



Construcción Naval: Estrategia, Planificación, Fabricación y Control



**Francisco Martínez de Castro
Año 2019**

1.ª edición: diciembre 2019



2019 Francisco Martínez de Castro

Esta obra está sujeta a la licencia Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Índice

	Página
Prólogo	5
Estrategia Constructiva	9
Planificación	35
Fabricación	77
Control	215

Prólogo

Prólogo

Empezaré comentando que me he decidido a hacer este documento con el ánimo de que pueda ser de utilidad a otros compañeros de profesión, y en especial a los que van a empezar en ella y les pueda servir para tener un barniz sobre algunos aspectos de la Construcción Naval, que a otros nos ha costado tantos años aprender y quizá este documento les pueda dar la ventaja de partir donde otros terminamos.

Este documento es la recopilación de los trabajos desarrollados entre los años 1986 y 2006, en lo referente a estas materias. Especialmente durante mis etapas como director de Producción del astillero de Sestao, subdirector del astillero de Sestao, director de Control de Operaciones del Grupo AESA, director del Proyecto de Cambio del Grupo AESA y presidente/director del astillero de Juliana Constructora Gijonesa.

Mi etapa profesional inicial empezó en enero de 1973 en la factoría de Olaveaga de AESA (astillero Euskalduna en Bilbao) y duró 12 años en los que trabajé como responsable de distintas áreas de Producción e Ingeniería, terminando como jefe de Producción. El astillero estaba especializado en construir buques cargueros de tamaño medio en grandes series, aunque terminamos construyendo un LPG para Butano S.A.

Esta etapa inicial fue mi bautizo en la Construcción Naval y los técnicos del astillero formábamos un equipo conjuntado trabajando todos en la misma dirección, cosa que recordamos la mayoría con gran añoranza, y que nos permitió aprender, no solo técnicamente, sino las ventajas de formar un equipo conjuntado para abordar el reto de diseñar y construir buques.

Pero fue en mi etapa en Sestao en la que empecé a desarrollar los trabajos que aparecen en este escrito. El impulso inicial vino de la mano de un acuerdo de colaboración con los astilleros japoneses de Ishikawajima-Harima Heavy Industries (IHI), por medio de la consultora japonesa Maritech Engineering Japan (MEJ), dirigida por Mr. Kurose, antiguo directivo de IHI y hombre de gran experiencia, claridad de ideas excepcional y una capacidad de síntesis admirable, al que recuerdo con admiración y como el mejor profesor que he tenido a lo largo de mi vida profesional.

Me he permitido, por lo tanto, usar parte de la documentación de MEJ en este análisis, por su indudable interés.

Con posterioridad a mi etapa de Sestao, estuve en Madrid colaborando en la difusión de la experiencia adquirida en Sestao gracias al acuerdo de colaboración con MEJ. Fuimos un equipo pequeño de trabajo, pero todos con un gran entusiasmo.

En mi etapa trabajando como director del astillero de Juliana, tuve la ayuda de todo el astillero para poner en marcha muchos de los cambios que teníamos pendientes de implantar.

Posteriormente tuve la oportunidad de trabajar con otros astilleros, donde tuve la oportunidad de comprobar que en todos los sitios hay siempre una oportunidad de aprender algo nuevo.

En todo caso mi agradecimiento a todos los profesionales con los que he trabajado a lo largo de mi vida profesional y de los que he podido aprender algo de este complejo negocio que es el Sector Naval.

Finalmente, mencionar los astilleros que a lo largo de mi vida profesional he podido visitar, y que me han permitido tener una visión global de la evolución del Sector Naval. Estos astilleros son los siguientes:

- ✓ **España**
Todos los astilleros grandes y medianos, excepto Astican.
- ✓ **Francia**
Chantiers de l'Atlantique en Saint Nazaire.
- ✓ **Italia**
Astilleros de Monfalcone y Marghera de Fincantieri.
- ✓ **Finlandia**
Astilleros de Helsinki y Turku de Aker Finnyard.
- ✓ **Dinamarca**
Astillero de Odense.
- ✓ **Japón**
Astilleros de Tokio, Kure, Aloi y Shimonoseki de IHI (Ishikawajima-Harima Heavy Industries).
- ✓ **Estados Unidos**
Astilleros de Nasco de General Dynamics, en San Diego.
- ✓ **Canadá**
Astillero de Saint John.

Estrategia Constructiva

Estrategia Constructiva

Mejorar la organización del proceso constructivo es, sin duda, la mejor arma para **conseguir reducir los costes de fabricación**, y, de esta forma, poder aumentar nuestra competitividad hasta el nivel demandado hoy en día.

Pensamos que la medida más adecuada para dar una respuesta a esta necesidad de mejora es la definición de una **Estrategia Constructiva** desde las fases iniciales del proyecto.

El objeto de este Informe es "definir" la **Documentación Básica** que debe ser contemplada en dicha Estrategia, haciendo mención a la necesidad de que sea estudiada y generada en el momento adecuado.

Con el objeto de aumentar la competitividad de nuestros Astilleros, se hace necesario reducir los costes de fabricación, actuando, por un lado, con el adecuado dimensionamiento de las plantillas con el fin de reducir los costes fijos y tomando las medidas necesarias para reducir los costes variables, especialmente mediante una mejor gestión de compras y tomando las medidas que incidan de una forma directa sobre el aumento de la productividad.

Aparte de los recursos humanos, instalaciones, maquinaria y herramental adecuado, así como su mantenimiento, el factor decisivo para el aumento de la productividad es la definición temprana de la adecuada "**Estrategia Constructiva**".

Esta Estrategia Constructiva debe dar respuesta a **qué** es lo que hay que hacer, **con qué** hay que hacerlo, **cuándo** hay que hacer, **cómo** hay que hacerlo, **dónde** hay que hacerlo y **qué recursos** deben ser aplicados. Incluyendo, por lo tanto, aspectos del diseño, materiales, planificación, ingeniería de producción y calidad.

El aumento de la productividad requiere, por lo tanto, un estudio con un nuevo replanteamiento de nuestras formas de construir, cambiando los antiguos sistemas y aplicando, en mayor medida la Tecnología de Grupos, orientando el diseño hacia esa forma de construir, planificando y adecuando los materiales a esos requerimientos.

Una vez hecho el diseño funcional, se trata de dividir el buque por zonas y en etapas constructivas, fabricando, en cada una de ellas, productos intermedios de la forma más repetitiva posible, e integrando los trabajos de acero, armamento y pintura.

Aunque la **Estrategia Constructiva** tiene aspectos de general aplicación en una Factoría, ésta se debe establecer, en forma particular, para cada uno de los buques a construir y **debe quedar definida ya desde su etapa inicial** pues, en dicha estrategia se establece la política de construcción y es, por lo tanto, la **base fundamental para poder planificar y dirigir organizadamente todas las actividades que afectan a la Producción.**

La Estrategia puede abarcar desde los aspectos más generales hasta los más pequeños detalles, pero con el fin de delimitar los aspectos fundamentales en este estudio, pretendemos definir cuál debería ser la "**Documentación Básica**" que debe ser contemplada en la misma, así como planificarla con el fin de que sea estudiada y generada en el momento adecuado, pues la misma documentación realizada en un tiempo inadecuado deja de ser un instrumento eficaz.

Nota: Este documento sobre Estrategia Constructiva lo presenté en las Sesiones Técnicas de Ingeniería Naval del año 1991 (obteniendo el primer premio), y se publicó en la revista de Ingeniería Naval en su número 681 de marzo de 1992.

Documentación Básica de la Estrategia Constructiva:

1.- DOCUMENTACION CONTRACTUAL

El Contrato, la Especificación, la Disposición General, etc., contienen la primera información referente a la Estrategia Constructiva del Astillero; ya que la misma **refleja determinados estándares de construcción**, a la vez que, en algunos puntos, delimita o detalla la forma de construcción.

SHIPBUILDING CONTRACT

This Contract, made and entered into this 3rd day of June 2001 at Gijón.

BY AND BETWEEN

IZAR CONSTRUCCIONES NAVALES, S.A. a corporation organized and existing under the laws of Spain, hereinafter called the Builder, having its registered office at Paseo de la Castellana, 55, 28046-Madrid, Spain, represented by Mr. Francisco Martínez de Castro, the party of the first part,

AND

ULTRAGAS INTERNATIONAL S.A. or nominee, a corporation organized and existing under the laws of Panama hereinafter called the Buyer, having its principal office at Elvira Mendez No. 10, Apartado 5246, Panama, represented by its duly authorized Mr. Michael Schroder, the party of the second part.

WITNESSETH

In consideration of the mutual covenants herein contained, the Builder agrees to design, build, launch, equip and complete a Vessel, as described in Article I hereof, (hereinafter called the "Vessel") at its shipyard located at Gijón, ("Shipyard"), and to sell and deliver the same to the Buyer, and the Buyer agrees to purchase and accept delivery of the Vessel from the Builder according to the terms and conditions hereinafter set forth.

ARTICLE I- DESCRIPTION AND CLASS

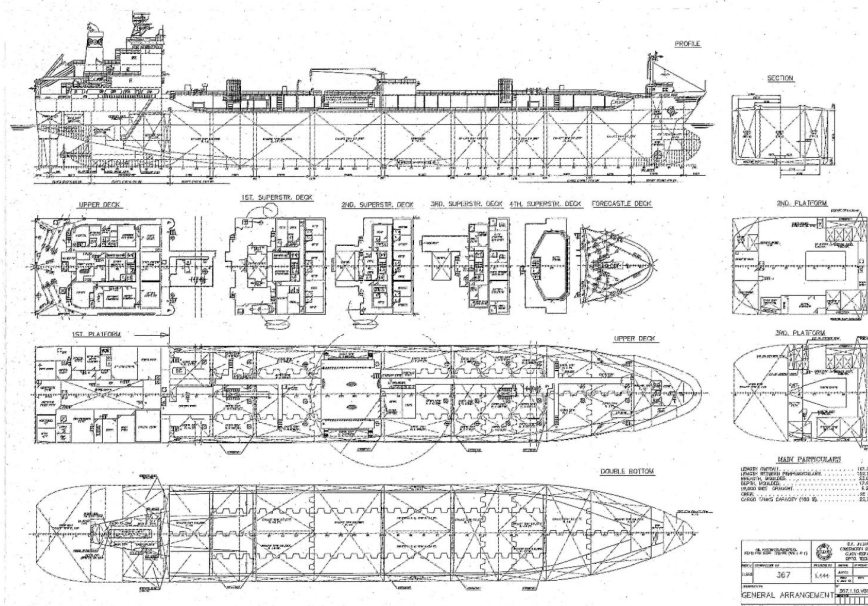
1- VESSEL'S DESCRIPTION

The Vessel, which shall have, for the purpose of identification only, the Shipyard's Hull Number 367, shall be designed, constructed, equipped, completed and delivered in compliance with and subject to this Contract and relevant Specification(s) no (s) 1444 dated June 2001 and Plans already signed by both Parties for identification (which Specifications and Plans are hereinafter together called the "Specifications" unless the context otherwise requires). The Specifications, attached hereto as Annex 1, shall be deemed incorporated into this Contract.

2- CLASS AND RULES

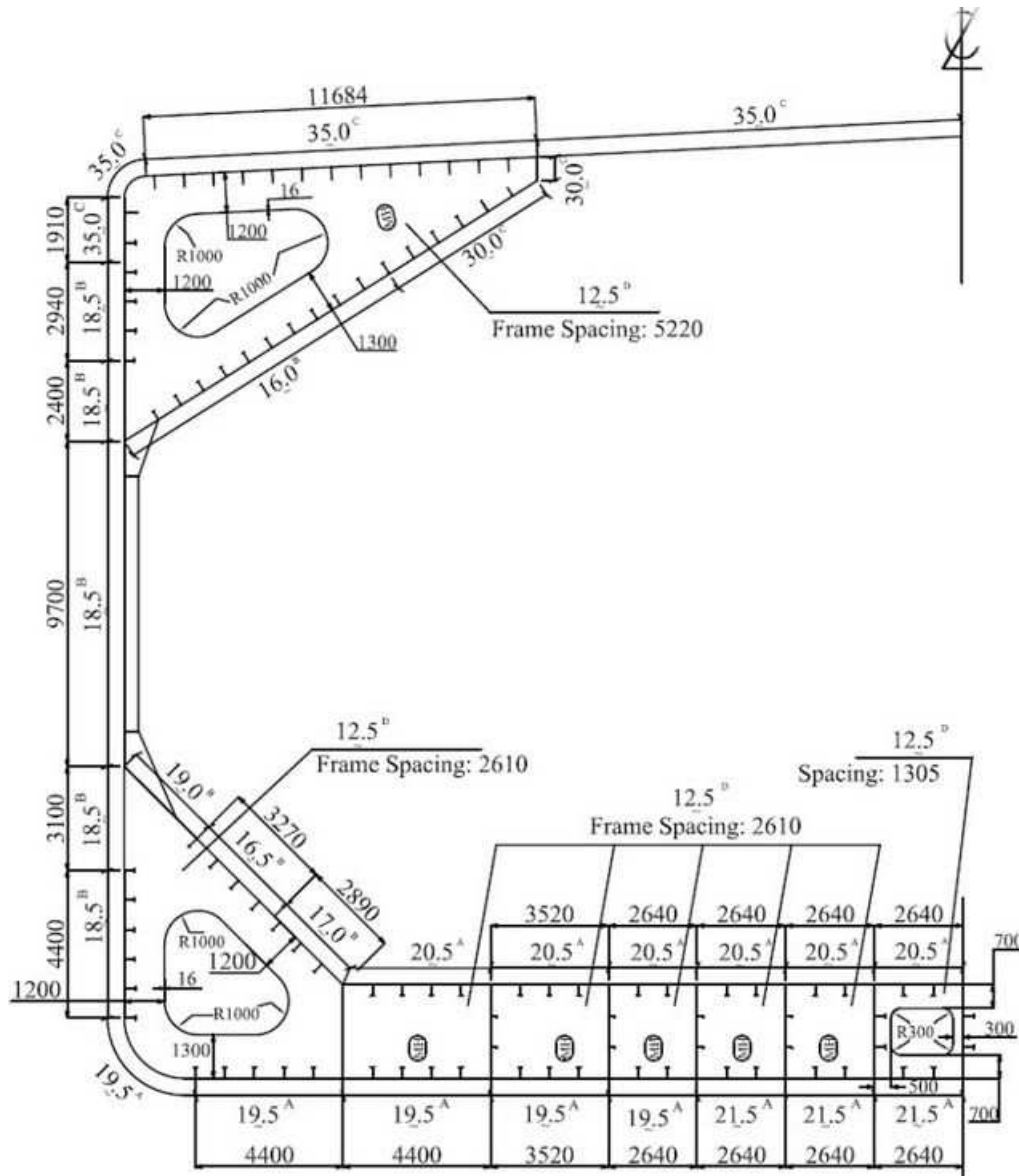
The Vessel including her machinery, equipment and outfit shall be built in accordance with the rules and under the survey of Det Norske Veritas (hereinafter called the "Classification Society"), to +1A1 Oil and Chemical Tanker ESP BIS, LCS, MV, EO, NAUT-C, NAUTICUS NEWBUILDING Class.

All other rules and regulations of other regulatory bodies and authorities (hereinafter called "Other Regulatory Bodies") with which the Vessel is to comply are specified in the Specifications.



2.- CUADERNA MAESTRA

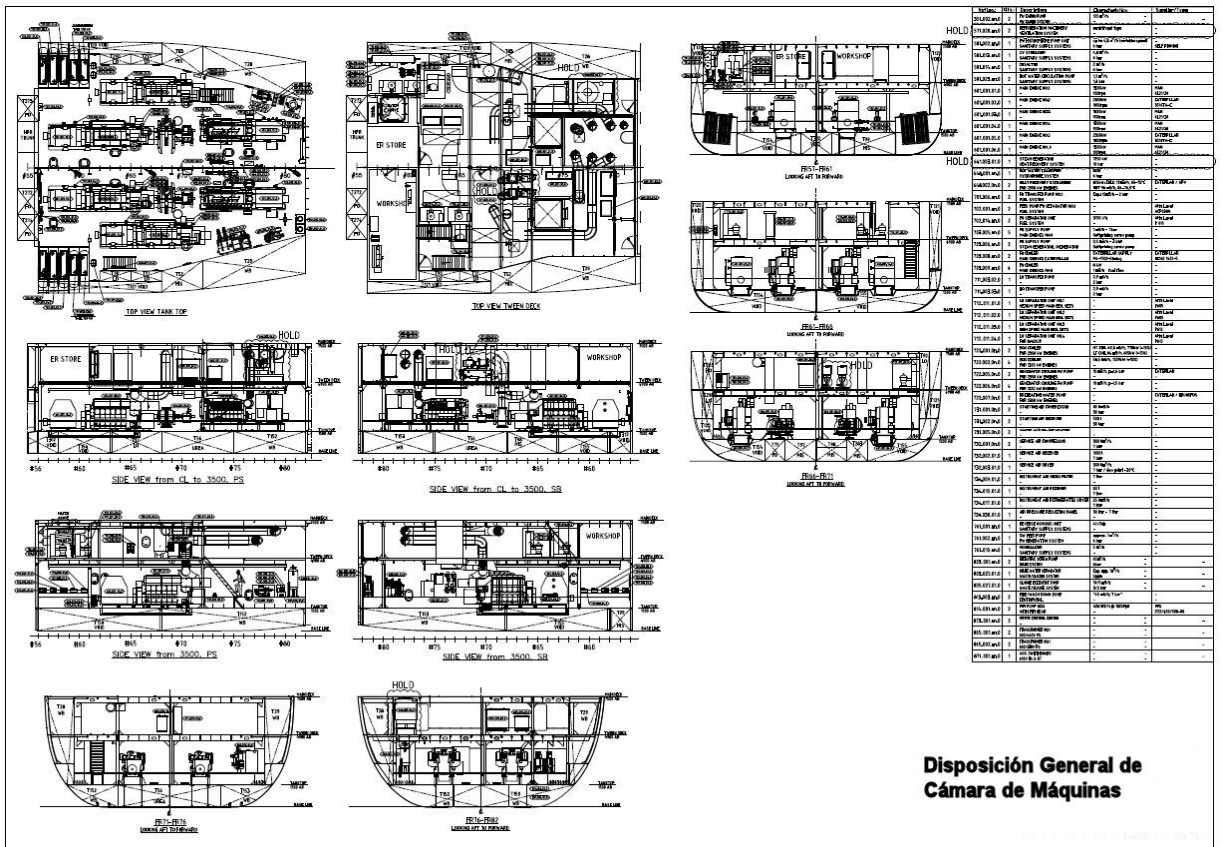
Es un **documento claramente estratégico** ya que **contiene gran cantidad de información constructiva**, tal como espesores, dimensiones y longitud de chapas, tipo de refuerzos a utilizar, calidad del material y todos aquellos detalles constructivos que afectan a una parte importante de la obra.



3.- DISPOSICION GENERAL DE CAMARA DE MAQUINAS:

Es una parte **fundamental** de la estrategia de esta zona del Buque por las siguientes razones:

- Reducción de espacios
- Disposición de equipos, reduciendo los metros de tubería, cables, etc.
- Disposiciones standard que faciliten la construcción.
- Disposiciones que faciliten al máximo la modulación, especialmente de aquellas que puedan tener mayor contenido de trabajo.
- Disposiciones que reduzcan el tiempo de montaje.



Disposición General de Cámara de Máquinas

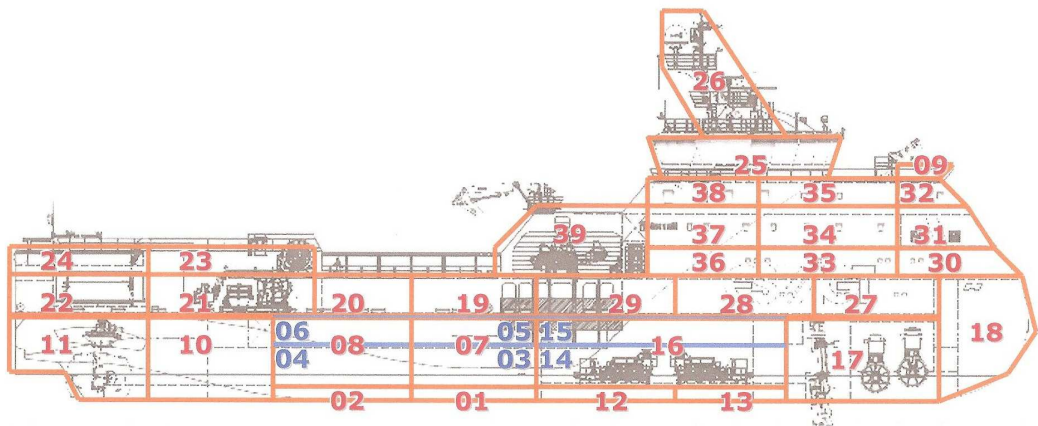
4.- DISPOSICION Y PRUEBA DE TANQUES:

No necesita mayores comentarios, pero está claro que es un documento básico de trabajo que no podía dejar de ser mencionado, y donde no solamente deben quedar especificadas las **condiciones de prueba** hidráulica o neumática, sino que hay que definir también el **procedimiento para la realización** de dichas pruebas.

5.- PLAN DE DESPIECE EN BLOQUES:

Este Plan debe ser realizado de acuerdo con la política general de construcción y cumplir, entre otros, con los siguientes objetivos:

- **Simplificar los procesos de montaje**
- **Minimizar los tiempos** de fabricación y montaje con el mayor tamaño de bloque, de acuerdo con los medios del Astillero y el contenido de trabajo incorporado.
- Los bloques deben ser diseñados para **realizar la mayor cantidad de trabajo en las etapas iniciales** y, por tanto, incorporados al máximo posible el **armamento adelantado**.
- Hay que **evitar al máximo la necesidad de andamiar**.
- Tratar de realizar, dentro de lo posible, **bloques repetitivos**, especialmente en buques de amplia zona maestra y con espacios de carga repetitivos.



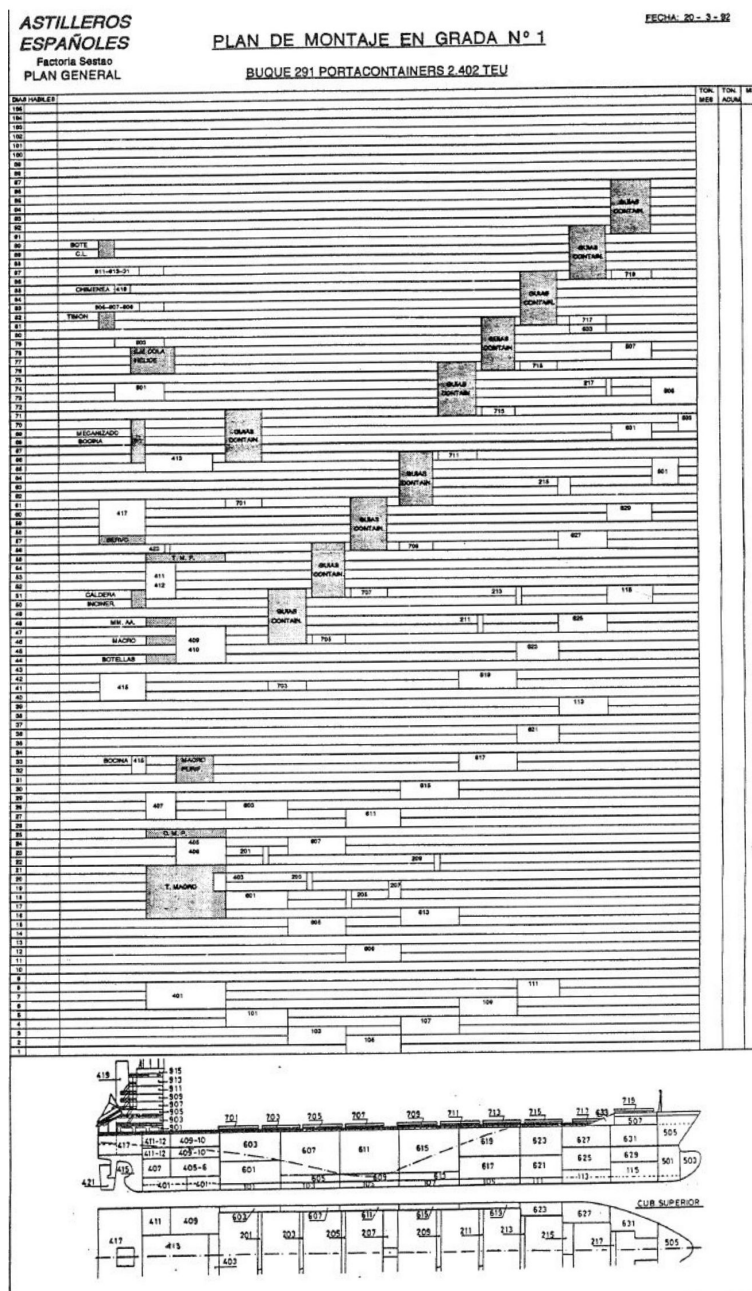
6.- PESO Y DIMENSIONES DE BLOQUES, UNIDADES Y EQUIPOS:

Los datos correspondientes al peso y dimensiones de bloques, unidades y equipos son completamente necesarios para el estudio de maniobras de traslado, volteo y/o montaje.

7.- PLAN DE MONTAJE:

Es el documento clave para desarrollar los planes de Ingeniería, Aprovisionamientos y Producción, debiendo referirse no solamente al montaje de los bloques de Acero, sino también a los Módulos de Armamento y Equipos más importantes.

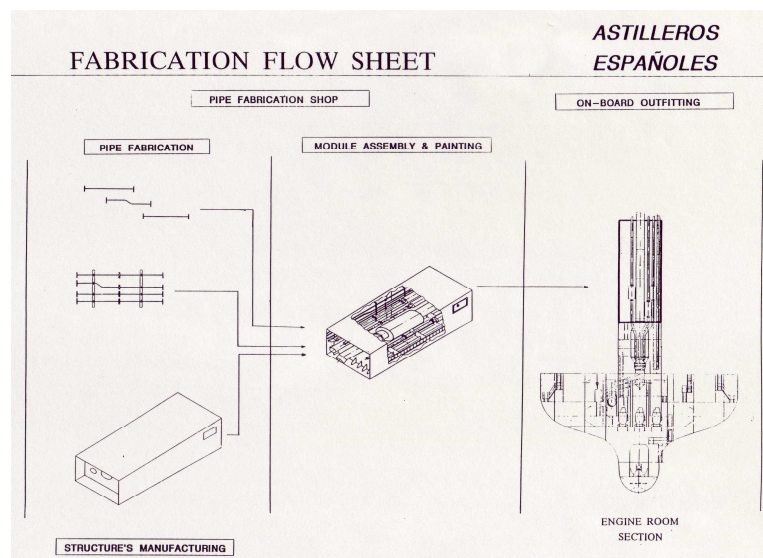
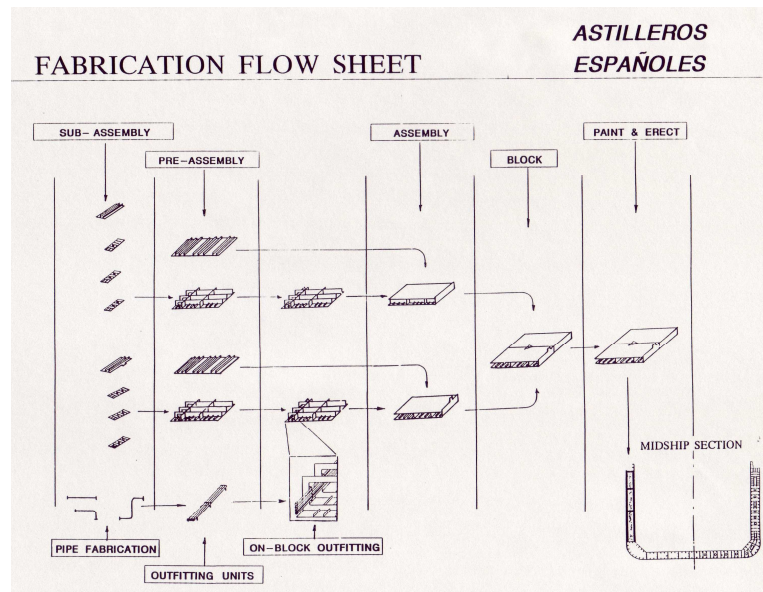
Nos referimos al Plan de Montaje de forma independiente al resto de la Planificación, por su importancia como documento llave para la construcción.



8.- PROCESOS DE FABRICACION:

De cada uno de los **Bloques** de la estructura se realizará un esquema de la secuencia de fabricación, indicando cada uno de los productos intermedios que correspondan a las distintas etapas de su construcción.

En el caso de las **Unidades de Armamento** deberá existir un proceso de fabricación y montaje de las mismas, indicando todas las operaciones necesarias desde la formación de dicha unidad hasta sus operaciones de traslado y montaje.



9.- PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA:

La pronta definición de los procedimientos a aplicar en cada zona a soldar de la estructura y de la tubería del buque es totalmente necesaria dado que afecta a las preparaciones de los bordes del material.

10.- DEMASÍAS EN ACERO:

Las demasías de los elementos que componen los bloques de la estructura deben quedar definidas antes del pedido de acero ya que, claramente afectan a las dimensiones del material en bruto.

Es evidente que el **objetivo es ir reduciendo paulatinamente la necesidad de dichas demasías**, pues representan un doble trabajo.

Para conseguir este objetivo es necesaria la implantación de un **control dimensional estadístico** que nos permita conocer la estabilidad y capacidad de nuestros procesos de fabricación, así como la probabilidad de estar dentro de las tolerancias necesarias en el proceso final de montaje.

Pero la desaparición de las demasías no es un proceso inmediato, por lo que cualquier avance en este sentido es siempre positivo, de tal forma que hay que **empezar por su eliminación en la zona maestra del buque** y, a su vez, tratando de **ir eliminándolas cada vez en una etapa más inicial** de la fabricación, hasta poder **llegar a su eliminación directa en Elaboración**, cortando las piezas a su medida final.

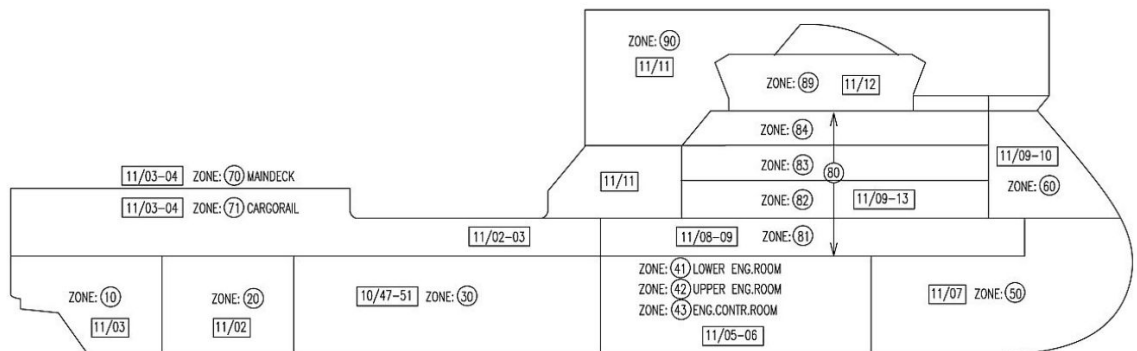
En cualquier caso, habrá, por lo tanto, que **definir la etapa del proceso en que esa demasía, si es que existe, debe ser cortada.**

11.- MANIOBRAS CON GRUAS DE GRADAS:

Deberán estudiarse las maniobras necesarias a realizar con estas grúas, indicando cuáles se deben utilizar y el tiempo de maniobra, para poder realizar una programación detallada de las mismas.

12.- DISPOSICION DE ZONAS, SUBZONAS Y AREAS:

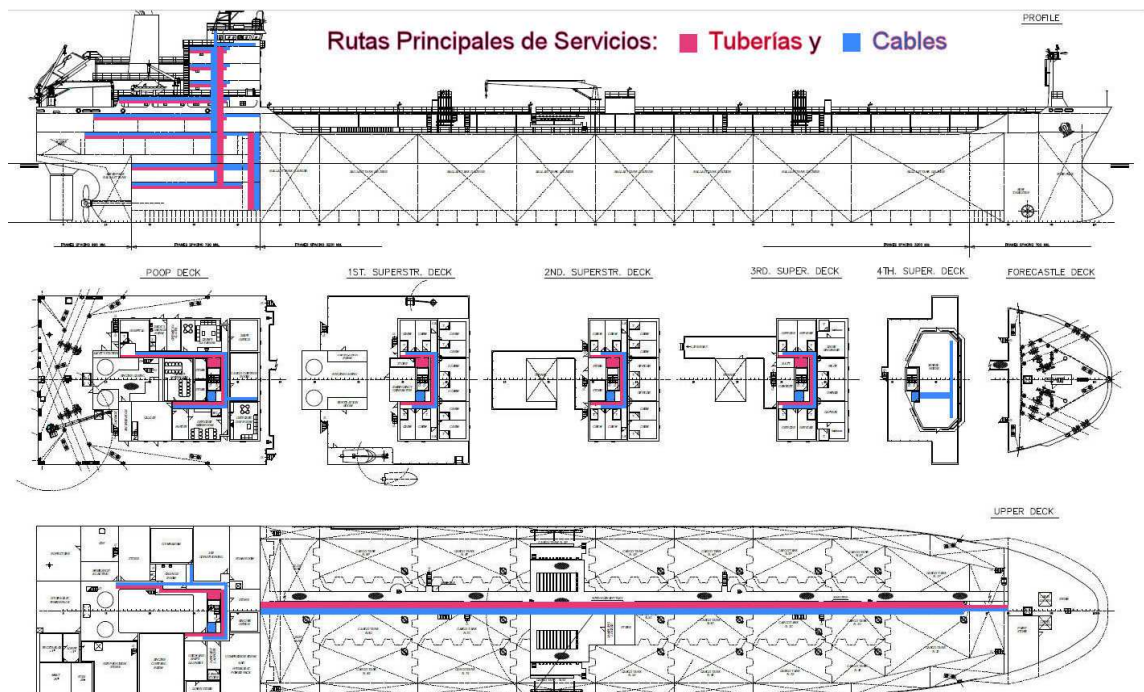
Son **espacios** de la construcción que pueden ser **fácilmente planificados y controlados**, además de proporcionar unas **señas de identidad para poder dirigir los materiales** de armamento y cuyo **contenido de trabajo asociado puede ser medido**.



13.- RUTAS PRINCIPALES DE SERVICIOS:

Con ellas se consiguen los siguientes **objetivos** desde el punto de vista de producción:

- **Aumentar** las oportunidades de realizar **módulos de armamento**.
- **Simplificar la tubería**.
- **Incrementar la normalización / estandarización**.
- **Reducir los costes de material**, especialmente reduciendo el número de soportes de tuberías, pues la agrupación en zonas favorece la utilización de soportes comunes.



14.- MATERIALES PARAMÉTRICOS POR TIPO Y ZONA:

Denominaremos como "**Materiales Paramétricos**" al conjunto de los **materiales del buque, a excepción del acero estructural, maquinaria y equipos.**

Estos materiales paramétricos son los que nos pueden dar una **relación más estable entre su peso y las horas de armamento** correspondientes para su instalación, ya que la relación entre las horas y el peso de maquinaria y equipos es totalmente variable y con muy pocas horas respecto al peso instalado.

