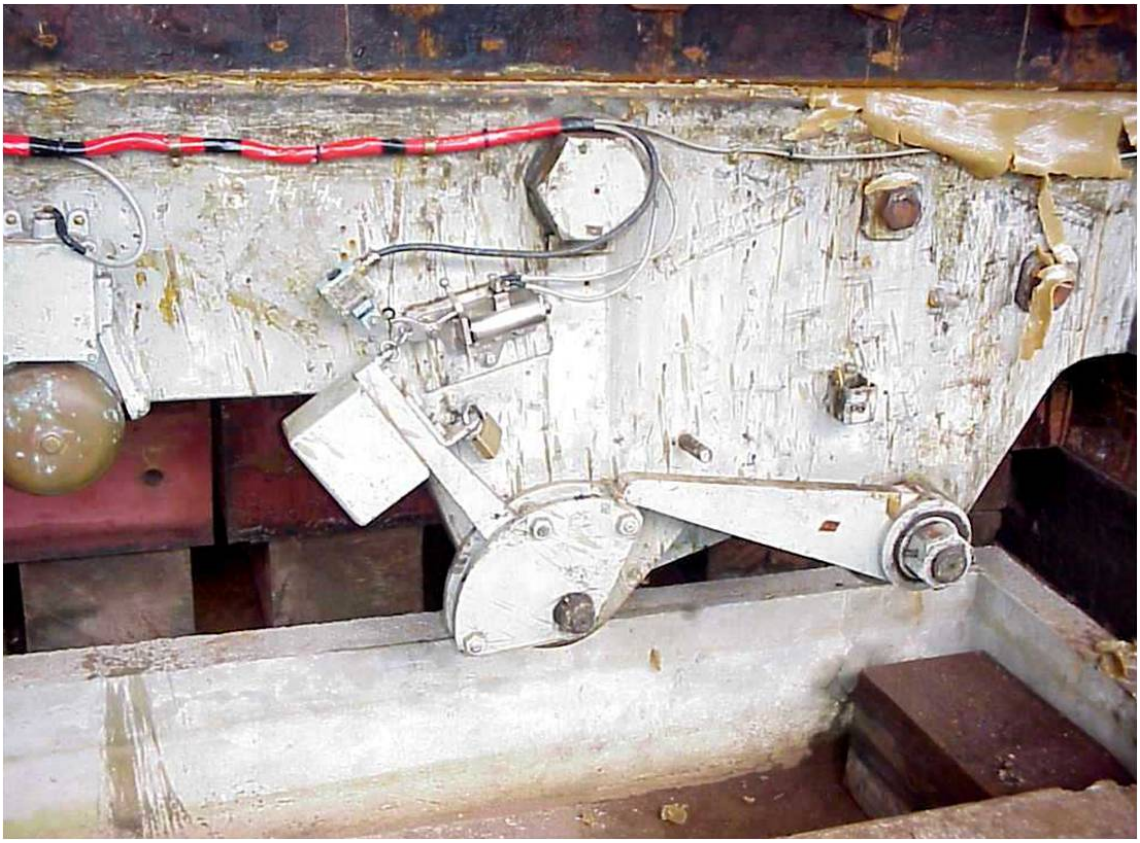
SECCIÓN TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL DE SANTOS

La pendiente de la imada debe de ser suficiente para que el buque deslice a lo largo de ella durante la botadura, de modo que la componente del peso del buque junto con la cuna en la dirección de la imada sea superior a la fuerza de rozamiento de las anguilas con la imada. Los valores normales de inclinación de la grada oscilan entre 2° y 4°. Pero además de poseer la inclinación adecuada, la cama de deslizamiento tiene que ser tratada con una capa de grasa adecuada, en los días previos al lanzamiento.

Aplicación grasa de deslizamiento

Aplicación grasa de deslizamiento

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. 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 se realice en un momento y lugar determinado (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).



Llave de retención

Previamente al inicio de la construcción del buque en la grada se situarán las llaves de retención mecánica de babor y estribor respectivamente. Las llaves móviles o palancas de retención mecánica se instalarán en su posición definitiva, antes de la instalación de la retenida móvil (anguila móvil que marca la posición definitiva del resto de las anguilas).

Indicar también que también 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 de deslizamiento, en los momentos previos a la botadura).

