

03-022

Production-oriented design and its application in the construction project of a ferry vessel

Carlos Mascaraque-Ramírez¹; Lorena Para-González²; Paloma Marco-Jornet¹

¹Universidad Politécnica de Cartagena; ²Centro Universitario de la Defensa en la Academia General del Aire;

In an increasingly and globalized sector as the new constructions naval one, the search of reductions in execution terms and production costs becomes essential. With this aim, the vessel project should be analyzed globally, as well as in conjunction with the installations in which it will be built.

The present research includes a series of improvement proposals for the construction of a 78 meters length ferry, destined to the transport of 700 passengers and 590 lineal meters of shipment. These improvements are centered in the equipment and components standardization in the accommodation area and engine room, as well as in the general arrangement of these spaces, by orienting their design to manufacturing. All this will lead to a series of results, in which it is demonstrated that the correct application of these changes reduces considerably production times and, in consequence, the costs associated to them.

In parallel, this study analyzes the facilities of the shipyard, proposing changes in its workshops and identifying new business lines, in order to improve the strategic situation of the organization.

Keywords: production-oriented design; optimization; naval construction projects

Diseño orientado a la producción y su aplicación en el proyecto de construcción de un buque tipo ferry

En un sector cada vez más competitivo y globalizado como es el sector naval de nuevas construcciones, la búsqueda de reducciones en los plazos de ejecución y en los costes de producción se vuelve imprescindible. A tal fin, ha de analizarse el proyecto del buque en su globalidad, así como en conjunción con las instalaciones donde se vaya a construir.

El presente trabajo recopila una serie de propuestas de mejora para la construcción de un Ferry de 78 metros de eslora, destinado al transporte de 700 pasajeros y 590 metros lineales de carga. Estas mejoras se centran en la estandarización de equipos y componentes clave de la habilitación y de la cámara de máquinas, así como en la disposición general de estos espacios, orientando su diseño a la fabricabilidad. Todo ello llevará a una serie de resultados, en los que se demuestra que la correcta aplicabilidad de estos cambios reduce considerablemente los tiempos de producción, y, por lo tanto, los costes asociados a los mismos.

De forma paralela, este trabajo analiza las instalaciones del astillero constructor, proponiendo cambios en sus talleres e identificando nuevas líneas de negocio para mejorar la situación estratégica de la organización.

Palabras clave: diseño orientado a la producción; optimización; proyectos de construcción naval

Correspondencia: Carlos Mascaraque Ramírez: carlos.mascaraque@upct.es / Lorena Para González: lorena.para@ cud.upct.es / Paloma Marco Jornet: pmj2@alu.upct.es



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

1. Introducción

Históricamente los astilleros españoles han fabricado en sus instalaciones gran diversidad de tipologías de buques, todas ellas con un elevado componente de innovación tecnológica. La alta calidad de sus productos, así como la adaptabilidad de los encargos a medida realizados por los armadores, han hecho que el sector de construcción naval español sea actualmente identificado a nivel internacional como un sector de productos de alto grado de diferenciación.

El impacto que ha ejercido durante las últimas décadas la competencia internacional, y más recientemente la crisis económica y la apertura del expediente por la Comisión Europea en relación con el antiguo sistema de "Tax Lease" aplicado en España, paralizaron en 2011 el nivel de nuevas contrataciones de buques. Los registros publicados (Lloyds-Register, 2015) sobre los nuevos contratos de construcción de embarcaciones, sitúan a España en el número 16 del ranking mundial de contrataciones, con un 0.34% de las CGT (Toneladas Brutas Compensadas, que es una medida del arqueo bruto compensado relacionado con las toneladas brutas mediante un coeficiente de compensación para cada tipo y tamaño de buque, que considera la complejidad constructiva en base a las horas de trabajo empleadas en su fabricación). Esta posición deja a España muy lejos de los líderes del sector, que son China con un 37.62% del mercado, Corea del Sur con un 37.62% y Japón con un 22.06%.

Muy lejos quedan los valores de mercado de la Unión Europea, donde países como Rumanía, Italia, Alemania y Francia intentan aguantar en posiciones relevantes del ranking mundial, con valores de mercado global entre el 1,40% y el 0.95%.

Centrándose en los valores concretos del sector de embarcaciones de pasaje (PYMAR, 2014), donde se incluyen los buques tipo Ferry, objeto de la presente investigación, la situación de España es del noveno lugar del ranking. Esta posición puede parecer una mejora, pero esta novena posición corresponde a un único contrato de un buque de grandes dimensiones, con un CGT de 16.400 toneladas.

Debido a todo esto, en el sector naval actual existe una gran competitividad ante la creciente internacionalización del mercado de la producción de buques, y la necesidad de transformar y modernizar una actividad que en España tradicionalmente ha supuesto un motor industrial muy representativo, sobretodo en determinadas regiones como son la noroeste y cornisa cantábrica, levante y Andalucía.