Por lo tanto, **las horas de armamento pueden ser relacionadas con el peso de los materiales paramétricos** en función del tipo de buque y de su complejidad.

Debe hacerse, por lo tanto, una previsión inicial del peso de los materiales paramétricos, distribuido por zonas del buque, pues, además de ser necesario para la estimación de la distribución del "Peso en Rosca", nos sirve para la **estimación del presupuesto de horas de armamento.**

Estos materiales paramétricos los dividiremos en los siguientes grupos:

- Tuberías
- Accesorios de tuberías
- Válvulas
- Soportes de tubería
- Canaletas de cables
- Resto de Calderería
- Cables eléctricos
- Material de Acomodación
- Resto de materiales paramétricos

15.- DIVISION MODULAR:

El despiece en bloques de la estructura de un buque y, especialmente en la Cámara de Máquinas, debe realizarse, no de una forma independiente, sino conjuntamente con el estudio del armamento de dicha zona y, en concreto, a la vez, de realizar una División Modular de la misma.

Dicha División Modular debe realizarse tratando de dar soluciones que permitan **desplazar el máximo contenido de trabajo a las etapas iniciales** de la construcción, permitiendo desarrollar gran parte de los trabajos en talleres.

16.- MODULOS PRINCIPALES:

El desplazamiento de trabajos de armamento a las etapas iniciales se logra, por lo tanto, con el incremento del armamento adelantado y especialmente mediante el aumento del contenido de trabajo en módulos.

Estos módulos de armamento los hemos dividido en las siguientes familias:

1. **Haces de Tubería** (diam. ≤ 50 mm.)

Tubería fina en pequeños módulos de parrilla simple.



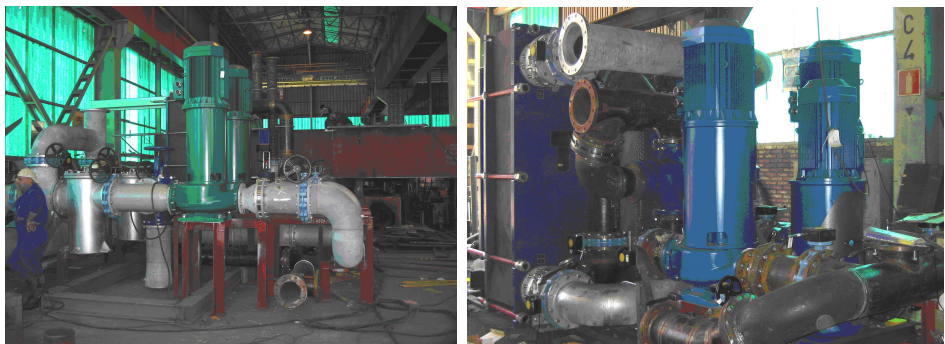
2. **Módulos de tubería.**

Unidades medianas y grandes en las que prevalece la tubería.



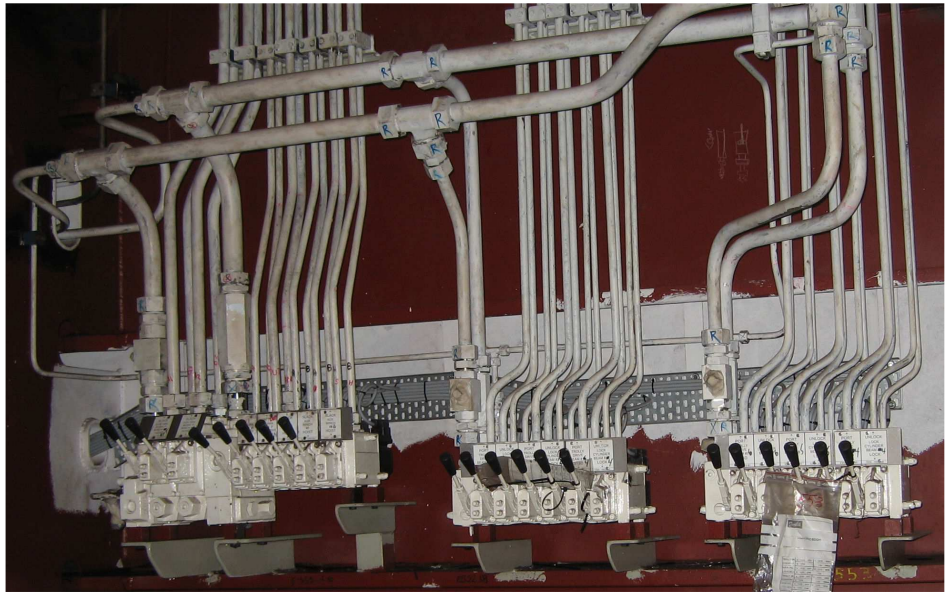
3. **Unidades Modulares.**

Unidades compactas incluyendo tubería, equipos y accesorios, tales como las unidades de preparación de combustible, la del separador de sentinas, el módulo de bombas o de enfriadores.



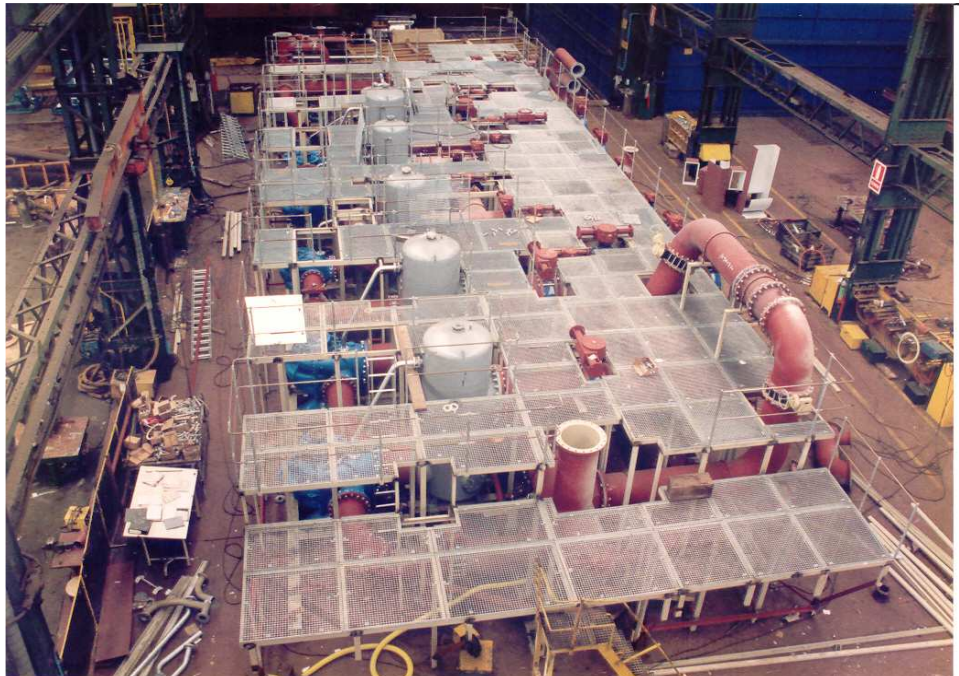
4. **Paneles.**

Módulos, planos y reducidos, compuestos por tuberías, válvulas, purgadores, manómetros, presostatos, etc.



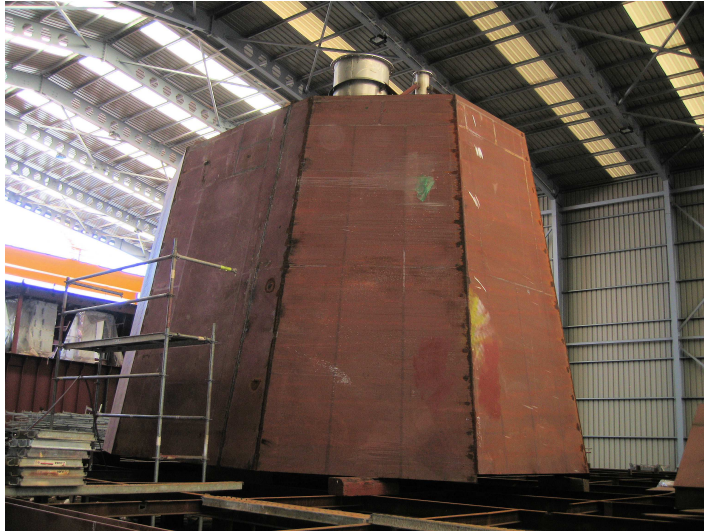
5. **Macrounidades.**

Grandes unidades modulares, tales como el doble fondo en Cámara de Máquinas o Cámara de Bombas.



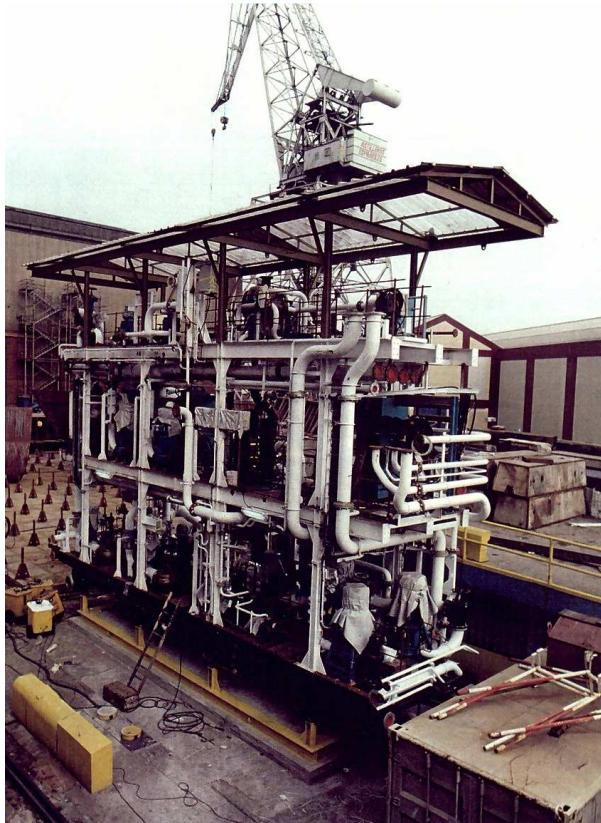
6. **Módulos Container.**

Unidades complejas que incluyan la parte correspondiente del acero estructural, como el módulo de chimenea.



7. **Módulos Funcionales**

Grandes unidades modulares con estructura autosoportante que incluyen tubería, equipos y accesorios correspondientes a uno o varios servicios o funciones.



17.- ESTRATEGIA DE ARMAMENTO:

Bajo este título, pretendemos definir, de una forma genérica, **dentro de cada zona, subzona y área del buque, los materiales y equipos que lo componen, y como se van a ir incorporando a lo largo de cada una de las etapas de construcción.**

Por lo tanto, cada tipo de elemento lo asociaremos a alguna de las siguientes etapas de incorporación:

- En Taller en la elaboración de tubería
- En Taller en la formación de módulos
- En Prefabricación de conjuntos
- En Prefabricación de subbloques, en posición de montaje o invertido
- En Prefabricación de bloque, en posición de montaje o invertido
- En Grada a cielo abierto
- En Grada a espacio cerrado
- A Flote
- En Dique
- Después de Pruebas

Estrategia de Armamento C.703	Equipo/Elemento de Armamento	En Módulo	En Bloque	En Grada				A Flote	
				A cielo abierto	CM abierta por proa	CM abierta por popa	Por Escotilla	Por Cesárea	Por Escotilla	Por Cesárea
Armarios Eléctricos									
Asesos modulares									
Barandillado									
Bombas de carga FW									
Bombas de carga y planta tratamiento lastre									
Bombas FI-FI									
Botellas de Aire									
Box-cooler									
Cables Eléctricos de Fuerza Generadores									
Caldera									
Canaleta Eléctrica Principal									
Canaleta Eléctrica Secundaria									
Carriles de medios de elevación									
Compresores de aire de arranque									
Conductos Principales de Ventilación en CM									
Conductos Secundarios de Ventilación en CM									
Consolas Cabina de Control									
Cuadro de Emergencia									
Cuadro Principal									
Cuadros de Control									
Depuradoras de Aceite									
Depuradoras de Combustible									
Equipo FIF1									
Escaleras en la zona									
Escaleras en tanques									
Escápes									
Filtros de Aceite y de Combustible									
Generador de emergencia									
Generador de Agua Dulce									
Grúas/polipastos									
Grupo Hidróforo									
Grupos Generadores Principales									
Incinerador									
Luminarias									
Molinete									
Motores electricos thrusters									
Oilrec winch									
Planta de Aguas Fecales									
Polines de Grupos Generadores Principales									
Máquina retracción									
Registros en tanques									
Resto de Bombas									
Resto de Cables Eléctricos									
Resto de polines de Equipos									
Helice retráctil									
Separador de Sentinas									
Purificadoras									
Sistema de Automatización									
Sistema Sondas de Tanques									
Tapones de fondo									
Teclados									
Transformadores									
Tubería en CM <3"									
Tubería en CM >=3"									
Tubería en Doble Fondo									
Tubería en Tanques									
Tuneles helices de proa									
Unidad hidráulica principal									
Válvulas									
Ventiladores de CM									

18.- ESTRATEGIA DE PINTURA:

Debe quedar definida, no solamente en lo referente a las características técnicas de la misma y su esquema de aplicación, sino también **prefijando la etapa del proceso constructivo en que debe ser aplicada cada una de las capas.**

19.- ESTRATEGIA DE ANDAMIADO:

Con ella definiremos los **tipos de acceso necesarios para cada trabajo**, tratando de **adelantar a otras etapas anteriores del proceso constructivo aquellos trabajos que nos permitan una mayor reducción de andamios.**

20.- ABERTURAS PROVISIONALES:

Una vez definida la estrategia de pintura deberá realizarse un estudio de las "**Aberturas Provisionales**" que hay que realizar durante la construcción del buque, tratando de **coordinar, a la vez, las necesidades de los procesos de pintura con las del resto de los procesos de fabricación, así como con los requerimientos de seguridad** para poder realizar los trabajos de una forma adecuada.

21.- PLANIFICACION:

La Planificación es una de las partes importantes de la Estrategia Constructiva, debiendo **abarcarse desde la planificación de efemérides y los planes maestros hasta la programación de detalle** de cada uno de los procesos de diseño, acopio y fabricación, quedando desarrollada en los siguientes documentos, los cuales ampliaremos en otro apartado posterior de Planificación:

- **Plan de Construcción del Astillero**
- **Plan de Hitos Estratégicos**
- **Carga de trabajo**
- **Plan Maestro del Buque**
- **Plan de Montaje**
- **Plan Maestro de fabricación y Armamento Adelantado**
- **Plan Maestro de Armamento a Bordo**
- **Plan Maestro de Ingeniería**
- **Plan de Acopios de Largo Plazo**
- **Plan de Acopios**
- **Programación de Talleres**
- **Planes de Pruebas (Tanques, Sistemas, Equipos y de Mar)**

22.- INDICADORES DE PRODUCCION:

Dentro de la Estrategia constructiva de cada buque, hay que **establecer unos objetivos que puedan ser controlados**, como es el caso de la aplicación de **indicadores de productividad y de gestión** del conjunto del proceso productivo.

El **objetivo principal** de estos indicadores es el de dotar al sistema de una herramienta que nos permita un **mejor control del proceso productivo** y, por lo tanto, una **mejor planificación**, además de conocer, a través del análisis periódico de dichos indicadores, el **grado de eficacia logrado** en cada buque.

Los Indicadores de Producción los desarrollaremos posteriormente, dentro del grupo de Indicadores de Control.

23.- PROCEDIMIENTOS SISTEMA GARANTIA DE CALIDAD:

También hay que hacer mención, dentro de la documentación básica de la Estrategia Constructiva, a toda aquella **documentación referente a la Calidad del proceso constructivo total**, por lo que debemos de incluir la Lista actualizada de los Procedimientos de Garantía de Calidad.

24.- PALETIZACIÓN:

La Palatización hay que mencionarla, no como un documento en sí mismo, sino como la **integración de la documentación técnica, de calidad, de planificación, de materiales y del proceso productivo**.

El proceso de palatización debe, por lo tanto, agrupar la siguiente información de cada uno de los productos intermedios a fabricar:

- Tipo o código del producto intermedio, el cual tiene asociado un proceso determinado de fabricación.
- Unidad Productiva donde va a ser fabricado.
- Unidad Productiva de destino
- Fechas de Planificación del producto.
- Duración prevista para su fabricación.
- Número de unidades físicas correspondientes al indicador de productividad utilizado en ese producto intermedio, ya sean número de toneladas, de metros de soldadura, de metros de cables, etc.
- Horas previstas para su fabricación.
- Productos Intermedios base que lo componen, indicando la Unidad Productiva de procedencia y fecha de terminación.
- Materiales Específicos necesarios, indicando el Suministrador, No. de Pedido, Línea y fecha de entrega.
- Materiales de Stock y libre disposición necesarios.
- Información técnica necesaria.
- Información de calidad relacionada con dicho producto.

25.- CODIFICACION DE COMPONENTES DE ACERO Y TUBERIAS:

Para poder **direccionar los materiales** de acuerdo con los procedimientos de construcción previstos, se hace necesaria una **codificación compatible con los mismos y estructurada por niveles, de acuerdo con las etapas constructivas** en que hayamos dividido el proceso de fabricación.

UNIDAD OPERATIVA BILBAO	ASTILLEROS ESPAÑOLES	REFERENCIA JRG Hoja P-3																																																											
<p>Acero: <i>Steel</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">FAMILIA</th> <th colspan="3">BLOQUE</th> <th rowspan="2">CONJUNTO</th> <th rowspan="2">PREVIA</th> <th rowspan="2">PIEZA</th> </tr> <tr> <th>LINEA</th> <th>ZONA</th> <th>CONEXION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Fabrication of Pipes and modules (UNIT)</i></p> <p>Elaboración de tuberías y módulos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">FAMILIA</th> <th colspan="3">BLOQUE</th> <th rowspan="2">CONJUNTO</th> <th rowspan="2">PREVIA</th> <th rowspan="2">PIEZA</th> </tr> <tr> <th>LINEA</th> <th>ZONA</th> <th>CONEXION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Concept for pipes which to be fitted on board que se montan a bordo</i></p> <p>* <i>CONCEPTO para tuberías to be fitted on board que se montan a bordo</i></p> <p>Armamento: <i>Outfitting (mainly on-block or On-board)</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">FAMILIA</th> <th colspan="3">BLOQUE</th> <th rowspan="2">CONJUNTO</th> <th rowspan="2">PREVIA</th> <th rowspan="2">PIEZA</th> </tr> <tr> <th>LINEA</th> <th>ZONA</th> <th>CONEXION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(1)</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>3000.00</i></p> <p>FICHAS: <i>Man-hour list for activity</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CONEXION</th> <th>LINEA</th> <th>ZONA</th> <th>CONEXION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>			FAMILIA	BLOQUE			CONJUNTO	PREVIA	PIEZA	LINEA	ZONA	CONEXION	X	X	X	X	X	X	X	FAMILIA	BLOQUE			CONJUNTO	PREVIA	PIEZA	LINEA	ZONA	CONEXION	T	X	X	X	X	X	X	FAMILIA	BLOQUE			CONJUNTO	PREVIA	PIEZA	LINEA	ZONA	CONEXION	(1)	X	X	X	X	X	X	CONEXION	LINEA	ZONA	CONEXION	X	X	X	X
FAMILIA	BLOQUE			CONJUNTO	PREVIA	PIEZA																																																							
	LINEA	ZONA	CONEXION																																																										
X	X	X	X	X	X	X																																																							
FAMILIA	BLOQUE			CONJUNTO	PREVIA	PIEZA																																																							
	LINEA	ZONA	CONEXION																																																										
T	X	X	X	X	X	X																																																							
FAMILIA	BLOQUE			CONJUNTO	PREVIA	PIEZA																																																							
	LINEA	ZONA	CONEXION																																																										
(1)	X	X	X	X	X	X																																																							
CONEXION	LINEA	ZONA	CONEXION																																																										
X	X	X	X																																																										
UNIDAD OPERATIVA BILBAO	ASTILLEROS ESPAÑOLES	REFERENCIA JRG Hoja P-2																																																											
<p>Material Code Codificación de materiales:</p> <p>Component of Steel Componentes de acero:</p> <p><i>SNO Block</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>BLOQUE</th> <th>SUBBLOQUE</th> <th>CONJUNTO</th> <th>PREVIA</th> <th>PIEZA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Pipes according to Isometrics</i></p> <p>Tuberías según isométricas:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>BLOQUE</th> <th>SUBBLOQUE</th> <th>CONJUNTO</th> <th>MODULOS DE TUBERIA</th> <th>ISOMETRICA</th> <th>TUBO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Section of Electric Cables</i></p> <p>Tramos de cables eléctricos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CONEXION</th> <th>LINEA</th> <th>ZONA</th> <th>CONEXION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>			BLOQUE	SUBBLOQUE	CONJUNTO	PREVIA	PIEZA	X	X	X	X	X	BLOQUE	SUBBLOQUE	CONJUNTO	MODULOS DE TUBERIA	ISOMETRICA	TUBO	X	X	X	X	X	X	CONEXION	LINEA	ZONA	CONEXION	X	X	X	X																													
BLOQUE	SUBBLOQUE	CONJUNTO	PREVIA	PIEZA																																																									
X	X	X	X	X																																																									
BLOQUE	SUBBLOQUE	CONJUNTO	MODULOS DE TUBERIA	ISOMETRICA	TUBO																																																								
X	X	X	X	X	X																																																								
CONEXION	LINEA	ZONA	CONEXION																																																										
X	X	X	X																																																										

26.- CATALOGO DE PRODUCTOS INTERMEDIOS:

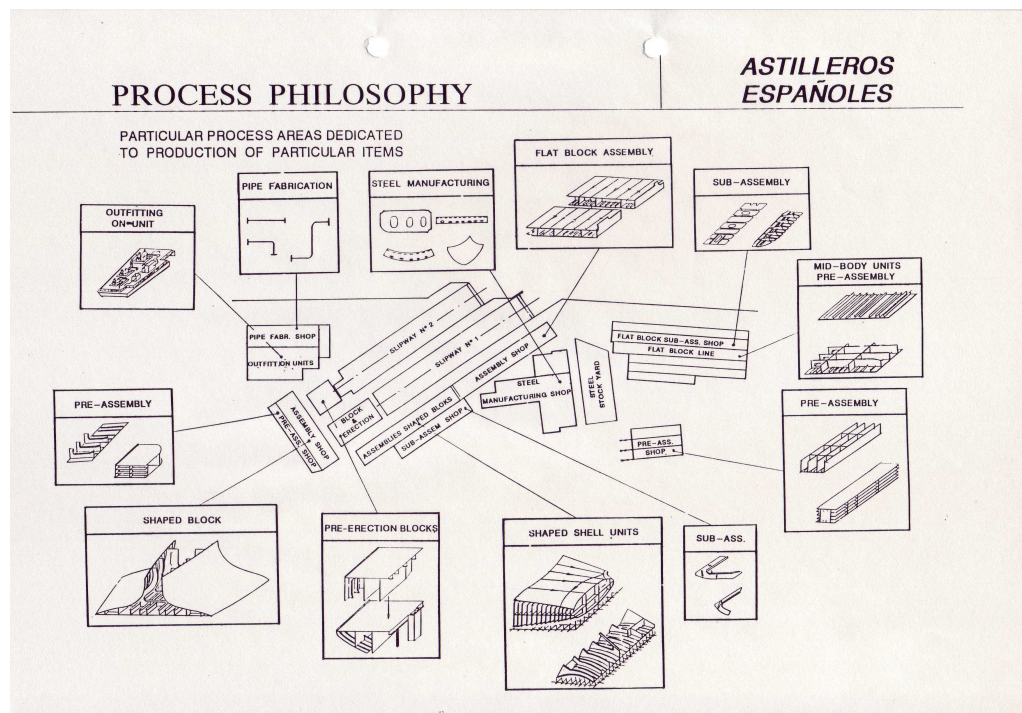
Trata de ser una recopilación de todos los Productos Intermedios correspondientes a cada una de las Etapas de Fabricación de un buque y, en especial, todos aquellos que puedan dar lugar a trabajos repetitivos.

Seguidamente se muestra un ejemplo de los **procesos** correspondientes a las familias de **productos intermedios**.

Procesos de Fabricación	Procesos de Fabricación
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Corte de Tubería. <ul style="list-style-type: none"> ○ Hasta 100DN. ○ De 125 a 200DN. ○ Mayor de 200DN. ○ Corte de Injertos. ✓ Soldadura de Bridas a Tubos. <ul style="list-style-type: none"> ○ Hasta 100DN. ○ De 125 a 200DN. ✓ Formación/soldadura Isométricas ✓ Elaboración de Calderería. ✓ Corte de Cable de Fuerza. ✓ Módulos de armamento. <ul style="list-style-type: none"> ○ Haces de Tubería. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fabricación soportes ▪ Montaje de tubos ○ Módulos de Tubería. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fabricación soportes ▪ Montaje de tubos ○ Unidades Modulares. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fabricación soportes ▪ Montaje Equipos ▪ Montaje de tubos ○ Paneles. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fabricación soportes ▪ Montaje de tubos ▪ Montaje Válvulas ○ Macrounidades. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fabricación soportes ▪ Montaje Equipos ▪ Montaje de tubos ○ Módulos Container. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fabricación soportes ▪ Montaje Equipos ▪ Montaje de tubos ○ Módulos Funcionales. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fabricación soportes ▪ Montaje Equipos ▪ Montaje de tubos 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Corte Chapas. ✓ Conformado de Chapas. ✓ Corte de Perfiles. ✓ Conformado de Perfiles. ✓ Paneles planos. ✓ Paneles planos ligeros. ✓ Paneles curvos. ✓ Previas. <ul style="list-style-type: none"> ○ Sencillas. ○ Simples. ○ Curvas. ○ Complejas. ✓ Bloques planos. ✓ Bloques planos ligeros. ✓ Bloques curvos. ✓ Bloques proas y popas inferiores. ✓ Armamento en bloque. <ul style="list-style-type: none"> ○ Montaje de tubos. ○ Montaje calderería ✓ Pintura de bloque. ✓ Montaje de bloque. ✓ Montaje de Equipos. <ul style="list-style-type: none"> ○ Equipos ligeros ○ Equipos medianos ○ Equipos pesados ✓ Montaje de Armamento en zona. <ul style="list-style-type: none"> ○ Montaje de tubos. ○ Montaje calderería ○ Montaje habilitación ✓ Tendido de cables. <ul style="list-style-type: none"> ○ Cables de Fuerza. ○ Cables de Alumbrado. ○ Cables de control. ✓ Conexionado de cables. <ul style="list-style-type: none"> ○ Cables de Fuerza. ○ Cables de Alumbrado. ○ Cables de control. ✓ Terminación de Pintura por zonas.

27.- DIVISION DE LA ESTRUCTURA EN PRODUCTOS INTERMEDIOS:

El conocer lo antes posible esta división en familias nos permite **adelantar el estudio de la carga de trabajo que va a existir en cada Unidad Productiva, así como su planificación**, por lo que, en función de la experiencia que se vaya adquiriendo, se deberá **prever dicho reparto, incluso en la fase de presupuestación**, con el fin de tomar como base el coste de los productos intermedios.



28.- UNIDADES PRODUCTIVAS DIRECTAS:

Son los **centros básicos de producción** y, por lo tanto, deben quedar plasmados en la Estrategia Constructiva.

29.- ASIGNACION DE PRODUCTOS INTERMEDIOS:

Para poder realizar la planificación de los trabajos de cada Unidad Productiva hay que realizar una asignación previa de las familias de Productos Intermedios a fabricar en cada una de ellas en forma habitual.

Hay que mencionar la utilidad de asignar también a cada Producto Intermedio una Unidad Productiva alternativa, para los casos en que, por saturación o problemas, no se pueda fabricar en la Unidad Productiva asignada como prioritaria.

Planificación

Planificación

Como ya hemos indicado, la Planificación es una de las partes importantes de la Estrategia Constructiva, debiendo **abarcarse desde la planificación de efemérides y los planes maestros hasta la programación de detalle** de cada uno de los procesos de diseño, acopio y fabricación, quedando desarrollada en los siguientes documentos, que iremos viendo, no sin antes dar una visión general de los siguientes documentos:

- **Flujo de Gestión y Documentación del Proyecto**
- **Flujo de Gestión del Diseño**
- **Esquema Básico de Planificación**

Y finalmente, los **Documentos Principales de la Planificación del Proyecto**, que son los siguientes:

- **Plan de Construcción del Astillero**
- **Plan de Hitos Estratégicos**
- **Carga de trabajo**
- **Plan Maestro del Buque**
- **Plan de Montaje**
- **Plan Maestro de fabricación y Armamento Adelantado**
- **Plan Maestro de Armamento a Bordo**
- **Plan Maestro de Ingeniería**
- **Plan de Acopios de Largo Plazo**
- **Plan Total de Acopios**
- **Programación de Talleres**
- **Planes de Pruebas**

Flujo de Gestión y Documentación del Proyecto

Este diagrama resume el flujo de las principales actividades y documentación para la gestión del Proyecto.

Bajo la referencia del plan de los hitos principales del proyecto, indicados en la columna izquierda, se muestran en las siguientes columnas las acciones y documentos relevantes de cada uno de los departamentos, así como las reuniones clave donde se deben tomar las decisiones estratégicas del proyecto.

Key Drawings

Planos de aprobación de la estructura, los diagramas esquemáticos de tubería y cableado, así como disposiciones generales y planos de sistemas, como el de amarre y fondeo. Además de las especificaciones técnicas de pedido.

Construction Drawings

Planos constructivos de detalle para la elaboración, fabricación y montaje del buque.

“A” Ship Project Kickoff Meeting

Reunión del director del Astillero con los departamentos implicados en el Proyecto, previa a la firma del Contrato, para aclarar los requerimientos del Armador en lo referente al Contrato y Especificación Técnica.

“B” Design Kickoff Meeting

Reunión de lanzamiento del diseño Funcional y de Detalle.

“C” Design, Procurement & Production Meeting

Reunión entre Ingeniería, Aprovisionamientos y Producción una vez realizado el diseño Funcional y previa al desarrollo por zonas.

“D” Design, Procurement & Production Meeting

Reunión entre Ingeniería, Aprovisionamientos y Producción una vez fijados los objetivos de la Estrategia Constructiva.

“Z” Action Plan Meeting

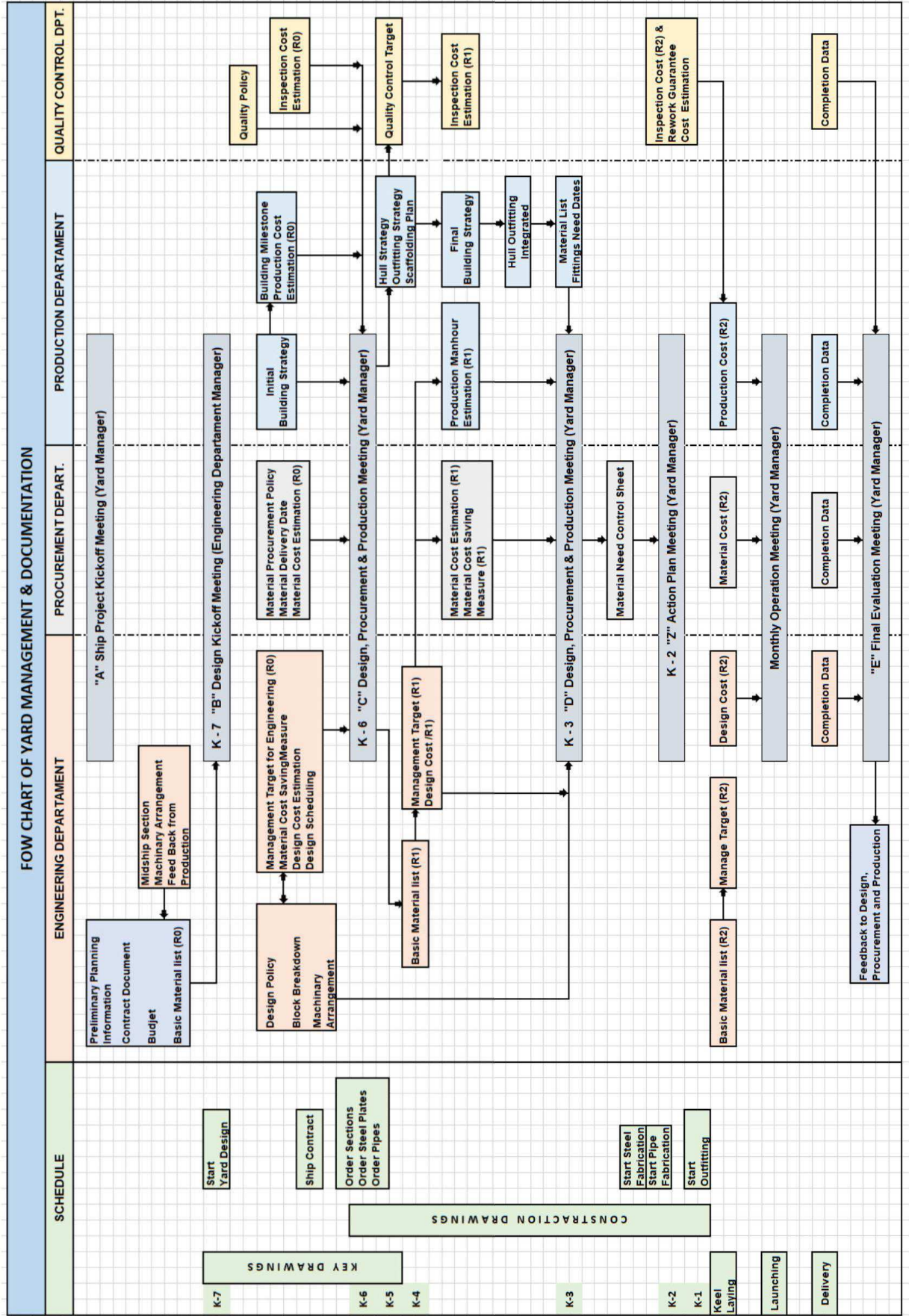
Reunión donde la Dirección del Astillero marca el plan de actuación para alcanzar los objetivos del Proyecto.

Monthly Operational Meeting

Reunión mensual de seguimiento del Proyecto.

“E” Final Evaluation Meeting

Reunión tras entregar el barco para los objetivos y presupuesto con la realidad y hacer un “feedback” de la información.



Flujo de Gestión del Diseño

He incluido esta referencia a la gestión del diseño, ya que la Construcción Naval es una actividad compleja, cuyo éxito depende en gran medida de que se haya realizado una eficaz gestión del diseño, pues en caso contrario los retrasos y sobrecostos del proyecto pueden claramente comprometer los resultados del mismo.

Se exponen aquí las siguientes láminas, que reflejan el flujo de las principales actividades de gestión del diseño a lo largo de cada una de las etapas del mismo.

