

Tecnologías internacionales de construcción naval desarrolladas en el País Vasco

(International shipbuilding technologies developed in the Basque Country)

Echeverría Izaguirre, Javier
García Treviño, 10. 28023 Aravaca.
javier.echevarria@vasias.com

BIBLID [0212-7016 (2006), 51: 2; 385-412]

La internacionalización de la industria de construcción naval ha obligado a desarrollar tecnologías y métodos cada vez más competitivos. En los últimos años en el País Vasco la transición a la construcción por módulos y especialmente al diseño por ordenador –donde el sistema Foran creado por Sener es puntero– ha permitido liderar el mercado de ciertos tipos de buques de alta tecnología.

Palabras Clave: Construcción naval. Astilleros. Tecnología. Tipologías de buques. Construcción por módulos. Diseño. SENER. Sistema FORAN.

*Ontzīgintza industria nazioartekotzeak teknologia eta metodo gero eta lehiakorragoak garatze-
ra behartu ditu. Azken urteetan, Euskal Herrian modulukako ontzīgintzara igarotzeak eta, bereziki,
ordenagailu bidezko diseinura –non Sener-ek sorturiko Foran sistema puntakoa den– igarotzeak
goi teknologjako itsasontzi mota batzuen merkatuan liderra izatea ahalbidetu du.*

*Giltza-Hitzak: Ontzīgintza. Ontziolak. Teknología. Itsaontzi tipologjak. Modulukako ontzīgintza.
Diseinua. SENER. FORAN sistema.*

*L'internationalisation de l'industrie de la construction navale a obligé à développer des tech-
nologías et des méthodes de plus en plus compétitives. Au cours de ces dernières années dans
le Pays Basque la transition à la construction par modules et spécialement à la conception par
ordinateur –où le système Foran créé par Sener est leader- a permis d'être à la tête du marché de
certains types de navires de haute technologie.*

*Mots Clés: Construction navale. Chantiers navals. Technologie. Typologies de navires.
Construction par modules. Conception. SENER. Système FORAN.*

La construcción de barcos en el País Vasco es una actividad tradicional. A finales del siglo XIX se constituyó como una industria esencial junto a la minería y la siderurgia, y muy vinculada a ellas.

En el siglo XX, las capacidades de producción superaron pronto las necesidades de construir para las navieras vizcaínas o españolas y se comenzó a fabricar barcos para todos los mercados del mundo.

La historia de este negocio en el País Vasco está llena de periodos de gran actividad y buenos resultados económicos, alternados con profundas crisis en las que la actividad casi desaparecía. A pesar de los altibajos, la intensidad con que se ha vivido la construcción de barcos y el impacto que ha tenido en toda la sociedad vasca nos han hecho constructores navales.

En las últimas décadas destacan por su nivel tecnológico y por su venta internacional dos productos nacidos en Vizcaya, en los que se ha llegado a ser líder en el mundo: los buques tipo Shuttle diseñados y construidos en la Naval de Sestao, y el sistema FORAN de diseño de buques creado por la empresa de ingeniería SENER.

1. ANTECEDENTES

Hace muchos años que la construcción naval en casi todos los países superó esa etapa inicial de construir “para casa”, y se convirtió en un negocio global, llegando a ser uno de los más globales. En el País Vasco esa internacionalización se produce muy pronto, casi desde el origen, entroncando con la tradición de negocio internacional de la industria vasca.

En el camino recorrido por esta industria se superó también hace muchos años la etapa de la construcción competitiva de barcos de diseño tradicional, en la que la capacidad de vender se basaba exclusivamente en una producción eficiente y barata de barcos convencionales.

En la actualidad, además de la carrera por la reducción de los costes de construcción del barco, la mayoría de los astilleros del País Vasco destinan sus esfuerzos a la fabricación de productos cada vez más especiales y sofisticados, en los que el precio de venta del barco esté justificado por su exclusividad y su tecnología.

La especialización en tipos de buques ha sido elegida por cada constructor naval después una reflexión estratégica, en la que la posesión de tecnologías avanzadas es un factor diferencial decisivo.

Sin embargo la realidad nos ha enseñado que cada día es más difícil mantener ese diferencial. La tecnología se desarrolla con esfuerzo, a veces se intercambia o se compra, y otras hasta se copia. Es un ingrediente tan esencial para la supervivencia del negocio, que casi todo vale para conseguirla.

Junto con la tecnología hay otro aspecto importante en el desarrollo actual y futuro de la industria de construcción de barcos. Es la calidad del enlace de la fabricación de barcos con los negocios aguas arriba y aguas abajo, con los eslabones próximos de la cadena, suministradores y clientes.

Estos dos factores han sido clave en todas las épocas, y decirlo no deja de ser una obviedad, que con frecuencia no se tiene en cuenta, como se olvidan los aspectos estratégicos en favor de problemas más inmediatos operativos.

Para poder asumir los riesgos de las decisiones que dibujen el futuro, se cuenta con el conocimiento del negocio, con la experiencia de haber recorrido un largo camino, con la vocación histórica por los barcos y todo lo que representan, y sobre todo, con el entusiasmo y la confianza de las personas, porque el horizonte tiene más sombras que luces, y para verlo sólo hace falta mirar a la construcción naval de nuestros vecinos en Europa.

2. ¿QUÉ BARCOS?

Construir barcos convencionales, de los que han servido y sirven para el transporte marítimo de las mercancías tradicionales como petróleo o mineral, es un negocio que ha quedado en manos de países con bajos costes de mano de obra. No requieren tecnologías especiales, replican los diseños en grandes series consiguiendo minimizar los costes de producción, y venden a unos precios inalcanzables para los países más desarrollados. En el País Vasco este esquema estaba vigente hasta los años 50 a 60 del siglo pasado.

Las décadas siguientes, los 70 y 80 fueron de tanteo y de cambio. Países como Japón se habían convertido en un referente de competitividad y los astilleros de nuestro país miraban a Oriente para descubrir e imitar los nuevos procesos de fabricación.

El interés se centraba casi exclusivamente en cómo producir más barato, y era desalentador visitar los astilleros japoneses y ver que los trabajadores tenían unos hábitos de trabajo diferentes de los nuestros, no tenían tiempos muertos, no tenían accidentes laborales, hacían las cosas bien a la primera.

El éxito de los astilleros japoneses estaba soportado en la actitud de los trabajadores, pero sobre todo en la organización y la creatividad. Los trabajadores no interrumpían su trabajo porque tenían todos los recursos necesarios en el punto y momento adecuado, tenían muy claro cuál era el nivel de calidad que se les pedía y aportaban sus ideas para mejorar los procesos, porque la empresa exigía y ponía en práctica esas propuestas.

Además de tener una actitud extremadamente responsable frente a su trabajo, estaban bien dirigidos, y los astilleros estaban inmersos en un proceso de mejora continua, gracias a una dirección que era capaz de utilizar la creatividad de toda la plantilla, poniendo en práctica procesos cada vez más perfeccionados y eficientes.

En el País Vasco se copiaron y reprodujeron en lo posible los esquemas de Oriente, a la vez que se entendía que por este camino nunca se llegaría a posiciones de liderazgo en esta industria, ya que la ventaja de Oriente era notable. Los astilleros adaptaron sus procesos de producción a la forma de fabricar japonesa con algunas limitaciones: aunque el movimiento de cambio estaba promovido por las direcciones de los astilleros, éstas no entendieron que eran el objeto de ese cambio, y esta falta de entendimiento dejó algunas lagunas. No se valoraban en su justa medida las políticas de "calidad total" orientales, tampoco existía una conciencia real del valor de la logística entendida como proceso organizativo, que permite tener a tiempo y en el lugar adecuado lo necesario para producir, ni fueron capaces de crear mecanismos que aprovecharan la inventiva e imaginación de las plantillas para producir mejoras. En definitiva y a pesar de las mejoras conseguidas se produjo una cierta frustración, que se acentuaba progresivamente en el tiempo cuando las ratios de producción de nuestros astilleros se comparaban con los japoneses y se comprobaba que la distancia relativa se mantenía o incluso se hacía cada vez más grande.