Por todo ello, las primeras conclusiones son obvias, mostrando que si no se mejora los procesos de construcción naval y se orienta el diseño de estas embarcaciones a la producción, con el objeto de reducir los plazos de construcción y sus costes, pronto se puede encontrar España fuera de un sector muy exigente y competitivo, resultándole muy difícil volver a asentarse en él.

2. Objetivos

El presente trabajo de investigación, se centra en la necesidad del sector naval español de mejorar su competitividad, reduciendo costes de producción y plazos de entrega, empleando el diseño orientado a la producción como herramienta para lograr dichas metas.

El sector naval se ha caracterizado históricamente por ser reacio a los cambios, y en concreto a los relativos a sistemas de producción y a las filosofías de fabricación empleadas. Bajo estas premisas, este estudio pretende justificar la viabilidad de introducir mejoras tanto en las instalaciones de los astilleros, como en los propios proyectos de construcción de los buques, logrando con ello los objetivos de reducción de costes y plazos.

Es importante señalar la gran dificultad que se tiene desde Europa para competir con los mercados asiáticos, esto se debe principalmente a los menores costes de mano de obra y los impuestos que se aplican sobre los nuevos contratos, donde por ejemplo, en España es un 21% y en Corea del Sur tan sólo del 10% (Lloyds-Register, 2015). Esto hace aún más importante la optimización de los medios de producción y el estudio de la costes y plazos de la producción (De Snoo, Van Wezel & Jorna, 2011; Aliverdi, Moslemi Naeni & Salehipour, 2013).

3. Caso de estudio y metodología

Para desarrollar convenientemente este estudio, se han seguido una serie de directrices básicas, que se pueden enumerar en los siguientes puntos:

- Elección y análisis de un buque base característico del sector de los buques tipo Ferry.
- Estudio de un astillero especializado en la construcción de nuevas embarcaciones de este sector.
- Definición de mejoras a implementar en las instalaciones del astillero.
- Optimización del diseño del buque orientándolo a la producción.
- Obtención de resultados y conclusiones.

3.1 Estudio del buque base

Como primer punto de la investigación se ha de seleccionar un buque Ferry característico del sector, para ello se ha tomado el Ferry Volcán de Tindaya (Figura 1), embarcación perteneciente a la Naviera ARMAS.

Figura 1: Ilustración del Volcán de Tindaya



Fuente: Naviera ARMAS

La elección de este buque se debe a que cumple las características más comunes del sector en relación al tamaño, velocidad y capacidad de pasajeros, además de operar en una línea típica de explotación del sector, que es el de las rutas regulares. El Volcán de Tindaya realiza la ruta Corralejo (Fuerteventura) – Playa Blanca (Lanzarote), la cual lleva a cabo en

aproximadamente 40 minutos, a una velocidad de servicio de 16 nudos. Las principales características de dicha embarcación se reflejan en la Tabla 1

Tabla 1. Características principales del buque base

| Concepto | Valor |
|------------------------------------|-------------|
| Eslora total | 78,10 m |
| Eslora entre perpendiculares | 65,50 m |
| Manga de trazado | 15,50 m |
| Puntal hasta la cubierta principal | 4,80 m |
| Puntal hasta la cubierta superior | 9,80 m |
| Calado de proyecto | 3,30 m |
| Toneladas de peso muerto (TPM) | 450 t |
| Arqueo Neto | 1114 t |
| Arqueo Bruto | 3715 t |
| Velocidad de servicio | 16 Kn |
| Autonomía | 2300 millas |
| Superestructura | 3 niveles |

Fuente: Elaboración propia (2017)

El Volcán de Tindaya es capaz de transportar hasta 700 pasajeros, distribuidos en diferentes salones y otros espacios, como terraza, cafetería, etc. La tripulación está compuesta por 18 personas las cuales pernoctaran a bordo. Además, dispone de 110m de calle de 3m de ancho para el transporte de camiones, así como otros 480m de calle de 2m de ancho para el transporte de automóviles. Todos los vehículos estarán dispuestos en un espacio de carga rodada continuo de proa a popa. Para la carga y descarga de vehículos dispone de dos rampas de popa de 6.5m de longitud por 5.5m de ancho para vehículos de hasta 48 toneladas. También se dispone de un yelmo para dar acceso a la rampa de proa.

3.2 Estudio del astillero y propuesta de mejoras a implementar en sus instalaciones.

Es usual que este tipo de buque sea construido en astilleros con larga tradición en la construcción naval y con un gran número de unidades producidas. Son grandes factorías, caracterizadas por disponer de una zona amplia, con grandes medios de elevación destinada a albergar una o varias gradas o diques secos, donde el buque será ensamblado y puesto a flote.