Conceptual Design Stage

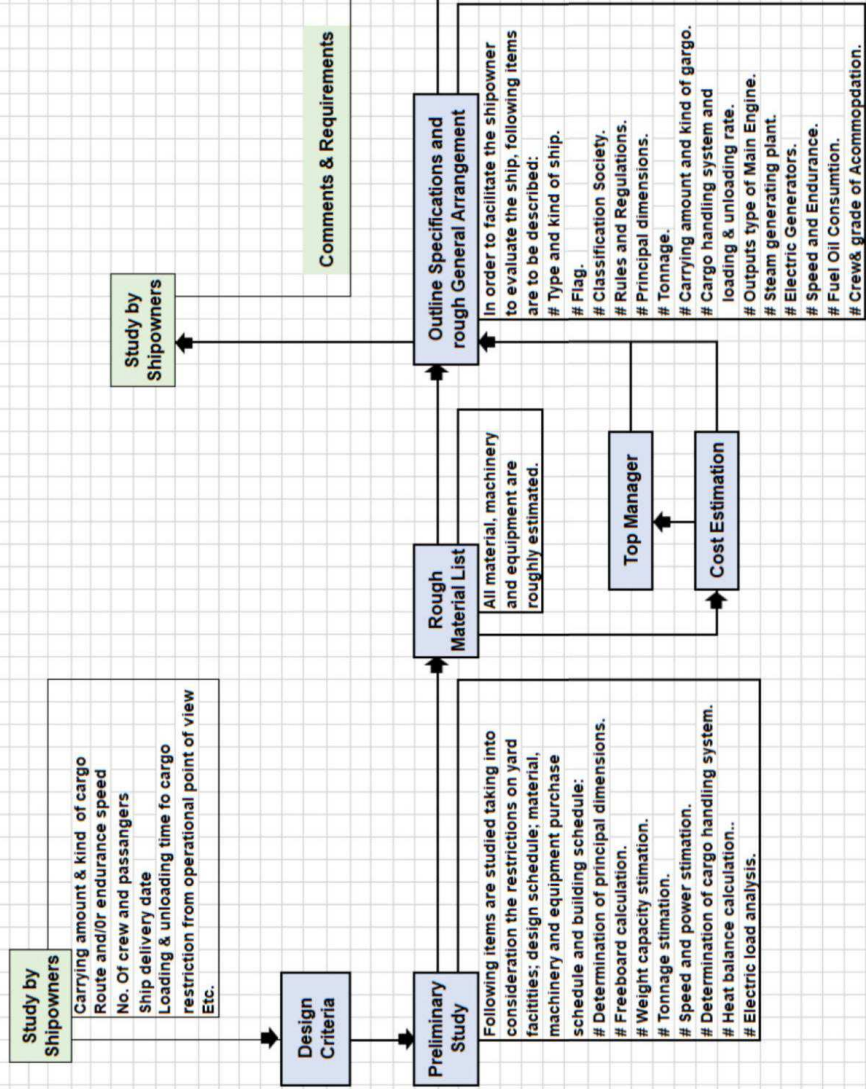
Este diagrama resume el flujo de las principales actividades en la etapa del Diseño Conceptual, que son las siguientes:

- ✓ Apoyo a la actuación Comercial y de Ventas, y la consiguiente realización de ofertas.
- ✓ Definir los Criterios de Diseño del buque, en base los requerimientos del Armador y tipo de buque.
- ✓ Diseño Conceptual anterior al Contrato y análisis preliminares.
- ✓ Especificación Técnica y Disposición General Inicial.
- ✓ Lista Básica de Materiales inicial.
- ✓ Estimación inicial del Coste.

A partir de este Diseño Conceptual, como consecuencia de él y, antes de la firma del Contrato, el Astillero realiza las siguientes actividades:

- ✓ Se realiza la reunión “A” Ship Project Kickoff Meeting.
- ✓ Se genera el Plan de Construcción del Astillero, incluyendo este proyecto.

CONCEPTUAL DESIGN STAGE



Basic Design Stage

Este diagrama resume el flujo de las principales actividades en la etapa del Diseño Básico, que identifica al buque como un sistema total y suele estar fundamentada sobre el diseño preliminar realizado conjuntamente con el Armador y que sirve para determinar cómo va a ser el buque y como se va a realizar, dependiendo de la complejidad del diseño, así como de las relaciones y experiencias del Astillero con el Armador.

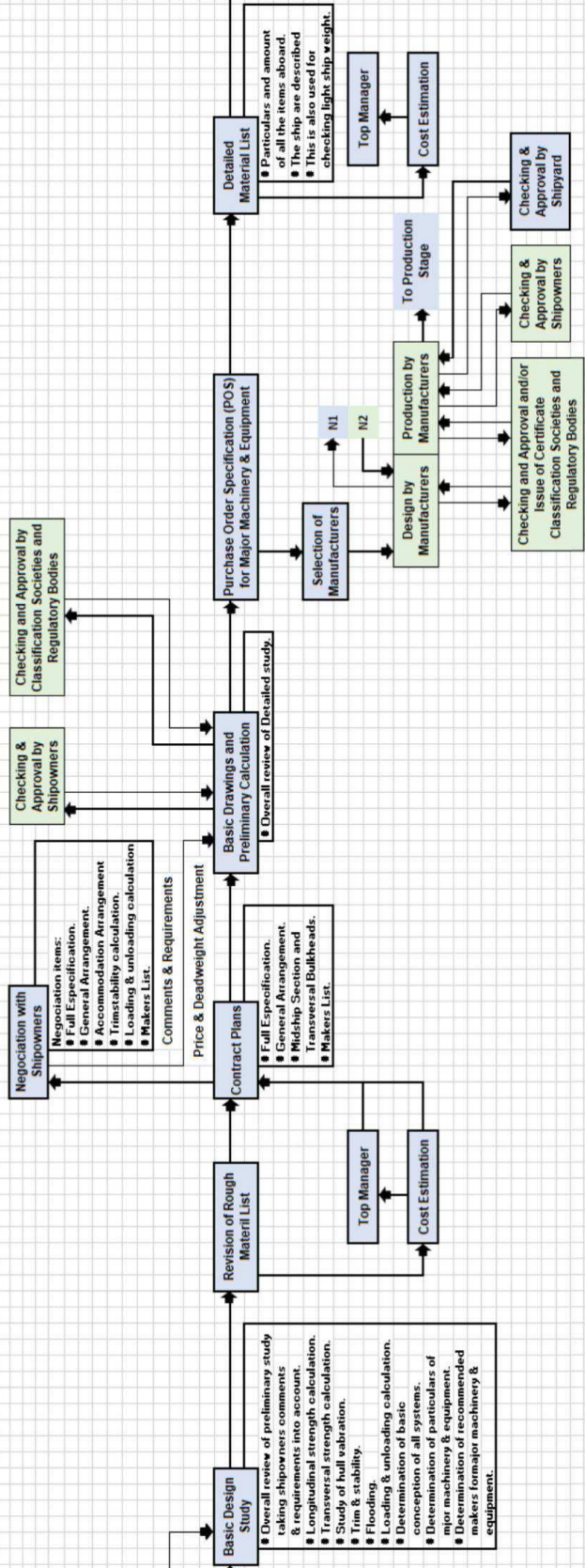
Estas son las actividades principales de esta etapa:

- ✓ Se realizarán los estudios correspondientes a esta etapa de Diseño Básico, como el cálculo de la Resistencia Longitudinal y Transversal de la estructura, análisis preliminar de Vibraciones, Estabilidad, Inundación, etc.
- ✓ Negociaciones con el Armador y realización definitiva de la Especificación completa, los planos contractuales y la Lista de Fabricantes.
- ✓ Planos básicos y cálculos preliminares comprobados por el Armador y la Sociedad de Clasificación.
- ✓ Especificaciones técnicas de pedido de equipos principales y lista de materiales correspondientes.

A partir de este Diseño Básico y, como consecuencia de él, el Astillero realiza las siguientes actividades:

- ✓ Se realiza la Reunión “B” Design Kickoff Meeting.
- ✓ Selección de Fabricantes de los Equipos principales.
- ✓ Plan de Hitos Estratégicos.

BASIC DESIGN STAGE



Functional Design Stage

Este diagrama resume el flujo de las principales actividades en la etapa del Diseño Funcional, en el cual se dirige cada sistema hacia diagramas esquemáticos de tubería y cableado, así como disposiciones generales y planos de sistemas, como el de amarre y fondeo. Tales documentos son suficientes para el Armador y la Sociedad de Clasificación.

Además de las especificaciones técnicas de pedido.

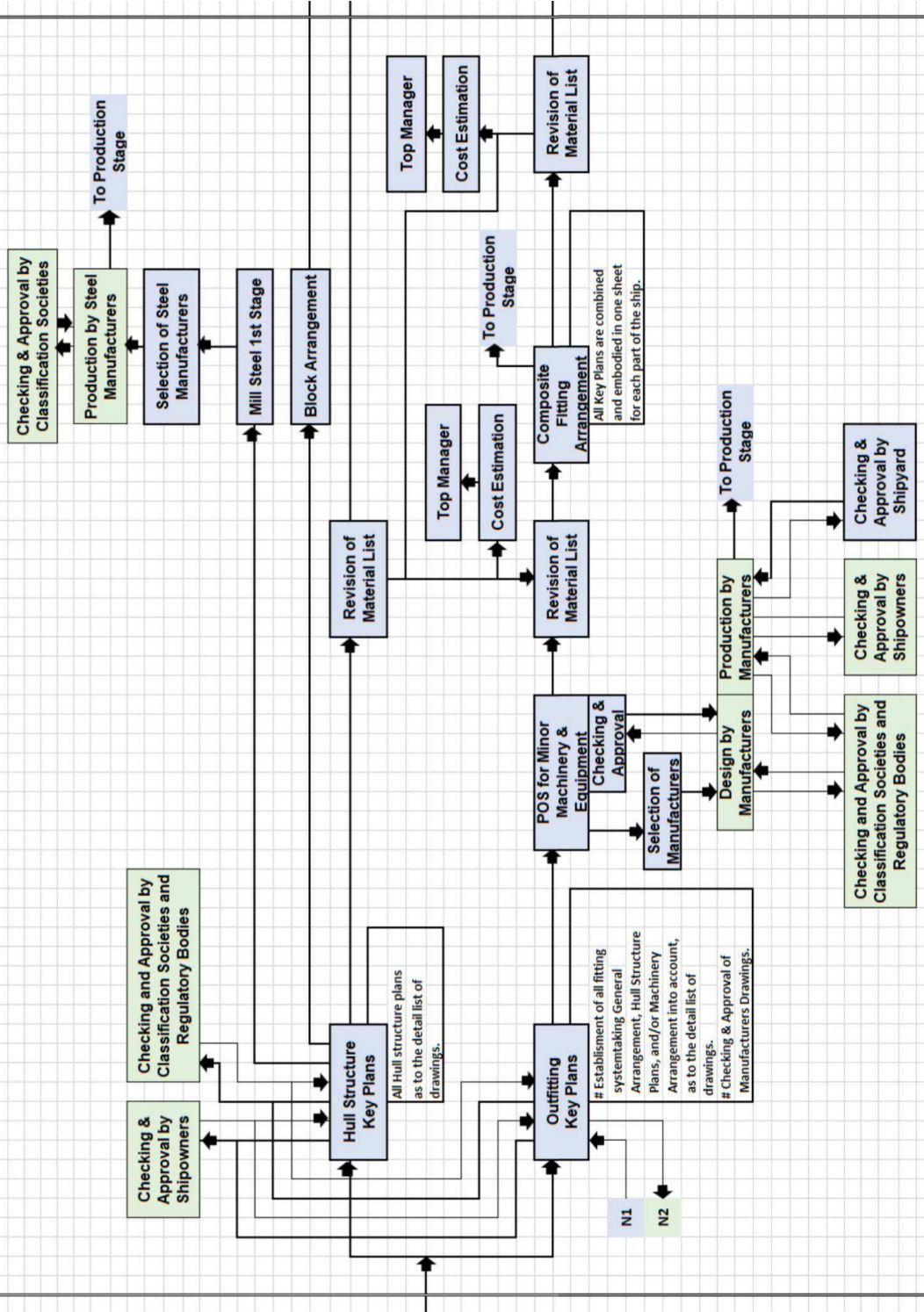
Estas son las actividades principales de esta etapa:

- ✓ Se realizan los planos de aprobación de la estructura, así como la lista de materiales correspondiente.
- ✓ Se realizan los diagramas esquemáticos de tubería y cableado, así como disposiciones generales y planos de sistemas, que deben ser aprobados por Armador y Sociedad de Clasificación.
- ✓ En esta etapa se realizan los planos de disposición de zonas integrando el acero y armamento, si el Astillero suele realizar este tipo de planos.
- ✓ Se revisa la lista de materiales y se confecciona una lista por sistema, por cada diagrama y plano de sistema.
- ✓ Especificaciones técnicas de pedido de equipos secundarios y lista de materiales correspondientes.

A partir de este Diseño Funcional y, como consecuencia de él, el Astillero realiza las siguientes actividades:

- ✓ Planos preliminares de despiece en Bloque y de Montaje.
- ✓ Primer pedido del material de acero de la estructura.
- ✓ Revisión R1 de la lista de materiales.
- ✓ Revisión R1 del Presupuesto del buque.
- ✓ Selección de Fabricantes de los Equipos secundarios.
- ✓ Planes Maestros.
- ✓ Se realiza la Reunión "C" Design, Procurement & Producción.

FUNCTIONAL DESIGN STAGE



Working Design Stage

Este diagrama resume el flujo de las principales actividades en la etapa del Diseño de Detalle, en el cual **se reagrupa la información existente, clasificada por sistemas, organizando esta misma información por zonas**, ya que el trabajo se realiza por zonas. Esta correspondencia de sistemas y zonas, es necesaria para guiar el desarrollo de los contenidos específicos de trabajo, quedando reflejada en los planos constructivos y en los palets de materiales correspondientes.

El desarrollo ulterior de esta etapa culmina definiendo el contenido de trabajo por áreas y etapas de los procesos de fabricación.

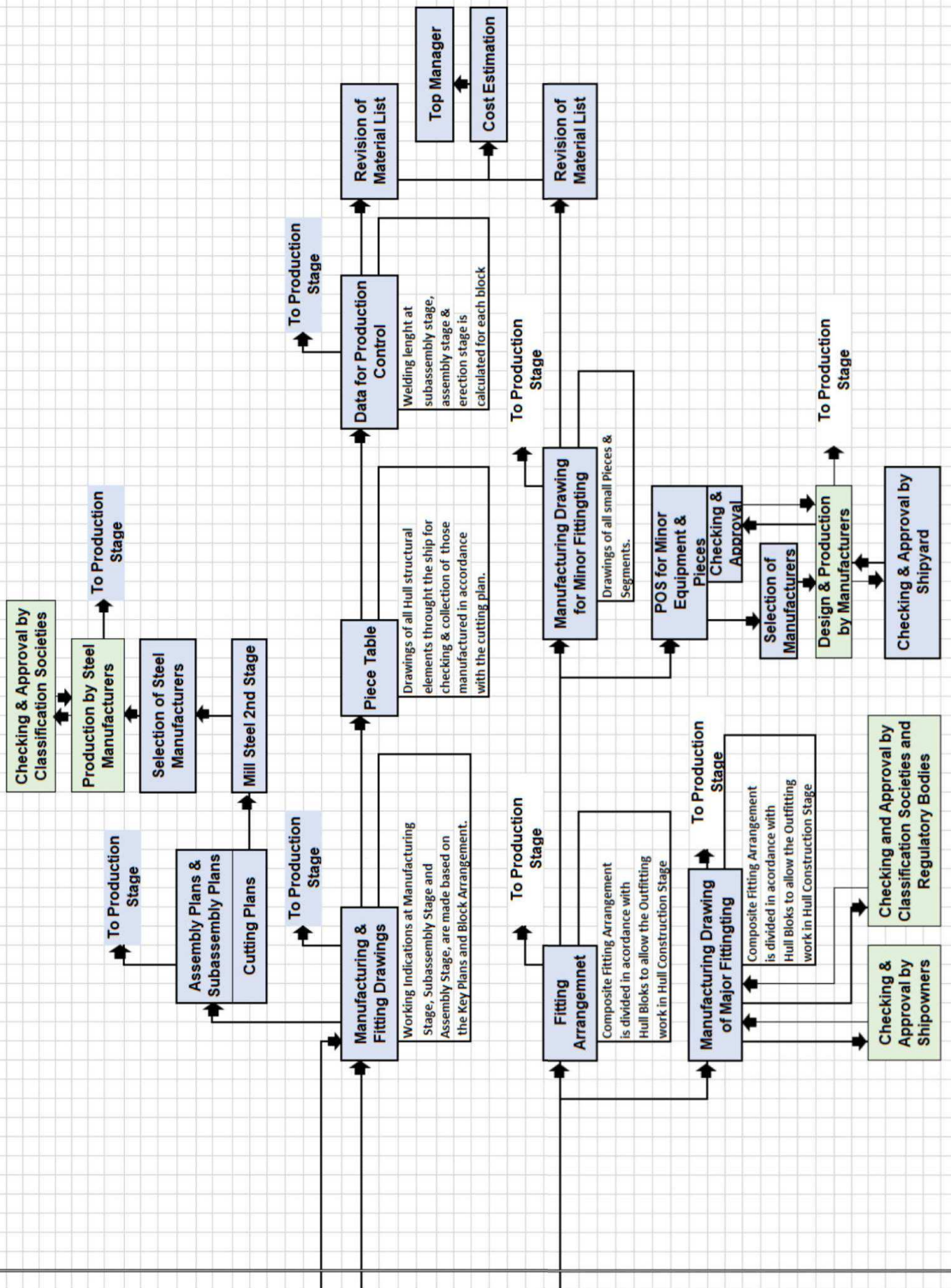
Se prepara una lista de materiales por cada orden de trabajo de armamento ya se monte en módulo, en bloque o a bordo. Asimismo, una lista de materiales de tubería, o de cada componente que no sea tubería, acompaña a cada orden de trabajo en fabricación.

En esta etapa los planos de construcción de acero integran o tienen en consideración el armamento y la pintura, constituyendo la construcción integrada. Esta integración se debe conseguir por acuerdo de todos los departamentos implicados, y teniendo como meta final la reducción de costes del buque.

A partir de este Diseño Constructivo y, como consecuencia de él, el Astillero realiza las siguientes actividades:

- ✓ Planos preliminares de despiece en Bloque y de Montaje.
- ✓ Segundo pedido del material de acero de la estructura.
- ✓ Revisión R2 de la lista de materiales.
- ✓ Revisión R2 del Presupuesto del buque.
- ✓ Selección de Fabricantes de los Equipos secundarios.
- ✓ Planificación de detalle de Producción.
- ✓ Se realiza la Reunión “D” Design, Procurement & Producción.

WORKING DESIGN STAGE



Test & Trials Stage

Este diagrama resume el flujo de las principales actividades en la etapa de Pruebas, cuyo objetivo final es la confirmación de que el Diseño realizado cumple con todas las exigencias requeridas en la Especificación del buque.

Los diferentes tipos de pruebas a considerar son los siguientes:

- ✓ Pruebas de Tanques.
- ✓ Pruebas de Sistemas.
- ✓ Pruebas de Equipos.
- ✓ Pruebas de Mar.

Como vemos, **en la etapa de pruebas dejamos el concepto de zona, para focalizarnos nuevamente en los sistemas.**

Pruebas de Tanques

Ya sean las pruebas neumáticas para confirmar la estanqueidad de los tanques o las hidráulicas, para confirmar validez estructural.

Pruebas de Sistemas

Estas pruebas se realizan conforme se van acabando los trabajos del montaje de tubería, para asegurarse de la estanqueidad de cada tubo y de cada sistema.

Pruebas de Equipos

Las pruebas de equipos hay que realizarlas con los protocolos preparados para las mismas, aprobados por el Armador y de acuerdo con el fabricante de cada uno de ellos.

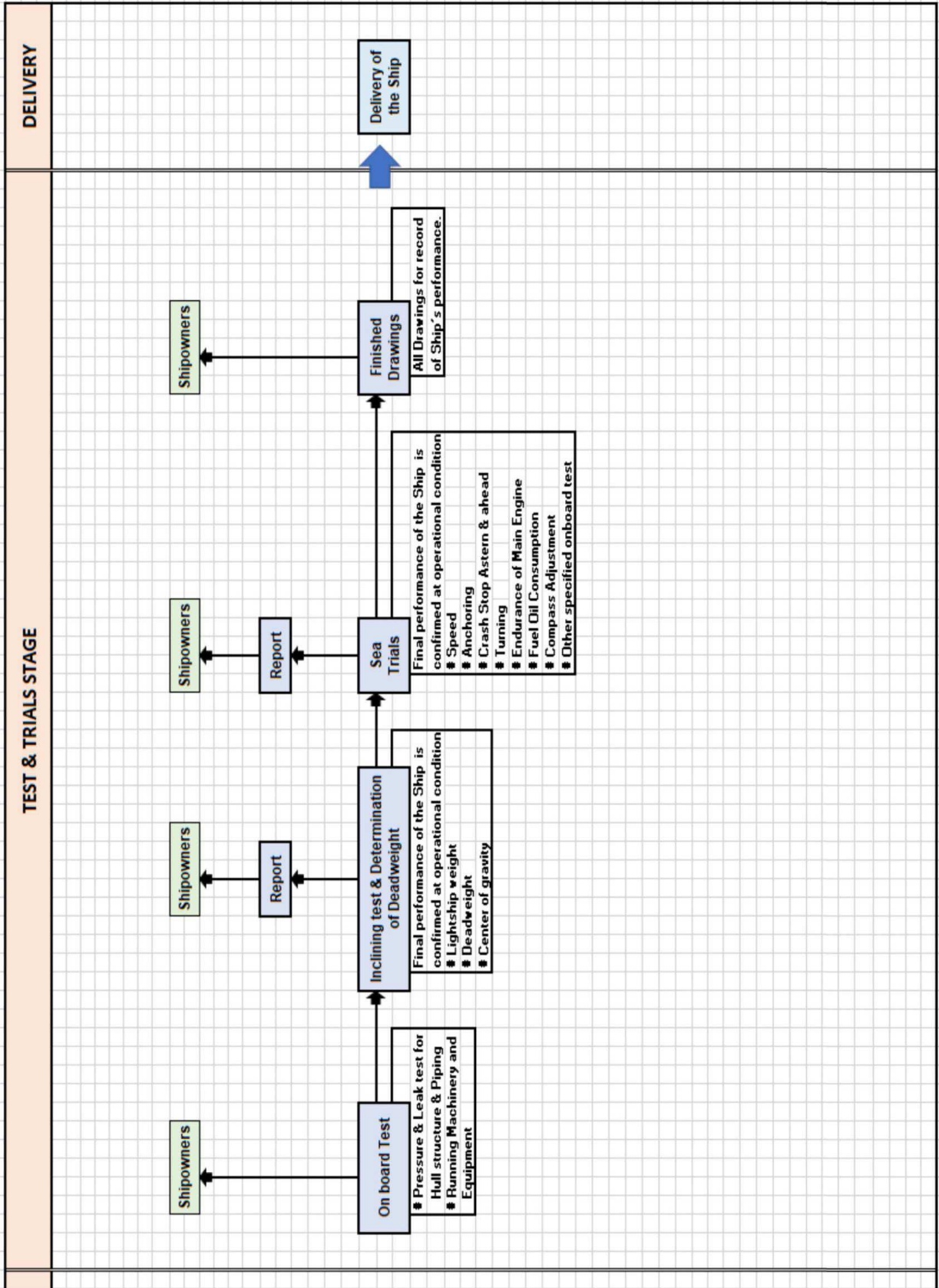
Estas pruebas se realizarán en muelle, siempre que sea posible, dejando para las pruebas de mar solo aquellas que sea necesario.

Comprobación de Estabilidad y Peso Muerto

En la etapa final de la construcción y cuando ya están montados todos los materiales y equipos, se realiza la comprobación de estabilidad, peso muerto y su centro de gravedad.

Pruebas de Mar

Estas pruebas sirven para verificar que el comportamiento del buque en la mar corresponde con lo especificado, confirmando la validez del diseño, sus equipos y la propia construcción del buque.

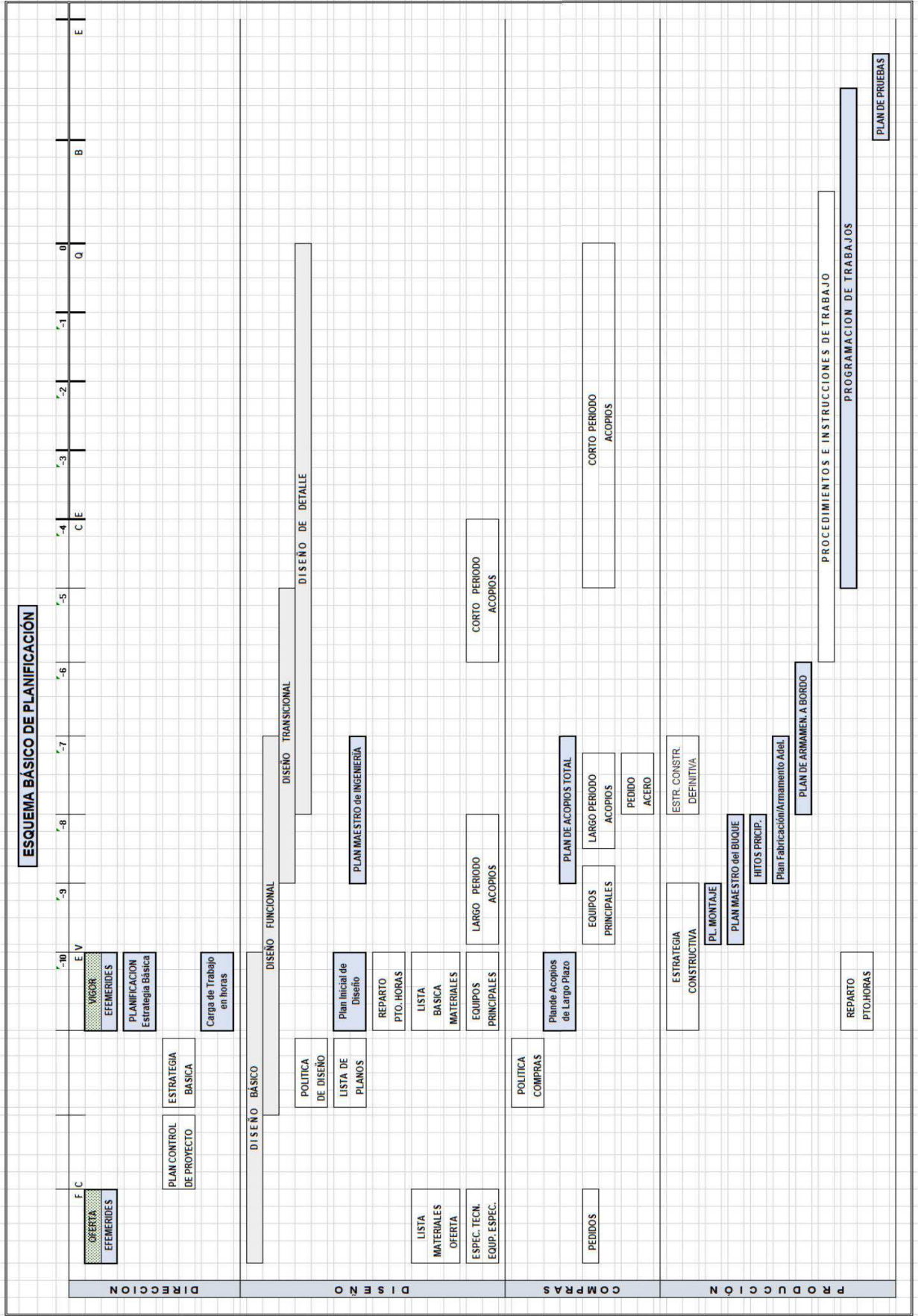


Esquema Básico de Planificación

Sin una Planificación eficaz se hace imposible desarrollar y terminar un proyecto con éxito, y más aún en proyectos complejos, como es el caso del diseño, aprovisionamiento de materiales y equipos, y la fabricación de un buque.

Hay que tener en cuenta que la actividad de Construcción Naval es de las pocas en las que se empieza la fabricación sin haber terminado el diseño, por lo que el diseño, aprovisionamiento y producción se realizan de forma ampliamente solapada, lo que da un grado importante de complejidad al proyecto, haciendo de la Planificación una herramienta clave para el éxito del mismo.

Planificación que hay que desarrollar a lo largo del tiempo en documentos que abarcan todas las actividades, desde los niveles estratégicos, los planes maestros y su posterior desglose en planes detallados hasta la programación de talleres, como se puede ver en el siguiente Esquema Básico de Planificación, donde se enmarcan los distintos documentos de planificación dentro de los plazos de diseño, compras y construcción del buque, desde la fecha de contratación, efemérides principales y hasta la entrega.



Plan de Construcción del Astillero

En este documento se reflejan las **Efemérides Principales** (Entrada en Vigor, Comienzo de Elaboración, Quilla, Botadura/Flotadura y Entrega) de todos los buques que componen la Cartera de Pedidos del Astillero.

También se indica la grada o dique donde va a ser construido cada buque y si es de utilidad, se indica la fecha de montaje de alguno de los equipos relevantes en la construcción, como puede ser el caso del motor principal.

Adicionalmente, teniendo unas curvas estándar del reparto de la carga de trabajo en cada uno de estos periodos de la construcción, se puede enriquecer este documento, añadiendo la carga de trabajo total de cada buque, así como la carga de trabajo mensual y anual del total de la Cartera de Pedidos, como suma de la carga de trabajo, en esos periodos, de cada uno de los buques.



**FACTORIAS
JULIANA, S.A.U.**

PLAN DE CONSTRUCCIÓN

CARTERA DE PEDIDOS PREVISTA (Versión 28.11.06)

PEDIDO G / D	CARACTERÍSTICAS	AÑO 2006												AÑO 2007												AÑO 2008												AÑO 2009												AÑO 2010												AÑO 2011																					
		Entrada Vigor / Comienzo Elaboración				Comienzo Elaboración / Quilla				Quilla / Flotadura				Flotadura / Entrega				Entrada Vigor / Comienzo Elaboración				Comienzo Elaboración / Quilla				Quilla / Flotadura				Flotadura / Entrega				Entrada Vigor / Comienzo Elaboración				Comienzo Elaboración / Quilla				Quilla / Flotadura				Flotadura / Entrega																																					
11/532 2450	Rieber Shipping Sismico 1° 2.450 tan	[Gantt chart for 2006]												[Gantt chart for 2007]												[Gantt chart for 2008]												[Gantt chart for 2009]												[Gantt chart for 2010]												[Gantt chart for 2011]																					
11/533 2450	Rieber Shipping Grada 2 Sismico 2° 2.450 tan	[Gantt chart for 2006]												[Gantt chart for 2007]												[Gantt chart for 2008]												[Gantt chart for 2009]												[Gantt chart for 2010]												[Gantt chart for 2011]																					
11/— 1800	Rieber Shipping Supply 1° 1.800 tan	[Gantt chart for 2006]												[Gantt chart for 2007]												[Gantt chart for 2008]												[Gantt chart for 2009]												[Gantt chart for 2010]												[Gantt chart for 2011]																					
11/534 2450	Rieber Shipping Grada 2 Sismico 3° 2.450 tan	[Gantt chart for 2006]												[Gantt chart for 2007]												[Gantt chart for 2008]												[Gantt chart for 2009]												[Gantt chart for 2010]												[Gantt chart for 2011]																					
11/— 2750	Alvargonzález Cementero 10.600 tpm 2.750 tan	[Gantt chart for 2006]												[Gantt chart for 2007]												[Gantt chart for 2008]												[Gantt chart for 2009]												[Gantt chart for 2010]												[Gantt chart for 2011]																					
11/535 2450	Rieber Shipping Grada 2 Sismico 4° 2.450 tan	[Gantt chart for 2006]												[Gantt chart for 2007]												[Gantt chart for 2008]												[Gantt chart for 2009]												[Gantt chart for 2010]												[Gantt chart for 2011]																					
11/— 1800	Rieber Shipping Supply 2° 1.800 tan	[Gantt chart for 2006]												[Gantt chart for 2007]												[Gantt chart for 2008]												[Gantt chart for 2009]												[Gantt chart for 2010]												[Gantt chart for 2011]																					
11/536 2450	Rieber Shipping Grada 2 Sismico 5° 2.450 tan	[Gantt chart for 2006]												[Gantt chart for 2007]												[Gantt chart for 2008]												[Gantt chart for 2009]												[Gantt chart for 2010]												[Gantt chart for 2011]																					
11/537 2450	Rieber Shipping Dique 2 Sismico 6° 2.450 tan	[Gantt chart for 2006]												[Gantt chart for 2007]												[Gantt chart for 2008]												[Gantt chart for 2009]												[Gantt chart for 2010]												[Gantt chart for 2011]																					
Grada 2 5100	Quimiquero 22.000 tpm 1° 5.100 tan	[Gantt chart for 2006]												[Gantt chart for 2007]												[Gantt chart for 2008]												[Gantt chart for 2009]												[Gantt chart for 2010]												[Gantt chart for 2011]																					
11/— 5100	Quimiquero 22.000 tpm 2° 5.100 tan	[Gantt chart for 2006]												[Gantt chart for 2007]												[Gantt chart for 2008]												[Gantt chart for 2009]												[Gantt chart for 2010]												[Gantt chart for 2011]																					
Carga mensual		[Gantt chart for 2006]												[Gantt chart for 2007]												[Gantt chart for 2008]												[Gantt chart for 2009]												[Gantt chart for 2010]												[Gantt chart for 2011]																					
Carga anual		[Gantt chart for 2006]												[Gantt chart for 2007]												[Gantt chart for 2008]												[Gantt chart for 2009]												[Gantt chart for 2010]												[Gantt chart for 2011]																					

Plan de Hitos Estratégicos

A la hora de afrontar las negociaciones de una oferta vinculante, se debe haber analizado que los puntos estratégicos del proyecto se pueden cumplir dentro de las fechas adecuadas, asegurando el cumplimiento de las efemérides del buque, y muy en especial la fecha de entrega.

Este análisis hay que volverlo a repetir a la entrada en vigor del buque, haciendo los ajustes necesarios, derivados de los cambios que se hayan producido desde la oferta hasta la entrada en vigor.

En este plan tienen que intervenir los máximos responsables y adquirir el compromiso de cumplimiento de las fechas reflejadas en el mismo, ya que son los puntos críticos para el posterior desarrollo del resto del proyecto.

En dicho plan se tienen que incluir los puntos básicos de la estrategia constructiva del buque y adicionalmente aquellos otros que puedan ser puntos críticos particulares de ese buque, para el posterior desarrollo del proyecto.

En la siguiente hoja se muestra un ejemplo concreto de un Plan de Hitos Estratégicos.