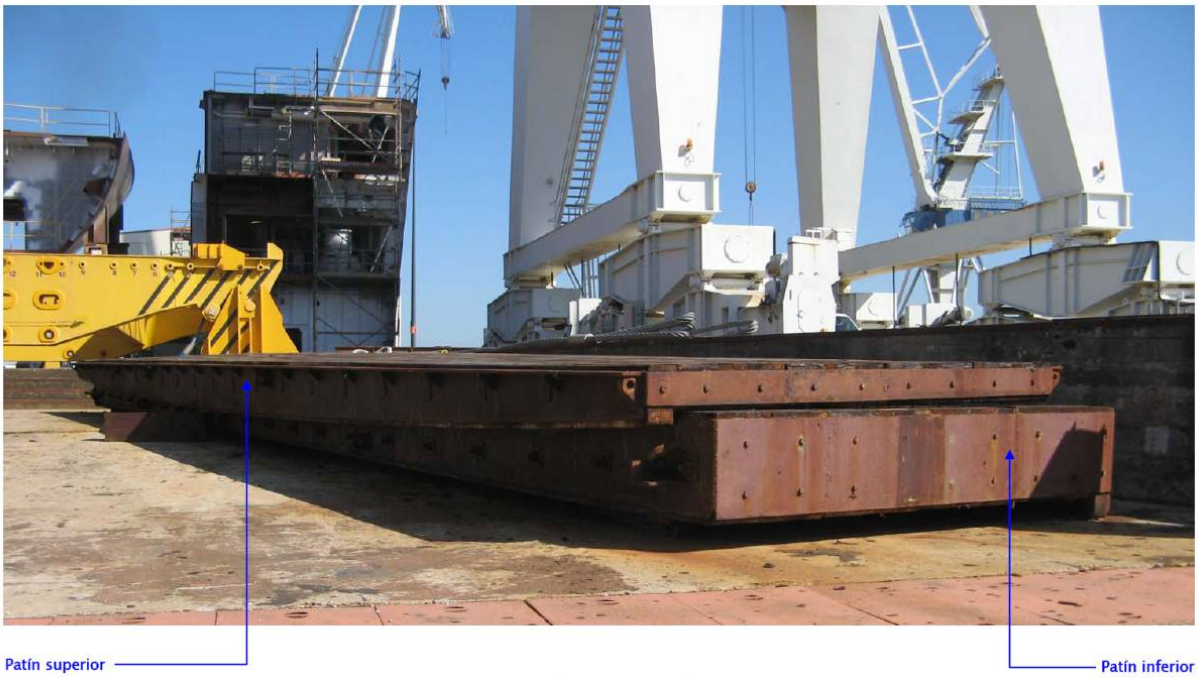
Regla de deslizamiento

En los primeros instantes de la botadura el buque apoyado en la cuna de lanzamiento se desliza sobre las imadas, existiendo solo en juego el peso del buque y la cuna, la reacción de las imadas y las fuerzas de rozamiento de las anguilas-imadas.

Desde el instante en que el barco entra en el agua, aparece un empuje variable que hace cambiar la reacción en las imadas y su punto de aplicación, así como una fuerza hidrodinámica que se opone al movimiento.

