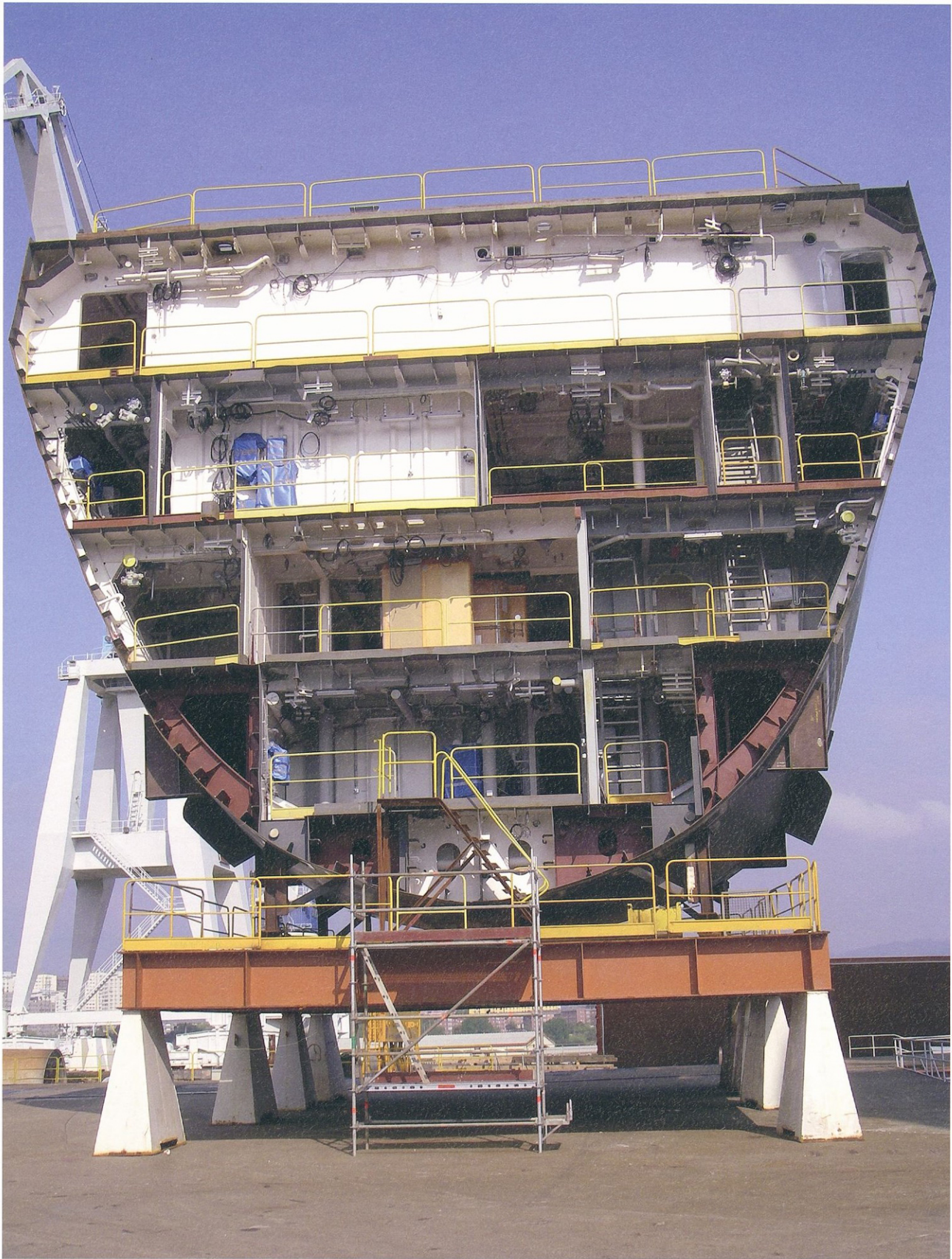




Metal construction in shipyards

Juan Rey Rey es ingeniero de caminos y director y fundador de Mecanismo.
Juan Rey Rey is civil engineer and founder and head of Mecanismo.

Navantia, la empresa española líder del sector de la construcción naval militar, nos abrió las puertas de sus astilleros en Ferrol, donde conocimos el proceso de fabricación y montaje de un buque de guerra y sus similitudes con el desarrollo de un proyecto arquitectónico.