Plan Estratégico buque C.367. IZAR Gijón 12.06.01**Fechas**

1.	Estimación de Materiales/Contenidos de Trabajo para Presupuestación.		18.06.01
2.	Carga de Trabajo / Capacidad.		21.06.01
3.	Presupuesto de Entrada en Vigor.		21.06.01
4.	Disposición General.		08.06.01
5.	Cuaderna Maestra. Aprobada por	DNV	18.06.01
		Armador	10.07.01
6.	Planos de Acero Zona de Carga.	Preliminares	18.06.01
		Aprobados	30.06.01
7.	Resto de Planos de Acero. Sin Superestructura	Preliminares	15.09.01
		Aprobados	15.10.01
8.	Disposición General de Cámara de Máquinas.	Preliminar	28.06.01
		Definitiva	15.10.01
9.	Rutas Principales de Servicios.		15.09.01
10.	Esquemas de Armto. que afectan a d/fondo carga y forros	Preliminar	28.06.01
		Aprobados	19.07.01
11.	Resto de Esquemas de Armamento.	Preliminares	15.09.01
		Aprobados	15.10.01
12.	Información Técnica de Equipos	Motor Principal	28.06.01
		Línea de ejes y hélice	16.07.01
		Multiplicador	16.07.01
		Motores Auxiliares	16.07.01
		Calderas	09.07.01
		Servo y Timón	30.07.01
		Hélice de proa	16.07.01
		Bombas de Lastre y Limpieza	28.06.01
13.	Pedidos Críticos. Acero Inoxidables y Carbono 1eros. pedidos		25.06.01
	Tubería de GRP		30.07.01
	Bombas de Lastre y Limpieza Tanques		28.06.01
	Bombas y Sistema de Carga		28.06.01
	Paquete Propulsivo		25.06.01
14.	Despiece en Bloques. Pesos y Dimensiones.	Preliminar	22.06.01
		Definitivo	30.07.01
15.	Procesos de Fabricación de Bloques.	Zona de Carga	06.07.01
		Resto	22.10.01
16.	Aberturas Provisionales.	D/fondo y forros	28.06.01
		Resto	14.09.01
17.	Disposición de Zonas, Subzonas y Áreas.		30.07.01
18.	Módulos de Armamento.	Preliminar	30.07.01
		Definitivo	28.09.01
19.	Estrategia de Armamento.	D/fonfo y forros	30.07.01
		Resto	30.10.01
20.	Estrategia de Pintura.		30.06.01
21.	Estrategia de Andamiado.		28.09.01
22.	Plan de Montaje de Bloques y Módulos	Preliminar	29.06.01
		Definitivo	30.07.01
23.	Materiales de Previsión.	D/fondo y forros	25.07.01
		Resto	25.10.01
24.	Plan de Acopios de Largo Periodo.	Inicial	15.06.01
		Final	06.07.01
25.	Plan Maestro de Fabricación de Bloques y Armamento Adelantado		29.06.01

Carga de Trabajo

En esta etapa inicial del proyecto, cuando aún no se dispone ni de un plano de despiece en bloques y su plan de montaje, se hace sin embargo necesario disponer de una previsión de carga mensual de horas de trabajo en el proyecto, con el fin de poder estimar el coste de los trabajos de Ingeniería y Producción, que depende del coste por hora en cada año y del número de horas previstas a invertir.

Pero solo disponemos de un plan de efemérides principales, por lo que se hace necesario disponer de unas curvas estándar del porcentaje de avance, por tipo de buque, de Ingeniería, Acero y Armamento, para poder obtener una estimación mensual de carga de trabajo en cada una de esas áreas.

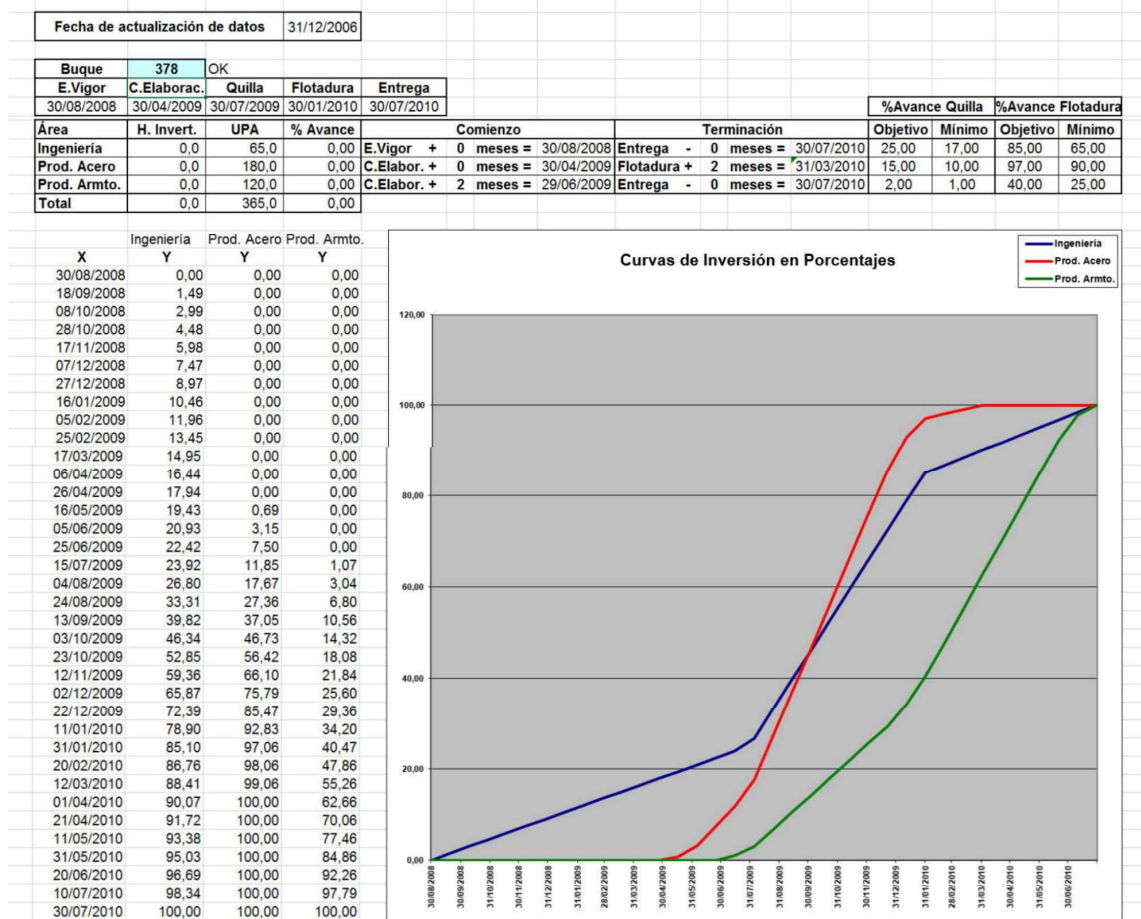
Para facilitar esta tarea, en el año 2006, desarrollé un programa informático que es capaz de hacer un reparto mensual de las horas de trabajo, desglosadas en propias y subcontratadas, de Ingeniería, Producción Acero y Producción Armamento, para cada uno de los buques del Plan de Construcción del Astillero y abarcando cada uno de los años de vigencia de dicho plan.

Los inputs necesarios para obtener dicho desglose de la carga de trabajo en horas, son los siguientes:

- ✓ Calendario laboral durante el periodo de vigencia del plan.
- ✓ Capacidades máximas mensuales propias y subcontratadas.
- ✓ Efemérides principales de cada buque:
Fechas de Entrada en Vigor, Comienzo de Elaboración, Quilla, Botadura/Flotadura y Entrega.
- ✓ Previsión de horas a invertir por buque en cada área, así como las horas ya invertidas a la fecha.
- ✓ Y con el objetivo de ajustar las curvas estándar de avance de horas en porcentaje para Ingeniería, Acero y Armamento, a la forma de trabajar de cada Astillero y a los objetivos concretos

de cada buque, se puede ajustar cada curva estándar concretando las fechas objetivo previstas para inicio y terminación, respecto a las efemérides principales, así como los porcentajes objetivo de avance de obra en cada efeméride, de Ingeniería, Acero y Armamento. Esto permite modificar proporcionalmente cada curva estándar de avance de obra en porcentajes de acuerdo a los objetivos.

- ✓ El programa realiza, de acuerdo a estas premisas, una distribución mensual de horas de trabajo para cada buque y área, y avisa del desplazamiento de efemérides si la carga de trabajo total supera la capacidad total, propia más subcontratada.



Plan Maestro del Buque

Es el primer plan que da una visión general del proyecto, con unas líneas generales de los trabajos de Diseño Básico, Ingeniería de Detalle, Acopios, Producción Acero y Producción Armamento.

Esto permite, a todos los responsables del proyecto de cada Área, tener una visión general del mismo y empezar a analizar su encaje dentro del resto de buques que componen el Plan de Construcción del Astillero y a optimizar los recursos.

Pero, en cualquier caso, según mi opinión, lo más importante de este plan está relacionado con el Diseño Básico, cuyos planos abren la puerta al desarrollo de los siguientes planes, como es el caso de los planos de escantillonado de acero, que permiten definir el plano de bloques y su plan de montaje, fundamental para el desarrollo del resto de la planificación.



PLAN MAESTRO DEL BUQUE

BUQUE 367

PLANIFICACIÓN Y CONTROL

EFEMÉRIDES →

E.V.C.

E.

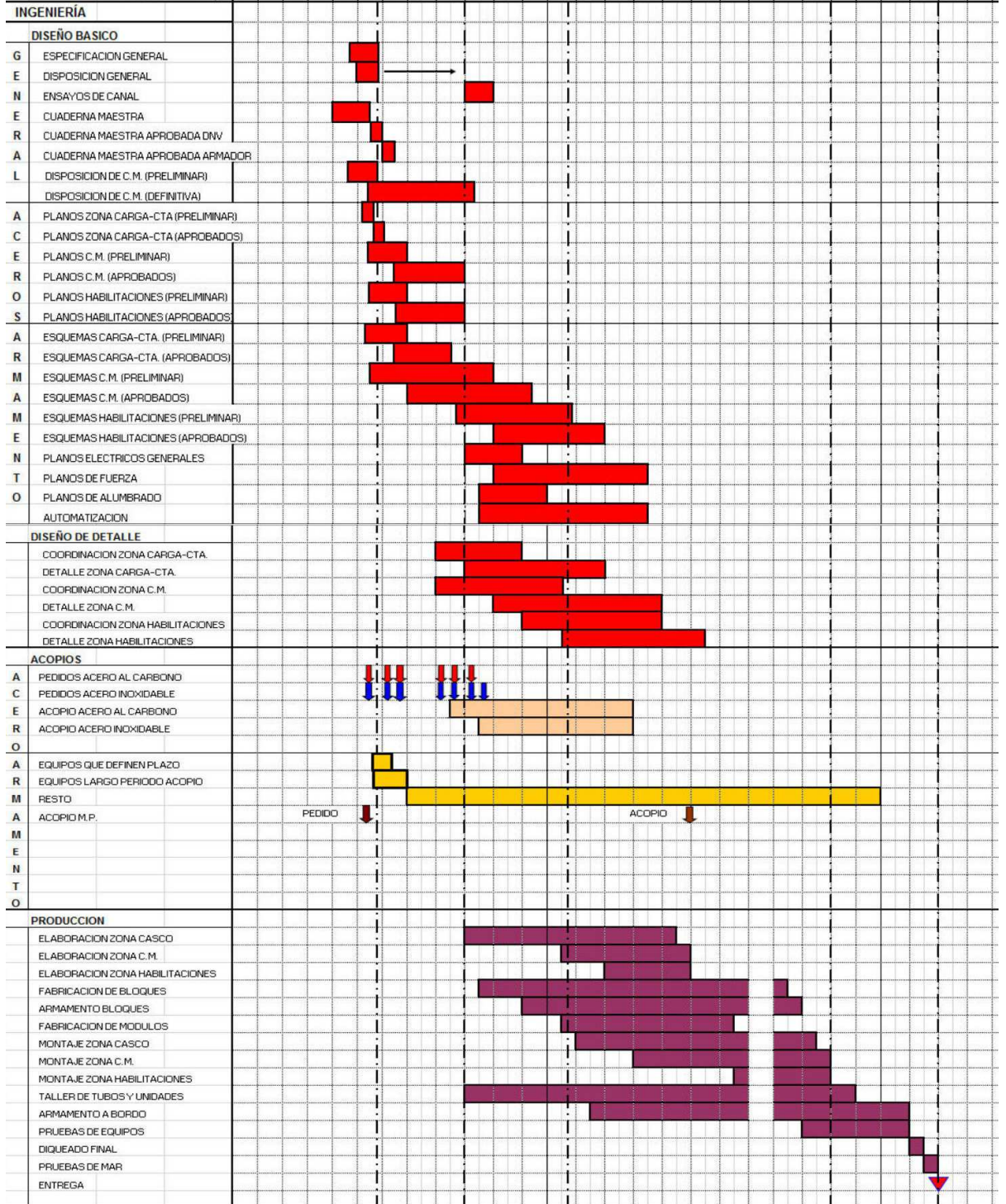
Q.

B.

E.

MESES →

2.001 2.002 2.003



Plan de Montaje

Una vez realizado el plano de despiece en bloques del buque, se define el Plan de Montaje de Bloques, que es un plan fundamental, pues es la base sobre la que se desarrollará el resto de planes, maestros y operativos, de Acero y Armamento Adelantado, en Producción e Ingeniería.

Este Plan suele materializarse de una forma gráfica, en una retícula cuadrículada, con un perfil o esquema del despiece en bloques del buque en su parte baja, y sobre él a la izquierda y en vertical, un listado de los bloques de buque y un calendario de fechas de montaje.

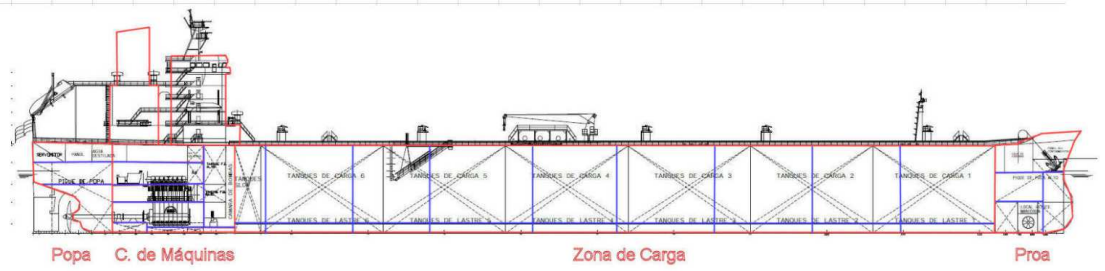
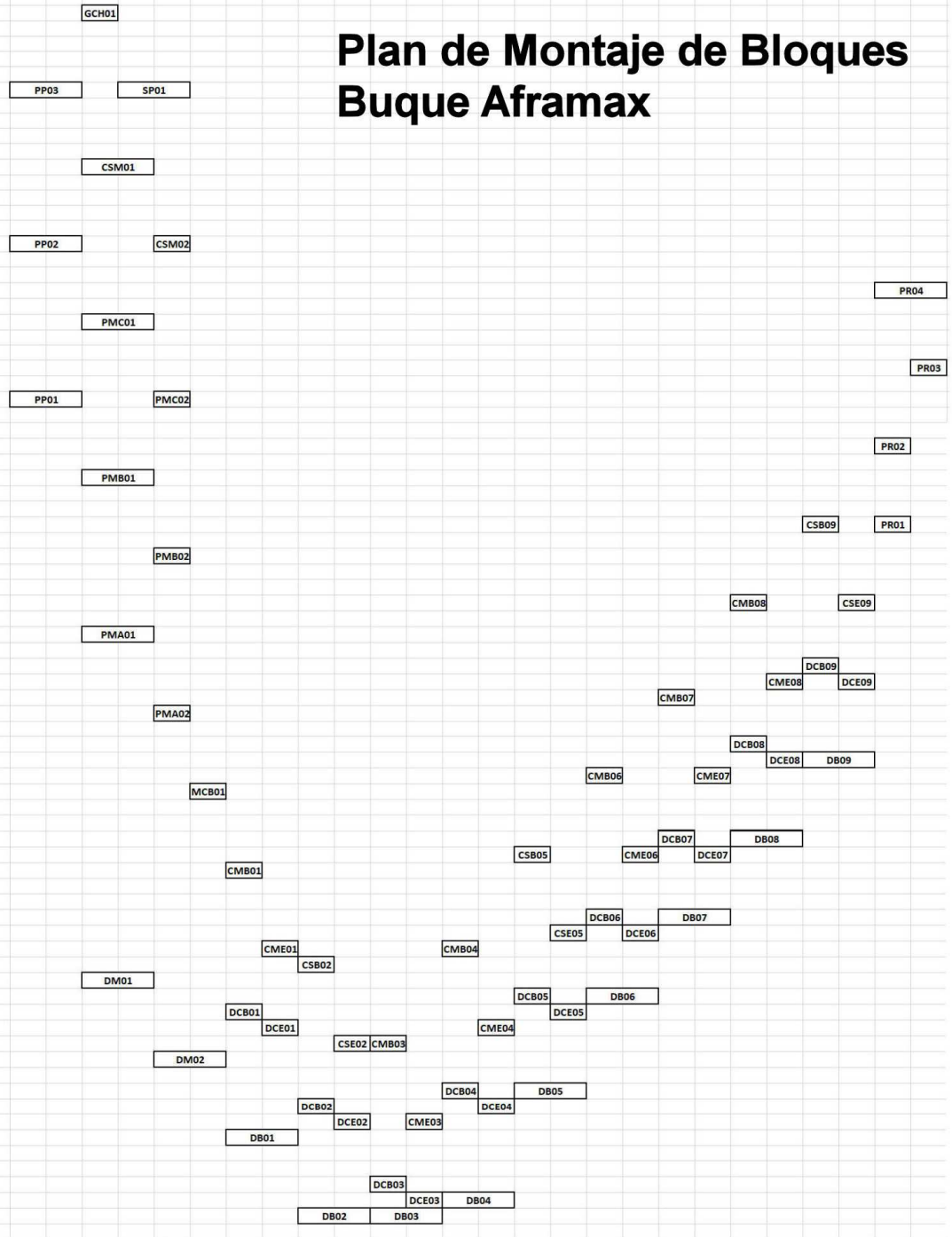
El montaje de cada bloque queda representado en la cuadrícula que queda en la columna vertical de su posición en el esquema inferior del buque, y en la fila horizontal de la fecha correspondiente a su montaje, dando una imagen muy gráfica de como se monta el puzle que conforma el conjunto de los bloques del buque.

Dicho Plan de Montaje puede enriquecerse con la siguiente información adicional:

- ✓ Porcentaje del avance de montaje de cada bloque.
- ✓ Fecha de terminación del montaje de cada bloque.
- ✓ Responsable de la fabricación de cada bloque.
- ✓ Además, puede ser de gran utilidad añadir el montaje de equipos principales, cuyo montaje tiene que estar completamente coordinado con el montaje de determinados bloques.
- ✓ Del mismo modo se explica la utilidad de añadir el montaje de los módulos principales de armamento, como pueden ser grandes módulos de tuberías, unidades modulares, macrounidades, módulos container y módulos funcionales.

79
78
77
76
75
74
73
72
71
70
69
68
67
66
65
64
63
62
61
60
59
58
57
56
55
54
53
52
51
50
49
48
47
46
45
44
43
42
41
40
39
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

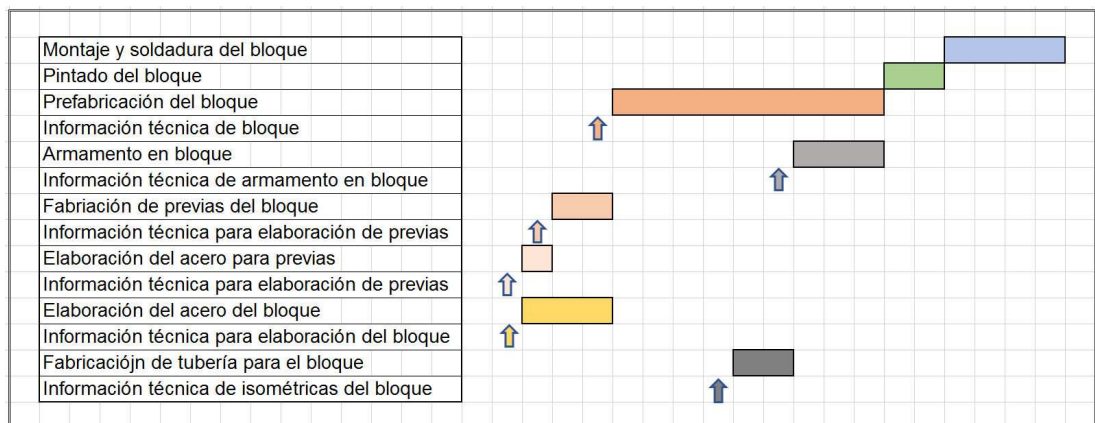
Plan de Montaje de Bloques Buque Aframax



Plan de Fabricación de Bloques y Armamento Adelantado

Mientras que el Plan Maestro del Buque es un plan orientativo, ya que en esa etapa aún no existe la información adecuada para un desarrollo preciso de las actividades de Producción, una vez hecho el Plan de Montaje se tiene la información suficiente para generar uno de los dos planes más importantes del proceso constructivo del buque, que es el Plan de Fabricación de Bloques y Armamento Adelantado.

Este plan, que toma como base en el Plan de Montaje, suele estar confeccionado con la siguiente información, en base a las fechas del montaje de cada bloque y de los módulos principales de armamento, según se ve en el ejemplo de este bloque:

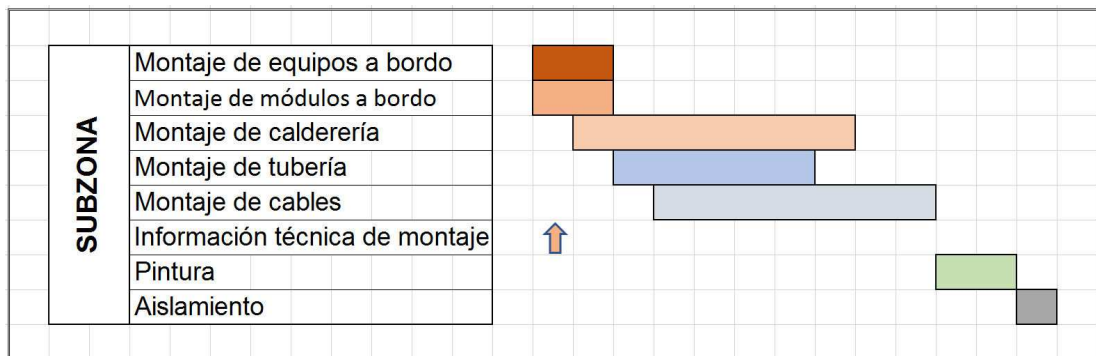


Este plan hay que realizarlo en la etapa más temprana posible, ya que es el punto de partida para poder realizar el resto de los planes maestros de Armamento, Ingeniería y Acopios.

Plan de Armamento a Bordo

Este plan es el segundo más importante del proceso constructivo del buque. En este caso la referencia deja de ser los bloques, siendo ahora las zonas y subzonas del buque, sobre las que debemos planificar el montaje a bordo del armamento, cableado eléctrico y pintura, para dar paso a las posteriores pruebas de sistemas, pruebas de equipos y pruebas de mar.

Por lo tanto, este plan tiene que partir de un desglose del buque en zonas y subzonas, y en cada una de estas últimas planificar la realización de los siguientes trabajos, como se muestra en el siguiente ejemplo, donde el montaje de cables es orientativo, pues esta actividad es transversal abarcando varias subzonas a la vez.



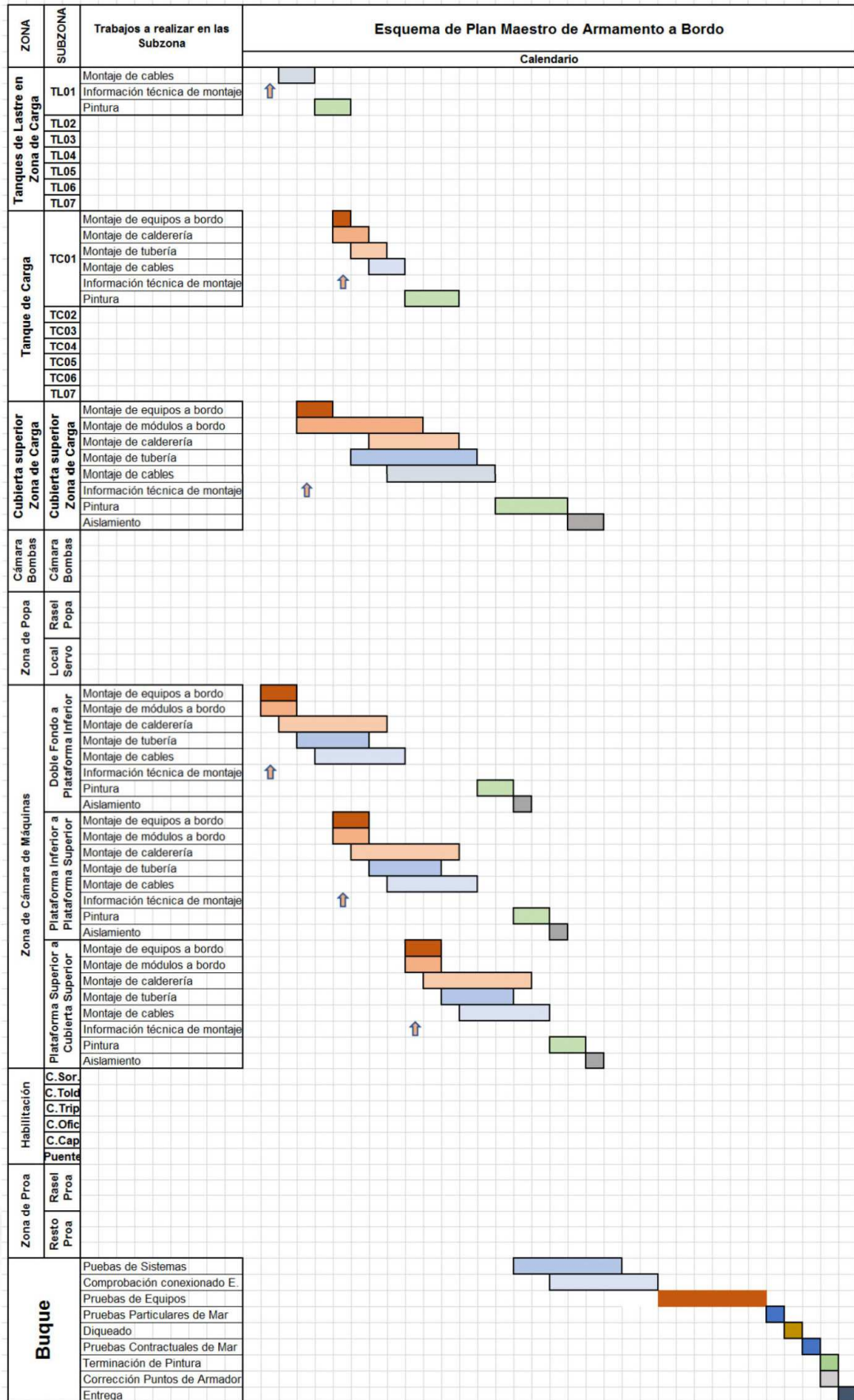
A continuación, conforme se va terminando el montaje de tuberías de cada sistema, se procede a la prueba del mismo.

Después, cuando también está terminado el tendido de cable que afecta a un equipo y comprobado el conexionado eléctrico, se hace la prueba de dicho equipo.

Una vez se han realizado las pruebas de los sistemas y equipos, y el que ha hecho el diqueado y pintado final del casco, se procede finalmente con las pruebas de mar.

Una mención a las pruebas neumáticas/hidráulicas de tanques, que hay también que planificar, pero que hay que estudiar en cada caso cuando realizarla.

Como no cabe en una hoja un plan completo del armamento a bordo de un buque, se muestra un esquema del mismo.



Plan Maestro de Ingeniería

El Plan Maestro de Ingeniería debe incluir, en primer, lugar la aprobación de los planos básicos, que son la llave para el desarrollo de los planos de detalle, los cuales deben dar respuesta a las necesidades de información técnica para Producción, tanto de Acero como de Armamento, reflejadas en los planes maestros que se han indicado anteriormente.

El Plan Maestro de Ingeniería de Acero debe, por lo tanto, incluir la planificación de los planos de aprobación del escantillonado de la estructura, así como de la siguiente información técnica, por bloque, para cumplir con las necesidades previstas en el Plan Maestro de Fabricación de Acero:

- ✓ Para la elaboración del acero y fabricación de previas.
- ✓ Para la fabricación de cada bloque.

El Plan Maestro de Ingeniería de Armamento debe incluir la planificación de los planos de aprobación de los esquemas de los sistemas de tubería y eléctricos, así como de la siguiente información técnica, por bloque, para cumplir con las necesidades previstas en el Plan de Fabricación de Bloques y Armamento Adelantado, y las previstas en el Plan de Armamento a Bordo:

- ✓ Para la elaboración de la tubería de cada Módulo de armamento.
- ✓ Para la fabricación de cada Módulo de armamento.
- ✓ Para la elaboración de la tubería a montar en cada bloque.
- ✓ Para la fabricación de la calderería a montar en cada bloque.
- ✓ Para el montaje del armamento en bloque.
- ✓ Para la elaboración de la tubería a montar en cada subzona.
- ✓ Para la fabricación de la calderería a montar en cada subzona.
- ✓ Para el montaje del armamento en cada subzona.
- ✓ Información técnica de pruebas.

A continuación, se muestra el ejemplo de un Plan Maestro de Ingeniería de Acero. No está completo pues en una hoja no entran todos los bloques de forma que se pueda ver legiblemente.

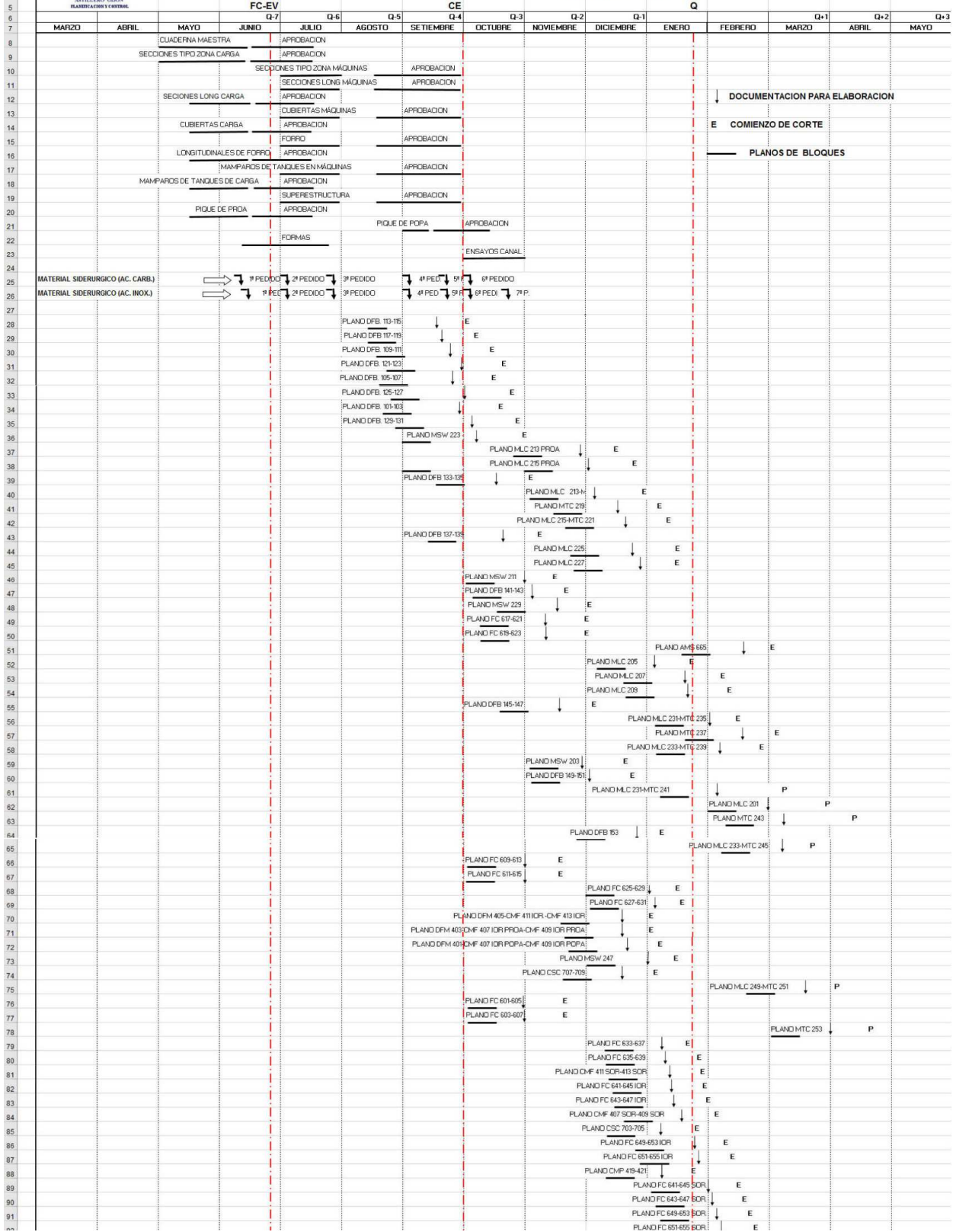


ASTILLERO GIGON
INDUSTRIAS Y CONSTRUCCION

PROGRAMA MAESTRO DE INGENIERIA ACEROS

BUQUE : QUIMIQUERO (CONSTRUCCION Nº 367)

SECCION : ACEROS



Plan de Acopios de Largo Plazo

Este plan tiene que realizarse en la etapa más temprana posible, incluso haciendo si es necesario un plan preliminar, ya que define las necesidades de los equipos con largo plazo de entrega, o bien aquellos que, aun no teniendo un largo plazo de entrega, su montaje afecta de una forma importante al plazo de construcción de buque.

Afecta de una forma directa, no solamente a Compras sino también a Ingeniería, pues se necesita una información técnica de pedido y el análisis de la información técnica entregada por el suministrador, que es un punto crítico para el desarrollo del resto de la ingeniería del buque afectada por cada equipo.

Por lo tanto, este plan debe incluir, para cada equipo afectado por el largo plazo, las siguientes fechas de necesidad:

- ✓ Especificación técnica de pedido, que debe ser realizada por Ingeniería, ajustarse a los requerimientos de la Especificación Técnica del Buque, pero tratando de ajustarse en todo lo posible a los estándares del mercado, lo que esto afectará claramente al precio de compra.
- ✓ Gestión y lanzamiento del pedido.
- ✓ Fecha de necesidad de la información técnica del equipo entregada por el suministrador, que ya se ha explicado que es un punto crítico.
- ✓ Fecha de necesidad de entrega del equipo, que corresponde con los planes maestros de armamento adelantado y armamento a bordo.

Seguidamente se muestra un Plan preliminar de Acopios de Largo Plazo.



IZAR
ASTILLERO SUON
PLANTIFICACIÓN

PLAN PRELIMINAR DE ACOPIOS (QUE DEFINEN PLAZO)

Buque: Quimiquero (Construcción N° 367)

LISTADO DE EQUIPOS	CANTIDAD	2001												2002												2003			
		JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR					
Materia siderúrgico (acero al carbono)		G																											
Materia siderúrgico (acero inoxidable)		G																											
Casquillos de bocina y portacasquillos	1 uds.	G	I						N																				
Equipo manejo de la carga :																													
- Power pack	1 uds.	G		I																									
- Bombas	28 uds.	G		I																									
21.1 Motor principal	1 uds.	G	I																										
21.1.1 Multiplicador	1 uds.	G	I																										
Línea de ejes, hélice	1 uds.	G	I																										
36.6 Hélice de manobra y accesorios	1 uds.	G			I																								
36.2 Timón	1 uds.		G																										
Tronco de limera	1 uds.		G																										
Bombas de lastre tanque profundo	2 uds.		G-I																										
22.1 Caldera	2 uds.		I-G																										
Bombas C. I.	1 uds.				E	G	I																						
Bombas limpieza tanques	2 uds.		G-I																										
Bombas de trasiego	2 uds.				E	G	I																						
23.1 Motores auxiliares	3 uds.		E	G		I																							
23.1 Grupo de emergencia	1 uds.		E	G		I																							
36.1 Servomotores y equipo asociado	1 uds.		E	G		I																							
23.2 Alternador de cola	1 uds.		E-G		I																								
Habilitación			E																										
- Ingeniería																													
- Producción																													
Electricidad			E	G																									
- Ingeniería						N																							
- Producción																													
33.1 Aire acondicionado	1 uds.																												
38 Equipo automatizado	1 uds.		E	G																									
Equipos náuticos																													
Válvulas telemandadas			E	G-I																									
Tubería de GRP			G																										

CLAVES

- E Especificación Técnica de Pedido
- G Gestión de Pedido (Fecha lanzamiento pedido)
- I Información Técnica (Fecha de llegada)
- N Fecha de necesidad del acopio

Plan de Acopios

Este plan agrupa ya la totalidad de los acopios del buque, ya sean de largo o corto plazo.

