BOLETÍN TÉCNICO DE INGENIERÍA

Diciembre 2017
Número 13

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE ARMAS NAVALES

(ETSIAN-JEPER-DIENA)

Edita:

MINISTERIO DE DEFENSA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

NIPO en línea 083-17-202-1
NIPO IBD 083-17-203-7

Los números editados se pueden consultar en formato electrónico en:
https://publicaciones.defensa.gob.es/revistas.html
App Revistas Defensa: disponible en tienda
Google Play (http://play.google.com/store) para dispositivos Android, y
en AppStore para iPhones y iPads.

A NUESTROS COLABORADORES

El acuse de recibo de los artículos enviados por nuestros estimados colaboradores no supone, por parte del BOLETÍN, compromiso de publicación. Normalmente no se devolverán los originales ni se sostendrá correspondencia sobre ellos hasta transcurridos seis meses de la fecha de su recibo, en cuyo momento el colaborador que los desee podrá reclamar la devolución.

Los originales habrán de ser inéditos, escritos en *Word* y se entregarán por vía informática (*Internet*, *Lotus Notes*) o grabados en CD. La extensión del texto no sobrepasarán las seis páginas y se presentará escrito a un espacio. La Redacción se reserva la aplicación de las correcciones ortográficas o de estilo que considere necesarias.

Las siglas y acrónimos se aclararán con su significado completo la primera vez que se utilicen (excepto las muy conocidas: ONU, OTAN, etc.) y deben corresponder a su versión en español cuando la haya (OTAN en lugar de NATO, Marina de los Estados Unidos en vez de *US Navy*, etcétera).

Las fotografías, gráficos e ilustraciones se acompañarán con un pie o título y tendrán una resolución de 300 dpi como mínimo, preferiblemente en formato JPG. Si no son del propio autor, se citará su procedencia y el autor realizará los trámites precisos para que se autorice su publicación. El BOLETÍN no se responsabilizará del incumplimiento de este requisito. Las ilustraciones enviadas en papel pasarán a formar parte del archivo del BOLETÍN y sólo se devolverán en casos excepcionales.

Se citará la bibliografía consultada.

Al final del artículo se incluirá el nombre y apellidos del autor, su categoría o profesión, el NIF, la dirección completa, con distrito postal, el número de teléfono y su dirección de correo electrónico.

Maquetación:
Mª José Pizarro García

Índice:

EDITORIAL Pág. 3

20 PRINCIPIOS VIGENTES EN LA INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN NAVAL MILITAR Pág. 4
CF (CIA) D. Luis de la Puente del Pozo

CONSIDERACIONES SAFETY SOBRE APESANTAMIENTO DE SUBMARINOS EN INMERSIÓN Pág. 10
CF (CIA) DR. D. Pedro Antonio Casas Alcaide
CF (CGA) D. Carlos Gárate Pasquín

EL NEUTRÓN. INTERACCIÓN DE LOS NEUTRONES CON LA MATERIA Pág. 19
CF (CIA) D. Joaquín Ortega García

"COLD IRONING": TOMAS DE TIERRA EN LOS PUERTOS PARA LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DE LOS BUQUES Pág. 24
CC (CIA) DR. D. Raúl Villa Caro

CONSIDERACIONES SOBRE LA PROBABILIDAD DE SUPERVIVENCIA DEL BUQUE Y MEDIDAS REACTIVAS ANTE EL ATAQUE DE MISILES ASCM Pág. 28
TN (CIA) D. Juan Manuel de Santiago Collada

RIESGO DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES EN EL ENTORNO MILITAR Pág. 44
TN (CIA) D. Luis Francisco Sánchez Álvarez
D. Tomás Fernández Ibáñez

RESISTENCIA DEL ESLABÓN OTAN Y EL GUARDABOS TIPO "D" DURANTE LA MANIOBRA DE REMOLQUE ENTRE BUQUES NO REMOLCADORES Pág. 50
TN (CIA) D. Jesús Manuel Cillero Ares