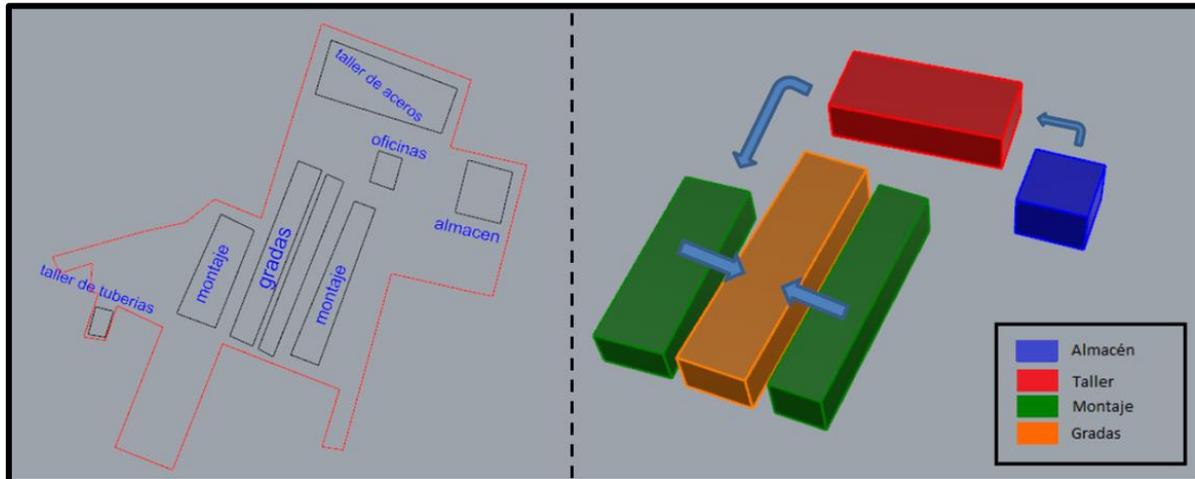
Una de las características más relevantes de la industria naval es la falta de un takt-time, así como la irregularidad del flujo de productos que se da en sus instalaciones. En este sentido, la construcción naval clásica dispone el producto desde el primer día en la grada central, es en esa zona donde se va armando todas las partes que conformarán el buque, partiendo de piezas de pequeño tamaño, hasta lograr la finalización de la embarcación (Chabane, 2004). Hoy día han sido desarrolladas diferentes disposiciones en planta para astilleros (Chung & Yun, 2015; Lam, 2015), resultando de especial interés la posibilidad de emplear una macro disposición en forma de U en las instalaciones de la factoría naval, esto se puede visualizar en la Figura 2.

El objetivo de esta distribución del astillero en forma de U es disponer los talleres alrededor de la zona de gradas, persiguiendo que cada taller desarrollare al máximo posible los

productos intermedios, bloques y módulos que formarán el barco, para después montarlos en las gradas centrales.

Todo esto permitirá minimizar los tiempos de uso de las gradas centrales, que son los medios más importantes y limitantes de los que dispone el astillero, y por tanto los que fijarán el takt-time de la factoría.

Figura 2: Disposición típica de un astillero y diagrama de flujo de productos



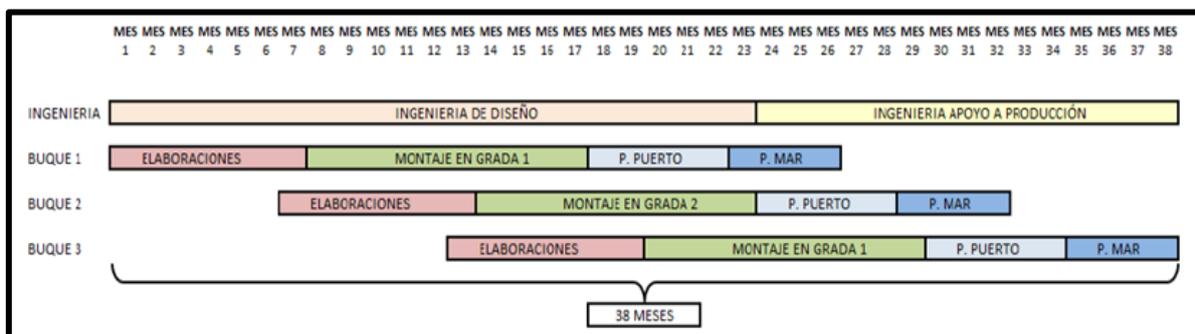
Fuente: Elaboración propia (2017)

Dentro de cada taller se debe estudiar los tiempos de fabricación, con la finalidad de conseguir que todos estén enmarcados en un takt-time común (Koenig, Narita & Baba, 2002; Kolić, Fafandjel & Zamarin, 2012).