Se estructura definiendo el total de las necesidades de acopio de acuerdo con cada uno de los apartados de la especificación técnica del buque.

Tiene el mismo esquema que los acopios de largo plazo, pero aquí añadimos la información de la fecha de acopio además de la necesidad. La diferencia entre ambas fechas marca el tiempo previsto de almacenaje, y aunque lo deseable sería que fuera el mínimo posible, incluso un “just in time”, cada astillero lo fija de acuerdo con su política y con el grado de fiabilidad de sus suministradores.

A continuación, se muestra el ejemplo de un Plan de Acopios parcial, ya que no está completo pues en una hoja es imposible visibilizar la totalidad de los acopios de un buque.

IZAR
ASTILERO GIJON
Planificación

PLAN DE ACOPIOS

Buque : **QUIMQUERO (367)**

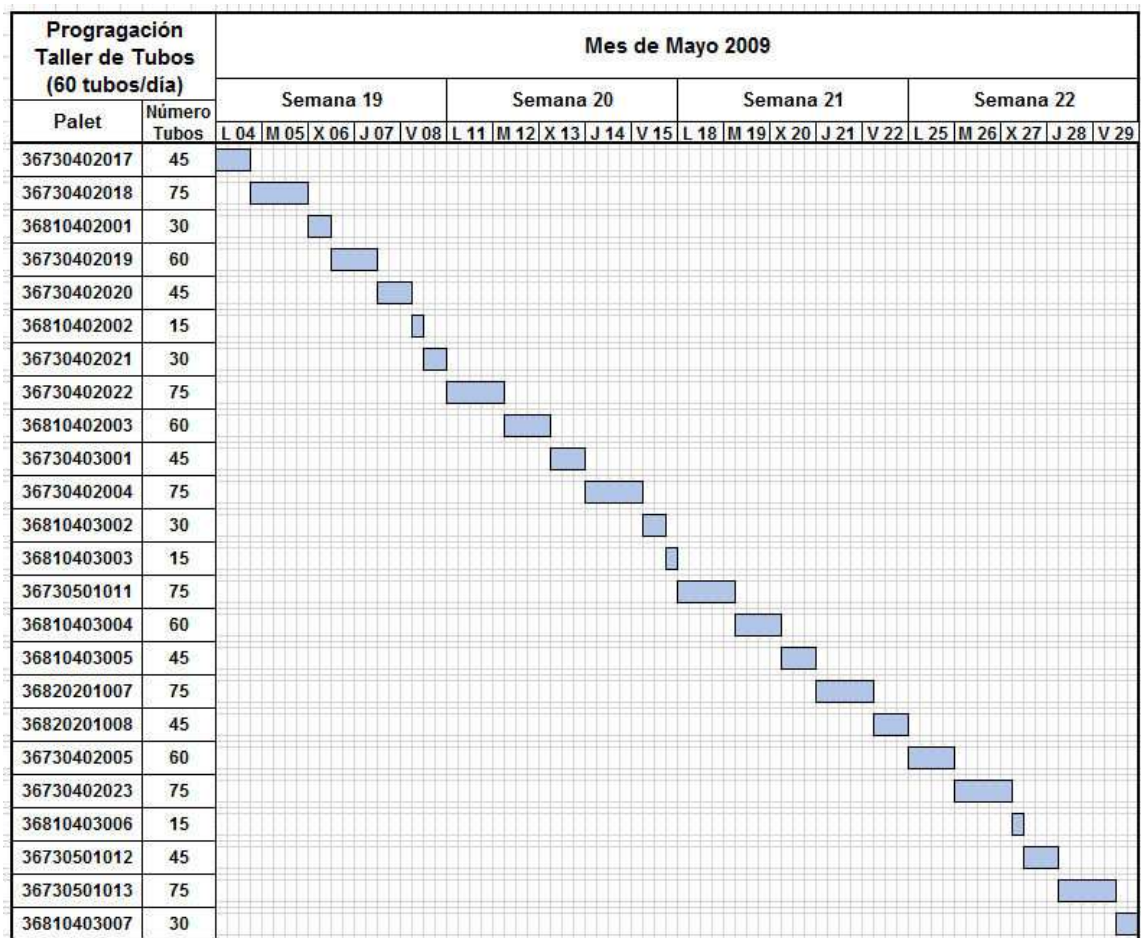
Los caracteres en rojo indican que ya está realizado.
E Especificación Técnica de Pedido
G Gestión de Pedido/ Fecha lanzamiento pedido)
I Información Técnica (Fecha de llegada)
A Fecha de acopio
N Fecha de necesidad del acopio

CANTIDAD	DURACION	LISTADO DE EQUIPOS	2001												2002												2003											
			EHE	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	EHE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	EHE	FEB	MAR	ABR	MAY										
21.1	MOTOR DE PROPULSION DIESEL	1 uds.																																				
		Motor Principal (diesel)																																				
21.2	LINEA DE EJES	1 uds.																																				
		Multiplificador																																				
21.3	BOMBAS AUXILIARES DEL MOTOR PROPULSOR	1 uds.																																				
		Equipo hidraulico de la hélice																																				
		1 uds.																																				
		Hélice																																				
		Piezas fundidas de la bocina																																				
21.4	EQUIPO ESTÁTICO AUXILIAR AL MOTOR PROPULSOR	3 uds.																																				
		Bombas de agua salada																																				
		2 uds.																																				
		Bombas para sistema alta temperatura																																				
		Bombas para sistema baja temperatura																																				
21.5	EQUIPO DE AIRE DE ARRANQUE PARA EL MOTOR PROPULSOR	2 uds.																																				
		Bombas lubricación MP																																				
		2 uds.																																				
		Bombas lubricación refrigeración pistón																																				
		2 uds.																																				
22.1	CALDERAS	4 uds.																																				
		Enfriadores de placas																																				
		1 uds.																																				
		Precalemador A.D. refrigeración cilindros																																				
		1 uds.																																				
22.2	BOMBAS DE ALIMENTACIÓN DE AGUA	3 uds.																																				
		Bombas alimentación calderas auxiliares																																				
		2 uds.																																				
		Bombas alimentación caldera exhaustión																																				
		1 uds.																																				
22.3	GENERADOR DE AGUA DULCE	1 uds.																																				
		Bomba trasiego de agua																																				
		1 uds.																																				
		Generador de agua dulce																																				
		1 uds.																																				

Programación de Talleres

Una vez realizados los planes maestros, en los talleres y zonas de trabajo, hay que hacer la programación de los trabajos, en función de los indicadores adecuados en cada uno de ellos, de forma que se pueda confirmar en el detalle los objetivos marcados en los planes maestros, o en caso contrario actuar en dichos talleres o zonas para poner las medidas que pudieran resolver el problema, ya sea incrementando el personal, los turnos o la subcontratación.

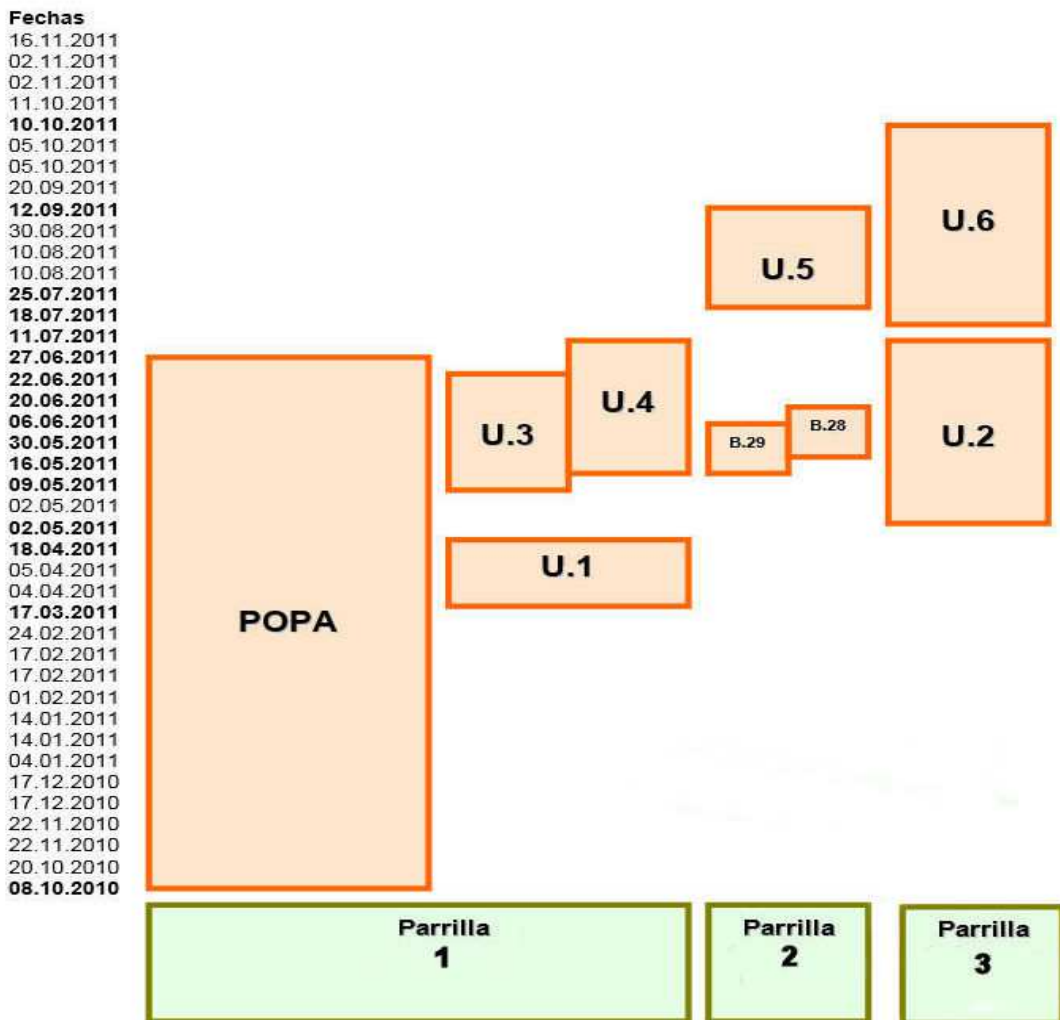
Hay talleres donde el indicador de la producción en el mismo se relaciona con las unidades físicas, ya sea el número de tubos, los metros de corte, los metros de soldadura, etc. Este es el caso del Taller de Tubos donde el indicador es el número de tubos elaborados al día, siendo dicho indicador el que nos permitirá hacer la programación del mismo, como se ve en el ejemplo siguiente.



En otros talleres la programación está delimitada por el espacio físico para la realización de los trabajos y el tiempo necesario para cada uno de ellos, el cual estará delimitado por el indicador de producción de dicho producto intermedio.

Este es el caso del ejemplo siguiente, referente al premontaje de bloques, cuya programación debe considerar el tiempo de premontaje en función del indicador de producción, que pueden ser los metros de unión y soldadura, y además considerar el espacio de trabajo que va a ocupar durante ese tiempo, ya que este espacio es limitado. Como se ve en el siguiente ejemplo.

Ocupación de Espacios de Premontaje



Finalmente recordar que la última programación a realizar es la de los maestros, ya que ellos tienen que asignar los trabajos concretos a cada uno de los operarios, para cumplir las fechas del plan.

Planes de Pruebas

Los diferentes tipos de pruebas a considerar son los siguientes:

- ✓ Pruebas de Tanques.
- ✓ Pruebas de Sistemas.
- ✓ Pruebas de Equipos.
- ✓ Pruebas de Mar.

Pruebas de Tanques

Ya sean las pruebas neumáticas para confirmar la estanqueidad de los tanques o las pruebas hidráulicas, requeridas por la Sociedad de Clasificación, para confirmar validez estructural, deben planificarse dentro de la etapa de construcción en que se van a realizar. Las neumáticas en la grada/dique o en último caso en muelle, antes del pintado de los tanques. Las hidráulicas en el muelle si es posible y en caso contrario durante las pruebas de mar.

Pruebas de Sistemas

Conforme se van acabando los trabajos del montaje de tubería hay que asegurarse de la estanqueidad de cada tubo y de cada sistema. La estanqueidad de los tubos se puede ir probando en el taller de tubos al terminar de fabricarlos, o bien comprobarlos directamente al probar la estanqueidad de cada sistema. Esta última alternativa tiene la ventaja de que, si el astillero no suele tener problemas con la estanqueidad de los tubos, se reduce considerablemente el trabajo. Pero si hay problemas hay que solucionarlos a bordo o desmontar los tubos deficientes para su reparación, lo que puede suponer un coste y tiempo elevados.

Para programar estas pruebas hay que hacer un listado de todos los tubos de cada sistema, encajados en la fecha prevista de montaje de cada uno, para una vez montados todos planificar la fecha de la prueba del sistema.

Pruebas de Equipos

Las pruebas de equipos hay que realizarlas con los protocolos preparados para las mismas, aprobados por el Armador y de acuerdo con el fabricante de cada uno de ellos.

Estas pruebas se realizarán en muelle, siempre que sea posible, dejando para las pruebas de mar solo aquellas que sea necesario.

Es evidente que para estar preparado para hacer la prueba de un equipo hay que haber terminado y probado los sistemas que le afectan, así como el conexionado eléctrico correspondiente y los equipos involucrados en el funcionamiento del equipo a probar.

Pruebas de Mar

Estas pruebas sirven para verificar que el comportamiento del buque en la mar corresponde con lo especificado, confirmando la validez del diseño, sus equipos y la propia construcción del buque.

Por lo tanto, las pruebas de mar deben incluir, entre otras, la verificación de las siguientes pruebas:

- ✓ Ajuste del Compas Magistral (Magnético).
- ✓ Prueba de fondeo.
- ✓ Pruebas de maniobrabilidad del buque.
- ✓ Prueba del servo/timón.
- ✓ Prueba de resistencia del motor principal.
- ✓ Prueba de cámara de máquinas desatendida.
- ✓ Prueba de “Crash-Stop”.
- ✓ Comprobación de los equipos de navegación y comunicación.
- ✓ Comprobación del piloto automático.
- ✓ Pruebas de velocidad.
- ✓ Comprobación de ruidos y vibraciones.
- ✓ Así como todas las pruebas que sean específicas del tipo de buque en concreto y aquellas que estén especificadas de acuerdo con el Armador.

Ya que las pruebas de mar son las de mayor coste a que se tiene que someter el buque, deberían, de antemano en el muelle, haberse realizado todas aquellas pruebas que no requieran expresamente comprobar su funcionamiento en la mar. Además, las pruebas de mar, con el objetivo de completarlas en el menor tiempo posible, deben programarse bajo estas premisas:

- ✓ Solapar aquellas pruebas que se puedan realizar en paralelo por requerir técnicos diferentes y no interfieran entre sí.
- ✓ Utilizar tiempos nocturnos para realizar pruebas que requieran mucho tiempo y la atención de poco personal, como la cámara de máquinas desatendida.
- ✓ Especificar el comienzo y terminación previstos de cada prueba, para que todo el personal se pueda organizar.

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de un Plan de Pruebas de Mar.

Buque 367		Plan de Pruebas de Mar						
Día	Hora	Popa	Cámara Máq.	Puente Naveg.	Habilitaciones	Carga y Lastre	Proa	
14 de Abril de 2003	8:00	Embarque, salir de puerto y terminar de lastrar						
	8:59							
	9:00							
	9:59							
	10:00							
	10:59							Ajuste Compas
	11:00							
	11:59							Prueba FONDEO
	12:00							
	12:59							
	13:00	Prueba Servo						
	13:59							
	14:00							
	14:59							Comprobación Funcionamiento Equipos Navegación y Comunicación
15:00								
15:59								
16:00								
16:59								
17:00								
17:59								
18:00								
18:59							Maniobrabilidad	
19:00								
19:59								
20:00								
20:59								
21:00								
21:59							Piloto Automático	
22:00								
22:59								
23:00								
23:59							Preparar Prueba CM Desatendida	
15 de Abril de 2003	0:00							
	0:59							
	1:00							
	1:59							Prueba de Resistencia MP
	2:00							
	2:59							de
	3:00							
	3:59							Cámara de Máquinas Desatendida
	4:00							
	4:59							
	5:00							
	5:59							
	6:00							
	6:59							
7:00								
7:59								
8:00								
8:59								
9:00								
9:59							Pruebas de velocidad	
10:00								
10:59								
11:00								
11:59							Crash-Stop	
12:00								
12:59								
13:00								
13:59								
14:00								
14:59							Medición de Ruidos y Vibraciones	
15:00								
15:59								
16:00								
16:59								
17:00								
17:59								
18:00								
18:59							Empezar a deslastrar, vuelta a puerto y desembarque	
19:00								
19:59								

Fabricación

Fabricación

Ya que la Planta de los Astilleros condiciona de una forma decisiva los procesos de Fabricación del buque, empezaremos este apartado dando un repaso a como han ido evolucionando los Astilleros a lo largo del tiempo, haciendo también mención a su organización y componentes de la Planta. (Utilizaré en este apartado parte de una conferencia que di, en la Escuela Superior de Ingenieros Navales de Madrid, en el mes de mayo del año 2012).

Seguidamente haremos mención a las principales acciones que han mejorado de una forma decisiva la productividad de los procesos de Fabricación del buque en los últimos años del siglo XX, adicionales a las ya indicadas en la **Estrategia Constructiva**.

Daremos una visión general de los siguientes temas:

- ✓ **Astilleros: Evolución.**
- ✓ **Tecnología de Grupos.**
- ✓ **Precisión Dimensional.**
- ✓ **Armamento Adelantado.**
- ✓ **Paletización.**
- ✓ **Mejora de Procesos.**
- ✓ **Una Reflexión.**
- ✓ **Desafíos y Oportunidades.**

Astilleros: Evolución

Índice

- 1 Organización de Astilleros
- 2 Evolución de las Plantas
- 3 Componentes de la Planta
 - 3.1 Instalaciones principales de Fabricación
 - 3.2 Instalaciones auxiliares de Fabricación
 - 3.3 Equipos y Maquinaria
 - 3.4 Almacenes
 - 3.5 Edificios
 - 3.6 Viales de comunicación

1 Organización de Astilleros (1)

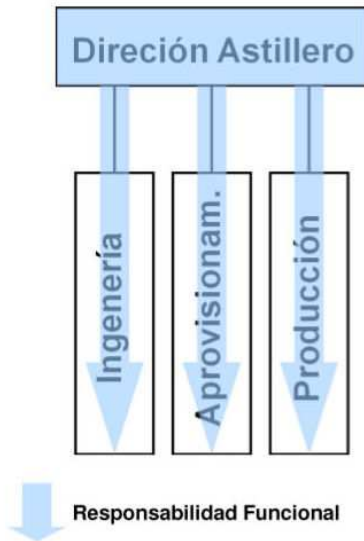
Los **Recursos Humanos** son el activo principal de una empresa y los mismos se agrupan de acuerdo a una **Estructura Organizativa**, que es el esquema de jerarquias y división de las funciones componentes de la empresa.

Tradicionalmente las estructuras organizativas han respondido a un esquema de **Organización Funcional** (departamental o de Taylor), jerarquizado.

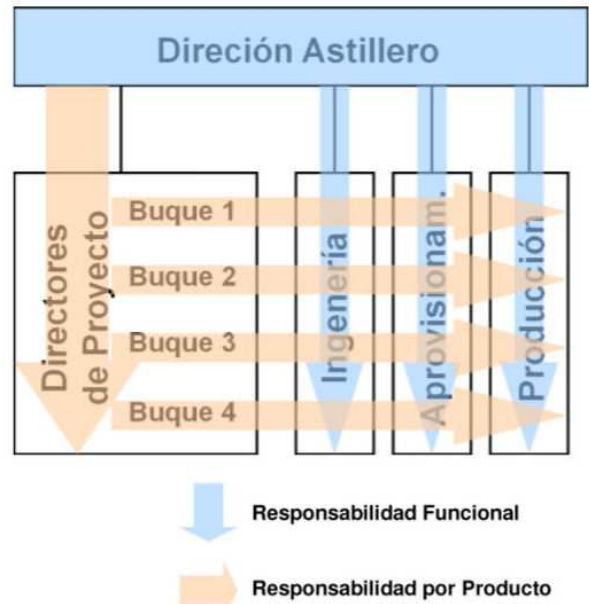
Este esquema organizativo ha dado paso en algunos astilleros a una **Organización Matricial**, dentro de las áreas técnicas, con la aparición de la figura de los Directores de Proyecto.

1 Organización de Astilleros (2)

Organización Funcional

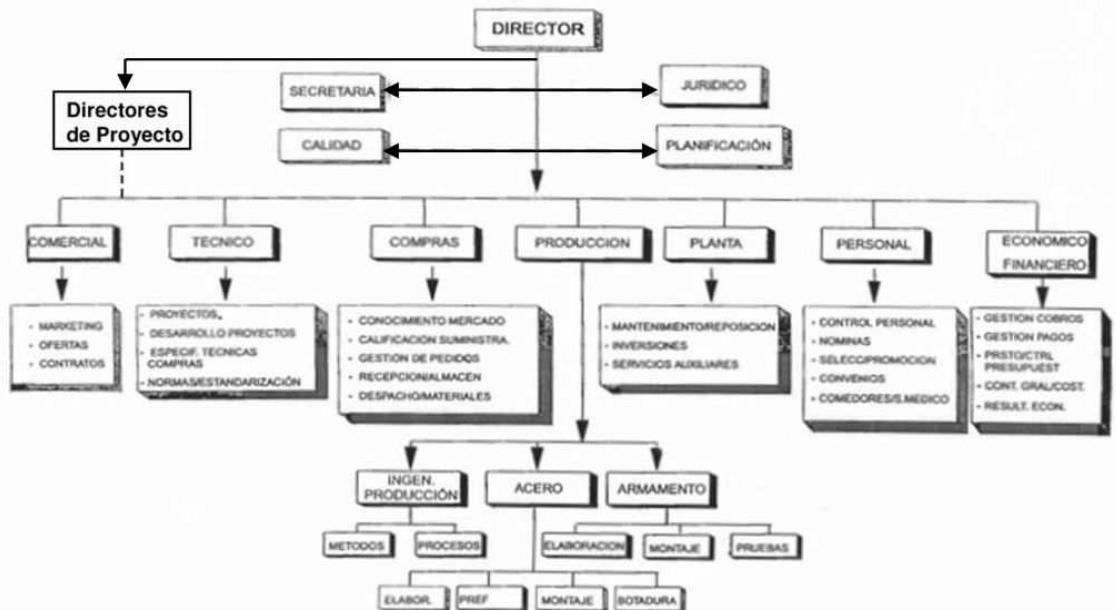


Organización Matricial



1 Organización de Astilleros (3)

Ejemplo de Organigrama de un Astillero



2 Evolución de las Plantas

A lo largo del pasado siglo la disposición en planta de los astilleros evolucionó debido a las modificaciones acaecidas en los **buques**, en la **tecnología**, en la **organización** de los propios astilleros y en las **condiciones socioeconómicas**.

De conformidad con ello, se distinguen 4 generaciones en las disposiciones en planta.

- 2.1 Plantas de 1ª Generación
- 2.2 Plantas de 2ª Generación
- 2.3 Plantas de 3ª Generación
- 2.4 Plantas de 4ª Generación

2.1 Plantas de 1ª Generación (1)

La 1ª generación (hasta los años 60), **típica de época de los buques remachados** y heredera de los siglos anteriores, venía condicionada por las siguientes circunstancias:

- Astilleros de concepto Integral
- Montaje pieza a pieza del casco estructural en la grada
- Larga permanencia del buque hasta su botadura
- Gran número de gradas por la duración del montaje
- Buques, en general, de tamaño inferior a los actuales
- Mano de obra numerosa y de bajo coste

2.1 Plantas de 1ª Generación (2)

Conceptualmente, el astillero podía circunscribirse en un rectángulo cuyo lado mayor coincidía con la línea de costa, por lo que el frente de agua ocupado era el resultado de la suma de las mangas de las gradas, ocupadas por buques con diverso grado de avance, y de las esloras de unos 3 buques a flote en proceso de armamento.

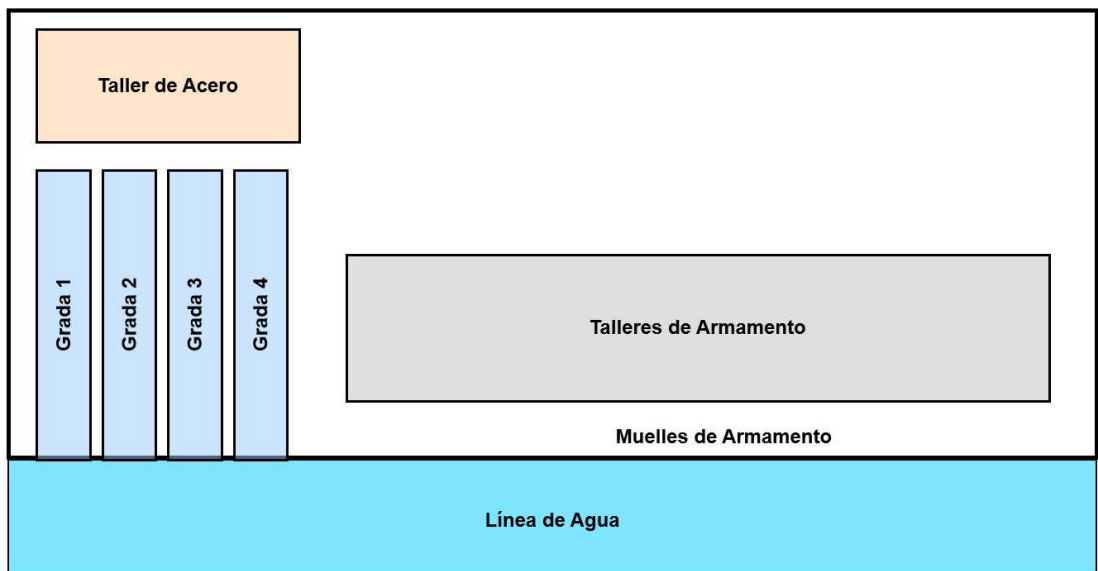
Los **talleres de aceros** dispuestos en la **cabecera de las gradas**, no se apartaban significativamente de ellas.

Los **talleres de armamento, de muy diverso tipo**, solían emplazarse **a lo largo del muelle de armamento**.

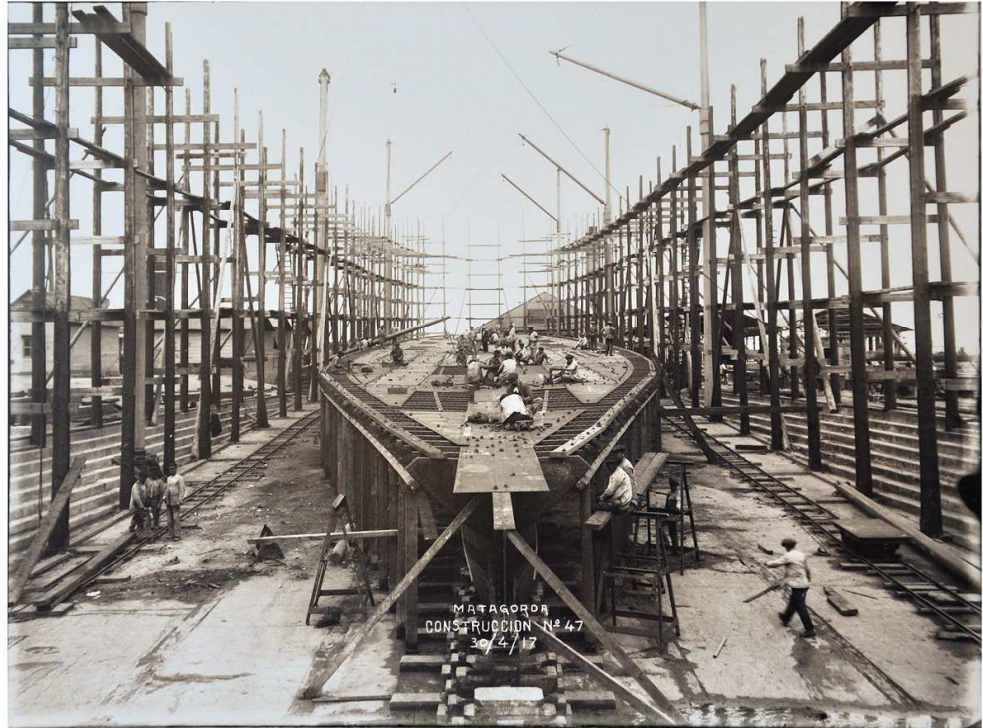
El número de **grúas** que daban servicio a las gradas, era alto y de una **capacidad unitaria de izado, reducida**.



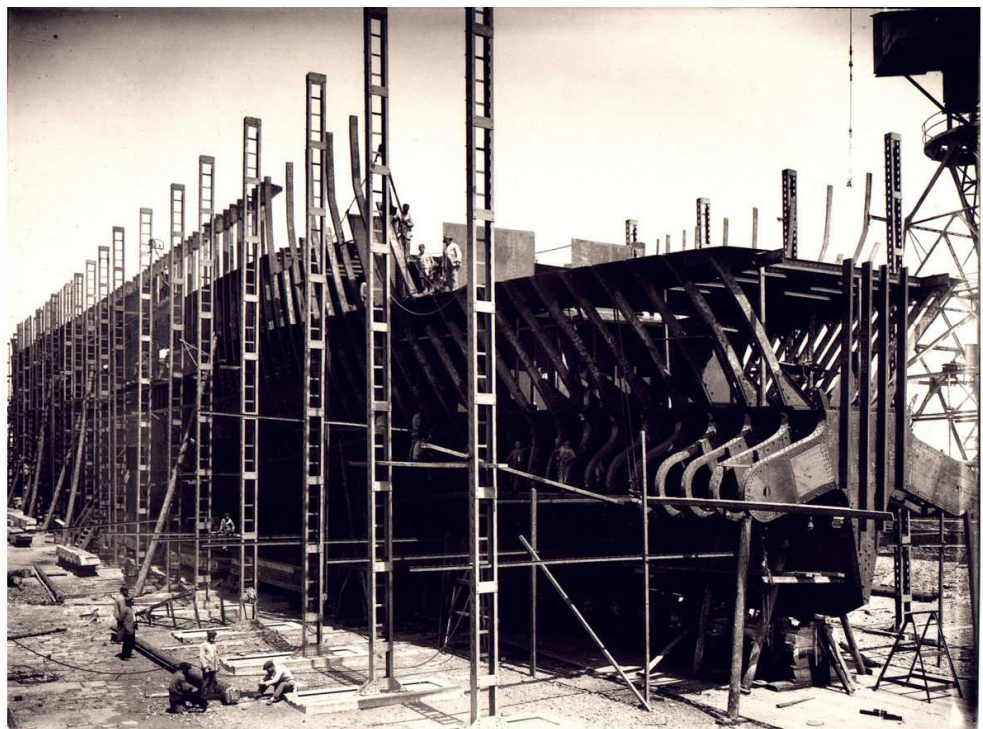
2.1 Plantas de 1ª Generación (3)



2.1 Plantas de 1ª Generación (4)



2.1 Plantas de 1ª Generación (5)



2.1 Plantas de 1ª Generación (6)



2.2 Plantas de 2ª Generación (1)

La aplicación masiva de la **soldadura y el montaje de los buques en la grada, con bloques prefabricados**, fueron los factores desencadenantes de la 2ª generación de los astilleros.

Se requería la **disponibilidad de amplios espacios**, para efectuar los procesos de **prefabricación de bloques**, entre los talleres de elaboración y las gradas, e intercalar áreas de almacenamiento intermedio.

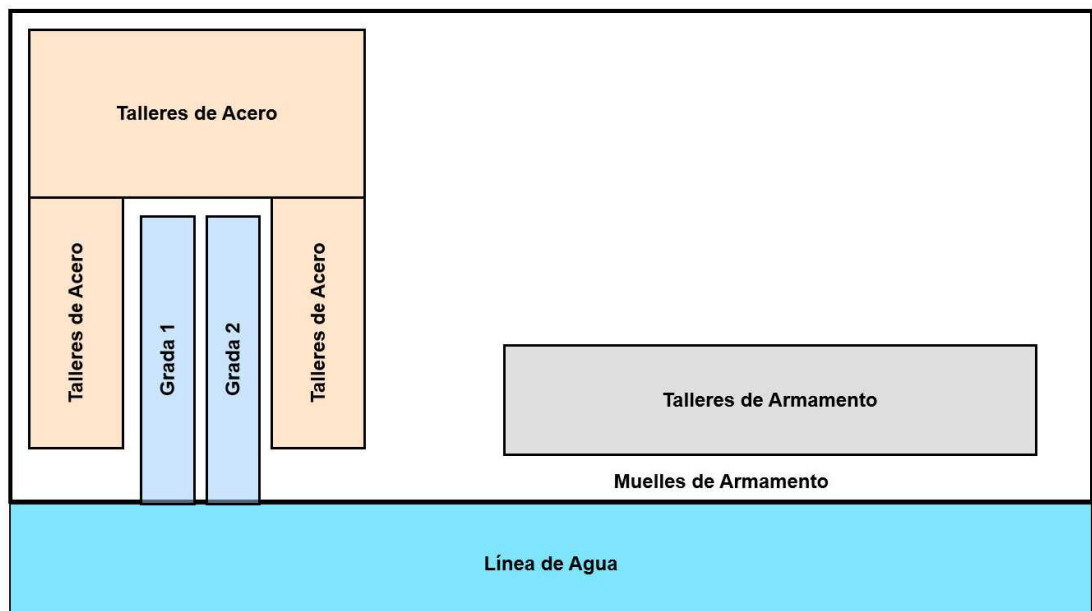
La duración de la estancia del buque en la grada, se redujo considerablemente, aumentándose de este modo, la capacidad de producción de las instalaciones. Lo que permitió la **reducción del número de gradas**.

2.2 Plantas de 2ª Generación (2)

En esta 2ª generación el espacio de los talleres de acero se incrementa considerablemente, para albergar, el parque de aceros laminados, los talleres de corte y curvado de planchas y perfiles, las zonas de almacenamiento de material elaborado en espera de ser prefabricado, las placas de prefabricación, en sus diversas etapas, las áreas de estacionamiento de los bloques aguardando su montaje en las gradas y, por último, estas, habitualmente en número de dos o como máximo de tres.

Mientras los talleres de armamento se reducen en número y variedad, al modificarse la organización y al dar entrada en medida cada vez más significativa, a la colaboración externa de la industria auxiliar, especialmente de equipos.

2.2 Plantas de 2ª Generación (3)



2.2 Plantas de 2ª Generación (4)

En esta 2ª generación puede encuadrarse el desaparecido **Astillero de Euskalduna**.