Siguiendo el mismo esquema de los grandes grupos industriales de Japón, y sobre la base de grandes inversiones muy soportadas por el estado, a Japón le salió un competidor geográficamente muy cercano: Corea. Tenía un nivel de vida mucho más bajo que el líder. Ello permitía un coste notablemente inferior de mano de obra, en una actividad que requería utilización masiva de personal, y podía reproducir con facilidad la fabricación de buques baratos en serie. Comenzó copiando, lo que habitualmente origina problemas de calidad de los productos, y realmente los barcos construidos en Corea no tuvieron durante años una buena imagen entre los armadores, de hecho muchos armadores europeos evitaban en esa época la contratación de buques coreanos. Con el tiempo los astilleros coreanos aprendieron y mejoraron sus productos y procesos, para ello realizaron inversiones masivas en medios e instalaciones, siempre apoyadas en todos los aspectos por sus gobiernos, y en la actualidad hacen barcos completamente aceptables para el mercado mundial, pasando a ser los líderes mundiales en producción y ventas, y desbancando a Japón.

Este mismo camino es el que está recorriendo ahora China frente a Corea, y todo apunta a que en unos años se convertirá en el primer país productor de buques del mundo.

Entre tanto, Europa descubrió su incapacidad para competir en costes en los barcos serie, reduciendo su presencia hasta prácticamente desaparecer de este mercado, y ha desarrollado capacidades para lo especial. En esta industria, lo especial lo es por su alta calidad, por utilizar tecnología fuera del alcance de otros, por las características y la complejidad del producto, y por la conjunción de todo ello.

En el País Vasco los astilleros y sus direcciones tomaron conciencia de que el camino iniciado con el intento de implantación de las filosofías japonesas tenía limitaciones, y no estaba hecho a la medida exacta de nuestras

necesidades, el mercado estaba cambiando y las demandas de los clientes eran diferentes. Habían surgido con fuerza las necesidades de exploración y producción de petróleo en el mar, tráfico y cargas nuevas, y los sistemas de carga y descarga junto con las infraestructuras de puertos demandaban nuevos diseños, en definitiva aparecieron nuevos nichos de productos, que además de capacidades de producción competitiva en costes, requerían flexibilidad en la fabricación, abandono de las series y por tanto de la repetición de los mismos prototipos, y un incremento en la capacidad de diseño, para hacerlo rápido, fiable, flexible y preparado para satisfacer las necesidades específicas de un cliente, que además podría necesitar la incorporación de tecnologías que no eran habituales en la construcción naval.

Este nuevo escenario era un motivo para olvidar las frustraciones derivadas de la fabricación excesivamente cara, y por ello poco competitiva de barcos serie, y también un motivo de esperanza.

Si se trabajaba correctamente en todos los frentes abiertos, y si se acertaba con la estrategia del negocio, podrían abrirse de nuevo expectativas para una actividad rentable en el mercado mundial, puesto que la demanda que podría esperarse de casa era realmente nula, teníamos pocos armadores, y menos aún armadores interesados en los nuevos productos.

La reflexión estratégica de los astilleros estaba apoyada en un gran conocimiento y una larga experiencia en la construcción de barcos, en unas instalaciones más o menos adecuadas por tamaño y medios a los posibles nuevos productos, y sobre todo en una elección de nichos de mercado y tipos de buques, una elección de clientes posibles, y una elección de desarrollo de tecnologías en el sentido más amplio. El reto era tan interesante, y podría tener tanto impacto en la industria del País Vasco, que las Instituciones fueron conscientes de ello y apoyaron este impulso dado desde la industria de construcción naval.

Cada constructor naval buscó su terreno, y con conciencia de la globalidad de su mercado buscó también alianzas u uniones, no sólo para conseguir los componentes de los nuevos buques en el mercado mundial, sino para desarrollar con sus clientes mejores barcos, y más específicos para los nuevos frentes de negocio, y nuevos desarrollos tecnológicos, buscando ayudas y apoyos en todos los sectores de la industria y en todo el mundo.

Apostar con decisión por unos productos y unos clientes siempre es arriesgado, pues al elegir unos se eliminan otras posibles oportunidades, pero si se acierta, da como resultado un diferencial importante de tiempo frente a la competencia. Por explicarlo más claramente: el tiempo y el dinero invertidos en el desarrollo de uno o varios productos de alto contenido tecnológico, de aplicación específica en el mar, de alto valor unitario, de largo periodo de construcción, es tal que cuando un competidor quiere entrar en ese terreno se encuentra con el mercado ya repartido, y el conocimiento, las tecnologías y la experiencia en aplicarlas desconocidas para él, con lo que tendrá que robar parte del mercado, y copiar o comprar la tecnología,

en definitiva habrá llegado tarde, y tendrá que pagar un alto precio por conseguir algo, y en este sector, donde siempre se habla de meses o años para construir un prototipo, el tiempo necesario para poder “estar”, es un factor enormemente disuasorio.

Los astilleros vascos eligieron y se especializan en las siguientes tipologías de buques:

Shuttles y FSU¹ para los campos de crudo del mar del Norte

Grandes dragas oceánicas

Buques para el transporte de productos químicos corrosivos

Buques *supply* para los campos de petróleo

Remolcadores de altura

Buques congeladores para la pesca del atún y factorías

Ferries y buques de carga rodada

Buques para el transporte de gas licuado

Etc.

En definitiva, abandonaron los barcos serie para hacer de cada proyecto un prototipo. En cada caso tuvieron que competir en el mundo, y casi toda la producción fue exportada a clientes extranjeros.



Fig. 1. Buque Shuttle con posicionamiento dinámico y toma de crudo submarina y de superficie en proa, para el Mar del Norte noruego.

1: FSU: Floating Storage Unit.

Los proyectos se realizaban junto a las direcciones técnicas de los clientes que aportaban el conocimiento de la operación de cada tipo de buque y sus necesidades, y el astillero, que previamente había creado una capacidad técnica adecuada aportaba las soluciones a esos requisitos de los clientes.

Este nuevo tipo de relación favorecía el buen entendimiento entre cliente y astillero, la cooperación tecnológica entre ambos, y la creación de un vínculo proveedor cliente, que resistía tenazmente durante tiempo en el mercado, haciendo que cada nuevo buque respondiera mejor a las necesidades del armador. Los nuevos barcos nacían a veces de una evolución de los conocidos adaptados a otras funcionalidades, y a veces eran la materialización de una nueva idea de negocio en la mente de un cliente, en ambos casos el astillero era el encargado de hacer realidad esa idea diseñando y construyendo el buque o artefacto adecuado, y si era posible con un nuevo contrato, de perfeccionarlo en prototipos posteriores, por ejemplo los buques Shuttles para el Mar de Norte Noruego fueron evolucionando desde prototipos sencillos a unidades muy complejas con carga por el fondo.

3. LA RESPUESTA TÉCNICA

Elegidos los barcos/clientes las oficinas de diseño de los astilleros y sus direcciones técnicas y de proyecto tuvieron que adaptarse. No bastaba con repetir o retocar los proyectos conocidos, los clientes querían otras respuestas para sus nuevos negocios. Hubo necesidad de nuevos perfiles profesionales, nuevos métodos de proyecto, búsqueda de tecnologías no habituales en construcción naval, y apertura a otros sectores industriales para desarrollarlas conjuntamente. Alianzas con oficinas de diseño de otros países, para el proyecto de aislamientos térmicos de los tanques de carga de los barcos de transporte de gas licuado a menos 163 grados centígrados, para desarrollar sistemas de toma de crudo bajo el mar en la última generación de buques Shuttle para los campos de petróleo noruegos en el Mar del Norte, para desarrollar posicionamiento automático en esos mismos buques, para dragar en fondos marinos hasta 70 metros de profundidad, o para cargar, transportar y descargar con total seguridad sustancias corrosivas.