La correcta implementación del takt-time en la factoría naval permitirá que todos los talleres conserven su carga de trabajo constante, y que no haya paradas ni retrasos en ninguna de las líneas de producción.

La Figura 3 muestra la planificación general de construcción de una serie de 3 buques Ferries, similares al buque base de la investigación. La planificación expuesta en la figura, se corresponde con los sistemas convencionales de construcción naval. Se identifica un problema en la fase de pruebas de puerto y mar (marcada de color azul claro y azul oscuro, respectivamente), ya que al verse condicionadas por la fase de construcción en grada (barras de color verde), se producen pausas entre pruebas de diferentes buques, lo que implica disminuciones en el ritmo del taller y desocupación o traslado de sus operarios.

Figura 3: Planificación de la construcción convencional de 3 Ferries



Fuente: Elaboración propia (2017)

Analizando las duraciones mostradas en el plan maestro del sistema de construcción convencional, se desprende que el takt-time objetivo ha de ser de 4 meses, coincidiendo con la duración de la etapa de pruebas de mar.

Trabajando en la reducción de un mes de las pruebas de puerto, objetivo que puede conseguirse gracias a las mejoras que se propondrán sobre la estandarización de componentes del buque, y con un sistema de construcción naval basado en la fabricación de grandes módulos y su ensamblaje final en la grada, se desarrolla la planificación optimizada, mostrada en la Figura 4.

Figura 4: Planificación optimizada de la construcción de 3 Ferries



Fuente: Elaboración propia (2017)

Se logra reducir el tiempo total de producción de 38 meses a 30 meses, y se consigue continuidad de trabajos en todas las áreas, lo que implica una mejora en su productividad (Hermarij, 2013; PMI, 2014).

3.4 Rediseño de la habilitación del buque.

La implementación del diseño orientado a la construcción en un buque tipo Ferry puede realizarse en múltiples aspectos del mismo, analizando las características generales de este tipo de buque (Alvariño-Castro, Azpíroz-Azpíroz & Meizoso-Fernández, 1997; Eyres & Bruce, 2012), se desprende que la habilitación es una de las zonas de mayor relevancia en estos barcos.

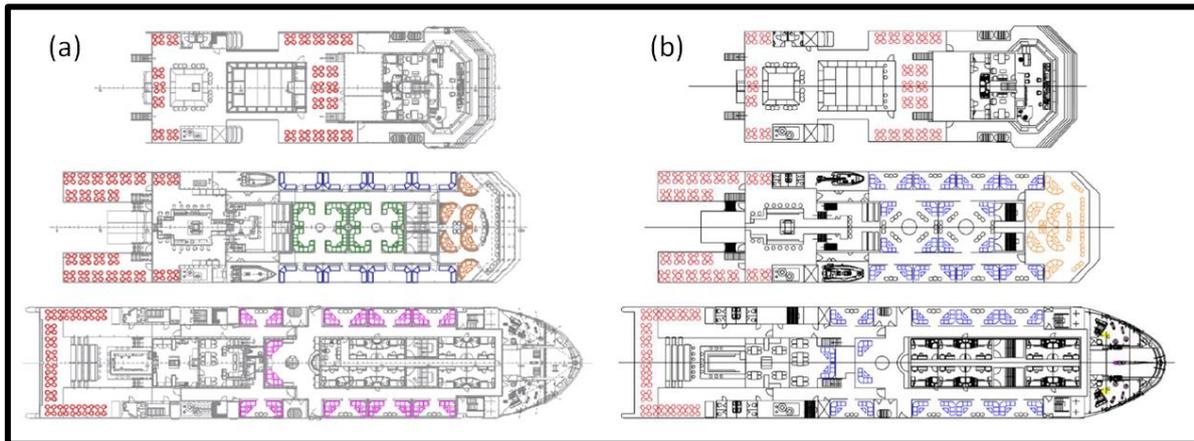
Los espacios destinados al pasaje son de gran amplitud, en el caso de estudio la capacidad de pasaje es de 700 personas, siendo empleado durante el tránsito de operatividad del barco, que en la ruta establecida es de 40 minutos. Al ser un periodo tan breve, el pasajero no recorrerá el barco en exceso, por lo que la habitabilidad puede ser estandarizada, siendo igual en los diferentes niveles que la componen.

Hay que remarcar que esta decisión de estandarización de la habilitación no puede aplicarse a cruceros, esto se debe a que el pasaje permanecerá largos periodos de tiempo en el barco y debe pensarse en su comodidad y romper la rutina de los espacios.

En la Figura 5 se muestra, en la parte izquierda (a), la versión actual de los niveles de habilitación de Ferry del caso de estudio, donde se identifican 5 tipos de espacios destinados al pasaje, identificados de diferentes colores.