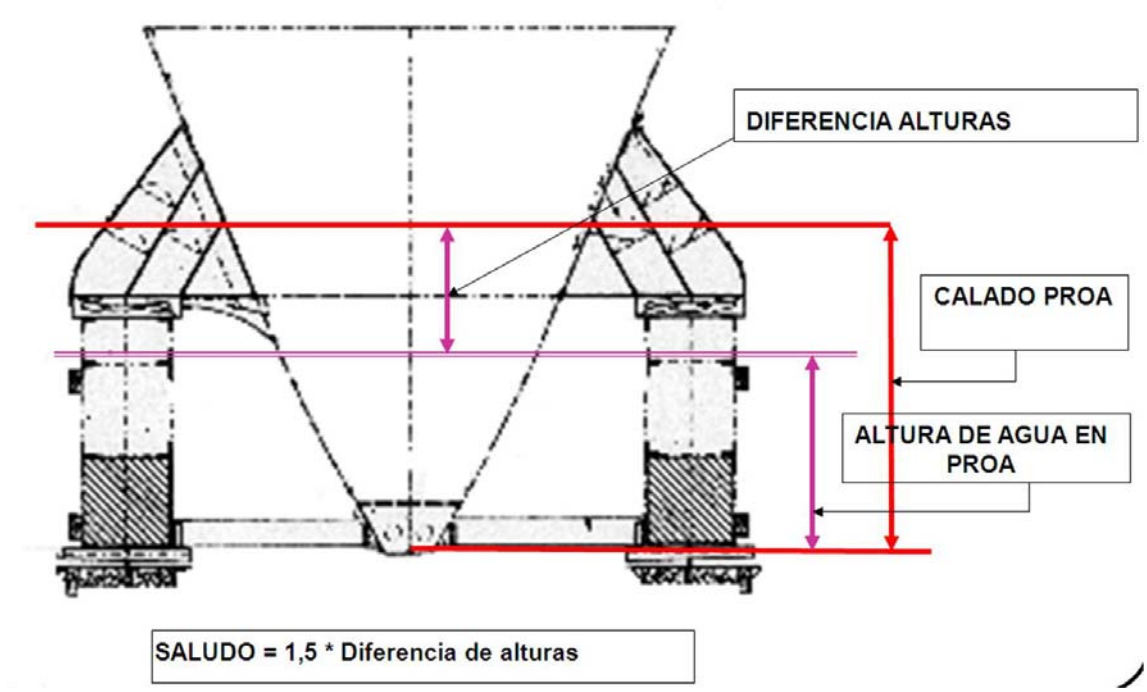
Cuando el momento del empuje con relación al extremo de proa de la cuna de lanzamiento es igual al momento del peso respecto del mismo punto, se iniciará el giro del buque alrededor de dicho extremo de proa de la cuna, y quedará el buque apoyado solamente en la parte de proa de la cuna a través del patín.

Patín (se observan los cables que unen cuna y buque)



Patín LHD

Al continuar el movimiento el barco queda a flote de una manera suave si la altura de agua sobre el extremo de popa de las imadas es igual que el calado de proa del buque. En caso contrario, el buque inicia una cabezada, al encontrarse la proa sin apoyo en la imada, movimiento que recibe el nombre de saludo.

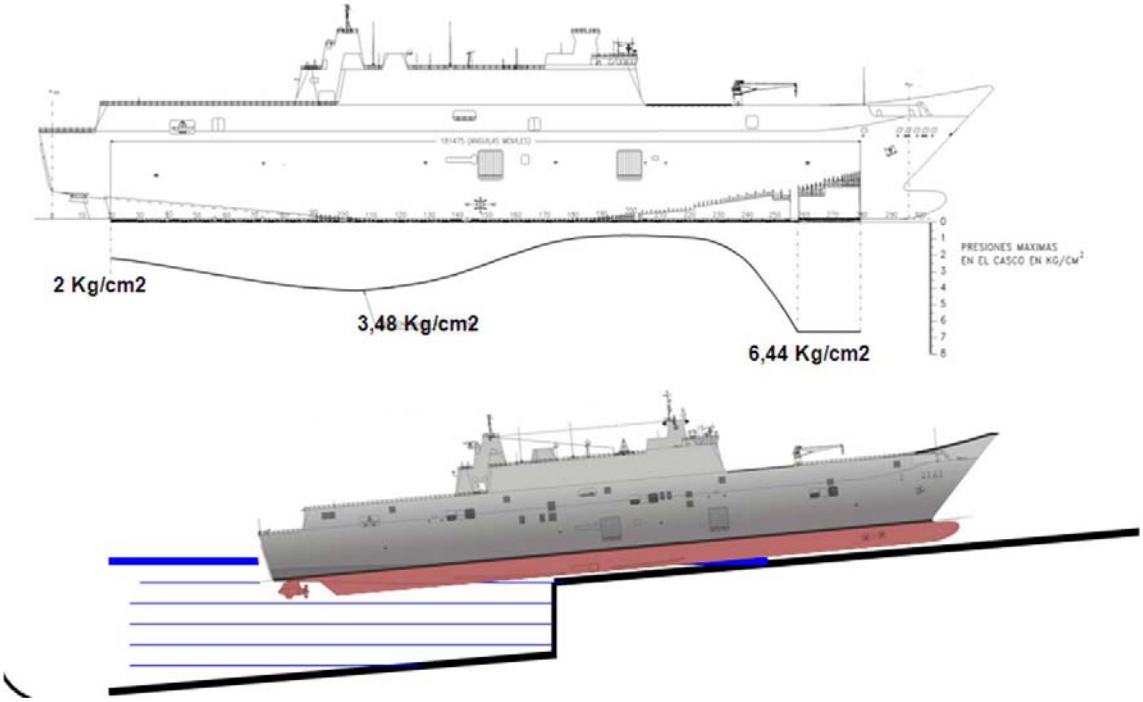


Saludo

La operación de lanzamiento de un buque no está exenta de riesgos, es delicada y da origen a esfuerzos importantes sobre la estructura interna del buque (por ello a veces llega a reforzarse y apuntalarse, parte de la zona de proa). Decía mi antiguo jefe que esa operación era la de mayor “sacrificio” del buque, ya que estos se construían para navegar, y no para permanecer sobre camas y picaderos. Durante el lanzamiento se distinguen cinco fases perfectamente diferenciadas:

- Desde que el buque inicia el movimiento hasta que toca el agua. Durante este periodo el buque apoya toda la cuna sobre las imadas.
- Desde que la cuna empieza a tocar el agua hasta que el buque inicia el giro alrededor del extremo de proa de la cuna.
- Desde que se inicia hasta que finaliza el giro, periodo durante el cual el buque solo se apoya longitudinalmente en un punto (punto de giro).

- Desde que la cuna deja de apoyarse en la grada (flota libremente) hasta que empiezan a actuar los dispositivos que frenan al buque (retenidas), caso que se hayan previsto.
- Desde que empiezan a actuar las retenidas hasta el momento en que se detiene el buque.



Reparto de presiones durante botadura

	F-105	VALORES MAXIMOS
PRESION MEDIA EN LA BASADA	1,99 Kg/cm2	1,3 a 2,8 Kg/cm2
PRESION MÁXIMA EN EL EXTREMO DE LA BASADA	3,29 Kg/cm2	5 Kg/cm2
PRESIÓN EN EL GIRO (PATÍN)	6,21 Kg/cm2	12 Kg/cm2
DISTANCIA AL EXTREMO DE LA BASADA EN EL GIRO .	50 mts.	>40 metros
SALUDO	1,27 mts.	3 metros

Valores de la distribución de presiones en F105

A continuación se pasará a intentar interpretar en tres pasos, siguiendo la gráfica anterior, los diferentes momentos descritos con anterioridad, particularizándolos a la que fue la botadura del LHD Juan Carlos I:

1. Inicialmente el buque empieza a descender por la grada, y posee una presión media de 2 Kg/cm^2, pero debido a las formas de popa (menos llenas), según la popa va abandonando la grada, esta presión va aumentando, hasta alcanzar el valor de 3.48 Kg/cm^2 . Cuando el buque aun no ha tocado el agua, su presión media (peso del buque más la cuna entre la superficie de contacto anguilas-imadas), suele oscilar entre los dos y los tres quilogramos por centímetro cuadrado. Pero cuando el buque toca el agua, y en concreto cuando las anguilas han sobrepasado el extremo de las imadas, la superficie de contacto se reduce y las presiones pueden tomar valores mayores que se deben de estudiar.
2. A partir de ese momento la presión media empieza a disminuir, en gran parte debido a que la popa del buque ya empieza a meterse en el agua, y a recibir el empuje de la misma, alcanzando un valor mínimo inferior a los 2 Kg/cm^2 iniciales (desde el momento en que el barco y la cuna tocan el agua hasta que comienza el giro, hay una fuerza hidrodinámica que se opone al movimiento).
3. Y en ese instante llega el momento crucial de la botadura. El buque empezará a apoyar sobre el patín, comenzará a “cargar” su peso sobre el mismo, y gracias a la forma de este, empezará a realizar el giro del buque. En el momento final del giro se alcanzará la presión máxima de la botadura (ya que todo el buque apoya sobre una superficie muy pequeña, la que abarca el patín), en este caso 6.44 Kg/cm^2, y a partir de ese momento se producirá el saludo del buque y este empezará a flotar. Los santos de proa han de soportar la reacción durante el giro, pudiendo alcanzar valores del 25% al 30% del peso del buque más la cuna, aunque generalmente no se superan presiones de 12 kg/cm^2 .