En este caso sus **gradas** estaban **inclinadas** al estar ubicado en la ría de Bilbao, por lo que la eslora máxima de los buques a botar estaba marcada por la diagonal de la ría.

En la siguiente foto de los años 60, este astillero aun mantenía talleres para la fabricación de equipos, como los motores principales, que posteriormente desaparecerían.

También se pueden encuadrar aquí el **Astillero de Sestao**, antes de su posterior modernización y el de **Sevilla** con los todos los talleres de acero en cabecera de las gradas.



2.2 Plantas de 2ª Generación (5)



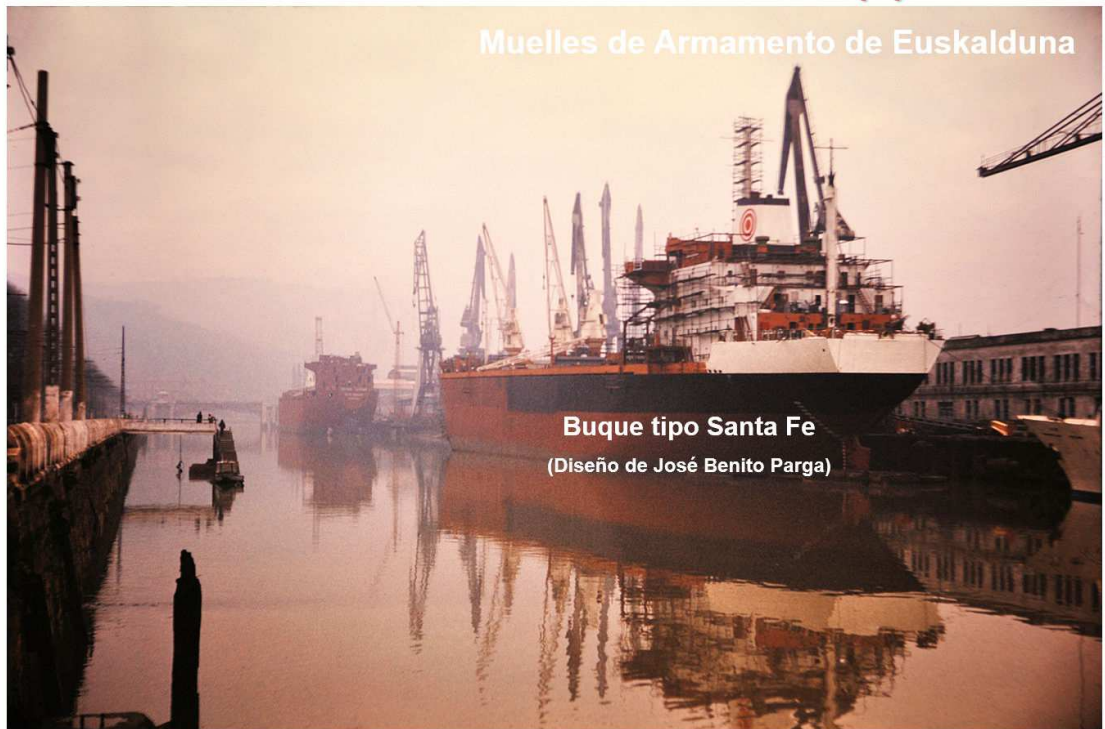
2.2 Plantas de 2ª Generación (6)

Astillero de Euskalduna

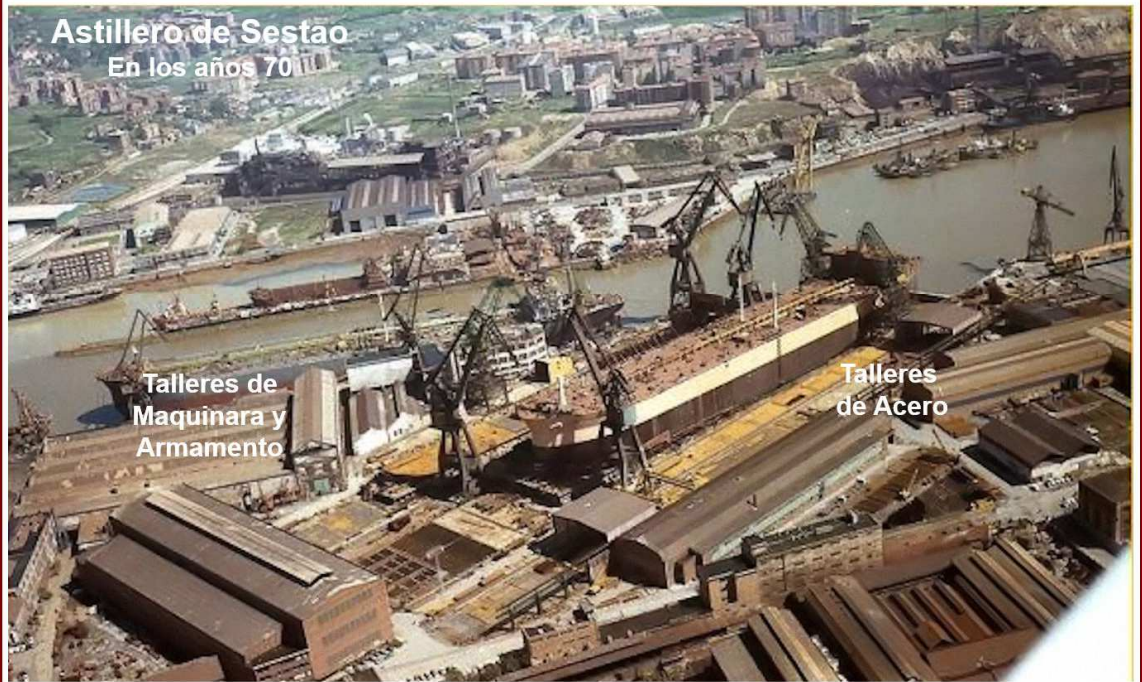


2.2 Plantas de 2ª Generación (7)

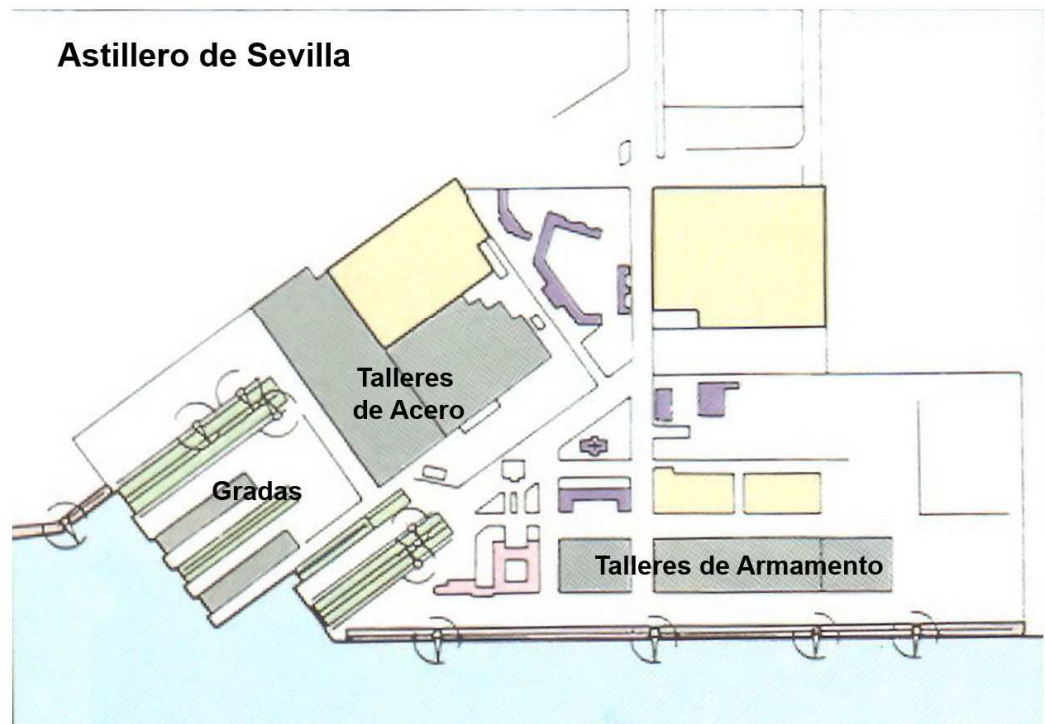
Muelles de Armamento de Euskalduna



2.2 Plantas de 2ª Generación (8)



2.2 Plantas de 2ª Generación (9)



2.3 Plantas de 3ª Generación (1)

Pero el **cierre del Canal de Suez** en 1967 impulsaría el "boom" de la construcción naval en todo el mundo, lo que impulsa en unos años las plantas de la 3ª generación.

Los **buques crecían en tamaño** cada vez más, dando lugar a una verdadera competición entre las factorías navales para batir la marca alcanzada en cada momento.

Además, la elevada demanda de **grandes bulkcarries y petroleros**, condujo a una especialización de los astilleros.

Las toneladas de acero laminado procesadas, crecieron fuertemente; el nivel de vida aumentó y los costes salariales se elevaron, así como las reivindicaciones en cuanto a las condiciones en que había que hacer los trabajos.

2.3 Plantas de 3ª Generación (2)

Los astilleros de la 3ª generación se construyen, en algunos casos, ganando terreno al mar y, en general, **ampliamente dimensionado** de cara a futuras ampliaciones o reformas.

El recinto así creado, permite situar un **gran dique** de construcción, de conformidad con el gran tamaño alcanzado por los buques, con posibilidad de dotarlo de dos puertas, la externa y otra interna intermedia, dividiendo el dique en dos.

De esta forma puede simultanearse el montaje de bloques y el armamento de la popa de un buque, situado en una zona del dique, con la conclusión total de otro, iniciado de análoga forma y emplazado en la otra zona.

2.3 Plantas de 3ª Generación (3)

Otro rasgo reiteradamente repetido en muchas plantas, es la disponibilidad de **grandes grúas pórtico** cuya luz, en algunos casos, duplica la manga del dique apareciendo así, una explanada dispuesta paralelamente al dique, barrida por los pórticos, que sirve para almacenar bloques en espera de ser montados a bordo.

Además, la gran capacidad de elevación de los pórticos permite realizar un **premontaje de bloques** del buque creando grandes unidades de montaje lo que permite avanzar en el armamento antes de montar en dique.

Se instalan **cabinas de pintura** para dar las primeras manos a los bloques con su armamento anticipado, lo que facilita enormemente el pintado final.

2.3 Plantas de 3ª Generación (4)

Los talleres de acero se distribuyen en la planta como **talleres especializados y separados** (elaboración, previas, bloques planos, bloques curvos), lo que obliga al **transporte de los bloques mediante vehículos autopropulsados** dotados de plataforma elevable.

Se implanta la **soldadura por una sola cara**, y se instalan las primeras líneas semiautomáticas de construcción de paneles planos.

A un **cierto impulso del prearmamento**, se suma la construcción de módulos de armamento en talleres concebidos exprofeso para ello, si bien su montaje a bordo se sigue haciendo principalmente en el dique.

2.3 Plantas de 3ª Generación (5)

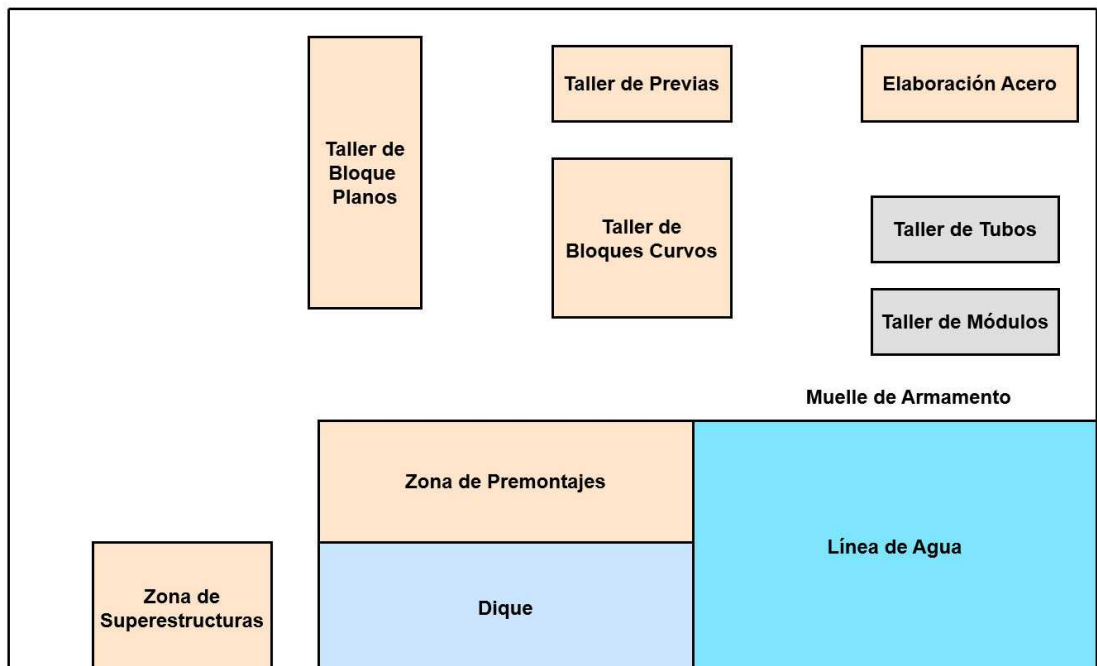
Se dispone igualmente de **amplios muelles** que permiten descargar materiales y equipos para los buques y rematar el armamento y pruebas de éstos a flote.

Se extiende el **empleo del CAD/CAM** tanto en los **procesos de corte planchas** como para los centros de **producción automática de tuberías** rectas o curvas, con o sin bridas, a partir del diseño en isométricas de la tubería del buque.

Una **gran superficie, talleres especializados y separados, un gran dique y amplios muelles de armamento** marcan las características de los astilleros de esta 3ª generación.

Como ejemplo de esta planta tenemos la Factoría de **Puerto Real** de Navantia, cuyo dique se inauguraba el el año 1975.

2.3 Plantas de 3ª Generación (6)



2.3 Plantas de 3ª Generación (7)



2.4 Plantas de 4ª Generación (1)

Posteriormente, en los años 90, se produce una nueva transformación en astilleros de tamaño mediano y grande, de nuevas construcciones, orientados a aplicar la **Tecnología de Grupos**, apareciendo las plantas de 4ª generación con las siguientes características.

La tecnología de grupos, implica el establecimiento de **puestos de trabajo fijos**, para obtener **productos intermedios** similares y, con análogo contenido de trabajo.

Las estaciones de trabajo se procura que estén **sincronizadas y con un flujo continuo**, reduciendo el número e importancia de los *buffers*.

2.4 Plantas de 4ª Generación (2)

Desaparece la tradicional separación entre los trabajos de acero, armamento y pintura, dando entrada al concepto de **Construcción Integral**, donde los bloques o unidades de montaje van pintados e incorporan el armamento posible, lo que **reduce el tiempo total de construcción y los costes**.

El tamaño de los bloques se optimiza para incorporarles el armamento en piezas sueltas o módulos, y su pintado.

Por todo ello, la disposición en planta, debe responder a la idea primordial del **astillero como un sistema total**, donde cada taller, instalación o dependencia debe contribuir a equilibrar el flujo de material y de los productos intermedios.

2.4 Plantas de 4ª Generación (3)

Con el objetivo de dirigir las piezas de armamento hacia donde van a ser montadas (en módulo, bloque o a bordo), adquiere un importante papel la **Paletización**, que desde el almacén general y el taller de tubos distribuye los materiales de cada orden de trabajo hacia su etapa de montaje.

La relación del tiempo de montar una pieza de armamento en **módulo, bloque o a bordo** es respectivamente de **1 / 2 / 4**.

Esto evidencia la importancia del armamento adelantado en módulo o bloque, pero obliga a un **desarrollo inicial de la ingeniería mucho mayor y reorganizar las compras** de acuerdo a la **Estrategia Constructiva**, la cual adquiere un papel primordial.

2.4 Plantas de 4ª Generación (4)

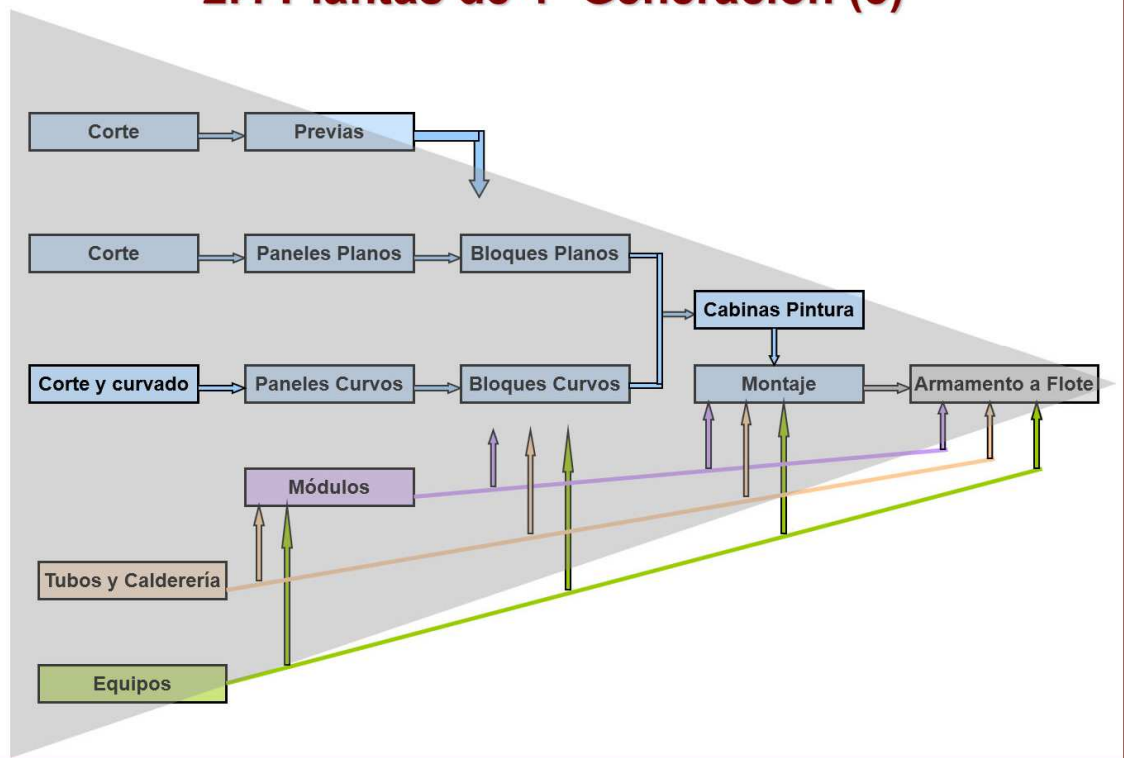
Se refuerzan los **talleres de fabricación de módulos**, situados normalmente próximos del taller de tubos.

De acuerdo a todo lo indicado, los astilleros de esta cuarta generación se caracterizan por **ordenar su producción con el flujo más continuo posible hacia la zona de montaje**.

Se trata de **ir incorporando productos intermedios de forma que se va generando un producto cada vez de mayor tamaño y contenido**, hasta las unidades de montaje que conforman el buque.

En la lámina siguiente se representa esta idea conceptual con un triángulo, donde la producción comienza en un lado y avanza integrándose hacia el vertice opuesto.

2.4 Plantas de 4ª Generación (5)



2.4 Plantas de 4ª Generación (6)

La planta del astillero tiene, por lo tanto, que organizarse de acuerdo a este esquema, **ordenado con el flujo más continuo posible hacia la zona de montaje**, aunque no necesariamente tiene que corresponder con la figura de un triángulo, como pasa con el esquema de flujo de este astillero, que también representa esta generación.



2.4 Plantas de 4ª Generación (7)

Como ejemplos de esta generación se puede citar al **Astillero de Sestao**, cuya remodelación de la planta se hizo a lo largo de toda la década de los 90.

También el **Astillero de Juliana** remodeló su planta a finales de los 90 bajo estas premisas de flujo continuo.

2.4 Plantas de 4ª Generación (8)



Astillero de Sestao

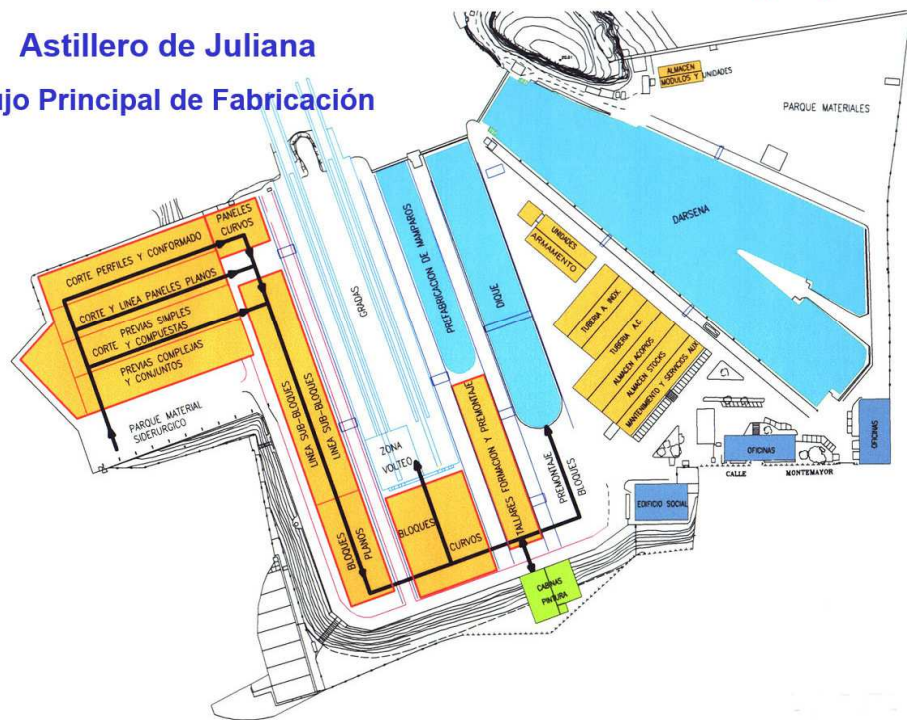
2.4 Plantas de 4ª Generación (9)



Astillero de Juliana

2.4 Plantas de 4ª Generación (10)

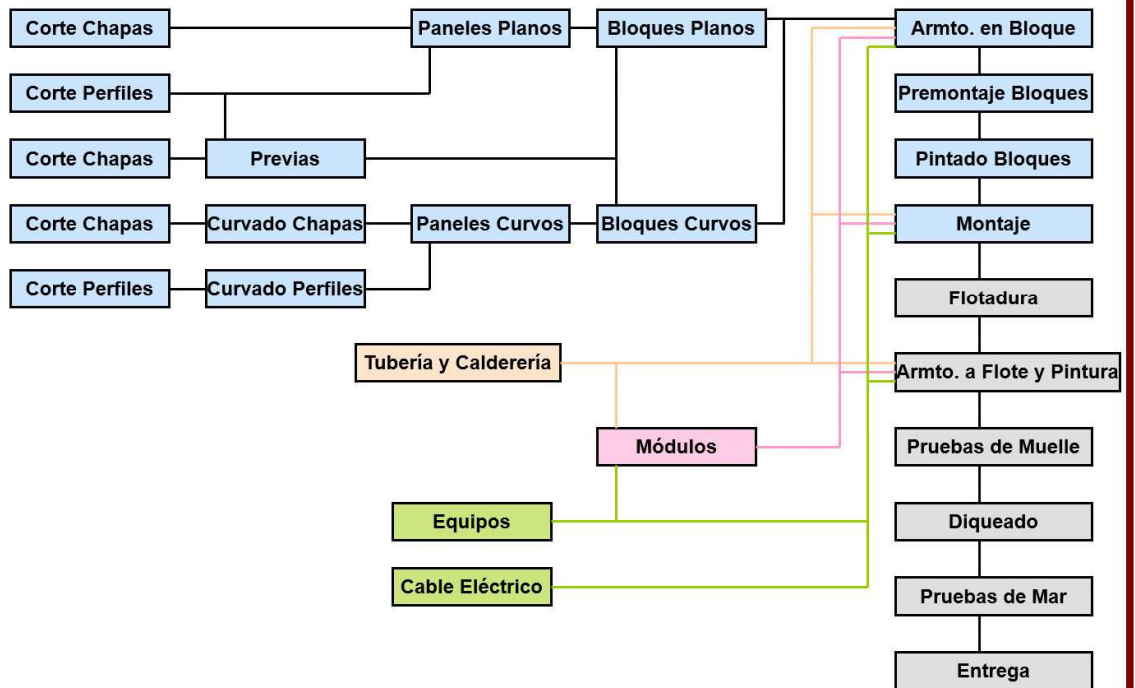
Astillero de Juliana Flujo Principal de Fabricación



3.1 Instalaciones principales de Fabricación

- 3.1.1 Parque de Material de Acero
- 3.1.2 Instalaciones de Tratamiento del Acero
- 3.1.3 Talleres de Acero
- 3.1.4 Cabinas de Pintado de Bloques
- 3.1.5 Talleres de Armamento
- 3.1.6 Gradas, Varaderos y Diques
- 3.1.7 Medios de Amarre y Atraque
- 3.1.8 Medios de Elevación y Transporte

Ejemplo de Procesos Principales de Fabricación



3.1.1 Parque de Material de Acero

Se almacenan las chapas y perfiles a usar en el proceso de fabricación, almacenándose por dimensiones y estando situado junto al Taller de Elaboración de Acero.



3.1.2 Instalaciones de Tratamiento de Acero

Las Instalaciones de Tratamiento de Acero, previo al comienzo de su Elaboración, eran las siguientes:

Aplanadora

Granalladora

Cabina de Imprimación

Utilizamos el pasado “eran”, pues estas instalaciones están hoy en día completamente en desuso, ya que en la actualidad el acero se suministra ya aplanado, granallado e imprimado.

3.1.3 Talleres de Acero

Los Talleres de Acero pueden estar agrupados como sigue:

3.1.3.1 Elaboración de Acero

3.1.3.2 Previas

3.1.3.3 Paneles Planos

3.1.3.4 Paneles Curvos

3.1.3.5 Bloques Planos

3.1.3.6 Bloques Curvos

3.1.3.7 Paneles Ligeros

3.1.3.8 Superestructuras

3.1.3 Elaboración de Acero

La Elaboración de Acero incluye los procesos de corte y conformado de chapas y perfiles, para lo que cuenta con los siguientes equipos:

Maquinas de corte de chapas (oxicorte o corte por plasma)

Cilindro de curvado de chapas (con superficies desarrollables)

Prensa de Cuello de Cisne de curvado de chapas

Prensa de Tablero

Estación de Conformado por Líneas de Calor

Máquinas de corte de perfiles (oxicorte, a veces robotizado)

Prensa de Curvado de perfiles

Máquinas de Corte de Chapas (bajo agua)



Cilindro de Curvado de Chapas



Prensa de Cuello de Cisne de Curvado de Chapas



Prensa de Tablero



Estación de Conformado por Líneas de Calor

El conformado por Líneas de Calor se realiza en una placa del Taller de Elboración por personal especializado.

Se aplica calor con soplete en líneas determinadas y se enfría con chorro de agua, teniendo las siguiente ventajas:

- Exento de tensiones residuales
- Mayor precisión dimensional



Placa para Líneas de Calor

Instalaciones de Corte de Perfiles

Línea Robotizada de Corte de Perfiles y paletización automática.



Línea automática de Corte de LLantas con sierra.

Prensa de Curvado de Perfiles



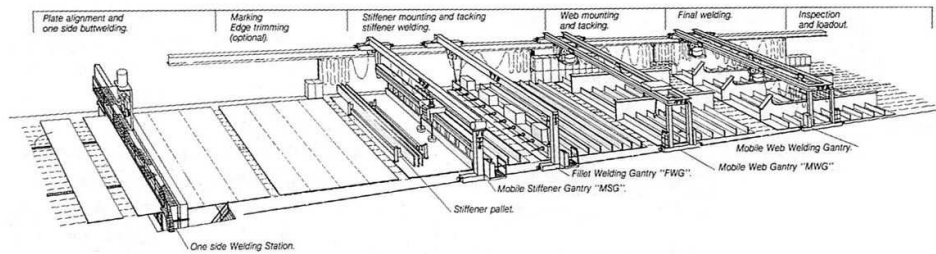
3.1.3.2 Fabricación de Previas

Soldadura automática de Previas

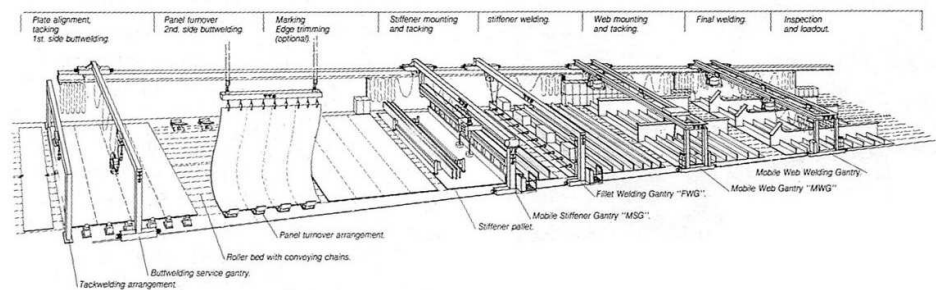


Palet de Previas

3.1.3.3 Fabricación de Paneles Planos (1)



Larger shipyard steel panel line schematic



Shipyard steel panel line schematic

3.1.3.3 Fabricación de Paneles Planos (2)



Estación de Soldadura de Paneles por una sola cara

Soldadura por una sola cara



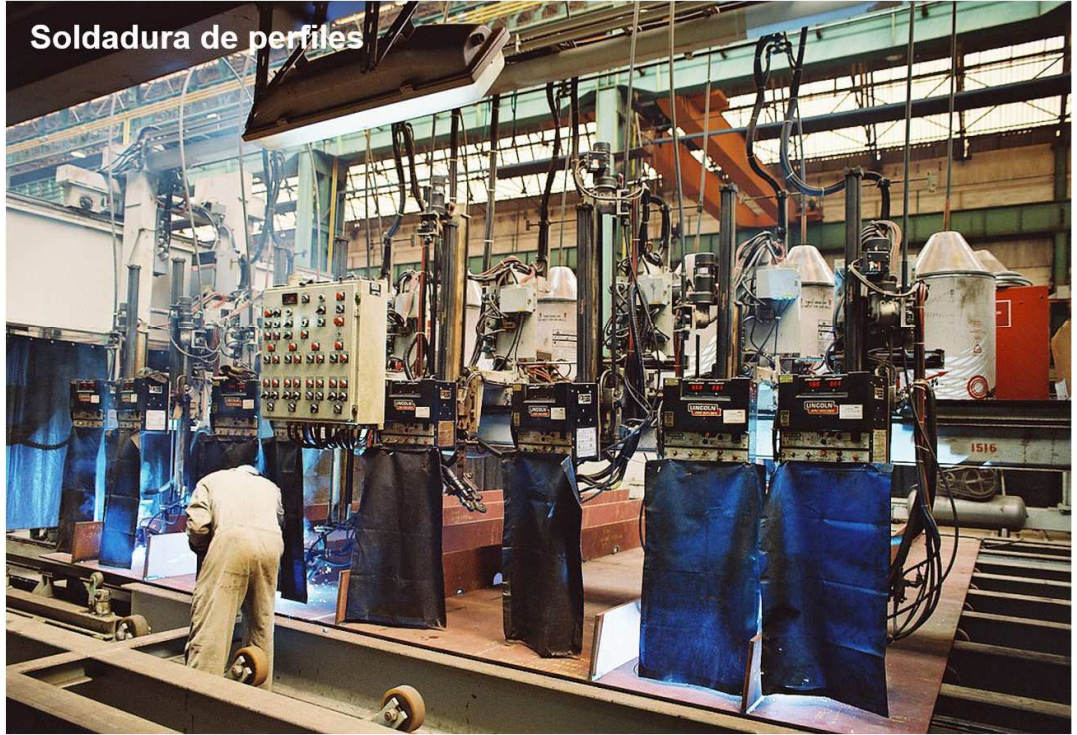
3.1.3.3 Fabricación de Paneles Planos (3)



Posicionamiento de perfiles

3.1.3.3 Fabricación de Paneles Planos (4)

Soldadura de perfiles



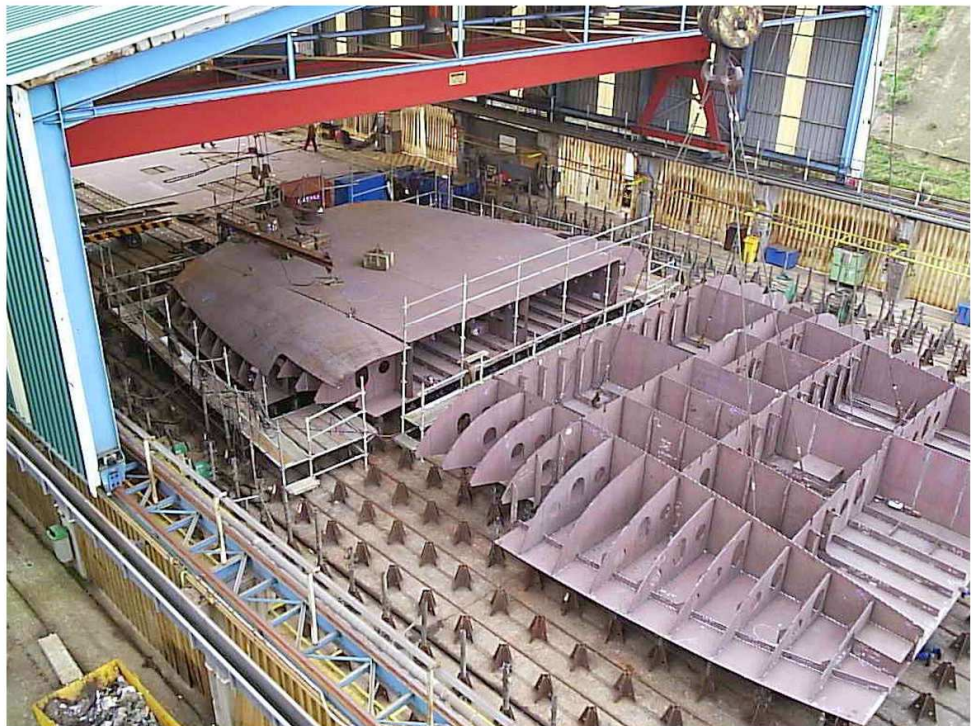
3.1.3.4 Fabricación de Paneles Curvos



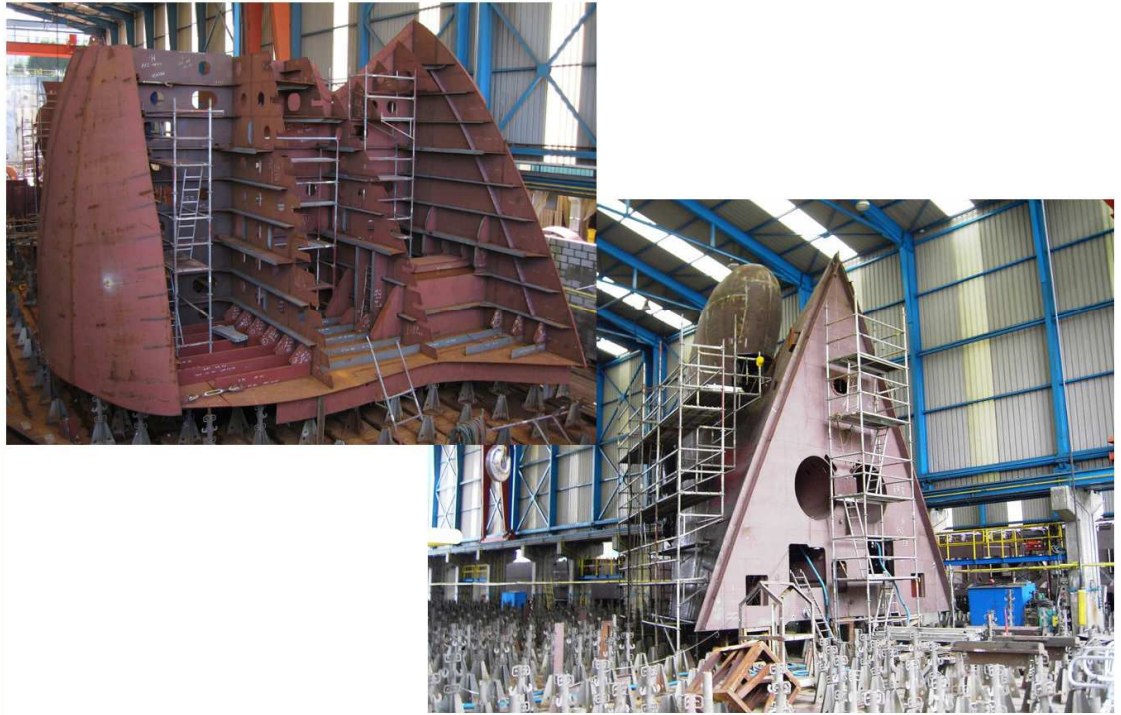
3.1.3.5 Fabricación de Bloques Planos (1)



3.1.3.5 Fabricación de Bloques Planos (2)



3.1.3.6 Fabricación de Bloques Curvos



3.1.3.7 Fabricación de Paneles Ligeros



3.1.3.8 Fabricación de Superestructuras



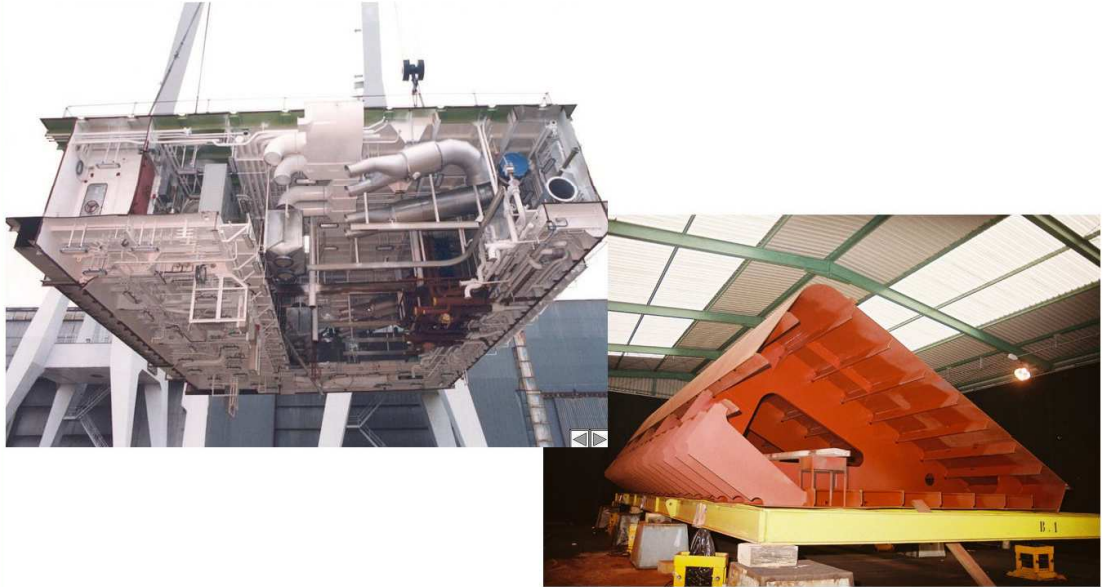
3.1.4 Cabinas de Pintado de Bloques (1)

El momento más oportuno de pintar un bloque es una vez que se han terminado de montar los elementos de armamento que requieren utilización de soplete o soldadura (concepto de “**Hot Outfitting**”), aunque en la práctica esto es difícil de alcanzar y la mayor parte de los bloques se pintan con poco armamento, salvo excepciones.