La parte derecha (b) de la Figura 5, muestra una situación de estandarización de los niveles de habilitación, reduciendo a 3 tipos los espacios empleados.

Figura 5: Plano de niveles de habilitación, a) Buque base, b) Opción estandarizada



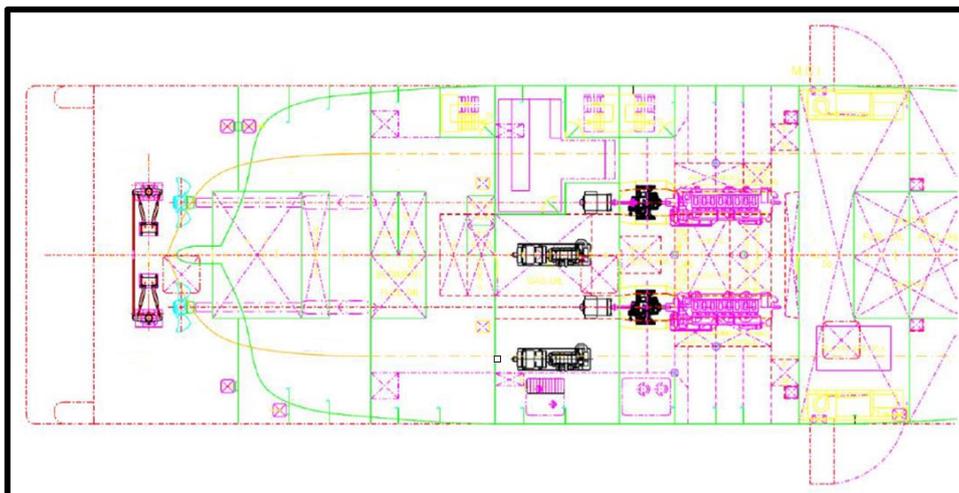
Fuente: (a) Naviera Armas, (b) Elaboración propia (2017)

La reducción en las tipologías empleadas se traducirá en una reducción en los tiempos requeridos para su fabricación y su montaje, de forma similar se reducirán los costes asociados a su acopio y a su proceso de fabricación (Mascaraque-Ramírez, Para-González & Moreno-Sánchez, 2016)

3.5 Rediseño de la propulsión del buque.

El siguiente aspecto relevante a optimizar en este tipo de embarcación es la planta propulsora. El buque base dispone para su propulsión de dos motores diésel principales de 2.600 kW (WÄRTSILÄ 8L26), los cuales llevan acoplados una reductora con chumacera de empuje y estos a su vez en alternador de cola para la generación de energía eléctrica a bordo. Además, también se dispone de dos motores auxiliares y un grupo extra de emergencia. Todos estos elementos suponen un peso total de 63.130 Kg, encontrándose dispuestos en la cámara de máquinas sobre la cubierta 1 (Figura 6).

Figura 6: Plano cámara de máquinas del buque base



Fuente: Naviera Armas

Para modificar la cámara de máquinas y cambiar los motores elegidos se debe considerar las situaciones de carga en las que operará la embarcación, y las exigencias energéticas de cada una de ellas, estos valores se listan en la Tabla 2.

Tabla 2. Balance eléctrico calculado para el buque base

| Situación | Potencia demandada |
|----------------|--------------------|
| Maniobra | 4.607 kW |
| Navegación | 4.035 kW |
| Carga/descarga | 430 kW |
| Emergencia | 434 kW |

Fuente: Elaboración propia (2017)