El grado de automatización, los sistemas de navegación, los sistemas de seguridad a bordo, los sistemas de control por si solos exigían el conocimiento y la integración de la electrónica en el diseño.

En estos casos otras industrias poseían conocimientos y tecnologías específicas y los astilleros adaptaban esas tecnologías al medio marino. Los astilleros desarrollaron la tecnología de integrar en proyectos complejos todas las funcionalidades operativas que sus clientes pedían, llegando a ser líderes mundiales en el diseño y construcción y venta de buques Shuttle y en dragas oceánicas.



Fig. 2. Buque especial para el transporte de productos químicos corrosivos con 40 segregaciones independientes y sistemas de carga y descarga especiales, para tráfico mundial (cliente USA).

En el caso de los Shuttle fue un desarrollo partiendo de cero, en el caso de las dragas se invadió parcialmente supuso una “invasión” parcial y con éxito el mercado holandés y alemán.



Fig. 3. Draga oceánica hasta 70 metros de profundidad de dragado, descarga por fondo y proa.

Además la respuesta tenía que ser competitiva, el cliente buscaba eficiencia en costes, y también en muchos casos una apuesta arriesgada en un terreno aún no totalmente dominado. El astillero tenía que ajustar su precio y con ello sus costes.

Se había aprendido mucho en las relaciones con Japón en cuanto a la eficiencia de los métodos productivos, pero sobre todo se había tomado conciencia de la necesidad de mejorar de forma continua. Se produjo un salto cualitativo importante, quizás el más importante en la carrera por abaratar los costes de producción, apareció entre las direcciones de producción, pero tenía que trasladarse necesariamente a las oficinas de diseño del astillero, esta tecnología se conoció como “el diseño orientado a la producción”.

Ya no bastaba con una respuesta brillante para resolver las necesidades del cliente, además las direcciones técnicas tenían que proponer las soluciones más eficientes desde el punto de vista económico.

Se trataba de que los componentes que hubiera que adquirir en el mercado fueran de calidad pero de coste ajustado, se trataba de eliminar elementos de uso tradicional y sustituirlos por otros equivalentes más baratos, se trataba de reducir y simplificar el diseño para que tuviera un componente menor de mano de obra, reducir el contenido de trabajo que desde el departamento técnico se enviaba a los talleres, incluso si era posible se deberían de eliminar definitivamente algunos componentes. Como ejemplo anecdótico se redujo la altura de la chimenea, con la consiguiente reducción de acero, soldadura, pintura, peso, etc.

Como todos los cambios de cultura el movimiento hacia la nueva filosofía de diseño en las oficinas técnicas fue traumático, fue muy difícil conseguir que todas las personas implicadas en el proyecto tuvieran en cuenta estas nuevas condiciones. La actitud tradicional en los proyectos había sido la de

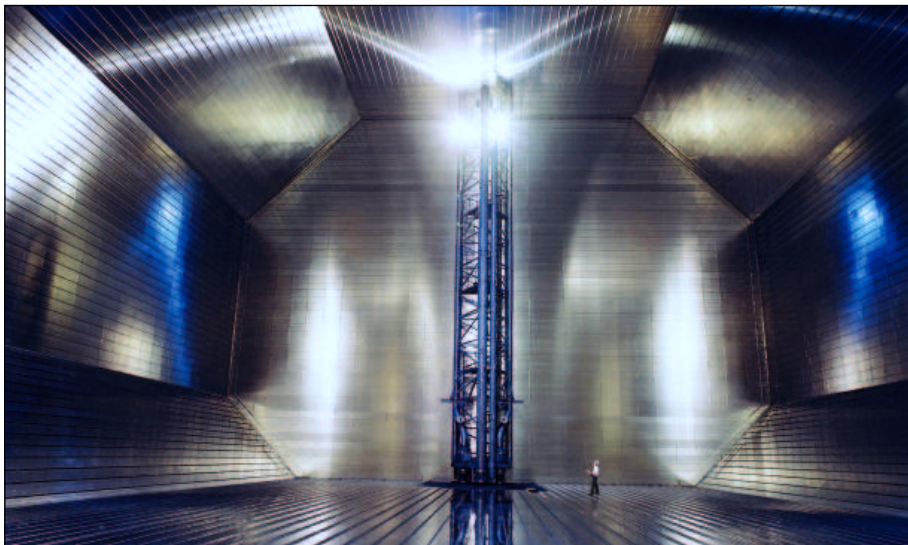


Fig. 4 Interior de tanque de carga de buque para transporte de gas licuado de 135.000 metros cúbicos de capacidad.

limitarse a alcanzar una buena solución técnica, y ahora además se introducía el componente económico, y con él nuevos roles al ingeniero. Tenía que contar el número de unidades de coste que tenía su propuesta técnica, y explorar otras alternativas, con imaginación y con trabajo. El perfil profesional del proyectista naval tradicional se acercaba necesariamente al del diseñador, no bastaba con repetir esquemas, el componente de creación exigía más trabajo, más preparación técnica, más conocimiento del mercado de componentes, y hasta más consenso y colaboración con las direcciones de compras y de producción del astillero.

En este aspecto la construcción naval en el País Vasco estaba siguiendo el camino y la práctica de otros sectores industriales.

Si la respuesta flexible a los clientes elegidos había propiciado un desarrollo de las capacidades técnicas y de diseño como respuesta al mercado, este nuevo paso exigía otro nuevo incremento y transformación de las capacidades de cara al proceso interno de construcción de los barcos.

Los nuevos barcos tenían menos kilómetros de cables que comprar y montar, menos kilómetros de soldadura que realizar. Los resultados de esta nueva filosofía de diseño fueron muy positivos, sobre todo en la reducción de los contenidos de trabajo, y a pesar de que el tiempo y recursos empleados en el diseño eran mayores, el coste de los buques mejoró sensiblemente.

El foco de este movimiento estaba en la reducción de las necesidades de mano de obra, y en la reducción del coste de los componentes y materiales del mercado de proveedores.

Otro frente de presión provenía del mercado, y tenía también efectos beneficiosos para el astillero, los clientes querían sus barcos en el menor plazo posible, una reducción de un mes en el plazo de entrega significaba empezar a ganar dinero un mes antes, y con ello empezar un mes antes a amortizar el barco. El astillero cobraba antes, y además aumentaba la rotación de sus instalaciones.

La respuesta, como en el caso de los frentes que hemos mencionado, no era simple, pero sí tenía una base filosófica sencilla, todas las operaciones del proceso completo de fabricación del barco que estuvieran condicionadas por la terminación de operaciones anteriores deberían de volver a estudiarse, se trataba de simultanear el mayor número posible de operaciones para reducir el plazo total del buque desde contrato a entrega.

También en este terreno nos guiábamos por lo realizado en otros sectores industriales, con ello cambió el proceso constructivo de los barcos, y se desarrolló la tecnología de construcción por módulos.

La construcción tradicional anterior ya había dado un paso de gigante cuando cambió el sistema de construcción chapa a chapa en grada por la

prefabricación en bloques o trozos de estructura de acero, que después se montaban formando un puzle en la grada, y dio otro paso también importante cuando a los bloques de acero de la estructura se le incorporaron algunos elementos de armamento como tuberías, soportes, y algunos equipos.