NUEVOS VIENTOS PARA LA SOSTENIBILIDAD. VIENTO EN POPA. EÓLICA OFFSHORE Pág. 68
AN (CIA) D. Fernando Abad Barral

LA FRAGATA NUMANCIA, DE LA MADERA AL ACERO Pág. 77
AN (CIA) D. Alfonso Rojo Lahuerta

FENÓMENO "WHIPPING" DERIVADO DE UNA EXPLOSIÓN SUBMARINA SIN CONTACTO Pág. 82
AN (CIA) D. Borja Nava Carús

SISTEMA CODELAG PARA LA FRAGATA F110 Pág. 86
AN (CIA) D. Antonio Inocencio Catalán

EVOLUCIÓN DEL ESTUDIO HIDRODINÁMICO DEL BUQUE Pág. 94
AN (CIA) D. Benito Ignacio Rodríguez-Pastoriza Alías

BIOGRAFÍA Pág. 99
D. GASPAR SALCEDO Y ANGUIANO

"COLD IRONING": TOMAS DE TIERRA EN LOS PUERTOS PARA LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DE LOS BUQUES

CC (CIA-EOT) D. Raúl Villa Caro
Ingeniero Naval y Oceánico / Capitán de la Marina Mercante
Doctor por la Universidad de A Coruña

Introducción

Se denomina fenómeno de «cold ironing» al suministro de corriente eléctrica a los buques atracados en puerto, a través de tomas propias del puerto. Esta filosofía, aún muy novedosa en los puertos comerciales, es muy conocida entre los miembros de la Armada, ya que nuestros buques siempre se conectan en puerto al atracar en los Arsenales militares.

El objetivo de este fenómeno es el tratar de reducir las emisiones contaminantes de los buques durante su estancia en puerto, emisiones que a su vez ya están controladas y reguladas por el Anexo VI del Convenio MARPOL. Este anexo del convenio MARPOL, dependiente de la Organización Marítima Internacional (OMI), ya lleva años preocupándose de prevenir la contaminación atmosférica. Para ello establece los límites de óxidos de azufre y nitrógeno, las zonas ECA, etcétera. Y además la Unión Europea lleva varios años desarrollando normativas para combatir esta contaminación mediante directivas que fomentan el uso de la electricidad en puerto mediante incentivos económicos que premian la adopción de estas medidas.

Funcionamiento del sistema

La electricidad debe ser suministrada al buque atracado, desde el puerto. Este sistema exige que exista una conexión entre el buque atracado y el puerto, y además esa conexión debe cumplir unas características de tensión, potencia y frecuencia, adecuadas para los diferentes buques. Por supuesto, el sistema también deberá estar dotado de una conexión con la red de distribución eléctrica.

Mediante estas conexiones los buques podrían abastecer sus necesidades energéticas durante el atraque, sin utilizar sus propios motores auxiliares. Pero para que los buques puedan utilizar esta fuente de energía deben existir tres tipos de infraestructuras eléctricas:

a) Conexión del puerto con una red de distribución eléctrica cercana que permita el suministro eléctrico al buque.
b) Infraestructuras que permitan el suministro eléctrico al buque de acuerdo a los estándares internacionales de suministro eléctrico de alta tensión a buques atracados. Destacar en este sentido que será necesario un convertidor de frecuencia de 50/60 Hz, ya que la mayoría de la flota internacional está preparada para utilizar una corriente eléctrica con una frecuencia de 60 Hz (estándar norteamericano) mientras que el suministro eléctrico en España se realiza a 50 Hz.
c) Un sistema que permita la conexión física, cuyas características técnicas dependerán del tipo de buque atracado. Por ello podrán instalarse sistemas fijos, o sistemas flexibles, como grúas móviles o incluso barcazas.