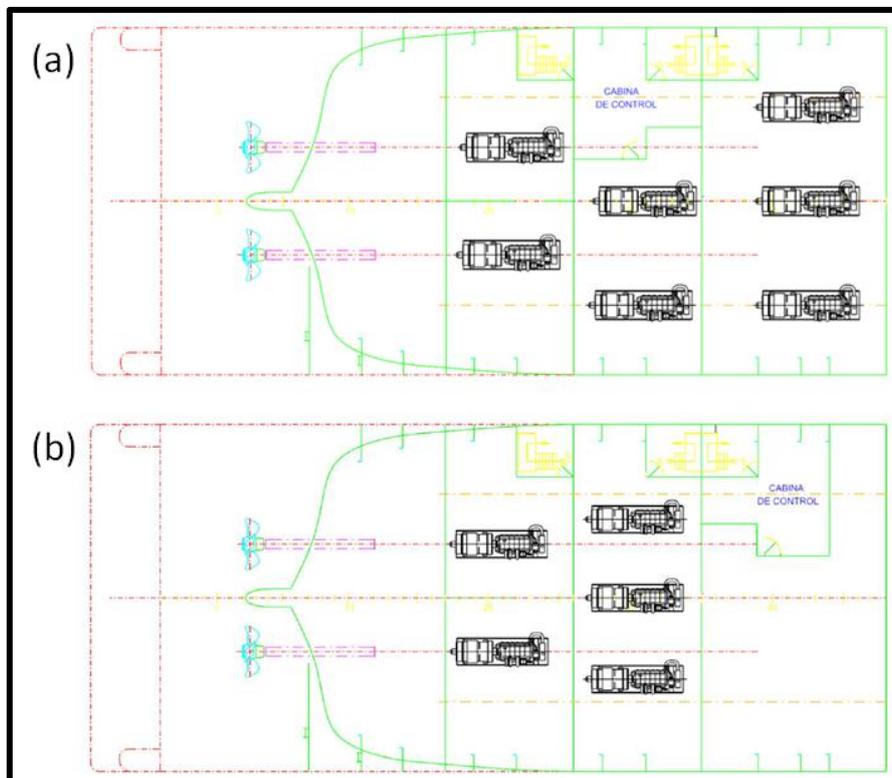
Bajo estas expectativas de demanda de potencia, se opta por sustituir el sistema de propulsión actual, consistente en 2 motores diesel que propulsan las 2 hélices del buque, por un sistema de propulsión eléctrico. En este nuevo sistema, dos motores eléctricos propulsarán las hélices, y una planta de motores diesel-generadores producirán la energía eléctrica tanto para los motores eléctricos propulsores como para toda la demanda eléctrica del buque.

Se han analizado 2 opciones de modificación, consistentes en:

- Opción 1: 7 diesel generadores MTU 16V2000 DS1100 de 800 kW/motor. Con un peso de 6.388 Kg por motor, es decir 44.716 Kg totales.
- Opción 2: 5 diesel generadores MTU 12V4000 DS1650 de 1240 kW/motor. Con un peso de 10.477 Kg por motor, es decir 52.385 Kg totales.

La Figura 7 muestra el plano de la cámara de máquinas resultante de cada una de las opciones planteadas.

Figura 7: Nuevo plano de cámara de máquinas; (a) Opción 1, (b) Opción 2.



Fuente: Elaboración propia (2017)

Debe verificarse el cumplimiento de las opciones con la demanda de cada situación, esta verificación se desarrolla en la Tabla 3.

Tabla 3. Cumplimiento de la demanda energética

| Situación | Potencia demandada | Opción 1 (7 DDGG) | | Opción 2 (5 DDGG) | |
|----------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | | Potencia instalada | DDGG requeridos | Potencia instalada | DDGG requeridos |
| Maniobra | 4.607 kW | 5.600 kW | 6 | 6.200 kW | 4 |
| Navegación | 4.035 kW | 5.600 kW | 5 | 6.200 kW | 4 |
| Carga/descarga | 430 kW | 5.600 kW | 1 | 6.200 kW | 1 |
| Emergencia | 434 kW | 5.600 kW | 1 | 6.200 kW | 1 |

Fuente: Elaboración propia (2017)

Se verifica que la potencia instalada cubre la demanda en todas las situaciones, requiriéndose en la situación más desfavorable de 1 diésel-generador menos del total de diésel-generadores instalados, por lo tanto se cumplen las normas exigibles al respecto (Eyres & Bruce, 2012).

Como se desprende de la Tabla 3, ambas opciones cumplen con los requerimientos técnicos, por lo tanto, la elección de una u otra opción podrá ser tomada en relación a los costes que supongan para el proyecto (Hermarij, 2013; PMI, 2014).

4. Resultados

La presente investigación, persigue la mejora de la competitividad de los astilleros europeos especializados en la construcción de buques tipo Ferry, frente a los grandes constructores asiáticos. Por ello, y a la vista de los análisis realizados en lo referente al astillero y al buque, se pueden obtener los resultados en los dos términos básicos que definen la competitividad, que son los resultados en plazo y los resultados en coste.

4.1 Resultados en plazo

Como ya se indicó en el apartado de metodología, la estrategia a seguir para poder reducir los plazos de entrega por parte del astillero se refleja en la mejora de los procesos de fabricación, por medio de la implementación del takt-time de alto nivel en la factoría, y en la estandarización de equipos en el buque de estudio.

En la Figura 4 se mostraba la planificación global del astillero, con un takt-time de 4 meses para la realización de los montajes en grada, las pruebas de puerto y las pruebas de mar. La gran ventaja de esta implementación es la continuidad de los talleres en la realización de una serie de buques, 3 Ferries en el caso de estudio.