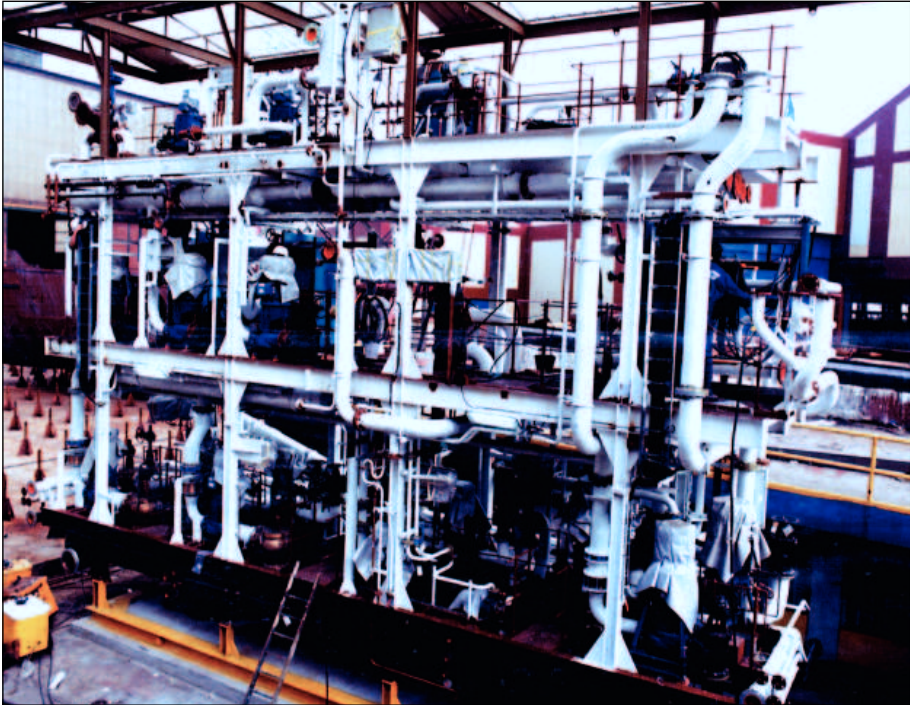


Fig. 5. Módulo funcional de la cámara de máquinas de un barco.

El paso que se materializó en los años 90 fue el de la construcción por módulos.

Los módulos eran componentes complejos del buque, estructuralmente independientes de la estructura principal, y que incluían servicios completos o casi completos, y se podían construir en los talleres mientras se construía el casco del barco. Incluían toda la tubería, cableado, soportes, equipos, y sus interconexiones así como el tratamiento superficial se fabricaban sobre estructuras autoportantes en talleres y una vez terminados y probados se llevaban a la grada con vehículos especiales de gran capacidad (hasta 250 toneladas), y se izaban a bordo e incorporaban al buque como grandes piezas de un mecano.



Fig. 6. Módulo funcional del guardacalor (chimenea) de un buque.

Ello permitía simultanear el trabajo de las estructuras de acero del barco con el trabajo de lo que se conoce como armamento del buque en la nomenclatura naval, y que no tiene nada que ver con armas, sino con los sistemas de propulsión, de generación de energía, de control, de carga, de habilitación, cocina, aire acondicionado, vapor, comunicaciones, etc.

Se trataba de planificar todas las operaciones de fabricación del barco en el punto más alejado posible de la entrega, y para ello tuvo que cambiar de nuevo la filosofía de diseño, ya que además de proyectar un barco adecuado para el cliente, y de bajo coste, había que diseñar el despiece en módulos de todo el barco, con el criterio de simultanear en el tiempo todas las operaciones posibles para acortar el ciclo total de fabricación.

La fabricación por módulos tuvo otro rédito también positivo en cuanto a costes, ya que montar un tubo en la grada por el procedimiento tradicional, con necesidad de grandes medios de izada, andamiajes, accesos a veces complicados, trabajo incómodo, y con recursos limitados, a veces a la intemperie, era mucho más caro que montar ese mismo tubo en un taller cubierto, con acceso a nivel del suelo, con recursos de taller. De hecho en el taller costaba como media un tercio de lo que costaba a bordo.

Otra vez fue la técnica la que pudo dar respuesta a esta necesidad, con más trabajo, más recursos, y más flexibilidad. Era patente que la mejora continua y el cambio permanente para estar en el mercado mundial pasaba por tener unas capacidades técnicas excepcionales, por el número y calidad técnica de las personas y por su capacidad de gestión.

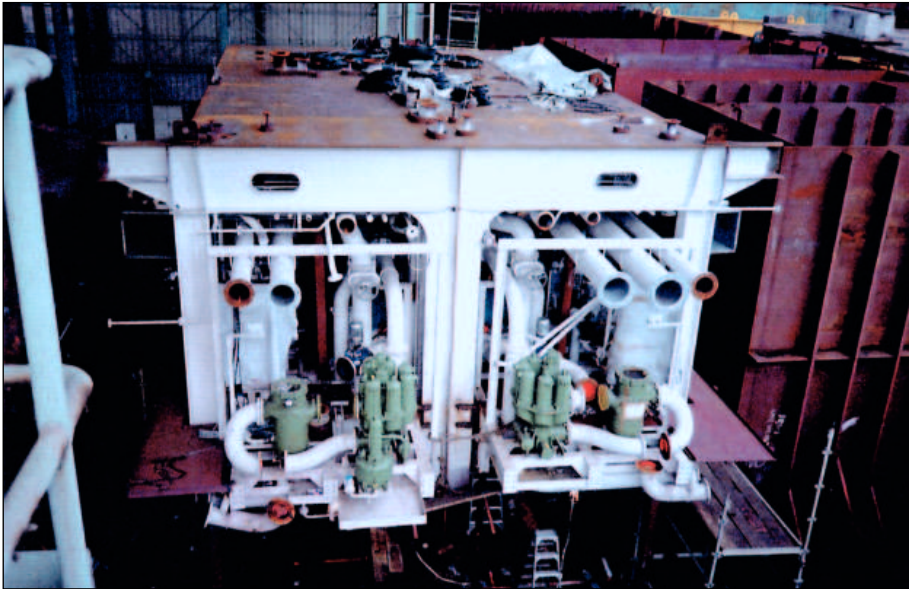


Fig. 7. Módulo funcional de cámara de máquinas de un buque con dos cámaras de máquinas simétricas redundantes.

4. LA RESPUESTA PRODUCTIVA

El aluvión de exigencias que sufría la dirección técnica era equilibrado por el que pedía a producción una mejora continua en los procesos de producción.

La Construcción Naval Vasca estaba creando una respuesta técnica y tecnológica al mercado de los barcos en el mundo, pero en el caso de la producción contaba de hacia mucho tiempo con la experiencia y la historia. Era mucho más fácil entender las mejoras en los talleres, y además el tejido industrial del entorno era capaz de responder con éxito cuando se trataba de inventar nuevas máquinas, nuevos útiles, nuevas herramientas.

Las direcciones de producción que habían propiciado y exigido la reducción de los contenidos de trabajo desde el diseño de los proyectos de barcos, tenían en sus manos la mejora de los procesos productivos.

Además de la ingeniería orientada a la producción era necesaria la tecnología de mejora de los procesos de producción.

En la fabricación de estructuras planas de acero reforzado la solución fue la automatización de los procesos de soldadura de chapas para formar un paño plano completo, el posicionamiento automático de los refuerzos, y su soldadura posterior.

En estructuras curvas o más complejas los problemas técnicos eran mayores. Otros sectores industriales habían apostado con fuerza por la robotización para la fabricación en serie, o para procesos donde el número de operaciones exactamente iguales fuera notable, y aunque astilleros en todo el mundo tanteaban esta posibilidad, no estaba claro que fuera una buena solución en el estado de desarrollo de la robotización industrial: aunque se tratara de buques repetidos, las series nunca se acercaban a las de otras industrias, eso era más evidente cuando, como en el País Vasco, habíamos elegido vender y fabricar buques especiales, que en muchos casos eran un prototipo y nunca más volvían a repetirse, por otra parte la inversión en robotización era muy importante, y difícilmente amortizable, y por último la complejidad del desarrollo del software para operaciones elementales en un número reducido no permitía en muchos casos amortizar este desarrollo.

Se estudió especialmente para soldadura, y fabricación de tubería, sin demasiado éxito.