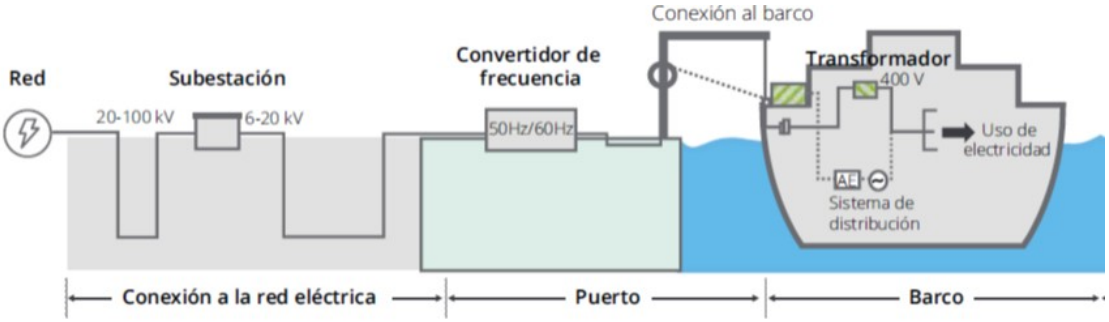

Figura 1: Infraestructuras eléctricas (Fuente: Comisión Europea, análisis Monitor Deloitte)

Conexión a tierra del buque de acción marítima (BAM)

El buque BAM se alimenta en trifásica de 440V y 60Hz desde una instalación en puerto que esté disponible con esas especificaciones. Precisamente en el Arsenal de Cartagena se está haciendo la obra, pues allí no disponían de esta conexión. El buque BAM dispone de un carretel con tres cables de conexión a tierra en cada banda. Para la alimentación del buque se necesitan dos cables, y si está abarloado otro buque, este segundo barco deberá aportar su cable. La reducción de cuatro a tres cables se realizó por criterios de espacio y peso.

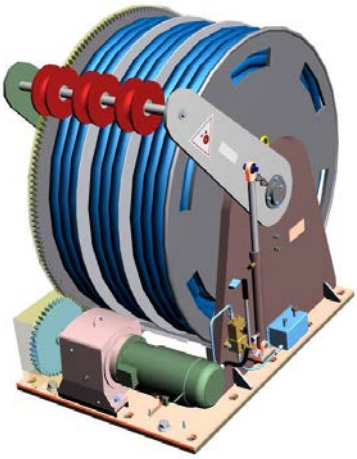

Figura 2: Carretel del BAM

Los cuadros, uno a cada banda, a los que llegan los cables de tierra, son los mismos que en la primera serie BAM 1-4. Estos cables distribuyen la energía a los cuadros principales 1S y 2S, por cada fase de la línea trifásica, a 230V 60Hz.

La conexión en puerto ha cambiado respecto de las fragatas F100, así que para poder utilizarla se suministran adaptadores. Los cables miden 50 m cada uno, con una sección por fase de 240 mm^2.

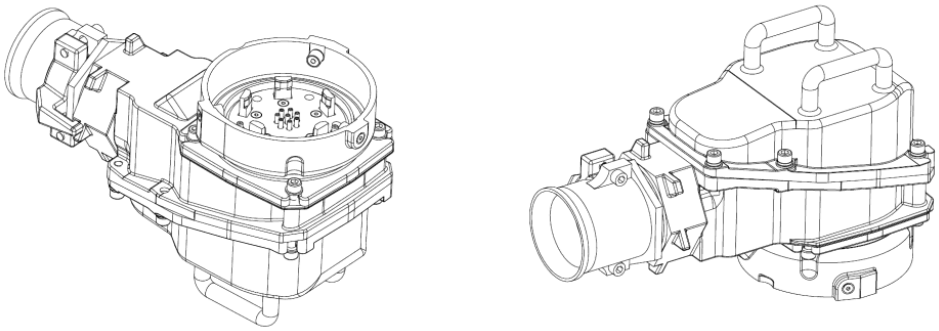

Figura 3: Adaptadores BAM

Posibilidades para reducir las emisiones contaminantes de los buques en puerto

Se podrían destacar las siguientes posibilidades:

- Consumo de combustibles bajos en azufre.
- Utilización de «scrubbers» para la depuración de los gases de exhaustación.
- Uso del LNG (gas natural licuado).
- Tomas eléctrica en los puertos.