Evidentemente todo el cálculo se realiza para que ese momento del giro ocurra en el instante deseado, ya calculado previamente para que el buque salude en el lugar exacto y sin complicaciones de calado. Para ello las imadas se

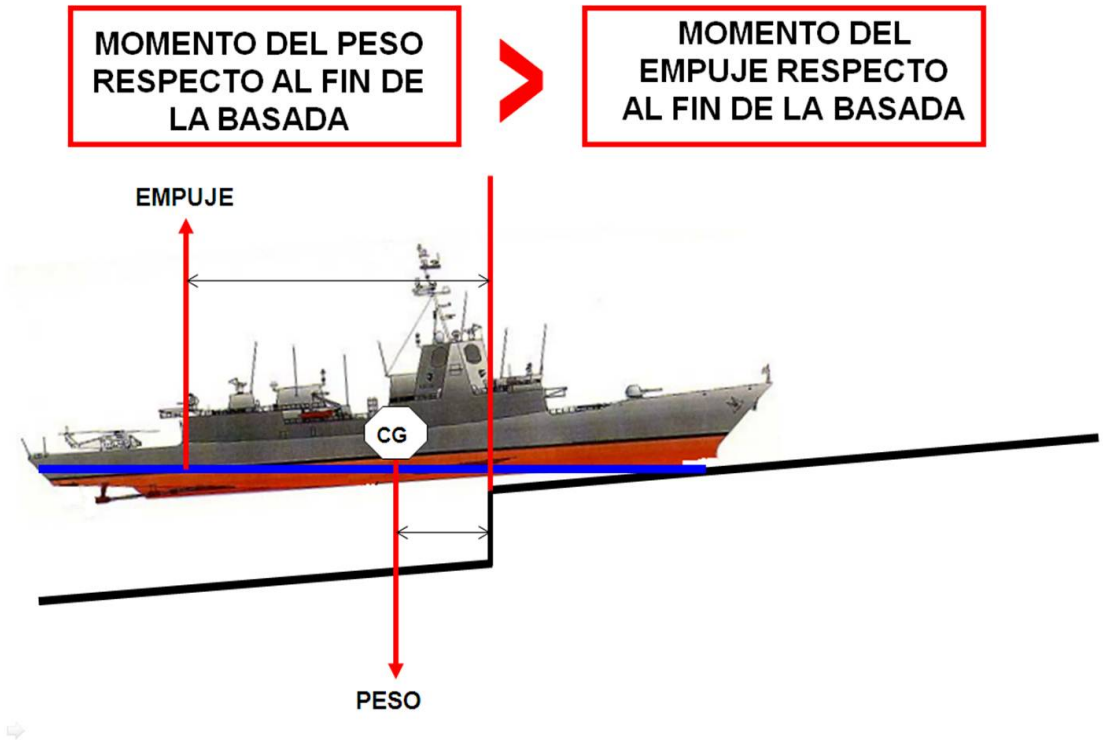
dimensionan con la superficie adecuada para que soporten las presiones necesarias para que el buque deslice.

A continuación, se analizan los tres momentos más importantes de la botadura que, como es de esperar, serán estudiados física y matemáticamente.

ARFADA

Desde que el buque comienza a introducirse en el agua hasta que flota libremente, el peso del buque es soportado por su empuje y por la longitud de la imada que se mantiene en contacto con la cuna de lanzamiento.

Al ir avanzando el buque dentro del agua, el valor del empuje irá aumentado. Paralelamente, al deslizarse el buque, su centro de gravedad se irá aproximando al extremo más bajo de la imada, llegando en su camino a rebasarlo, tal como se indica en la figura siguiente.



Arfada

Puede entonces suceder que si el empuje obtenido no es lo suficientemente grande cuando el centro de gravedad ha rebasado el extremo de la imada, se verifique que el momento del peso respecto al extremo de la basada sea mayor

que el momento del empuje respecto al extremo de la misma.

Debido a esta desigualdad de momentos longitudinales el buque tenderá a girar alrededor de un punto, resbalando simultáneamente sobre la arista extrema de la imada, lo que origina una gran concentración de esfuerzos en dicho punto. Posteriormente, al aumentar el empuje, el buque volvería a apoyar sobre las imadas produciendo un impacto que dañaría la cuna y la grada.

A este fenómeno se le conoce como arfada, y hay que asegurarse de que no se produzca bajo ninguna circunstancia. Las soluciones para evitar la arfada son las siguientes:

-Alargar las imadas con el fin de proporcionar profundidad suficiente del agua al final de la imada, o dotarlas de mayor inclinación.