Existen una serie de analogías evidentes entre la construcción naval y la construcción de estructuras metálicas de edificación. Así, el proyecto para la fabricación de un gran barco -por ejemplo un buque de guerra- se estructura en una serie de fases: Proyecto Conceptual/Proyecto de Contrato/Proyecto Funcional y Proyecto de Construcción, que se asemejan bastante al Anteproyecto/Proyecto Básico/Proyecto de Ejecución/Planos de taller, usuales en el mundo de la edificación.

El programa de necesidades es el punto de partida tanto para el proyecto de un nuevo buque de guerra como para la concepción de un nuevo edificio. Si en el segundo caso las necesidades de un cliente determinado, el entorno, la normativa urbanística, etc. conforman las bases sobre las que cimentar el proceso creativo, en el caso de la construcción naval militar aspectos como la velocidad de crucero de diseño, necesidades armamentísticas, distribución de usos, comunicaciones verticales, etc. son los aspectos clave que condicionan la configuración del nuevo barco.

Tal y como sucede en el diseño de la estructura metálica de un edificio, la estrategia contraincendios es un tema fundamental en el diseño de un barco, estableciéndose una sectorización así como una serie de sistemas contraincendios fundamentalmente por rociado, niebla o espuma, y usando el agua del mar en muchos casos como materia prima para alimentar dichos sistemas.

No obstante, existen también diferencias importantes que hacen que exista un número muy reducido de ejemplos de las segundas construidas en astilleros.

La fabricación de un barco de dimensiones importantes como un buque de guerra se concibe siempre como un proceso de prefabricación integral de grandes partes del conjunto que posteriormente se ensamblan entre sí, algo que raras veces ocurre durante la construcción de un edificio. Se generan por tanto una serie de productos intermedios, denominados bloques, que se fabrican en los talleres metálicos dentro de las instalaciones del astillero o astilleros en cuestión.

El proceso constructivo de un buque de guerra se puede por tanto dividir en tres grandes fases: Bloques / Grada / A flote. La primera engloba la construcción en taller de cada uno de los bloques en los que previamente, en la fase de proyecto, se había discretizado el barco. Una vez se van teniendo varios bloques finalizados, éstos se van transportando por medio de Mafis (carritos con capacidad de hasta 250 ton) y ensamblando entre sí en la grada formando zonas. La grada es un gran sistema de cimbras que apean temporalmente el barco en tierra firme hasta que no está rematado y por tanto no tiene capacidad de flotación. Una vez que esto ocurre se produce la fase de botadura en la que el barco se desplaza unos metros de los muelles del astillero hasta el

Navantia, la empresa española líder del sector de la construcción naval militar, nos abrió las puertas de sus astilleros en Ferrol, donde conocimos el proceso de fabricación y montaje de un buque de guerra y sus similitudes con el desarrollo de un proyecto arquitectónico.

Navantia, the leading Spanish company in naval construction, opened their Ferrol shipyard doors for us, where we learnt about the manufacture and assembly processes of a warship and the similarities of these processes with the development of an architectural project.

There is a series of evident analogies between naval construction and the construction of metal structures in building. Thus, the project for the construction of a great ship – a warship, for instance – is structured in a series of phases: conceptual project; contract project; functional and construction projects, that are quite similar to a preliminary plan; basic design; working project; and workshop plans, common in the building world.

The needs program is the starting point of the project for a new ship as well as for the conception of a new building. If in the second case, the client's needs, the surroundings, the building regulations, etc make up the basis on which the creative process will be established, in the case of navy construction, aspects such as design cruising speed, arms needs, distribution of uses, vertical communications, etc are the key aspects that condition the configuration of the new vessel.

In the same way as with the design of metal structures for buildings, the fire-prevention strategy is a vital issue in the design of a ship, establishing fire sectors as well as a series of fire-extinguishing systems, these being mainly sprinklers, mist or foam, and using sea water in many cases to feed these systems.

Nevertheless, there are also important differences that mean that a very small number of examples of the second kind are built in shipyards.

The manufacturing of a ship of size like a warship is always conceived as a process of comprehensive prefabrication of great parts of the whole which will later be assembled together, something that rarely occurs during the construction of a building. Therefore, a number of middle products, called blocks, are generated. These are manufactured in the metal workshops within the shipyard facilities.

Hence, the construction process of a warship can be divided into three big phases: blocks, stages, float. The first one includes the construction in the workshops of each of the blocks into which, previously, during the project phase, the ship was divided. Once various blocks are finished, they are transported by Mafis (trolleys that bear up to 250 tonnes) and assembled together on the stages, forming areas. The stages is a great formwork system which temporarily props up the ship on land until it is finished and is able to float. Once this happens, the launching phase takes place, in which the boat is moved a few metres away from the shipyard

Distintas fases del montaje sobre la playa tras la prefabricación.
Different phases of the assembly on the beach after the prefabrication.



mar, inundando la grada. Una vez el barco está flotando se montan los sistemas principales de combate y se ejecutan toda una serie de revisiones y pruebas.