Como inversión experimental se instalaron en la Naval de Sestao una instalación robotizada para la fabricación de tubos rectos embridados, y otra para cortar perfiles rectos de acero. La instalación para fabricar tubos rectos estaba diseñada específicamente para las necesidades de fabricación de tubos de la Naval e incluía un alimentador de tubos que seleccionaba el diámetro requerido en una zona de almacenaje, un cortador para adecuar el tubo a la longitud requerida, y un selector, posicionador y soldador de bridas. El conjunto de operaciones era complicado, y después de varios meses de puesta a punto, y utilización experimental fue desechado. La instalación de corte de perfiles rectos de acero era mucho más sencilla, tenía menos variables, debía de cortarlos a la medida prefijada, con los chaflanes previstos, y cortar groeras equidistantes, fue un éxito, y se utilizó de forma continua en todas las operaciones de corte recto de perfiles.

Para el conjunto de procesos de producción parecía más adecuada una solución a medida para cada operación o cada caso, en un punto intermedio entre los procesos manuales y los procesos totalmente automáticos, sin descartar que en el futuro nuevos desarrollos de la robotización permitieran extender su utilización a otras operaciones.

Se diseñaron nuevos utillajes y máquinas, que manejados por trabajadores y de forma semiautomática permitieran reducir la inversión de mano de obra, aumentar la seguridad personal, y la comodidad en los puestos de

trabajo. De este modo se rentabilizaban las enseñanzas de oriente dando un paso más, y para ello se contaba con el conocimiento y experiencia de los trabajadores y mandos de producción de los astilleros y con un entorno industrial experto en diseño y ejecución de elementos mecánicos, electrónicos, hidráulicos, neumáticos y de control, que era capaz de entender las necesidades y los procesos de la fabricación de barcos. Juntando los esfuerzos de las dos partes era posible concebir las soluciones.

Otro esfuerzo importante liderado desde la producción fue la tecnología logística.

No hace falta decirlo, pero los barcos son unidades muy complejas, con cientos de miles de componentes. Por poner un ejemplo de buque realizado en el País Vasco, un transporte de gas licuado tiene más de 1.100.000 componentes propios, sin contar el material menudo y los montajes provisionales que son necesarios durante la construcción, como los andamiajes de la zona de carga que suman más de 1.000 toneladas de estructuras provisionales. La complejidad logística de un buque de estas características implica preparar, transportar y poner en el lugar adecuado una media de 370 pallets diarios de diferentes tamaños y de diferentes contenidos, durante el procesote fabricación que dura muchos meses.

La organización necesaria para resolver este problema se reparte por todas las fases del proyecto. Todo debe estar terminado en el momento adecuado, los planos, las listas de materiales, los materiales en si, los componentes que vienen del exterior, los componentes o productos intermedios, los medios de transporte y elevación, los montajes provisionales, los accesos, el personal, los medios de prevención de riesgos.

5. LA RESPUESTA DE LOS SUMINISTRADORES Y LA INDUSTRIA AUXILIAR

Para hacernos una idea del impacto de la industria suministradora del sector de la construcción naval, debemos tener en cuenta que más del 60% del coste del buque está en los materiales y equipos que lo integran, y que el astillero compra en el mercado.

Los astilleros como industrias integradoras ejercen directa o indirectamente una labor de industrialización del entorno en que trabajan, y tienden a aprovisionarse en él. En el caso del País Vasco existen casi 200 empresas relacionadas con el sector de la construcción de barcos, lo que significa que un porcentaje significativo de los suministros y servicios está al alcance de la mano.

En ocasiones las oportunidades de negocio que ofrece el constructor de barcos sirven de acicate a la iniciativa privada para crear negocios, y en otras ocasiones, ante la falta de opciones posibles para un servicio o suministro determinado, ha sido el astillero el que se ha implicado directamente en la promoción de industrias de apoyo.

Los astilleros compran tecnología o ayuda tecnológica de las industrias suministradoras, a través de alianzas técnicas, de proyectos, de herramientas de diseño.

Otras veces es el astillero el que apoya a la industria suministradora, a través de transferencia de tecnologías, de procesos de organización o de producción, formación de sus mandos, auditorías de calidad.

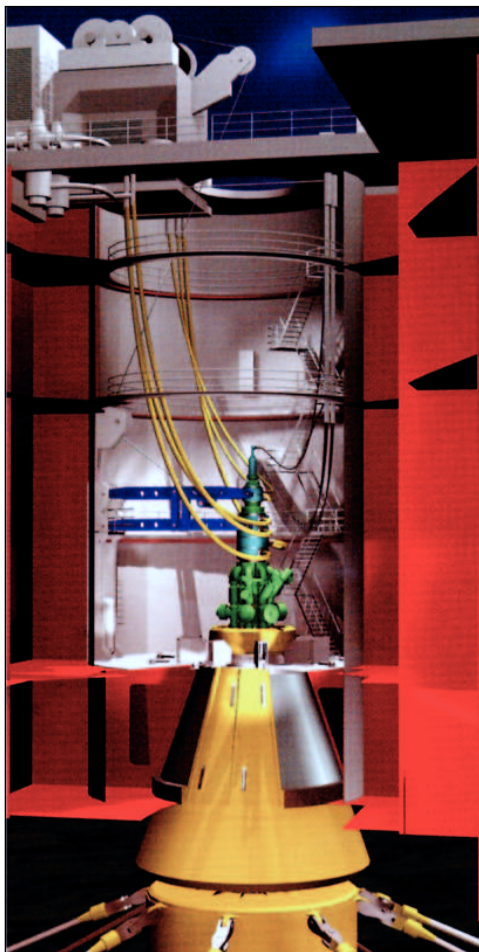


Fig. 8. Sistema STL de conexión submarina para buques Shuttle

Como ejemplo de colaboración con industrias suministradoras Noruegas se integraron los sistemas STL² de carga por el fondo en los buques Shuttle.

En definitiva se establece un grado de colaboración que en muchas ocasiones sobrepasa la simple relación cliente proveedor.

Otro aspecto que ha cubierto la industria auxiliar es el de equilibrar las fluctuaciones de carga de trabajo que tradicionalmente han afectado a los astilleros.

La fabricación de barcos ha sido siempre un negocio que ha transcurrido paralelo a las necesidades de los armadores, y en las últimas décadas ha sido cíclica para los distintos tipos de buques, de modo que, a periodos de gran demanda, han seguido otros de escasez de pedidos. Los constructores navales han tenido que sufrir enormes altibajos en las ventas y esta experiencia les ha hecho prudentes en cuanto a sus capacidades. En épocas de gran demanda era necesario responder al mercado con el máximo de capacidad constructora, y en épocas de baja demanda, además de sufrir una bajada en los precios, tenían que reducir su capacidad, e incluso diversificar su construcción en otros productos.

En definitiva se establece un grado de colaboración que en muchas ocasiones sobrepasa la simple relación cliente proveedor.

La elección de varios tipos de buques diferentes en la cartera de productos de los astilleros tenía también como finalidad evitar la dependencia exclusiva de unos determinados mercados.

6. LOS TRABAJADORES

Todo el proceso de cambio que sufrió la construcción naval en el País Vasco entre los años 60 y el final del pasado siglo, trajo como consecuencia una reducción dramática de los empleos en los astilleros.

Ha habido factores determinantes en esta reducción, que ya hemos mencionado en relación con otros aspectos del negocio, por un lado el abandono necesario de los buques serie con utilización intensiva de mano de obra, por otro lado los notorios incrementos de productividad que aportaban los nuevos procesos de trabajo, los nuevos diseños orientados a producir más fácil y con menos contenido de mano de obra, la nueva tecnología de los procesos hizo desaparecer algunas actividades y con ello sus correspondientes oficios, ya que por ejemplo, la delineación de planos manual fue sustituida por delineación automática con los sistemas de diseño por ordenador.