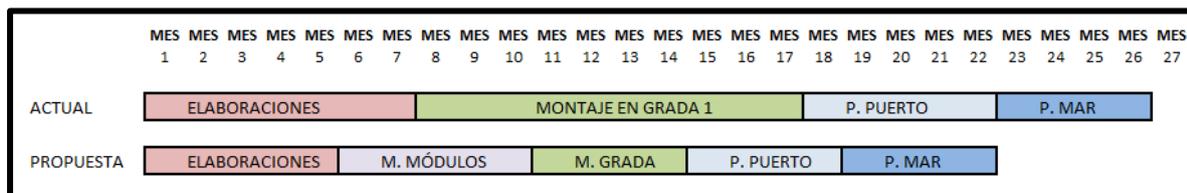
La propia implementación de este takt-time de 4 meses hace que se puedan reducir los plazos de algunos de los periodos. Esto es debido a la garantía de continuidad de trabajos en el astillero, lo que ocasiona la eliminación de tiempos de parada y puesta en marcha de los talleres.

La estandarización de elementos de la habilitación, como son los espacios destinados al pasaje, reduciendo su tipología de 5 a 3 modelos de espacio, permite la mejor automatización de la línea de fabricación de estos espacios, reduciendo los tiempos de montaje a bordo. Al ser tan relevante la habilitación en este tipo de embarcación esto se traduce en una reducción en las tareas de elaboraciones, montajes de grandes módulos y montajes en grada, así como la finalización y acondicionamiento durante las pruebas.

De forma similar, la sustitución de la planta propulsora diésel por una planta de generadores diésel-eléctricos, con motores eléctricos propulsores, se traslada en una reducción en los tiempos de montaje a bordo y en las pruebas a realizar a los motores, ya que al ser un único modelo de motor el personal requiere menor tiempo para su configuración.

Todo esto, unido a la reestructuración de los talleres, permite la división del periodo de montaje en dos bloques, un primer montaje de grandes módulos que se realizará en los propios talleres, y un segundo montaje en las gradas de armamento. Esto da como resultado la comparativa de plazos que se muestra en la Figura 8.

Figura 8: Comparativa de plazos de entrega para un Ferry.



Fuente: Elaboración propia (2017)

De la Figura 8, se aprecia que la duración de las elaboraciones se ha podido reducir en 2 meses gracias a la mejora de la automatización de los talleres y a la estandarización realizada al proyecto, principalmente a equipos y espacios del buque.

Por su parte, el montaje en grada se ha dividido en montaje de módulos y montaje en grada. De una duración total de 10 meses, se ha pasado a un periodo de 5 meses de montaje de módulos y un periodo de 4 meses de montaje en grada, lo que ha reducido en un mes la planificación. Esta reducción es resultado de la mayor facilidad de montaje de elementos en taller y la estandarización de los componentes.

Por último, las pruebas de puerto se han reducido en un mes, pasando de 5 meses de duración a 4, debido a dos factores, siendo el más relevante la continuidad de trabajos en el taller gracias a la implementación del takt-time, y seguido de la estandarización de la cámara de máquinas.

4.2 Resultados en coste

Con la finalidad de obtener unos resultados objetivos de los costes del proyecto, se ha valorado el presupuesto de la construcción de una serie de tres buques Ferries (Mascaraque-Ramírez, Para-González & Madrid, 2016), como se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4. Comparativa presupuesto de construcción y venta de 3 Ferries

| Concepto | IMPORTE | | |
|--|-------------|-------------|-------------|
| | Buque base | Opción 1 | Opción 2 |
| 100 - Estructura del casco | 4.191.166 € | 4.215.381 € | 4.215.500 € |
| 200 - Planta propulsora | 4.195.552 € | 1.871.150 € | 1.871.150 € |
| 300 - Planta eléctrica | 1.298.724 € | 3.467.586 € | 3.590.970 € |
| 400 - Comunicaciones y control | 582.000 € | 582.000 € | 582.000 € |
| 500 - Servicios auxiliares | 3.371.365 € | 3.288.006 € | 3.288.006 € |
| 600 - Equipo y habilitación | 2.854.904 € | 2.789.402 € | 2.789.402 € |
| 700 - Armamento (no procede) | 0 € | 0 € | 0 € |
| 800 - Servicios técnicos | 1.467.874 € | 1.130.470 € | 1.132.941 € |
| 900 - Apoyo al buque durante la construcción | 5.871.497 € | 4.521.882 € | 4.531.762 € |

| | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|
| Personal dedicado a la obra | 56.900.000 € | 40.310.000 € | 40.310.000 € |
| Coste total de construcción de buques | 80.733.082 € | 62.175.877 € | 62.311.730 € |
| Margen de beneficio | 15% | 15% | 15% |
| Importe presupuestado 3 buques | 92.843.045 € | 71.502.258 € | 71.658.490 € |
| Importe presupuestado 3 buques (+IVA) | 112.340.084 € | 86.517.733 € | 86.706.772 € |
| IMPORTE POR BUQUE (+IVA) | 37.446.695 € | 28.839.244 € | 28.902.257 € |

Fuente: Elaboración propia (2017)

Analizando el presupuesto estimado, se pueden obtener conclusiones que faciliten la toma de decisiones sobre que opción elegir (Mascaraque-Ramírez, Para-González & Moreno-Sánchez, 2016). Se parecía que el buque base se estima en 37,4 M€ por unidad, mientras que las opciones propuestas están en valores muy próximos a los 28,9 M€.