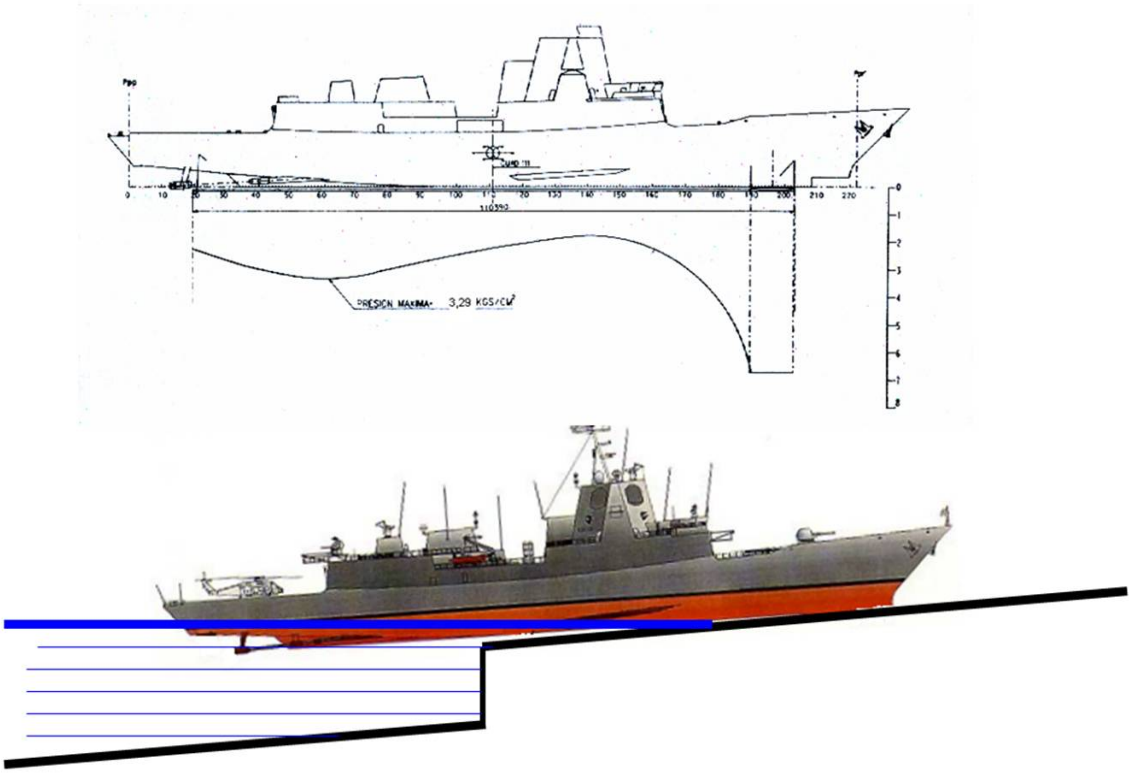
-Utilizar los instantes de las mayores pleamares para la botadura.

- Modificar la posición del centro de gravedad del buque (desplazarlo hacia proa).

GIRO

Al continuar el buque su descenso irá aumentado el empuje de la parte sumergida tal como se indica en la figura siguiente. Llegará un momento en que se verificará que el momento del empuje respecto al extremo de proa de la cuna sea mayor que el momento del peso respecto al extremo de proa de la cuna.

En este momento el buque iniciará el giro, alrededor del extremo de proa de la cuna de lanzamiento. Por tanto, el buque despegará de la grada quedando solamente apoyado en el extremo de proa de la cuna por medio de los santos de proa. Estos, tienen como misión distribuir las cargas sobre el casco en una superficie mayor, al objeto de disminuir los esfuerzos, y al mismo tiempo aumentar la flotabilidad del buque.