2. STL: Submerged Turret Loading.

Fue necesario un reciclaje y adaptación de los que se quedaron, a través de formación y aprendizaje.

Estos cambios no siempre fueron bien interpretados y bien recibidos por los trabajadores, y ello creó tensas situaciones laborales y conflictos, que disminuyeron progresivamente, a la vez que el cambio se fue transformando en un modo de vida, y se asumió implícitamente como un status permanente.

7. LAS TECNOLOGÍAS

El soporte de la actividad de construcción naval en el País Vasco, la razón de su vida en la década de los 90 del siglo pasado fue la capacidad para asumir y crear tecnologías de aplicación a los barcos, que diferenciaron estos barcos de los que hacían otros competidores. La posibilidad de vida en el siglo XXI también estará ligada a su capacidad para diferenciarse tecnológicamente de sus competidores.

La tecnología en el sentido más amplio es la ciencia aplicada a la práctica, y en este caso a la práctica industrial.

Entre los desarrollos tecnológicos más notables con que cuenta el País Vasco destacan por su importancia dos: la capacidad de diseñar y construir buques de tecnologías complejas y el desarrollo de tecnologías de diseño. Nos referimos en concreto al programa FORAN de la empresa SENER, y a los buques Shuttle diseñados y construidos por la Naval de Sestao en la última década.

7.1. Tecnologías de diseño

El programa de diseño y construcción de buques más utilizado en todo el mundo fue creado y sigue actualizado por una empresa vasca: la empresa SENER. El programa es el FORAN, es capaz de elaborar un modelo tridimensional del barco, y se aplica tanto a las fases de anteproyecto como a las del proyecto definitivo, a todo el desarrollo técnico del buque, y a toda la información que se utiliza directamente en los talleres, como planos constructivos, o información digital para sistemas automáticos.

El programa ha sido exportado a 120 astilleros de todo el mundo y puede soportar el diseño de todo tipo de buques incluso militares y submarinos.

La empresa SENER es una de las ingenierías más importantes del País Vasco, y la más importante en el diseño naval, dedicada al proyecto de todo tipo de instalaciones industriales complejas en todo el mundo, y en su vertiente de diseñadora de barcos apostó estratégicamente por la creación de

una herramienta de diseño integral de buques, cuyo desarrollo comenzó en 1965, y actualmente continua perfeccionándose con módulos de nueva creación para ir cubriendo más aspectos del diseño y fabricación de barcos.

En principio la herramienta fue creada para el trabajo de diseño de barcos de la propia empresa, pero pronto se descubrieron sus posibilidades de comercialización y su enorme potencial. Desde 1997 trabaja en el entorno Windows.

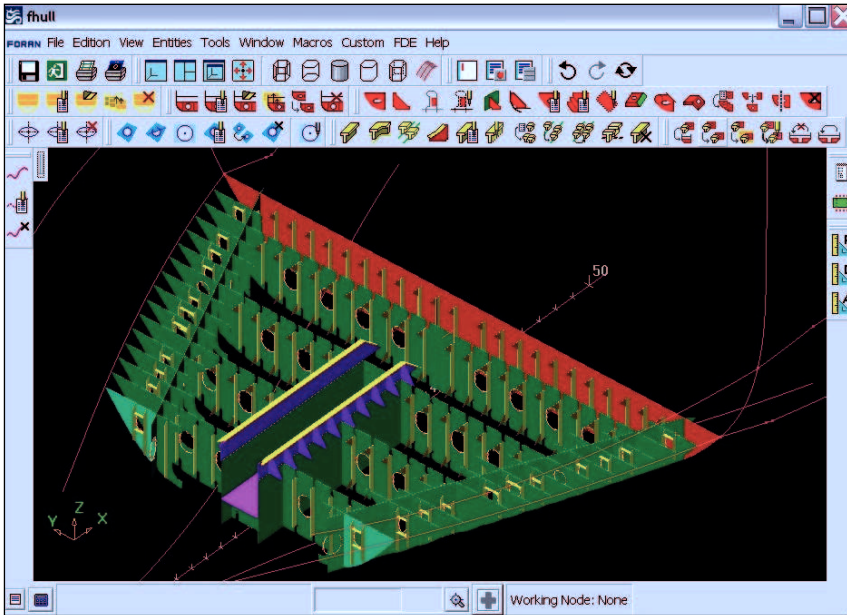


Fig. 9. Pantalla de FORAN en la que se muestra la estructura interna del fondo de un buque

Desde las primeras conversaciones técnicas de un astillero con su cliente se empieza a concebir la solución a su demanda. A esa solución se le da forma de anteproyecto, que sirve para comprobar que su demanda se ha entendido, que es técnicamente posible realizarla, que entra dentro de las capacidades del astillero, que tiene alternativas, que tiene un coste estimado, un precio de venta estimado, que encajan o no con las pretensiones del cliente, que tiene un plazo de entrega determinado, y que, concebido como un proyecto tiene unos riesgos técnicos, de suministros, de materiales y de ejecución admisibles.

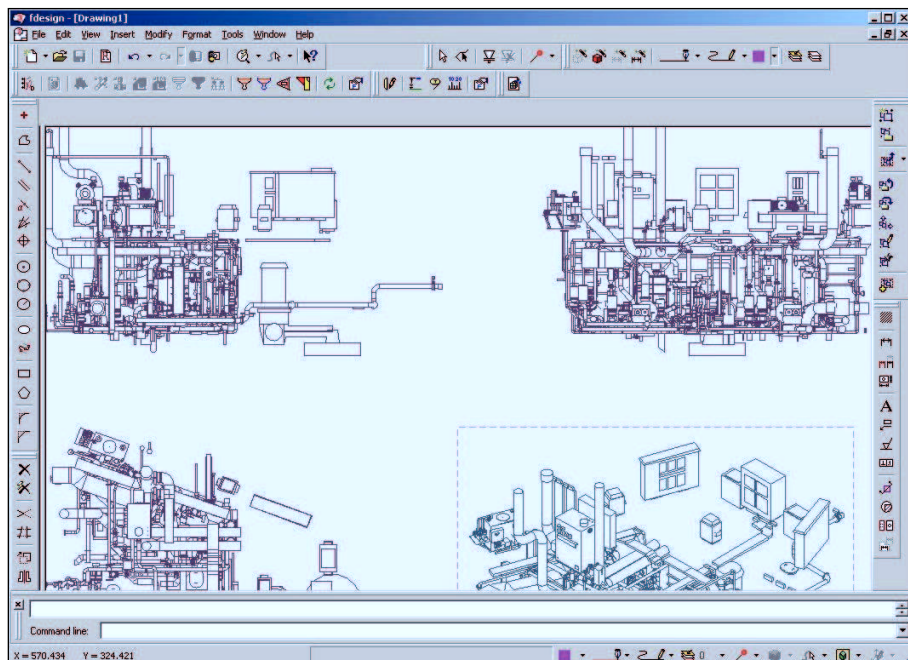


Fig. 10. Pantalla de FORAN con planos constructivos de una zona de buque

Los ingenieros de proyecto trabajan con el programa informático con el que agilizan su labor, eliminan errores, emiten la información requerida con rapidez, y sobre todo conciben el proyecto como una unidad, de modo que toda la información es coherente e integrada.

Antes de la aparición de programas informáticos como FORAN que resuelven estas cuestiones, manejados con la experiencia, el criterio, y el conocimiento profesional, todo el anteproyecto era un conjunto de cálculos manuales de todo tipo, que concluían en una información menos precisa que la que se obtiene ahora, y con la que se cuenta para tomar decisiones, y que además de gran esfuerzo requería mucho tiempo.

El mismo soporte FORAN permite pulir progresivamente el anteproyecto, pasando a mayor detalle en la definición de todos los parámetros del barco, que serán suficientes para poder llegar a un acuerdo con el cliente.