Por tanto, la construcción de un buque de guerra es un claro ejemplo de sistema de prefabricación en el que el objeto final, dividido en la fase de proyecto en una serie de bloques, se va construyendo de forma gradual según un esquema secuencial previamente establecido. Cada bloque es un producto acabado en sí mismo, integrando desde el taller, además de la estructura, todas las instalaciones (fontanería, calefacción, telecomunicaciones, etc.), acabados, así como los sistemas contraincendios y armamentísticos, en el caso de un buque de guerra. Por tanto, en la grada únicamente se van uniendo, mediante soldadura, las piezas (bloques) totalmente finalizados a modo de mecano para ir conformando el producto final.

Cabe destacar la importancia de un enfoque basado en la planificación detallada del proceso constructivo desde las primeras fases de proyecto, orientado a la optimización de los recursos y por tanto a la reducción de plazos y costes. Así, en estas primeras fases se desarrolla uno de los puntos más importantes en la concepción de un barco de estas características: la división del mismo en bloques, que condicionará en gran medida el desarrollo de la construcción del mismo. Este sistema permite, además, que los distintos bloques se puedan fabricar simultáneamente en distintos astilleros, reduciendo de este modo el plazo total de construcción.

Los cálculos estructurales se desarrollan en base a modelos de cálculo de elementos finitos. Para la estructura del barco se suelen utilizar aceros clase A, Clase AH-36, y, en ocasiones, superiores (en lugar del habitual S-275JR en edificación), fundamentalmente chapas y, en menor medida, perfiles laminados que, además, son distintos de los empleados en edificación. Las chapas, incluso en la mayor parte de las zonas del casco, no exceden los 12 mm de espesor, valores claramente inferiores a los habituales en el mundo de la edificación, donde la construcción a base de chapas es mucho menos habitual y, de producirse, suele ser con chapas generalmente de mayor grosor. La práctica totalidad de las uniones entre elementos metálicos son soldadas. Cabe destacar que dado que la gran mayoría de las soldaduras se ejecutan durante la construcción de los bloques, éstas se realizan en taller en unas condiciones óptimas de trabajo y asistidas por una serie de maquinarias que propician el cumplimiento de unos estándares de calidad elevados, realizándose campañas de ensayos nocturnos mediante radiografías de las soldaduras a tope, aprovechando la ausencia de operarios en el taller.

docks in to the sea, flooding the stages. Once the vessel is floating, the main combat systems are mounted and a series of revisions and tests are carried out.

Therefore, the construction of a warship is a clear example of a prefabrication system in which the final product, divided up in to a series of blocks during the project phase, is gradually built following a previously established sequence. Each block is a finished product in itself, incorporating from the workshop, apart from the structure, all the fittings (plumbing, heating, telecommunications, etc), finishes, as well as all the fire-fighting and arms systems, in the case of a warship. Therefore, on the stages, only the totally finished pieces (blocks) are assembled together, by welding, as if they were mecano, to start shaping the final product.

The importance of an approach based on detailed planning of the construction process, from the first phases of the project, orientated to the optimization of resources and therefore to the reduction of costs and terms is worth highlighting. Thus, in these first phases one of the most important points in the conception of a ship of these characteristics is developed: the division in blocks, which will largely condition the development of the construction. This system also allows for the different blocks to be constructed at the same time in different shipyards, and so reduces the overall construction period.

The structural calculations are carried out based on finite elements calculus models. The whole structure of the ship is built out of A steel, AH-36, even higher (instead of the usual S-275JR used in building), mainly in the form of sheets and, to a lesser degree, steel beams that are also different from those used in building. The sheets, even in most parts of the hull, don't exceed an 12 mm thickness, values that are well below the usual building ones, where construction with metal sheets is unusual and, if it takes place, it is usually done with thicker sheets. Almost every joint between metal elements is welded. It is worth mentioning that given that the majority of the welds take place during the construction of the blocks, these are done in a workshop in optimum work conditions and assisted by machines that ensure that high quality standards are maintained, carrying out night test that include x-rays of the welded seams, making the most of the absence of workers in the workshop.