Decidir si elegir la Opción 1 (7 DDGG) o la Opción 2 (5 DDGG) no afecta de un modo significativo al presupuesto calculado, pudiendo proponerse ambas al cliente, trasladándole la decisión. Esto mejora la imagen del astillero al poder proponer más de una opción de planta propulsora en los concursos de licitación.

Como resultado final se obtiene una reducción de cerca de 9M€ en la construcción de las embarcaciones, que se traduce en un 23% de diferencia en el precio de construcción.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos en la investigación muestran una gran mejora en términos de plazo y coste, si bien se debe ser prudente en su interpretación. Los valores obtenidos en la reducción de plazo muestran una mejora de 4 meses en la fecha de entrega del primer buque de la serie, lo que implica un 15% menos de plazo de ejecución, este valor corresponde a una producción completamente optimizada, con los diferentes talleres funcionando según el takt-time establecido para el proyecto. Si bien esto es factible de conseguir, se precisa de tiempo para implementar todas las mejoras en el astillero y lograr que los talleres funcionen en el ritmo establecido.

De forma similar hay que interpretar los resultados de coste, la reducción de un 23% en el importe de la construcción se manifiesta gracias a la correcta y completa implementación de todos los objetivos de mejora.

Con ello, se pueden interpretar los resultados como una hoja de ruta para la organización, mostrando que en el caso de realizar esta serie de cambios se pueden conseguir los objetivos de reducción de coste y plazo, logrando así la mejora de la competitividad de la firma en el sector naval de nuevas construcciones de buques tipo Ferry.

Referencias

- Aliverdi, R., Moslemi Naeni, L., & Salehipour, A. (2013). Monitoring project duration and cost in a construction project by applying statistical quality control charts. *International Journal of Project Management*, 31(3), 411-423.
- Alvariño-Castro, R., Azpíroz-Azpíroz, J. J., & Meizoso-Fernández, M. (1997). *El proyecto básico del buque mercante [The basic project of the merchant ship]*. Madrid, Spain: Fondo Editorial de Ingeniería Naval.
- Chabane, H. (2004). Design of a small shipyard facility layout optimised for production and repair. *Proceedings of Symposium International: Qualite et Maintenance au Service de l'Entreprise*.

- Chung, D. K., & Yun, W. Y. (2015). A Case Study on Layout Improvement in Medium and Small-Sized Manufacturing Factories. *Journal of Korean Institute of Industrial Engineers*, 41(4), 368-380.
- De Snoo, C., Van Wezel, W., & Jorna, R. J. (2011). An empirical investigation of scheduling performance criteria. *Journal of Operations Management*, 29(3), 181-193.
- Eyres, D. J., & Bruce, G. J. (2012). *Ship Construction*. Butterworth-Heinemann.
- Hermarij, J. (2013). *Better Practices of Project Management based on IPMA competences*. Zaltbommel, The Netherlands: Van Haren Publishing.
- Koenig, P. C., Narita, H., & Baba, K. (2002). Lean production in the Japanese shipbuilding industry? *Journal of ship production*, 18(3), 167-174.
- Kolić, D., Fafandjel, N., & Zamarin, A. (2012). Lean manufacturing methodology for shipyards. *Brodogradnja*, 63(1), 18-29.
- Lam, W. C. J. (2015). Efficient layout and design of production facility, Washington, USA Patent No. 9,194,149.
- Lloyds-Register. (2015). *IHS Fairplay Register of Ships 2015-2016*. Redhill, United Kingdom: IHS Global Incorporated.
- Mascaraque-Ramírez, C., Para-González, L., & Madrid, A. E. (2016). Herramientas para la Mejora de la Gestión de Proyectos: Estudio de la Construcción de un Buque Tipo Patrullero Oceánico. In CUD San Javier (Ed.), *Actas DESEi+d 2016 IV Congreso Nacional de i+d en Defensa y Seguridad*. San Javier.
- Mascaraque-Ramírez, C., Para-González, L., & Moreno-Sánchez, D. (2016). Cost and term analysis in decisions-taking for the optimization of tuna vessels projects construction. In AEIPRO (Ed.), *Proceedings from the 20th International Congress on Project Management and Engineering*. Cartagena.
- PMI. (2014). *A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK Guides)*. Newtown Square, Pensilvania: Project Management Institute.
- PYMAR. (2014). *Informe de actividad del sector de construcción naval*. Madrid.