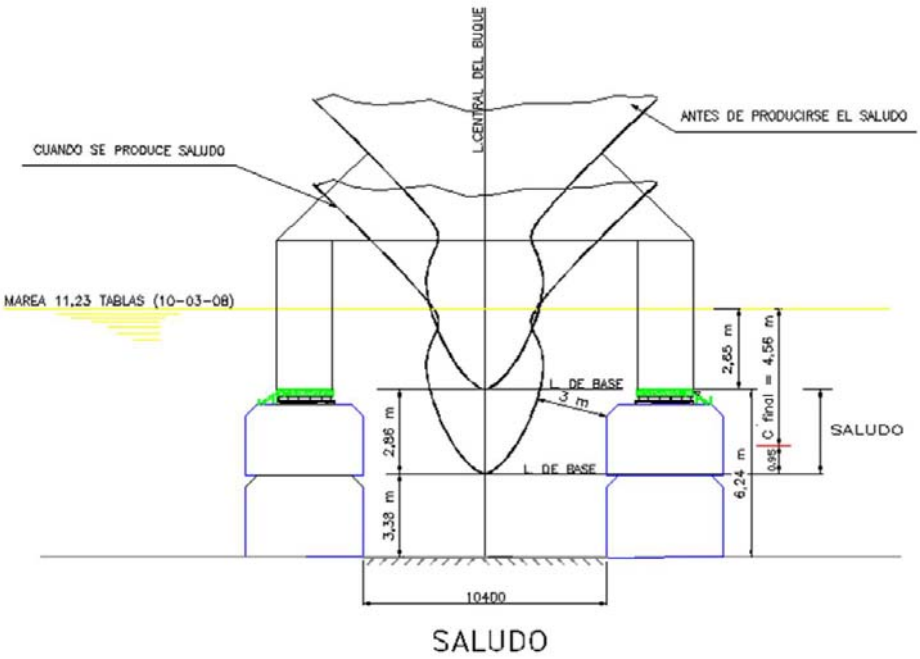


Giro

La amplitud del giro tiene como valor la diferencia entre el ángulo de inclinación de la grada y el ángulo de asiento del buque a flote.

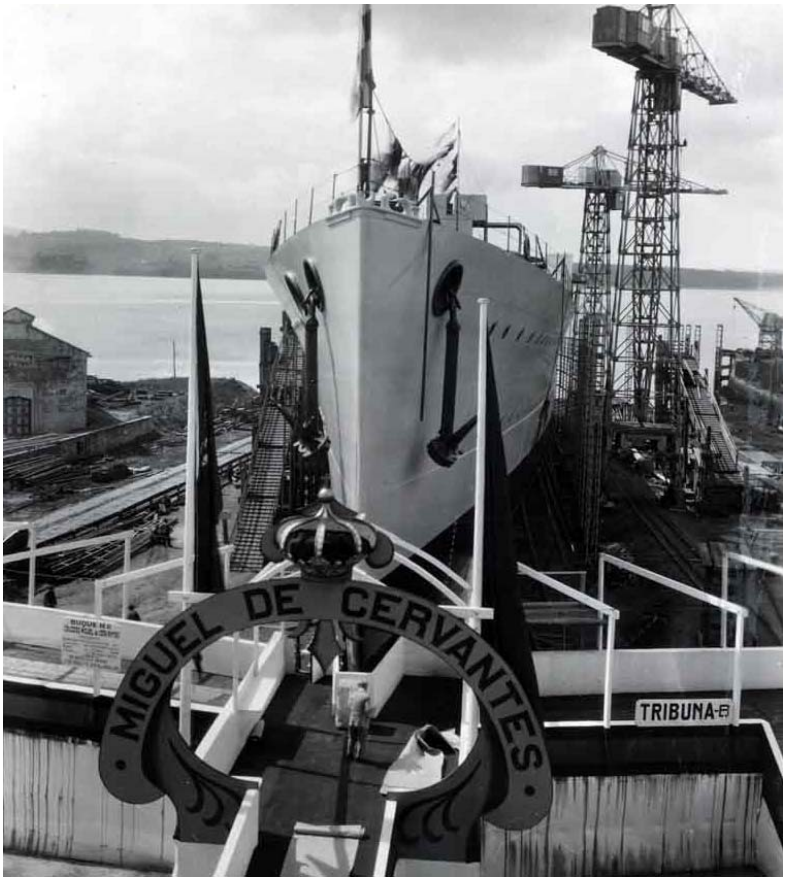
SALUDO

Iniciado el giro, el buque continúa descendiendo. Llegará un punto en que todo el buque despegará de la grada flotando libremente. Este movimiento será suave si la altura de agua sobre el extremo de popa de las imadas en el momento del abandono de la misma es igual que el calado de proa del buque (coincidirán los valores de peso y empuje). Si hay diferencia de alturas, inicia una cabezada por encontrarse la cuna sin el apoyo de la imada, movimiento que recibe el nombre de saludo (su valor es aproximadamente igual al producto de “1,5” por la diferencia entre el “calado de proa” y la “altura de agua en proa en el momento del abandono de la basada”).



EVOLUCIÓN DE LOS ASISTENTES A LAS BOTADURAS

En 1928, la botadura del “Miguel de Cervantes” ya daba muestras del gran acto que significaban las botaduras.