All the steel pieces that make up the ship are cut, pierced, bevelled, bent, etc automatically in the workshop, using CAD-CAM



Todas las piezas de acero que conforman el barco se cortan, punzonan, biselan, doblan, etc. de forma automática en taller, empleando sistemas CAD-CAM que hacen que directamente desde la oficina técnica se vuelquen los planos de despiece en CAD en las distintas máquinas que irán automáticamente configurando las piezas indicadas.

Un proyecto de construcción de un buque de guerra de tamaño medio puede tener aproximadamente 2.200 planos de estructuras y un total de más de 4.000 planos necesarios para definir la totalidad del conjunto.

Existen diferencias notables entre la construcción de un buque de guerra y un edificio, tal y como se ha expuesto. No obstante, las instalaciones, maquinaria empleada, tipos de soldadura, control de calidad, etc. son prácticamente idénticos a los de un taller de estructura metálica en el ámbito de la edificación. Por este motivo y fomentado también por la reconversión que ha sufrido el sector naval en los últimos años son varios los intentos que se han producido de emplear las magníficas instalaciones y el know-how de los astilleros para la fabricación y montaje de estructuras metálicas de edificación.

El NatWest Media Centre en Londres, de Future Systems Architects, fabricado en los astilleros de Falmouth, y el Pero's Bridge, una pasarela peatonal móvil en Bristol, son dos ejemplos de estructuras metálicas de edificación y de obra civil, respectivamente, fabricadas y montadas en astilleros en Inglaterra. En ambos casos, el hecho de existir geometrías con doble curvatura formadas por chapas de aluminio y acero propiciaban la idoneidad de su fabricación en astilleros.

De estas experiencias se han podido extraer algunas conclusiones en relación a la idoneidad o no de la fabricación y montaje de estructuras metálicas de edificación en astilleros: las instalaciones de los astilleros, por sus dimensiones, pueden ser muy adecuadas para la fabricación de estructuras metálicas de gran tamaño que luego pueden ser transportadas por mar (preferiblemente) o tierra hasta el punto de construcción. Además, la calidad de las soldaduras, por el hecho de ser realizadas en taller en condiciones óptimas y con personal (soldadores) con un alto grado de formación suele ser muy elevada. Por el contrario, pueden existir dificultades cuando se trabaja con perfiles laminados –muy poco habituales en el mundo de la construcción naval– en lugar de chapas, así como a la hora de manejar distintas normativas y, por tanto, diferentes exigencias de calidad, etc.; además de la evidente dificultad que surge al exportar el sistema de prefabricación por bloques a la construcción de un edificio.

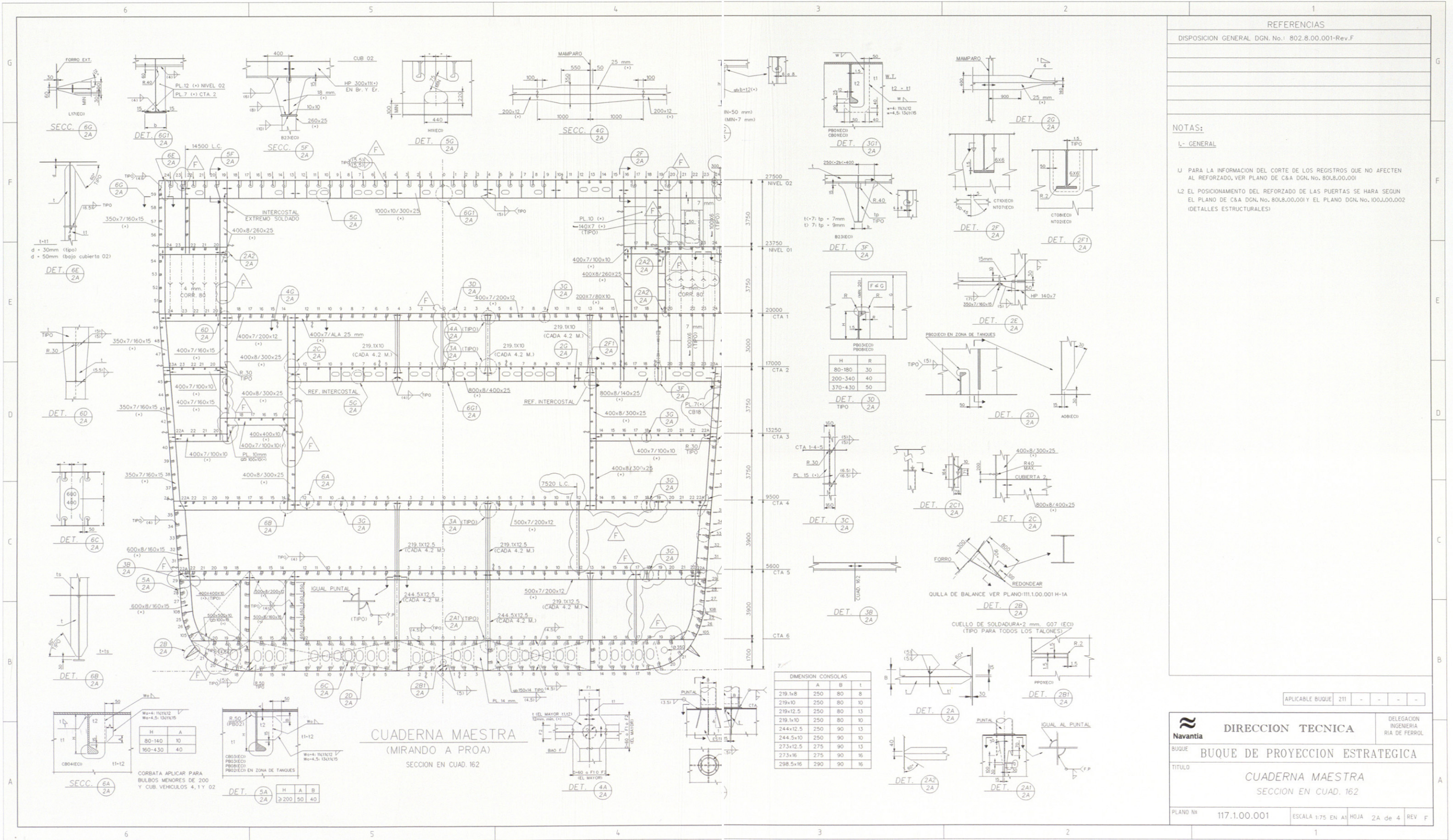
systems that make it possible for the different CAD break up plans to be dumped from the engineering office to the different machines that will then automatically start making the indicated pieces.