El volumen de información técnica descriptiva y planos para poder firmar un proyecto de buque es extenso, ya que garantiza que el futuro barco cumplirá con todos los requisitos detallados por el cliente, y queda condensado en una especificación técnica, que en el caso de un buque transporte de gas licuado por ejemplo puede llegar a no menos de 1000 folios, además de los planos generales del buque, sin incluir la documentación de carácter económico.



Fig. 11. Pantalla de FORAN mostrando el interior de una cámara de máquinas de un buque, que permite una visita virtual al mismo

Todo ello debe de ser extremadamente preciso pues se convierte en documento contractual con valor legal.

Firmado el contrato de construcción con el cliente y resueltos los problemas financieros, todo el desarrollo técnico posterior también estará soportado por el programa informático

Para tener una idea de las capacidades del programa FORAN describimos su funcionamiento:

FORAN en su estado actual permite crear un modelo único tridimensional de un buque, permite trabajar desde estaciones de trabajo distantes de modo que un mismo proyecto puede estar desarrollándose simultáneamente y en colaboración desde puntos geográficamente distantes, de hecho oficinas técnicas externas comparten el diseño con las propias de los astilleros, y lo hacen sobre una base común, siendo el progreso del diseño coherente, y la incorporación de los cambios en tiempo real en las diferentes estaciones de trabajo.

Define las formas de las carenas, y realiza los cálculos de arquitectura naval, define la estructura del casco, y el armamento, electricidad, acomodación, y permite gestionar las bases de datos de productos, todo ello con el nivel de definición que se necesita, incrementando el detalle en las diferentes fases de diseño: conceptual, contractual, básico, de detalle, y por último la información de fabricación.

Permite un acceso controlado a la información del proyecto por motivos de confidencialidad, y permite también definir partes o piezas independientemente del bloque a que pertenezcan

Alisa las formas del casco, desarrolla su superficie, y define con precisión cada elemento de la estructura, pieza a pieza, calcula los pesos, centros de gravedad, y superficies de pintado, anida las piezas estructurales de acero para su corte en máquinas automáticas, define las camas de fabricación de piezas en 3 dimensiones, crea información de soldadura y de control dimensional, gestiona las penetraciones de elementos de armamento en la estructura, tales como pasos de tubería. Acota los planos, define las rutas de cables, diagramas de tubería y cálculo de las pérdidas de presión, explora interferencias entre componentes y rutas, define soportados de tuberías y equipos, información necesaria para la fabricación.

FORAN se utiliza en astilleros de todo el mundo como una herramienta de última generación para el diseño de todo tipo de buques.

7.2. Buques de alta tecnología

Ya hemos mencionado los tipos de buque de alta complejidad que se han construido en el País Vasco y se han exportado a todo el mundo. Entre ellos, los buques tipo Shuttle nacieron de la idea del armador noruego Knutsen que fue materializada en “La Naval” para sustituir los oleoductos submarinos por buques. Los oleoductos en el mar conectan las cabezas de pozo en el fondo del mar con las refinerías, y así el crudo procedente de los yacimientos submarinos pasa directamente a ser procesado en plantas terrestres, sin embargo esta solución es difícil o incluso imposible si el pozo está muy alejado de la costa o la inversión es demasiado alta para ser compensada por la reserva de crudo del pozo o su producción diaria. La alternativa de transportar el crudo en buques tiene las ventajas de una menor inversión, y mayor flexibilidad ya que puede recoger el petróleo de diferentes pozos.

Para dar respuesta a estas ventajas nació el concepto de buque Shuttle (lanzadera), que repite continuamente el trayecto de ida y vuelta desde el pozo, donde carga en el mar, a la refinería en tierra, donde descarga el crudo para su tratamiento.

El primer Shuttle fue diseñado y construido por la Naval en el año 1996, y entregado en septiembre de 1997 como puede verse en el cuadro de entregas Anexo.

Para hacer realidad el concepto de buque Shuttle, el astillero tuvo que unir en un proyecto soluciones compatibles entre si para los siguientes problemas: crear un sistema de conexión entre el buque y el pozo que pudiera controlarse desde el buque con total precisión y seguridad en medio del mar, y en las condiciones extremas del Mar del Norte, crear un sistema

que permitiera la posición correcta relativa del buque frente al pozo a pesar de vientos, olas, corrientes y mareas durante el tiempo de toma de carga del crudo en las condiciones del entorno, y sistema de desconexión rápida si las condiciones superaban los límites prefijados evitando riesgos de derrames de petróleo en el mar, sistemas de seguridad a bordo para evitar situaciones de emergencia durante las operaciones de conexión, carga y desconexión.

La rentabilidad de este tipo de buques estaba vinculada a su capacidad de toma y transporte de petróleo, y el resultado de este análisis llevó a tamaños de buque de unas 130.000 a 140.000 toneladas de peso muerto, con esloras comprendidas entre 250 metros y 270 metros.

Cada nuevo Shuttle que se construía mejoraba en general la tecnología de los anteriores para conseguir mayores eficiencia y seguridad en su operación.

Incorporaban posicionamiento dinámico automático en el mar, de modo que con marcar en una pantalla de ordenador situada en el puente de gobierno del buque la posición de destino dentro de un área concreta, los sistemas del buque lo movían hasta alcanzar con precisión el punto geográfico deseado. Por explicarlo más detalladamente, el buque navegaba por procedimientos convencionales, y al llegar al entorno de las zonas de carga, ponían en funcionamiento su sistema de posicionamiento automático para acercarse con precisión a la cabeza de pozo.

Como la carga completa del buque duraba varias horas, era necesario que el barco mantuviera su posición con margen de error mínimo, a pesar de las corrientes, los vientos, las olas, para evitar accidentes y derrames de crudo en el mar. Para ello contaba con doble propulsión longitudinal y hélices transversales en proa y popa, todas ellas de paso variable, o bien propulsores azimutales de 360 grados para empuje en cualquier dirección. Todo este conjunto de propulsores estaba controlado en todos sus parámetros por un ordenador que recibía la información continua de la posición del buque, actuando sobre los empujes para mantener la situación del buque dentro de unos límites muy precisos.

Este tipo de buques fue proyectado y construido para armadores noruegos y norteamericanos, siendo el País Vasco líder mundial por el número de buques construidos –casi todos ellos prototipos– y por la tecnología desarrollada en la Naval de Sestao. Otros astilleros han construido buques de este tipo posteriormente, y en este momento hay cuatro áreas de producción de petróleo en el mar en las que se utilizan: mar del Norte, golfo de México, Brasil y noroeste de Rusia.

Creemos que el sistema de diseño FORAN tiene aún un largo recorrido como producto actual y exportable; de hecho la Armada Británica lo está utilizando actualmente para el diseño de sus portaaviones *HMS Queen Elizabeth* y *HMS Prince of Wales*. En cuanto a los buques el negocio cambia y

los buques Shuttle deben de dejar paso a otros tipos, ya que han dejado de ser exclusivos porque su tecnología con el tiempo se ha hecho accesible a varios competidores.

Junto con barcos como los transportes de gas licuado LNG, Dragas oceánicas, Transportes de cargas químicas especiales han dejado como posos la capacidad para enfrentarse con éxito a lo complejo y lo nuevo, una gran solvencia técnica y de integración de tecnologías varias, una fiabilidad comercial a toda prueba.

Con estas armas se pueden emprender nuevos retos en los escasos nichos que aún son exclusivos: buques de crucero –en los que varios astilleros europeos llevan recorrido un largo camino (finlandeses, italianos, franceses, alemanes)–, buques de defensa y tecnologías de defensa, buques de muy alta velocidad.

Para cualquiera de los nichos mencionados u otros que se nos escapan, nos falta experiencia, y nos falta tecnología accesible en el entorno. No hay industria auxiliar especializada en los componentes específicos de los buques de crucero, las tecnologías militares avanzadas son reservadas, y no tenemos experiencia en velocidades por encima de los 25 nudos, pero seguramente todo ello se pueden conseguir. El problema es primero analizar y estudiar las posibilidades (estrategia), después evaluar tiempo y dinero y por último decidir.