Beneficios del consumo eléctrico desde los puertos

Los beneficios del «cold ironing» son los siguientes:

- Se reduce la totalidad de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) hasta en un 60 %, si la electricidad está generada con un mix eléctrico. Si se tratase de un mix renovable podría llegarse a una eliminación total.
- Se evita la totalidad de las emisiones de otros elementos contaminantes tipo NOx, SOx, y CO, evitando de esta forma el impacto directo sobre la población cercana.
- Se reduce al máximo el ruido y las vibraciones generadas por los motores auxiliares.
- Se aumenta el consumo de energía renovable en el sector del transporte para cumplir con el objetivo establecido por la Comisión Europea de que en el año 2020 al menos el 10% del consumo de energía final proceda de fuentes renovables.

Incentivos para el desarrollo del suministro eléctrico a buques atracados

Para conseguir que el mundo naval se enfoque hacia el mundo eléctrico se deben adoptar medidas del tipo:

- Realización de evaluación de detalle que permita identificar y priorizar aquellos puertos españoles en los que sería más adecuada la instalación de sistemas de alimentación eléctrica a buques atracados.
- Fomento de acuerdos de colaboración entre las Autoridades Portuarias y navieras para que se adapte el desarrollo de las infraestructuras portuarias a los planes de las diferentes compañías privadas para la conversión de sus flotas.
- Incentivo de inversiones necesarias mediante subvenciones e incentivos fiscales para adaptar las infraestructuras portuarias al suministro eléctrico de los buques atracados.

Estudios de Puertos del Estado indican que todas estas medidas anteriores permitirían la recuperación de la inversión, siempre y cuando existiese una demanda mínima de suministro. Mediante la implantación

de estas medidas se reduciría el coste de la inversión necesario y las inversiones en instalaciones de suministro podrían rentabilizarse si se obtuviera el siguiente número de atraques anuales:

- Entre 160 y 400 atraques al año en caso de buques ferris y Ro-Ros.
- Más de 300 atraques al año en caso de portacontenedores.
- Entre 20 y 60 atraques al año en caso de buques cruceros de pasaje.

Conclusiones

A la vista de todo lo expuesto en este artículo, a continuación procedería el hacerse la siguiente pregunta:

« ¿Es un asunto prioritario el suministro de energía eléctrica a buques atracados en puerto?»

Podría ser cuestionable si se trata de un asunto prioritario, al menos en España, desde el punto de vista de la calidad del aire. Desde el punto de vista de los beneficios en eficiencia energética, tal como se ha indicado en un apartado de este artículo, existen una serie de ventajas.

¿Pero existen desventajas? Evidentemente existen. La primera de ellas es todo el coste que se debe invertir para poder alimentar a toda esa variedad de buques que navegan por el mundo. Inversiones que requieren modificaciones en los buques, así como la disponibilidad de una amplia red de suministro en tierra. Y otro punto a tener en consideración es el del rendimiento. ¿Se podrá obtener o generar energía en puerto a un rendimiento mayor que el que se obtiene con la energía de a bordo? Pues ese será otro interrogante a investigar, para el que habrá que conocer las diferentes pérdidas que se producen en el proceso.

Para finalizar, me gustaría remarcar que a pesar de todas las ventajas que presenta el sistema eléctrico, si nos ajustamos a la normativa, se debe tener en cuenta que las emisiones de CO generadas por el combustible que consumen los buques en puerto, no computan dentro del techo de emisiones de nuestro país, cosa que no ocurriría con las emisiones asociadas a la producción eléctrica.

Referencias

[1] IMO

[2] *CONVENIO MARPOL 1974.* Anexo VI (y enmiendas)

[3] *Monitor Deloitte: Un modelo de transporte descarbonizado para España en 2050* (Marzo 2017)