Buque visto desde proa

Personalidades asistentes

Una botadura en la que ya se pudo observar cómo se revoluciona la ciudad de Ferrol, el día de la misma, se produjo con el lanzamiento del Patiño. Las siguientes imágenes son una prueba de ese acontecimiento en las que se puede observar a gran parte de los diferentes personajes que forman parte del acto y del hito de la botadura.

Momentos previos a la botadura

Personalidades asistentes

Aunque una de las más multitudinarias de los últimos años fue la del buque de proyección estratégica (LHD) Juan Carlos I, recientemente más conocido en España por haber formado parte de una de las pruebas que tuvieron que realizar los participantes del concurso televisivo “Master Cheff”. Miles de personas presenciaron el histórico lanzamiento en el astillero de Navantia Ferrol.

Miles de personas in situ

La ceremonia castrense 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 nuevo navío.

Con gran exactitud, a las 18.09 horas, doña Sofía golpeó con la maza la cinta que inició el procedimiento de 'catapulta', por el que la tradicional botella de champán se estrella contra el casco del buque, y el navío se deslizó en cuestión de segundos con destino a la ría de Ferrol, donde quedó fondeado.

La simbólica y solemne ceremonia militar, caracterizada por la impresión que causó en los más de 6.500 asistentes el deslizamiento de un buque de 230 metros de eslora, congregó a toda la cúpula de la Armada, encabezada por su jefe de Estado Mayor (AJEMA), almirante general Sebastián Zaragoza Soto, junto a altos mandos militares, agregados navales de los países con representación diplomática en España, incluidos los de la Australia, Noruega y Sudáfrica, y con el presidente de Navantia, en calidad de anfitrión en el astillero de Ferrol-Fene.

Tras la botadura del BPE, los Reyes y los Príncipes se trasladaron al Museo Naval del Arsenal Militar de Ferrol, donde inauguraron la muestra 'EXPONAV', en la que la Marina española expone piezas que ilustran toda la historia naval española, muchas de ellas todavía inéditas.

Según la *colección de reglamentos* de la Armada Española la botadura de un barco es una de las ocasiones de mayor alegría para la Armada, sin embargo, la organización de la ceremonia, la selección de invitados, el protocolo en las tribunas, la fijación de la hora según las condiciones de marea y temperatura, la bendición por el capellán, los discursos y los banquetes y las atenciones a la madrina corren exclusivamente a cargo del astillero. La Armada se limita a asociarse a la fiesta con entusiasmo, ordenando el engalanado de los buques

en puerto y, éstos, haciendo sonar larga e insistentemente sus sirenas en el momento en que el recién bautizado toca el agua.

La madrina, que rompe la botella en la roda, le da el nombre y le desea buena suerte, es para el barco, mientras viva, una persona entrañablemente unida a él, y su primer Comandante tiene la obligación sentimental y de cortesía de solicitar su retrato que figurará, enmarcado en plata, en lugar de honor a bordo.

Doña Sofía lanzó la botella de cava contra el casco del «Juan Carlos I»

Impacto de la botella

Público y personal del Astillero

Impresionante imagen del buque por la popa

El público se aleja tras la botadura

Imagen de aquella misma tarde en la inauguración de EXPONAV

BIBLIOGRAFÍA (10)

BONILLA, A (1994). *Teoría del Buque*. Cádiz: Editorial Bonilla.

CASTANEDO, Juan M (1992). *Guarnizo un astillero de la Corona*. Madrid: Editorial Naval.

COMERMA, Andrés Avelino (1868). *Curso práctico de construcción naval*. Ferrol: Imprenta del Eco Ferrolano.

DE JUAN, José María (2012). “Sobre la botadura de los buques en el astillero del arsenal de Ferrol”. *Revista de Ingeniería Naval,* Diciembre 2012.

DE JUAN, José María (2004). *Estática del Buque.* Coruña: Universidad de la Coruña.

DE JUAN, José María (2004). *Dinámica del Buque.* Coruña: Universidad de la Coruña.

GODINO, Carlos (1956). *Teoría del buque y sus aplicaciones.* Barcelona: Patronato de huérfanos de intendencia é intervención militares.

GONZÁLEZ, F (2007). *Tecnología de la construcción del buque.* Coruña: Universidad de la Coruña.

GONZÁLEZ, P (2000). *Técnicas de construcción naval.* Coruña: Universidad de la Coruña.

VVAA (1831). *Diccionario Marítimo Español.* Madrid: Imprenta Real.