Probablemente habrá mercado para estas tecnologías y será necesario tener buena interlocución con los armadores como creadores de nuevos negocios y con los suministradores creadores o poseedores de tecnologías.

También será necesario que las instituciones apuesten por las empresas con visión global. Por decirlo de otro modo: los países apoyan y protegen a las industrias vinculadas con la energía o las materias primas esenciales. En la cadena de creación de la riqueza están los tráfico de esas materias: las navieras, los constructores de barcos, las empresas energéticas, los consumidores propios. En todos los eslabones de esta cadena hay creación de riqueza, y la forma de conseguir mayores resultados es propiciar el desarrollo de todos los eslabones, no permitir que se pierda alguno de ellos o pueda quedar aislado.

El gas natural licuado que se consume para uso doméstico y producción de energía es un ejemplo, requiere producción y explotación, licuefacción, transporte, almacenaje, redes de distribución, regasificación, produce energía y se consume en los hogares, y ello implica empresas de exploración, de producción, navieras, constructores de barcos, ingenierías, empresas de energía, y todo tipo de empresas auxiliares, y nadie discute que está ocupando con ventaja el lugar que ha tenido el petróleo en los últimos tiempos, de modo que si sigue el mismo camino, el consumo de gas irá creciendo en grandes porcentajes anuales en las próximas décadas.

ANEXO 1

Astillero Sestao DATOS DE BUQUES CONSTRUIDOS

Nº-G	Nombre	Tipo	Dimensiones				P.M. (t.m.)	Efemérides		Armador
			Lpp	B	D	T		Quilla	Entrega	
279-I	Tirumalai	Químico	165,00	31,30	13,20	9,550	33.088	27/06/1990	24/10/1991	India
280-I	Sabarimala	Químico	165,00	31,30	13,20	9,550	33.056	18/01/1991	25/03/1992	India
281-II	Palanimalai	Químico	165,00	31,30	13,20	9,550	33.058	19/04/1991	10/06/1992	India
283-I	Flamenco	Prod. químicos	173,00	32,20	17,80	12,250	46.087	18/12/1989	07/05/1991	Laurin (Suecia)
284-II	Fandango	Prod. químicos	173,00	32,20	17,80	12,250	46.087	19/02/1990	20/09/1991	Laurin (Suecia)
285-II	Marie Knutsen	Petrolero	251,50	42,50	21,00	15,200	123.833	02/07/1991	22/12/1992	Knut. Boyelaster I k/s (Noruega)
286-II	Ellen Knutsen	Químico	134,86	23,00	11,80	9,000	17.071	27/07/1990	29/01/1992	Knut. Kjemikalie tank (Noruega)
287-I	Synnove Knutsen	Químico	134,86	23,00	11,80	9,000	17.071	01/03/1991	08/07/1992	Knut. Kjemikalie tank (Noruega)
288-II	Tordis Knutsen	Petrolero	251,50	42,50	21,00	15,200	123.848	14/04/1992	28/05/1993	Knut. Boyelaster II k/s (Noruega)
289-II	Vigdís Knutsen	Petrolero	251,50	42,50	21,00	15,200	123.423	05/04/1992	03/11/1993	Knut. Boyelaster III k/s (Noruega)
290-II	Elisabeth Knutsen	Shuttle	256,50	42,50	22,00	15,650	124.758	07/10/1996	24/09/1997	Knut. Boyelaster IV k/s (Noruega)

Astillero Sestao DATOS DE BUQUES CONSTRUIDOS

Nº-G	Nombre	Tipo	Dimensiones				P.M. (t.m.)	Eremérides		Armador
			Lpp	B	D	T		Quilla	Entrega	
291-I	Nuevo León	Portacontenedores	191,00	32,20	19,40	12,500	36.887	10/12/1992	10/03/1993	Transp. Marítima Mexicana
292-II	Sonora	Portacontenedores	191,00	32,20	19,40	12,500	36.850	31/05/1993	14/06/1994	Transp. Marítima Mexicana
293-I	Yucatán	Portacontenedores	191,00	32,20	19,40	12,500	37.011	06/09/1993	16/08/1994	Transp. Marítima Mexicana
294-I	México	Portacontenedores	191,00	32,20	19,40	12,500	36.999	17/01/1994	14/11/1994	Transp. Marítima Mexicana
299-I	Sirius I	Prod. químicos	173,00	32,20	17,80	12,250	46.341	03/02/1995	19/01/1996	Emerald Star Ship
301-II	Libertad	Prod. químicos	173,00	32,20	17,80	12,250	45.632	03/04/1995	14/03/1996	Liberty Marine Corp.
302-I	Susana Duijm	Prod. químicos	173,00	32,20	17,80	12,600	47.144	01/09/1995	28/06/1996	P.D.V. Marina
303-II	Maritza Sayalero	Prod. químicos	173,00	32,20	17,80	12,600	47.144	13/11/1995	01/10/1996	P.D.V. Marina
304-II	Barbara Palacios	Prod. químicos	173,00	32,20	17,80	12,600	47.144	25/04/1996	05/02/1997	P.D.V. Marina
305-I	Pilin León	Prod. químicos	173,00	32,20	17,80	12,600	47.144	19/07/1996	29/04/1997	P.D.V. Marina
306-I	Aberdeen	Shuttle	210,00	36,80	21,00	15,500	87.055	09/02/1996	18/12/1996	Getty Maritime
308-I	Navion Britannia	Shuttle	256,50	42,50	22,00	15,650	124.821	17/02/1997	23/04/1998	Navion Maritime
309-I	Stolt Sea	Prod. químicos	154,10	23,72	13,35	10,100	22.198	01/10/1997	30/04/1999	Stolt Asturias
311-I	Stolt Sun	Prod. químicos	154,10	23,72	13,35	10,100	22.210	04/06/1998	14/03/2000	Stolt Asturias
314-II	Navion Scandia	Shuttle	256,50	42,50	22,00	15,650	126.749	10/07/1997	11/12/1998	Navion Maritime

Astillero Sestao DATOS DE BUQUES CONSTRUIDOS

Nº-G	Nombre	Tipo	Dimensiones				P.M. (t.m.)	Efemérides		Armador
			Lpp	B	D	T		Quilla	Entrega	
315-	Navion Oceania	Shuttle	256,50	42,50	22,00	15,650	126.760	04/05/1998	17/06/1999	Navion Maritime
317-II	Jorunn Knutsen	Shuttle	256,50	42,50	22,00	15,650	122.996	09/11/1998	28/04/2000	Knutsen Boyelaster VI k/s
318-I	Hanne Knutsen	Shuttle	256,50	42,50	22,00	15,650	123.581	09/03/1999	12/09/2000	Knutsen- Noruega
319-I	Iñigo Tapias	L.N.G.	271,00	42,50	25,40	11,400	68.443	30/03/2001	01/08/2003	Naviera F. Tapias III S.A.
320-II	Kaishuu	Dredger	140,00	27,80	15,50	11,110	26.704	01/02/2001	25/03/2002	Toa(Lux) S.A.
321-I	Bilbao Knutsen	L.N.G.	271,00	42,50	25,40	11,400	68.443	18/02/2002	28/01/2004	Naviera DAFNE, AIE
322-II	J. Sebastián de Elcano	Dredger	140,00	27,80	15,50	11,110	26.704	07/09/2001	10/10/2003	European dredging company

ANEXO 2

Países en los que hay astilleros que utilizan FORAN

Alemania	India
Argentina	Indonesia
Austria	Irán
Bélgica	Italia
Brasil	Japón
Bulgaria	Lituania
Canadá	Malasia
Chile	Noruega
China	Polonia
Corea del Sur	Reino Unido
Croacia	Rumania
España	Rusia
Estados Unidos	Singapur
Finlandia	Ucrania
Francia	