3.1.4 Cabinas de Pintado de Bloques (2)

Dos ejemplos extremos en lo referente al avance del armamento en bloque cuando se pinta.



3.1.5 Talleres de Armamento

Los Talleres de Armamento más significativos son los siguientes:

- 3.1.5.1 Elaboración de Tubería
- 3.1.5.2 Fabricación de Módulos
- 3.1.5.3 Taller Mecánico
- 3.1.5.4 Taller de Carpintería

3.1.5.1 Elaboración de Tubería (1)

Los Talleres de Elaboración de Tubería pueden llegar a estar divididos en **3 diferentes naves, en función del tipo De tubos a elaborar:**

Tubos de pequeño diámetro

Tubos de gran diámetro

Tubos de aleaciones (acero inoxidable / cupro niquel)

Estos Talleres pueden tener la siguiente equipación:

Corte de tubos (con sierra en pequeños diámetros y oxicorte en grandes)

Curvadora de tubos (con o sin bridas)

Puestos de fabricación de isométricas y soldadura

Tratamiento superficial (se contrata en exterior)

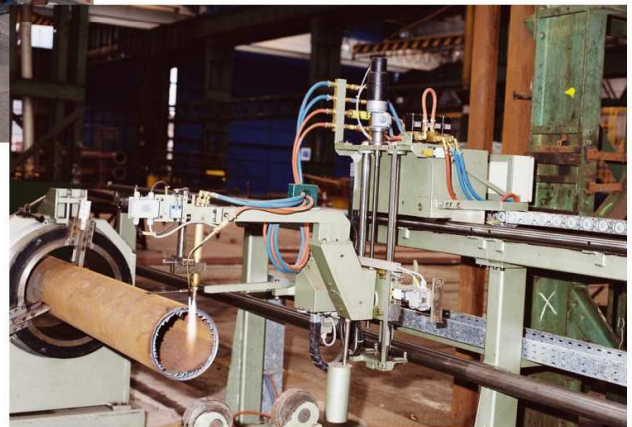
Estación de prueba hidráulica (se tiende a eliminar)

3.1.5.1 Elaboración de Tubería (2)



Sierra de Corte de tubos

Oxicorte de tubos



3.1.5.1 Elaboración de Tubería (3)



Curvadora de tubos

Fabricación Isométrica



3.1.5.2 Fabricación de Módulos (1)

Los Talleres de Fabricación de Módulos pueden ser de **tamaños y equipamiento muy diferente, en función de los tipos de Módulos a realizar**, que básicamente son los siguientes:

Módulos de Tubería (solo tubería y sus soportes)

Unidades Modulares (Tubería, soportes y pequeños Equipos)

Macrounidades (de Cámara de Máquinas, de Cámara de Bombas, etc.)

Módulos Funcionales (grandes módulos integrando algún servicio)

Hay que considerar que la relación de las horas de montaje del armamento en **Módulo / Bloque / a Bordo** está en la relación **1 / 2 / 4**

3.1.5.2 Fabricación de Módulos (2)



3.1.5.2 Fabricación de Módulos (3)

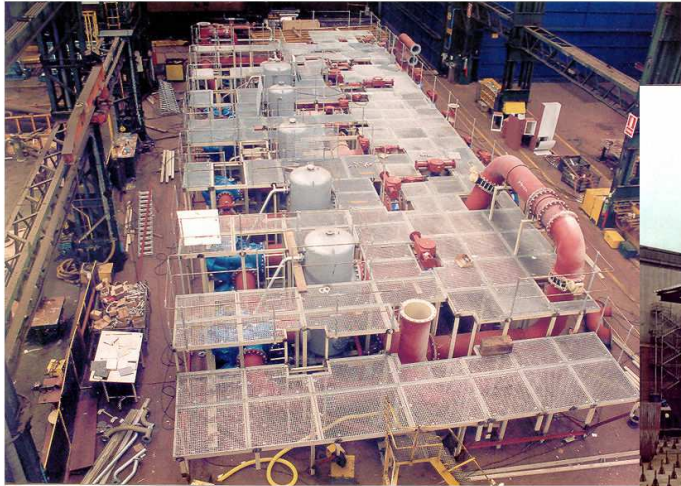


Módulo de Tubos

Unidad Modular

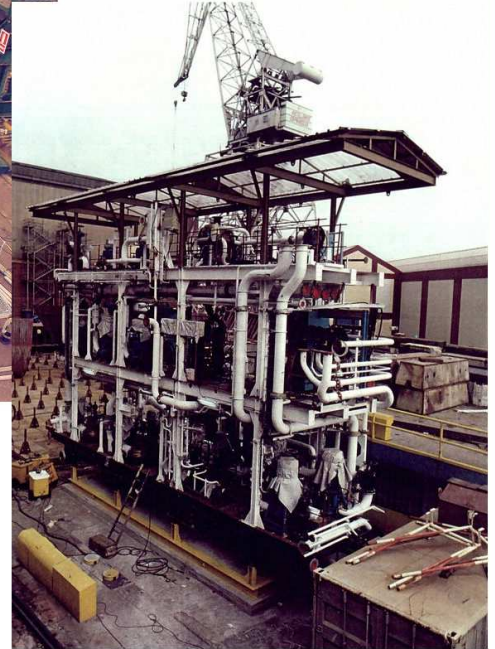


3.1.5.2 Fabricación de Módulos (4)



Macrounidad

Modulo Funcional



3.1.5.3 Taller Mecánico

Los Talleres Mecánicos han desaparecido ya en casi todos los Astilleros de Nuevas Construcciones y mateniendose en los de Reparaciones, aunque alguno de estos últimos están empezando a subcontratar en el exterior estos trabajos.

El equipamiento de estos talleres incluye, entre otros:

- Tornos
- Fresadoras
- Mandrinadoras
- Cortadoras
- Cizallas
- Prensas
- Etc.



3.1.5.4 Taller de Carpintería

Los Talleres de Carpintería (Ebanistería) han desaparecido de los Astilleros hace mucho tiempo, pero aun queda algún pequeño astillero haciendo estos trabajos.



3.1.6 Gradas, Varaderos y Diques

Las Gradas solo sirven para montaje y botadura, mientras que los Varaderos y Diques sirven adicionalmente para operaciones de varada.

Los **Astilleros de Nuevas Construcciones** pueden utilizar cualquiera de los 3 medios, apoyados con Medios de Elevación cada vez de mayor capacidad. Aunque los varaderos no se utilizan en grandes construcciones.

Los **Astilleros de Reparación** utilizan Varaderos y Diques (secos o flotantes), así como cualquier tipo de plataformas elevadoras (shiplift), siempre atendidos por grúas mucho más limitadas que las de NNCC.

Montaje en Grada



Botadura desde Grada (1)



Botadura desde Grada (2)



Botadura desde Grada (3)



Varadero N°1 de Freire



Varadero de Metalships



Varaderos de Cardama



Montaje en Dique



Flotadura



Dique Flotante



Plataforma elevadora y varaderos múltiples



3.1.7 Medios de Amarre y Atrache (1)

Los Medios de Amarre y Atrache de los buques son:

Muelles

- Estructuras fijas
- Conectadas a tierra
- Líneas de atraque continua

Pantalanes

- Estructuras fijas o flotantes
- Conectadas o no a tierra
- Líneas de atraque continuas o discontinuas

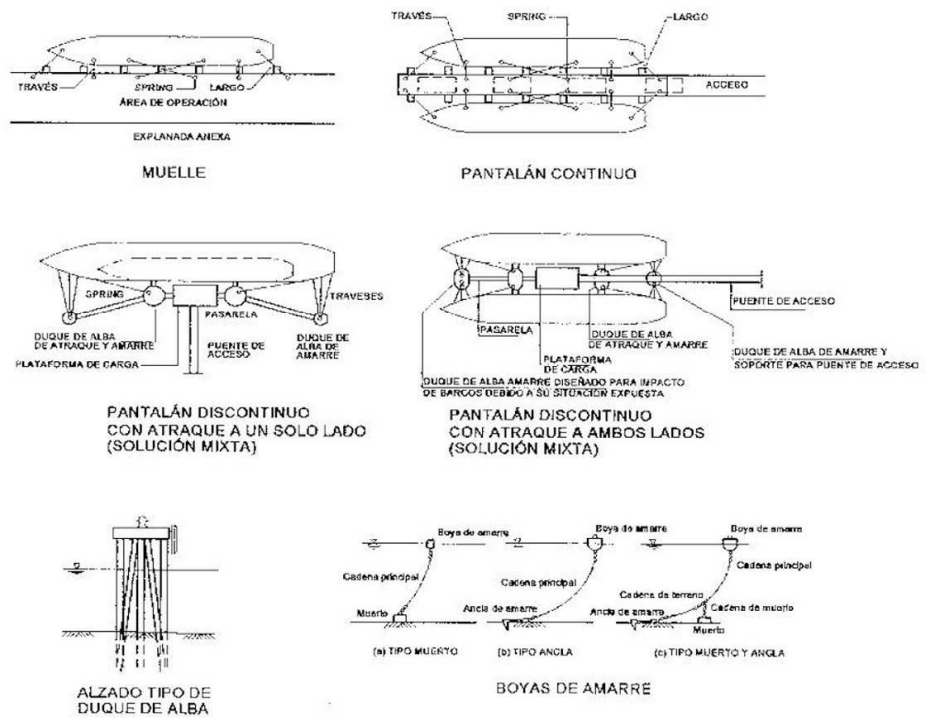
Duques de Alba

- Estructura monolítica cimentada en el fondo
- Separada de la costa

Boyas

- Estructura de amarre flotante
- Movimientos limitados por la cadena de amarre o ancla

3.1.7 Medios de Amarre y Atraque (2)



Muelle de Armamento



Pantalán



3.1.8 Medios de Elevación y Transporte

Las **Grúas** las podemos clasificar en de los siguientes grupos:

De Cigüeña



De Martillo



Porticos



Carros Grúa



Flotantes



Locomóviles



Otros Medios:

Carretones



Plataformas



3.2 Instalaciones Auxiliares de Fabricación

En este concepto se engloba al conjunto de **instalaciones cuya finalidad es transportar y distribuir los servicios** y medios necesarios para el correcto funcionamiento de planta industrial del astillero.

A título de ejemplo, pueden citarse las siguientes:

Energía Eléctrica: fuerza y alumbrado.

Gases: oxígeno, acetileno, nitrógeno, aire comprimido, etc.

Agua: refrigeración, C.I., sanitaria, etc.

Comunicación: telefonía, informática, etc.

Vigilancia y control: accesos a astillero y buques

3.3 Equipos y Maquinaria

Conjunto de elementos específicos utilizados para conseguir una mayor mecanización, automatización y flexibilidad de los diferentes procesos, tanto de gestión como productivos.

La mayor parte de estos equipos y maquinaria han sido ya descritos en los apartados anteriores.

2.4 Almacenes

Son espacios destinados al control y protección de los equipos y materiales en espera de su utilización en el proceso productivo.

Pueden ser espacios cubiertos o descubiertos, dependiendo de la importancia, vulnerabilidad y empacho de los elementos a proteger. Normalmente existen **almacenes cubiertos para los equipos, material suelto y elementos eléctricos** y **descubiertos para el acero y la tubería**.

También se deben **almacenar los residuos contaminantes** (aceites, pinturas, disolventes, granalla, etc.) para su adecuado tratamiento posterior

Almacén General



2.5 Edificios

Construcciones destinadas a los servicios de dirección, gestión, mantenimiento y control de los procesos productivos y de la propia empresa.

A título de ejemplo, se citan los siguientes:

Oficinas

Vestuarios

Botiquines/clínica

Control acceso a planta, etc.

2.6 Viales de Comunicación

Conjunto de caminos y calles que interconectan las partes principales de la planta del astillero, permitiendo los flujos de los procesos correspondientes.

Deben disponerse de manera que se obtenga una circulación fluida y sin obstruir de los flujos principales de Producción.

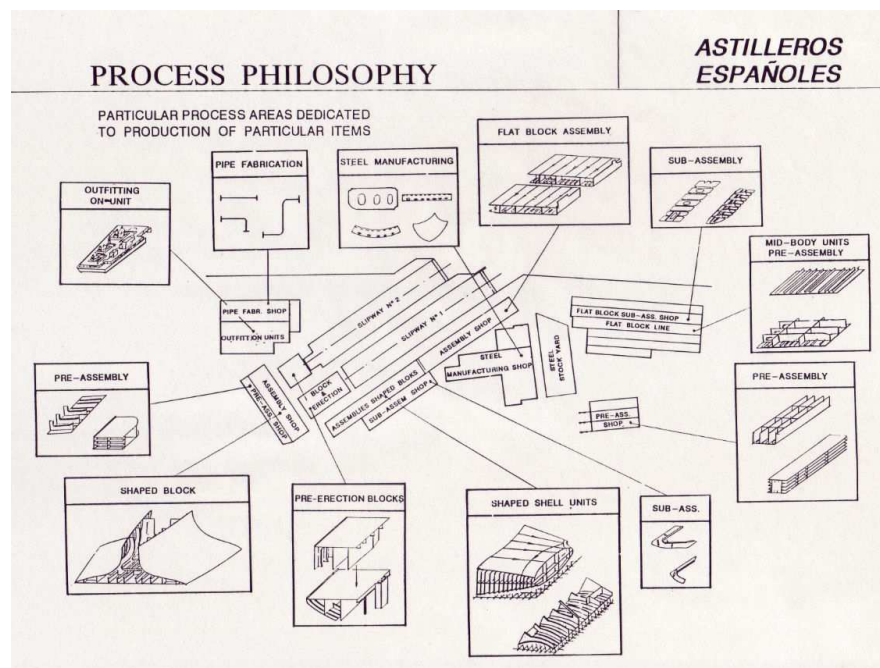
Tecnología de Grupos

La Tecnología de Grupos es una **filosofía de fabricación** en la que las **piezas (productos intermedios) similares se identifican y agrupan conjuntamente**, con el fin de aprovechar sus similitudes en el proceso de diseño y de fabricación.

Las similitudes entre las piezas permiten agruparlas en **familias de productos intermedios**. Las piezas que pertenecen a una misma familia, tienen en común o los **pasos del proceso** de su fabricación, o bien sus **características geométricas**. Aprovechar estas similitudes a la hora de la producción otorga a la empresa que utilice esta metodología una mejora de la eficiencia operativa.

Aunque en el Sector Naval ya se utilizaba parcialmente la Tecnología de Grupos, en la última parte del siglo XX, se profundizó de una forma más intensa en su aplicación, con el fin de transformar el proceso de construcción de los buques en procesos intermedios estandarizados, para poderlos sistematizar lo más ampliamente posible.

El sistema de Tecnología de Grupos da lugar a una filosofía de procesos, de forma que cada familia de productos intermedios se fabrica en un taller concreto, adecuado para tal fin, como se ve en la siguiente imagen.



Hay que añadir que, para estimar las horas de trabajo de los productos intermedios, se debe asociar a cada tipo de producto un parámetro que se mida con facilidad y nos permita calcular el contenido de trabajo del mismo y medir la productividad del proceso.

Como ejemplo se puede mencionar el proceso del **corte de chapas**, cuyo parámetro debería ser los **metros de corte**, con lo que su contenido de trabajo corresponde con el **número de metros de corte** y su productividad quedará definida por las **horas invertidas por metro de corte**.

Una vez controlada la productividad media de cada proceso, los productos intermedios son fácilmente panificables, con solo estimar el contenido de trabajo de cada uno, lo que también facilita el control de los procesos.

En todo caso, hay un parámetro que debe controlarse en todos los procesos, y es el **peso** de dicho producto intermedio, ya que este parámetro es el único que permite hacer una integración global de todos los procesos, de una forma homogénea.

Pero con independencia de esto, hay procesos donde hay otros parámetros que permiten controlar el mismo de una forma más eficaz, como es el caso de los metros de corte, para el proceso de corte de chapas.

A continuación, se pone el ejemplo de un astillero, mostrando el desglose de los procesos correspondientes a las familias de productos intermedios e indicando su parámetro de control.

Procesos de Fabricación	Parámetros de Control
✓ Corte de Tubería.	
○ Hasta 100DN.	Número de tubos
○ De 125 a 200DN.	Número de tubos
○ Mayor de 200DN.	Número de tubos
○ Corte de Injertos.	Número de injertos
✓ Soldadura de Bridas a Tubos.	
○ Hasta 100DN.	Número de tubos
○ De 125 a 200DN.	Número de tubos
✓ Formación/soldadura Isométricas.	Número de tubos

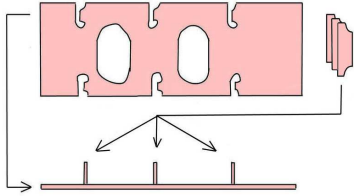
✓ Elaboración de Calderería.	Peso
✓ Corte de Cable de Fuerza.	Número de cables
✓ Módulos de armamento.	
○ Haces de Tubería.	
▪ Fabricación soportes	Peso
▪ Montaje de tubos	Número de tubos
○ Módulos de Tubería.	
▪ Fabricación soportes	Peso
▪ Montaje de tubos	Número de tubos
○ Unidades Modulares.	
▪ Fabricación soportes	Peso
▪ Montaje Equipos	Número de equipos
▪ Montaje de tubos	Número de tubos
○ Paneles.	
▪ Fabricación soportes	Peso
▪ Montaje de tubos	Número de tubos
▪ Montaje Válvulas	Número de válvulas
○ Macrounidades.	
▪ Fabricación soportes	Peso
▪ Montaje Equipos	Número de equipos
▪ Montaje de tubos	Número de tubos
○ Módulos Container.	
▪ Fabricación soportes	Peso
▪ Montaje Equipos	Número de equipos
▪ Montaje de tubos	Número de tubos
○ Módulos Funcionales.	
▪ Fabricación soportes	Peso
▪ Montaje Equipos	Número de equipos
▪ Montaje de tubos	Número de tubos
✓ Corte Chapas.	Metros de corte
✓ Conformado de Chapas.	Número de chapas
✓ Corte de Perfiles.	Número de perfiles
✓ Conformado de Perfiles.	Número de perfiles
✓ Paneles planos.	Metros de soldadura
✓ Paneles planos ligeros.	Metros de soldadura
✓ Paneles curvos.	Metros de soldadura
✓ Previas.	
○ Sencillas.	Metros de soldadura
○ Simples.	Metros de soldadura
○ Curvas.	Metros de soldadura
○ Complejas.	Metros de soldadura

- ✓ Bloques planos. Peso
- ✓ Bloques planos ligeros. Peso
- ✓ Bloques curvos. Peso
- ✓ Bloques proas y popas inferiores. Peso
- ✓ Armamento en bloque.
 - Montaje de tubos. Número de tubos
 - Montaje calderería. Peso
- ✓ Pintura de bloque. Superficie
- ✓ Montaje de bloque. Metros de soldadura
- ✓ Montaje de Equipos.
 - Equipos ligeros. Número de equipos
 - Equipos medianos. Número de equipos
 - Equipos pesados. Número de equipos
- ✓ Montaje de Armamento en zona/subzona/área.
 - Montaje de tubos. Número de tubos
 - Montaje calderería. Peso
 - Montaje habilitación. Superficie
- ✓ Tendido de cables.
 - Cables de Fuerza. Número de cables
 - Cables de Alumbrado. Número de cables
 - Cables de control. Número de cables
- ✓ Conexionado de cables.
 - Cables de Fuerza. Número de cables
 - Cables de Alumbrado. Número de cables
 - Cables de control. Número de cables
- ✓ Terminación de Pintura por zonas. Superficie

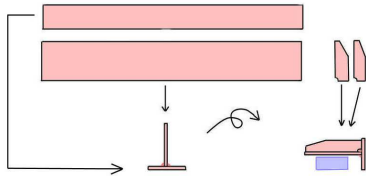
Sobre los tipos de Módulos de Armamento hay que recordar que en el apartado de Estrategia Constructiva ya se mostraban ejemplos de cada uno de los tipos indicados.

Los paneles ligeros y bloques planos ligeros se refieren a aquellos con espesores de chapas pequeños, como es el caso de las superestructuras.

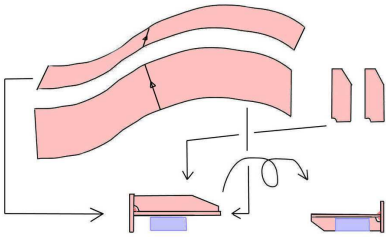
El resto de procesos entiendo que no necesitan ninguna aclaración, con excepción de los tipos de previas, que se muestran en los siguientes dibujos.



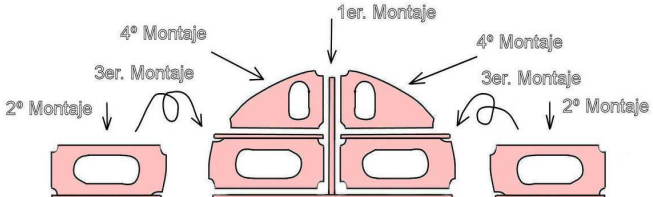
Previas Sencillas



Previas Simples



Previas Curvas



Previas complejas

Precisión Dimensional

La precisión dimensional es otro de los puntos clave para el aumento de la productividad, al reducir trabajos que representan un aumento de los costes como es el caso de:

- ✓ Demasías y los trabajos adicionales de corte que conllevan.
- ✓ Recargues y desguaces por exceso de entrehierros.
- ✓ Cortes o soldaduras en posición o etapa inadecuada.

Dentro de este concepto de Precisión Dimensional se deben incluir los siguientes aspectos, necesarios para poder alcanzar el objetivo:

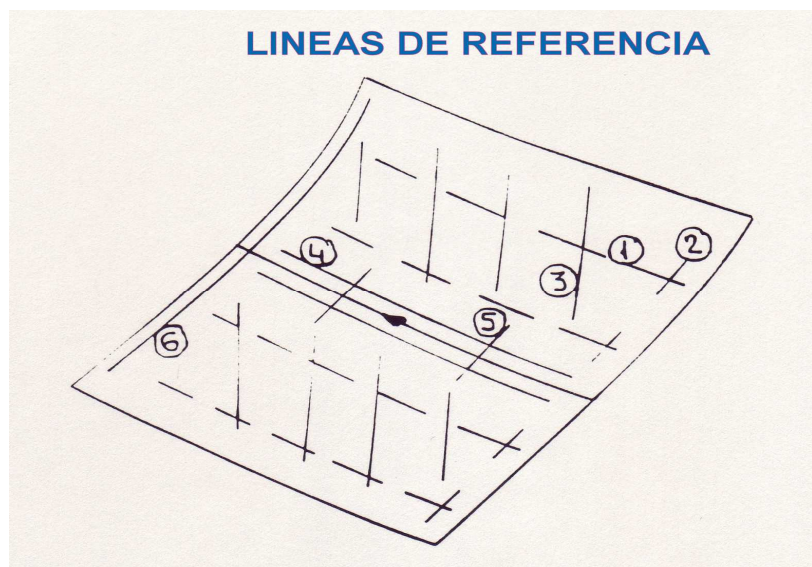
- ✓ Hay que establecer un **Control estadístico** de los procesos, analizando las variaciones generales en cada una de las etapas del proceso constructivo de los bloques.
- ✓ Analizar la **capacidad de los procesos**, compararla con los requerimientos y actuar sobre el proceso para corregir las desviaciones.
- ✓ Analizar si los procesos están **bajo control**.
- ✓ **Análisis combinados de procesos** para determinar la capacidad del proceso total, que nos permita tomar decisiones de actuación en las etapas iniciales, como saber el riesgo de corte de chapas sin demasía.
- ✓ Definir desde el principio los **Puntos Vitales de Control**, que son los que comprometen de una forma más clara el proceso de trabajo y de los que hay que hacer un control al 100%.
- ✓ Del resto de puntos habrá que distinguir los que hay que llevar un control estadístico, de **los que no afectan al proceso y no necesitan ser controlados**.
- ✓ La implantación de un sistema de control dimensional conlleva la necesidad de disponer de una **estación total de medidas**.
- ✓ **Control de los acortamientos por tipo de soldadura**.

Todo ello conlleva la mejora en determinados procesos y la implantación de medidas que faciliten dicha precisión dimensional, como las indicadas a continuación:

✓ **Líneas de referencia**

Hay que aumentar el número de líneas de referencia, incluyéndolas dentro de la información de las cintas de corte y marcado.

En el siguiente dibujo se indican cada uno de los tipos de líneas de referencia que se pueden marcar en las piezas, para facilitar los procesos de fabricación.



- Marca 1** Corresponde al **trazado de piezas**, ya sean elemento transversales o longitudinales.
- Marca 2** Son **marcas de posicionamiento**, que permiten posicionar el comienzo o terminación de la pieza.
- Marca 3** Son marcas de líneas de calor, en el caso de piezas curvas que se conformen por este método.
- Marca 4** Son **líneas de referencia para el Control Dimensional** de los acortamientos por soldadura.
- Marca 5** Son **líneas de referencia para el acoplamiento de piezas**, de forma que coincidan en las piezas a acoplar.
- Marca 6** Son **líneas de referencia para el montaje en grada o dique**, que facilita medir la distancia entre bloques para su montaje.

- ✓ **Precisión en corte y marcado de líneas de referencia.**
Se debe llevar un control estadístico de la precisión de las máquinas de corte y trazado, pues en caso de no tener bajo control las piezas elementales del proceso, sería imposible conseguir una precisión final de los bloques.

Por el contrario, esta precisión de corte, junto con el control del acortamiento por soldadura, son el primer paso para poder empezar a ir eliminando demasías.

- ✓ La **información de corte de Acero** debe estar generada transformando las medidas del modelo teórico en base a los entrehierros y acortamientos por las soldaduras a tope y las de los refuerzos.

- ✓ **Precisión en el curvado de piezas.**
Otro tema fundamental es obtener unas chapas y perfiles curvos con la precisión adecuada y sin tensiones internas generadas en el proceso de curvado.

Las piezas curvadas sin la adecuada precisión, además de ser un evidente desvío respecto a la precisión final de los bloques, genera un problema de acoplamiento entre las chapas del foro y la estructura interna, dando lugar a grandes entrehierros, que necesitan de un exceso de soldadura y como consecuencia se generan deformaciones adicionales.

La aplicación de las técnicas de **“Line Heating”** para el curvado de chapas permite no solo obtener una precisión de curvado mejor, sino que además la chapa queda relajada de tensiones internas, que de existir generarían posteriores deformaciones al aportar el calor de las soldaduras durante el siguiente proceso de formación de los bloques.

Esto no quiere decir que todas las chapas deban ser curvadas, por completo, con líneas de calor, sino las chapas más adecuadas para la utilización completa de esta técnica. La utilización de cilindro y prensa debe seguir siendo procedimiento habitual, pero, en todo caso, en muchas chapas es útil terminar la precisión del curvado con esta técnica, que además relaja de tensiones internas la chapa.

- ✓ **Aplicación de Enderezado por Calor (Faring technique).**
 La precisión final de las piezas, previas y bloques va a requerir en muchos casos de un enderezado final por calor, que garantice la precisión requerida.
 Se adjunta documento de MEJ.

CONCEPT OF FARING TECHNIQUE

09-11-92
 M.E.J.

1. Preface

It is inevitable to construct welding structure without deformation as known well. However in order to minimize faring works we must pay attention how to minimize deformation at each stage of construction. It's vital countermeasure items are as follows.

- a. At design stage it should consider to minimize heat injection volume by welding such as weld size, bevel and so on.
- b. At each construction stage accuracy of products should be within target tolerance.
- c. At each construction stage weld size control is required.
- d. To consider fitting and welding procedures.
- e. To prevent angular distortion by strong back, temporary reinforcement, changing welding stage etc.
- f. To prevent damage during material handling, suitable devices should be equipped.

By implementation of the above we can reduce deformation but still some faring works were required. As use typical example, concept of basic faring technique for each stage of construction is noted in this paper.

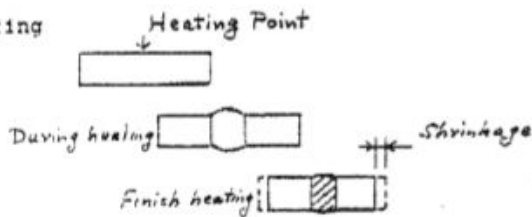
2. Faring methods by heating

It is classified into the following four methods.

a. Line Heating

This method is take advantage of L/H bending method.

b. Spot Heating



c. Triangle Heating

This method is take advantage of Triangle L/H method.

d. Complete Heating

3. General concept of Basic Items of torch handling for example

a. Plate thickness / Torch size / Heating speed

Plate thickness (mm)	Torch size (l/hr)	Heating speed (mm / min.)
3-4.5	500	800-1,500
5- 8	1,000	700-1,000
9-12.7	1,600	500-1,000
13-16	2,000	400-1,000
17-22	2,500	350- 800
23-28	3,150	300- 600
29-	3,500-	250- 500

Practical Standard

PL. Thickness Torch Size

8~18 1,200~2,000~2,500

20~30 2,500~3,000~3,500

b. Distance between torch's flame and plate surface

Plate thickness (mm)	Distance (mm)
3-4.5	-2-0
6-8	0
10-14	0-3
16-22	3-4
24-28	4-5
30-	6-10

Heating width is plate thickness ~
2 Times of thickness.

It's standard width is 1.5 x t

4. Basic consideration for faring

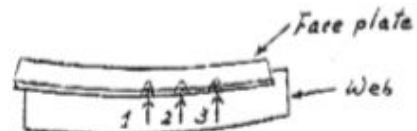
Before starting faring work it's cause of the deformation should be considered including it is within elasticity zone or not. In general there are many cause and for it's judgement many experience will be required. The following clauses indicate the typical faring method for each stage of construction. Anyhow we can say that faring by heating should be adapted changing situation of steel materials.