A medium size warship construction project can have about 2,200 structure plans and over 4,000 plans in total, necessary to define the entire set.

There are notable differences between the construction of a warship and a building, as we have just seen. Nevertheless, the fittings, the machinery used, the weld types, quality standards, etc are practically the same as those of a metal structure workshop in the building field. For this reason and encouraged too by the restructuring that the naval sector has suffered over the past years, there have been various attempts to use the magnificent facilities and know-how of the shipyards for the manufacturing and assembly of metal structures for building.

The NatWest Media Centre in London, by Future Systems Architects, manufactured by the shipyards in Falmouth, and Pero's Bridge, a mobile footbridge in Bristol, are two examples of metal structures for building and civil engineering, respectively manufactured and assembled in English shipyards. In both cases, the fact of there being double curvature geometry formed by aluminium and steel sheets favoured the suitability of their fabrication in shipyards.

From these experiences, some conclusions have been reached about the suitability or not of the manufacture and assembly of metal structures for building in shipyards: the facilities of the shipyards, thanks to their size, can be very adequate for the manufacturing of big size metal structures that can later be transported by sea (preferably) or over land to the building site. Also, the quality of the welding, because it is done in a workshop in optimum conditions and by highly qualified personnel (welders), is usually very high. On the other hand, difficulties can arise when working with laminated steel beams –very rare in the field of naval construction– instead of metal sheets for example, handling different regulations and, consequently, different quality standards, etc; besides the obvious difficulty that arises when exporting the block prefabrication system to the construction of a building.



REFERENCIAS

DISPOSICION GENERAL DGN. No.: 802.8.00.001-Rev.F

NOTAS:

L- GENERAL

1.1 PARA LA INFORMACION DEL CORTE DE LOS REGISTROS QUE NO AFECTEN AL REFORZADO, VER PLANO DE C&A DGN. No. 801.8.00.001

1.2 EL POSICIONAMIENTO DEL REFORZADO DE LAS PUERTAS SE HARA SEGUN EL PLANO DE C&A DGN. No. 801.8.00.001 Y EL PLANO DGN. No. 100.1.00.002 (DETALLES ESTRUCTURALES)

APLICABLE BUQUE

211

-

-

-

-

Navantia

DIRECCION TECNICA

BUQUE

BUQUE DE PROYECCION ESTRATEGICA

TITULO

CUADERNA MAESTRA
SECCION EN CUAD. 162

DELEGACION
INGENIERIA
RIA DE FERROL

PLANO No

117.1.00.001

ESCALA 1:75 EN A1

HOJA

2A de 4

REV

F