5. Typical faring methods for each stage of construction

A) Subassembly

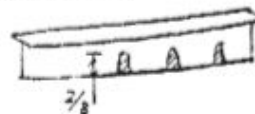
a. Welded profiles

1) Transverse deformation

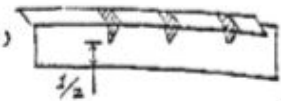


2) Longitudinal deformation

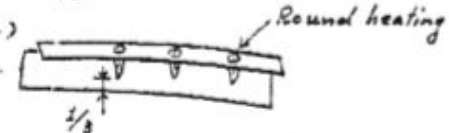
(A)



(B)

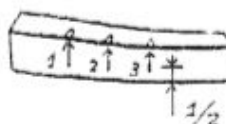


(C)

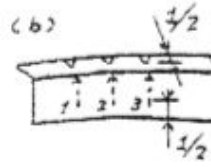


b. Angle profile

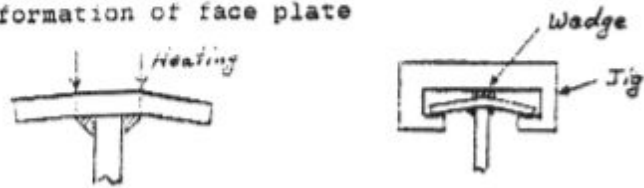
(a)



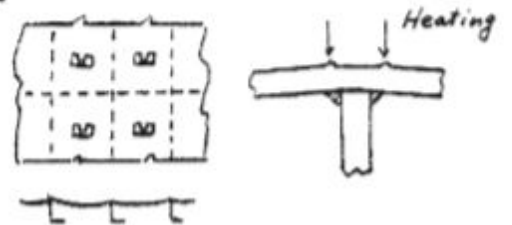
(b)



c. Knuckled deformation of face plate



d. Waved deformation of web panel



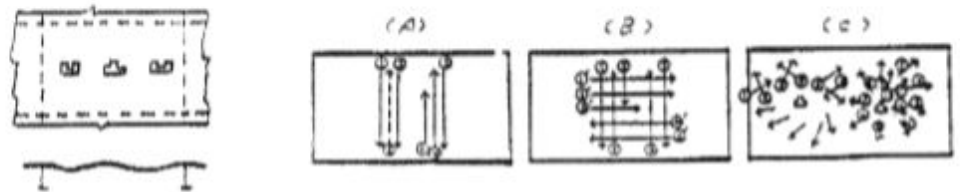
B. Assembly

a. Curtain plate



b. Simple Waved deformation
As same as noted in Subassembly stage

c. Complicated wave deformation



d. Deformation of welded seam

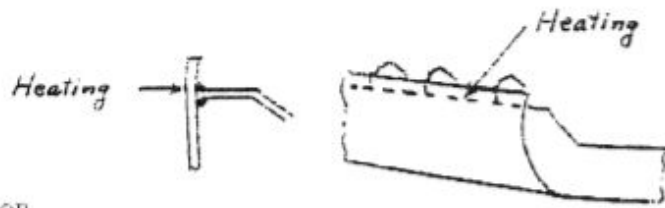
1) In case of straight seam



2) In case of longitudinal bent seam

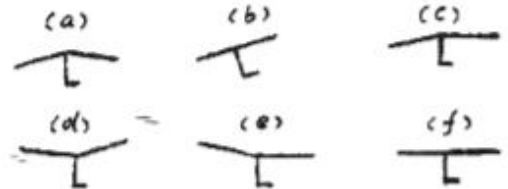
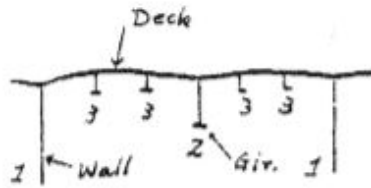


e. Boundary of block

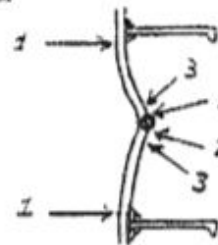


C. Erection

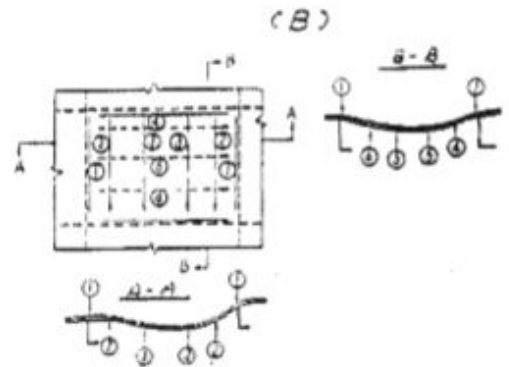
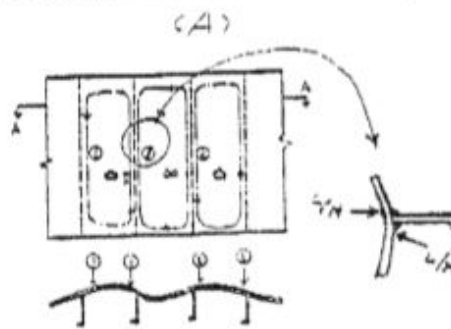
a. Deformation of deck



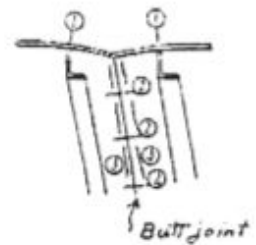
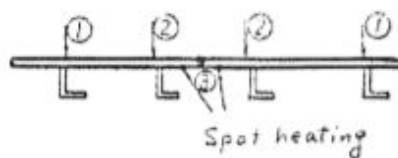
b. Deformation of shell seam



c. Deformation of thin shell panel



d. Deformation of shell block butt joint



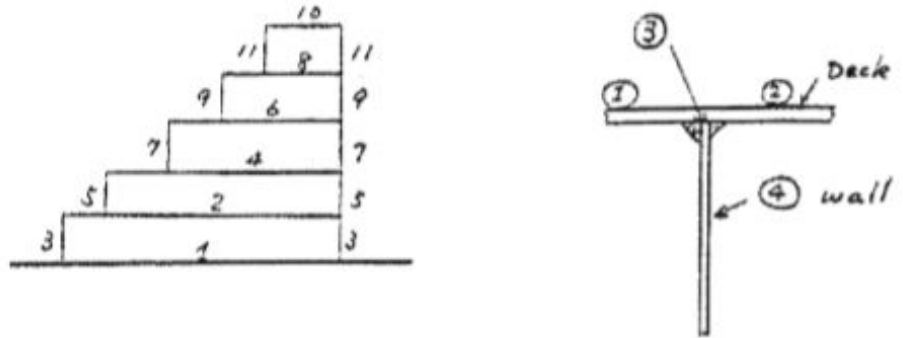
D. Superstructure

a. General sequence of faring work

The typical sequence is shown in figure.
The concept is as follows.

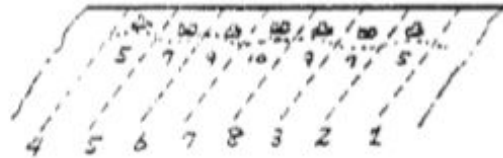
- 1st.: Faring of lower deck
- 2nd.: Faring of upper deck
- 3rd.: Faring of wall between decks

In case ① and/or ② is moved ④ wall will be moved as ③ point is as 3 point is turning center.



b. Deck

1) Rough faring



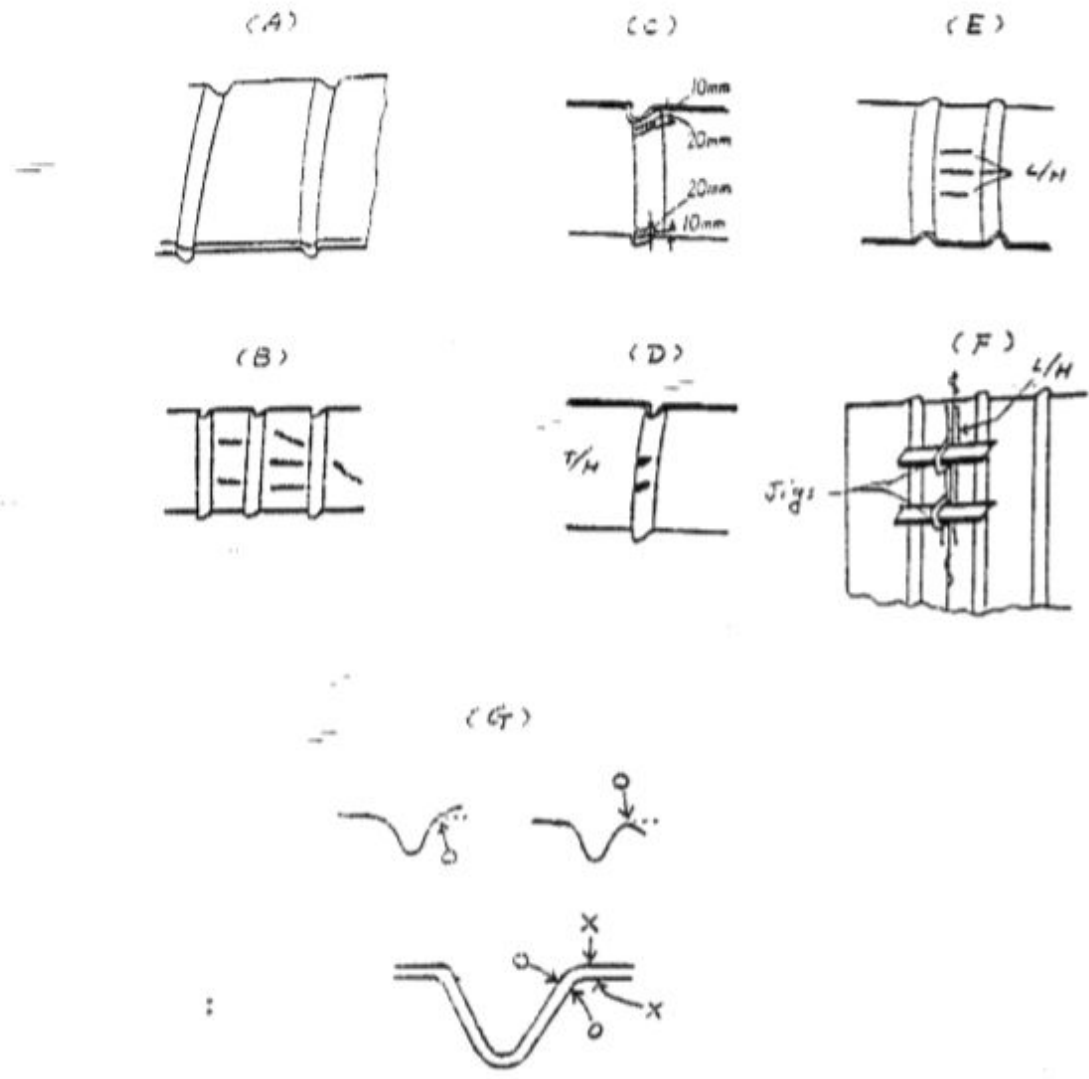
2) Finish faring

Spot heating etc. for remained deformation between beams.

c. Plain wall

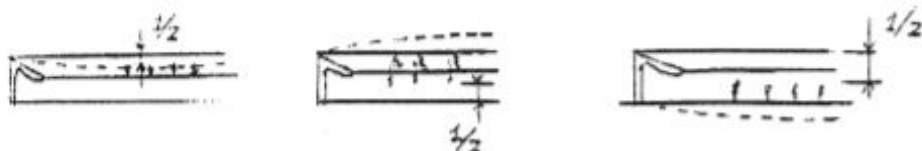
Concept is as same as Deck faring method

d. Corrugate wall

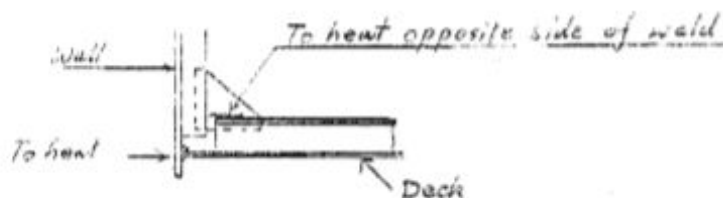


EXAMPLE OF PRACTICAL FARING PROCEDURES
FOR SUPERSTRUCTURE BLOCK

- STEP-1 a. To check deformation of profiles.
b. To mark on deformed parts.
c. The torch size is decided.
d. To heat profiles 500-650c and heating width about same as profile thickness.



- STEP-2 a. To check of brackets.
b. To heat opposite side of weld between bracket and profile if necessary.
c. To heat back side of weld between deck and wall if necessary.

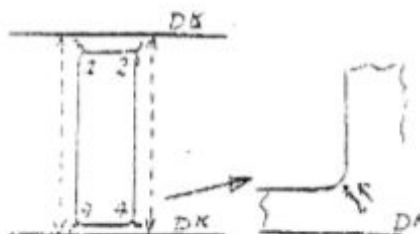


AFTER TURN OVER OF BLOCK

- STEP-3 a. To check deck
b. To mark on opposit side of profiles.
c. To heat on the mark line.
d. To heat between profiles if necessary.
In general Chidori heating is beter than Line heating.

Heating temperature is 500-600c and heating width will be T-2T.

- STEP-4 a. To check wall.
b. To heat as same method as deck faring.
c. To check opening of entrance.
d. To heat corners if necessary.



✓ **Precisión en camas de formas en paneles curvos.**

La utilización de un método de precisión para conformar las camas sobre las que se van a realizar los paneles curvos, es otro de los puntos importantes a considerar.

Cuando se están realizando buques en serie, llega a ser rentable realizar camas con chapas cortadas con la contracurva del panel, pues la precisión en este caso es bastante buena.

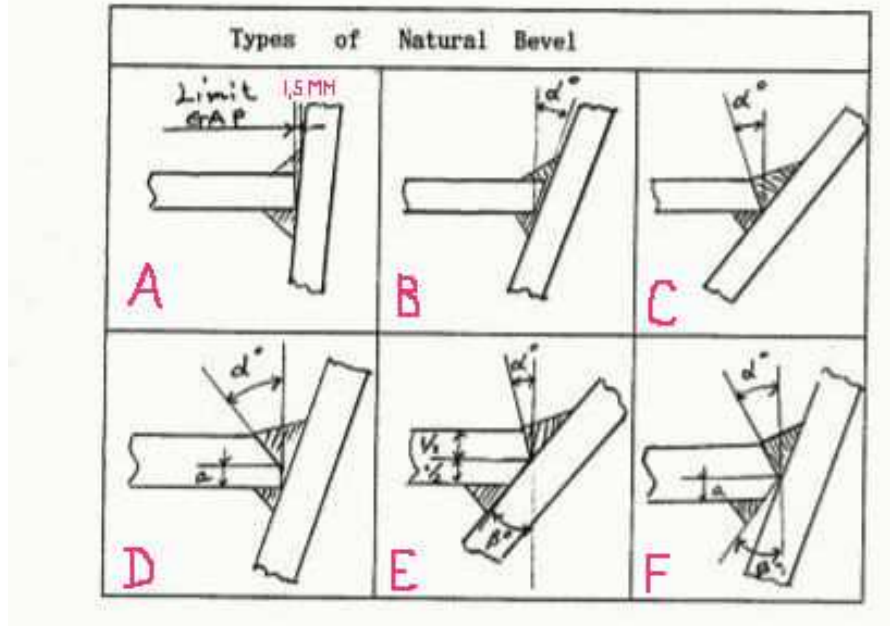
Pero para un solo barco este método es demasiado costoso, y lo más útil es utilizar camas formadas por puntales ajustables en altura, cuya información debe ser facilitada por ingeniería. En la siguiente foto se ve un ejemplo de este tipo de camas.



✓ **Aplicación del Bisel Natural.**

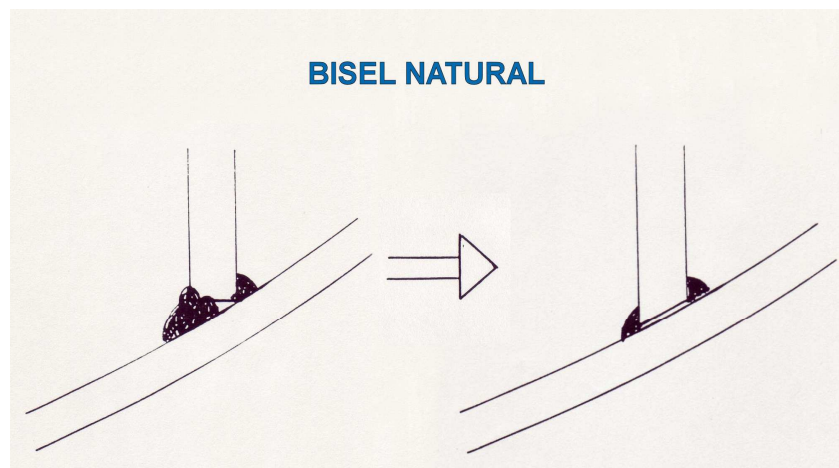
En las soldaduras en ángulo distintas de 90°, hay que tener perfectamente definido el bisel a utilizar, en función de los requerimientos estructurales de dicha soldadura, pudiéndose dar los seis casos que se muestran en la siguiente figura.

Principle bevel types.



En todas ellas hay que elegir el ángulo de los biseles que permita una aportación de soldadura no superior a la requerida estructuralmente.

Pero en el caso de no necesitar una soldadura mayor que la requerida en el caso "A", la solución debe ser el dar un bisel con el mismo ángulo natural que forma con la pieza con la que se va a soldar, pues en caso contrario la cantidad de soldadura aportada aumenta considerablemente los costes de soldadura, además de que el mayor calor aportado genera deformaciones que deterioran la precisión y aumentan más los costes.



Son tan numerosas las soldaduras de este tipo, que la aplicación del bisel natural conlleva reducciones de hasta el 10% del total de las horas de soldadura.

Este tipo de bisel debe ser incluido por ingeniería en las cintas de corte, y si el bisel va variando se debe hacer por tramos, manteniendo un mismo ángulo medio en cada tramo y procurando que el entrehierro no sobrepase 1,5 mm en ningún caso.

- ✓ **Eliminación de demasías:** El objetivo final en el tratamiento de demasías es su eliminación, cortando en el taller de elaboración a las dimensiones definitivas, considerando los acortamientos y entrehierros debidos a los procesos de Prefabricación y Montaje.

En cualquier caso, el primer paso en este sentido debe ser ir eliminando progresivamente las demasías en bloques, empezando por la Zona Maestra, para posteriormente ir eliminando las demasías en las etapas anteriores, hasta llegar a hacerlo en el corte.

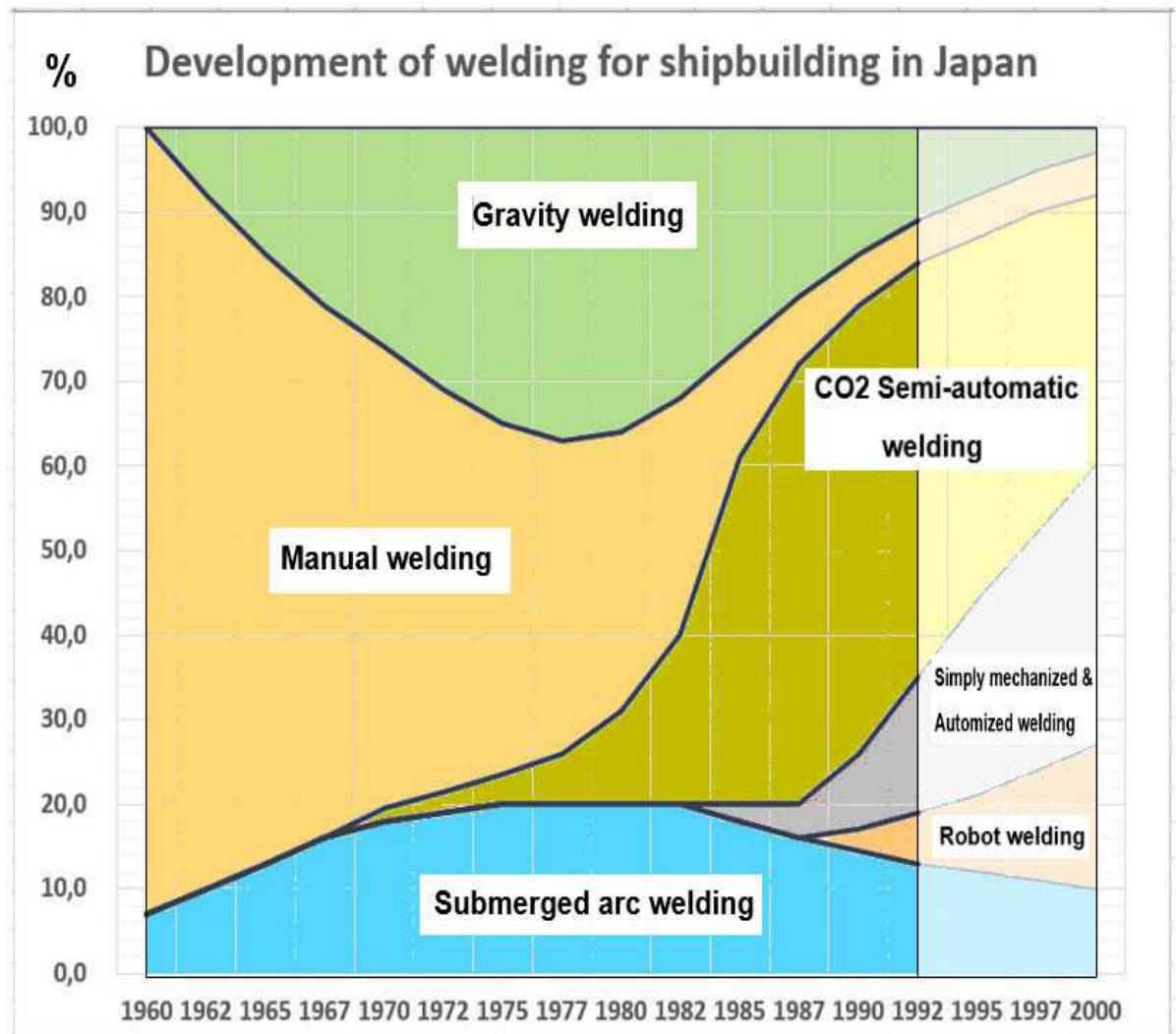
Se debe llevar un control del porcentaje de metros de corte sin demasías en cada etapa, frente a los que van con demasías, así como el porcentaje de metros en los que, al no llevar demasía, se termina realizando trabajos adicionales de recargue de soldadura.

- ✓ **Mejora de los procedimientos de soldadura.** Debe realizarse una continua mejora de los procedimientos de soldadura, impulsando aquellos con menor aportación de calor.

En estos años, se impulsa la introducción de pequeños carros mecanizados de soldadura con protección gaseosa, así como la utilización de osciladores de movimiento tridimensional.

Además, hay que tender a la reducción de entrehierros, lo que conlleva una menor aportación, reduciendo deformaciones y aumentando la productividad.

Para hacerse una idea de la evolución constante de los procedimientos de soldadura, hacia métodos más productivos y con menor aportación de calor, a continuación, se refleja la información sobre la evolución de los procedimientos utilizados en los astilleros japoneses entre los años 1960 y 1992, así como la evolución que entonces estaba prevista entre 1993 y 2000. Información facilitada por MEJ.



Para más información sobre el control de la Precisión dimensional ver:

www.nsrp.org/wp-content/uploads/2015/10/Deliverable-2001-338-Accuracy_Control_Implementation_Manual_Final_Report-University_of_Washington.pdf

www.youtube.com/watch?v=Tk27BSv7B-k

Armamento Adelantado

El concepto de “momento de oportunidad” representa el hacer los trabajos de fabricación en la etapa en la que represente dicho trabajo un menor coste.

En lo referente a los trabajos de acero de la estructura, se trata de buscar la oportunidad de realizar los trabajos, siempre que sea posible, en taller y en posición bajo mano, ya que los trabajos a realizar a la intemperie y en posición bajo techo o en cornisa conllevan un aumento de coste sustancial.

En lo referente al montaje de armamento, la aplicación de estas mismas ideas nos lleva a tratar de aumentar el contenido de trabajos realizados en taller, donde los trabajos se suelen realizar en posición bajo mano y con medios de elevación mucho más flexibles, lo que supone un sustancial ahorro de costes, además de un adelanto de los trabajos al realizarse en una etapa anterior, lo que además permite reducir los plazos de construcción.

En este sentido el aumento del contenido de armamento en módulo se convierte en un objetivo prioritario.

El siguiente momento de oportunidad es el montaje de armamento en bloque, donde a pesar de no disponer de las facilidades de un taller de módulos, el trabajo se sigue realizando en condiciones claramente favorables a lo que representa el montaje a bordo, además de seguir representando un adelanto en el tiempo al realizarse también en una etapa anterior.

En lo referente al montaje a bordo hay que distinguir claramente entre el montaje a cielo abierto, respecto al montaje a zona cerrada, donde en algunos casos el montaje de algunos equipos en estas condiciones conlleva la necesidad de realizar alguna cesárea en la estructura, que permita el montaje de dicho equipo.

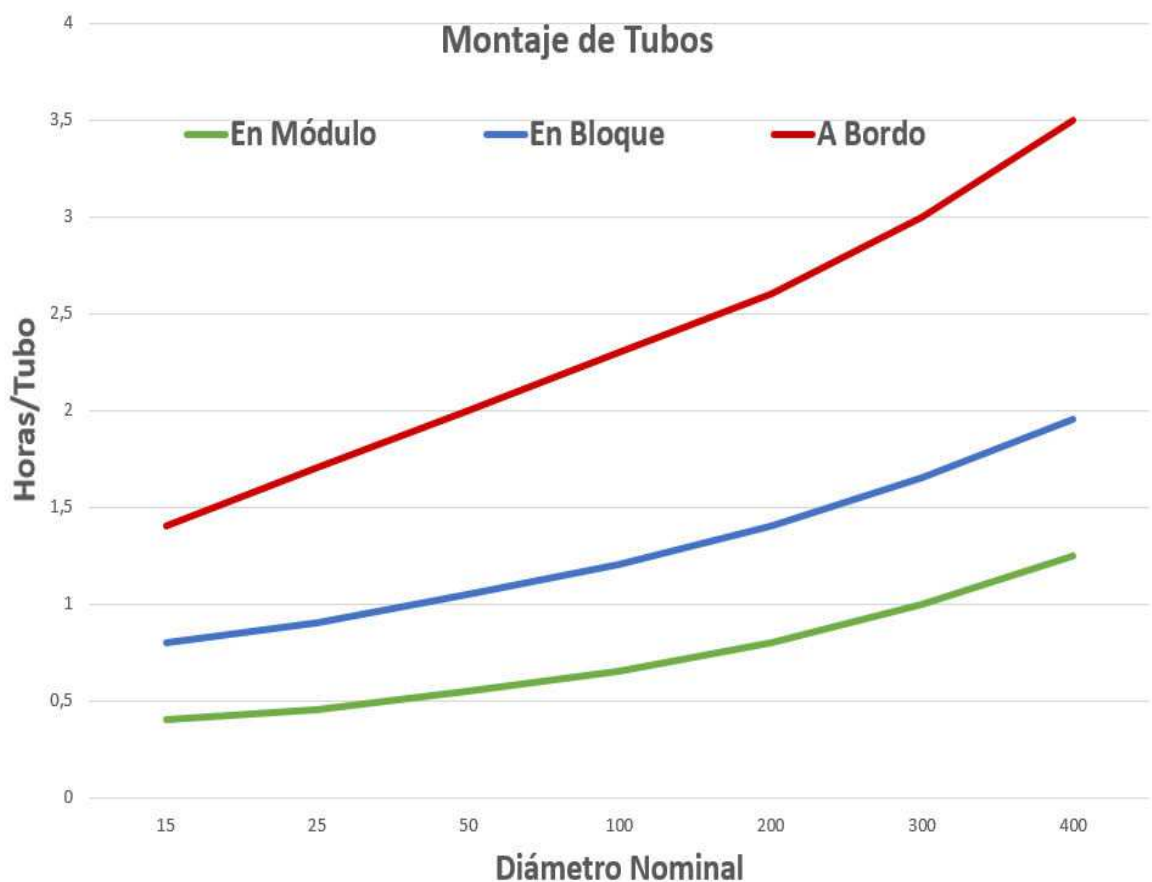
Es evidente que este último caso es el que hay que evitar por todos los medios, pues los costes se disparan de una forma sustancialmente, no solamente por el montaje del equipo, sino además por el coste de los trabajos de acero que representa la cesárea.

Pero volviendo a la importancia de aumentar los trabajos de armamento adelantado, en módulo y bloque, baste con echar un vistazo al siguiente gráfico, donde se representan, comparativamente, las distintas productividades del montaje de tubos, en horas/tubo, en función de que se monten en módulo, en bloque o a bordo.

Como se puede apreciar en el gráfico, el coste medio de montar en bloque es el doble que hacerlo en módulo, y el montarlo a bordo es cuatro veces mayor que en módulo.

Podíamos decir que el coste del montaje en módulo, en bloque o a bordo están en la relación 1/2/4, que es razón suficiente para considerar el armamento adelantado como uno de los puntos prioritarios en la estrategia de construcción, además de su importancia para la reducción del plazo de construcción.

En ese sentido ya le hemos dado en el apartado de “Estrategia Constructiva” la importancia que dicho tema tiene.



Paletización

No es posible conseguir implantar una política de armamento adelantado sin hacer una planificación y paletización adecuadas.

Como la planificación ya la hemos tratado en un apartado anterior, nos falta hacer unos comentarios sobre la paletización.

Se trata de organizar los materiales a montar en cada etapa de una forma eficaz y bajo control.

En primer lugar, hay que decir que estamos hablando de una paletización no virtual, sino con la utilización de palets físicos estandarizados por tipos, que se acomoden al tipo y cantidad de materiales a transportar, además de facilitar su transporte y movimientos para su posterior montaje.

En los trabajos de acero tendremos palets para el transporte de piecerío y palets para el transporte de previas, este último tipo debe permitir transportar las previas en la posición de montaje, para no tener que hacer manipulaciones adicionales a la hora de montarlas y poder coger con la grúa exactamente la previa a montar en cada momento sin tener que manipular ninguna otra, cosa que si pasaría en caso de transportarlas apiladas en horizontal, unas encima de otras. Además, en vertical de evitan deformaciones adicionales.



Palet de piecerío de acero.



Palet de previas.

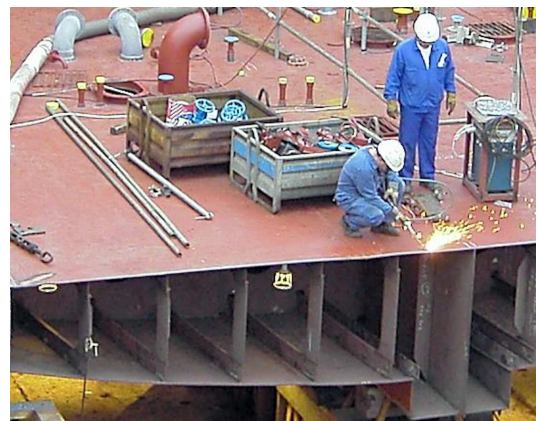
En los trabajos de armamento, deben prepararse listas de materiales por cada actividad de trabajo agrupados por palets de la misma categoría de materiales, indicando en dichas listas las cantidades en número y peso.

Se debe hacer una agrupación de materiales por palets con los siguientes tipos:

01. Tubería
02. Soportes de tubería
03. Válvulas, filtros y otros accesorios
04. Polines
05. Escaleras, barandillado y tecles
06. Tanques no estructurales
07. Conductos de ventilación
08. Equipos
09. Cable eléctrico
10. Calderería de electricidad
11. Equipos eléctricos



Palet de tubos.



Palets de válvulas y accesorios.

La planificación de Armamento debe estar basada fundamentalmente en el control de los materiales, por lo que el esfuerzo informático debe estar dirigido en este sentido, llegando a identificar el material necesario para cada actividad o paquete de trabajo (Palet).

Una planificación adecuada de los materiales es la clave del éxito para poder realizar el armamento adelantado previsto, de lo contrario sería una interferencia seria, que retrasaría el proceso productivo o evitaría su montaje anticipado del armamento, lo que en cualquier caso va a significar un retraso y sobrecosto de la construcción.

Loa palets, para que sean lo más manejables posible, deberían estar dimensionados para un contenido de trabajo de un máximo de unas 100 horas, y deben disponer de un listado del material de cada palet.

Los talleres y las zonas a bordo deben estar organizados marcando un área para almacenamiento de los palets de material, para que queden accesibles a los trabajadores.

Los palets son igualmente útiles para otra serie de trabajos auxiliares, de forma que cada trabajo se asegure de un acceso fácil a los materiales necesarios.



Palets de andamios.



Palets de tipo general.

Mejora de los Procesos

Principios de la Cultura de Calidad

La mejora de los procesos debe abordarse bajo los principios de la Cultura de Calidad y evitando los sobrecostes, por lo que recordaremos aquí estos principios elementales.

IZAR

Astillero de Gijón

Los Siete Principios de la Cultura de Calidad

- # **Calidad a la primera**
Tenemos que empezar a ser conscientes de que el no realizar nuestro propio trabajo desde el principio con la calidad adecuada, genera, posteriormente unos costes que, generalmente, son superiores a los que ha costado hacer nuestro propio trabajo.
- # **El Cliente Interno es el Departamento Siguiete**
Cada Departamento, Fase o Unidad Productiva debe entregar al siguiente los trabajos completamente terminados y con la calidad requerida, considerándolo como su Cliente y siendo, por lo tanto, inaceptable el entregarle productos incompletos o defectuosos.
- # **Mejora Continua**
Debemos empezar un proceso de revisión para la mejora continua de nuestros procedimientos de trabajo. Considerar que siempre es posible una mejora es la clave de este punto.
- # **Prevenir los posibles problemas.**
Adoptar una posición dinámica adelantándonos a prevenir los problemas antes de que ocurran y mejorando, por lo tanto, nuestros procesos.
- # **Medir los resultados**
Debemos utilizar la palabra "Medir" en su más amplio sentido, desde un control dimensional, duración de los procesos, ratios de productividad, etc., hasta finalmente, los resultados económicos; ya que cualquier mejora debe ser medida y, además estar basada en el conocimiento de la realidad actual.
- # **Involucrarse, Responsabilizarse**
Tenemos que participar activamente en la mejora continua de los procesos y, responsabilizarnos de nuestro propio trabajo, prestando especial atención en la terminación completa de los mismos y con la calidad requerida.
- # **Escuchar a Clientes y Suministradores.**
Nos referimos, no solamente al Armador y Suministradores externos, sino también a nuestros Clientes y Suministradores Internos que son el Departamento, Fase o Unidad Productiva siguientes y anteriores en el proceso productivo, y con los que tenemos que establecer unos mecanismos de comunicación eficaces, que permitan una mejora basada en el conocimiento de los problemas en las fases productivas posteriores.

Las Siete Causas Principales de Extracostes

- # **Esperas**
Los tiempos de espera por materiales o información técnica son claramente tiempos improductivos que hay que tratar de eliminar.
- # **Transportes**
Es evidente que la reducción de transportes disminuye los costes, por lo que hay que prestar especial atención en el estudio de los flujos de materiales y productos intermedios que favorezcan esta reducción.
- # **Movimientos**
Nos referimos en este apartado a todos los movimientos de materiales y productos intermedios que se realizan dentro de un Taller o Unidad Productiva, los cuales deben ser estudiados con el fin de ser reducidos al mínimo posible.
- # **Hacer Defectos**
No realizar los trabajos con la calidad requerida o con defectos adicionales, genera unos **extracostes** que pueden incluso superar al del propio trabajo.
- # **Almacenamientos**
Los tiempos de almacenamiento de los materiales o productos intermedios no añaden ningún valor y representan un coste financiero muy elevado, ya que, cuantos mayores sean los tiempos de almacenamiento, más largo será el periodo de construcción del buque y, por lo tanto, más tarde recuperaremos el dinero que ya hemos ido invirtiendo en la compra de los materiales y en la fabricación de productos intermedios.
- # **Operaciones innecesarias de un proceso.**
Aunque parece evidente que estas operaciones no deberían de existir, hemos de decir que gran parte de nuestros procesos contienen operaciones innecesarias que deberían ser eliminadas, pudiendo lograrlo en algunos casos simplemente con el estudio y aplicación de los útiles adecuados.
- # **Producir más de lo planificado en algún Taller**
Ningún Taller o Unidad Productiva debe producir más de lo que sean capaces de absorber las Unidades Productivas siguientes, ya que, en caso de hacerlo se estarían aumentando los almacenamientos con el elevado coste que esto implica, como ya hemos indicado anteriormente.

Mejora Continua

Hay que mantener activa una mejora continua de los procesos, con la involucración de todo el personal, que nos permita asegurar una competitividad a lo largo del tiempo.

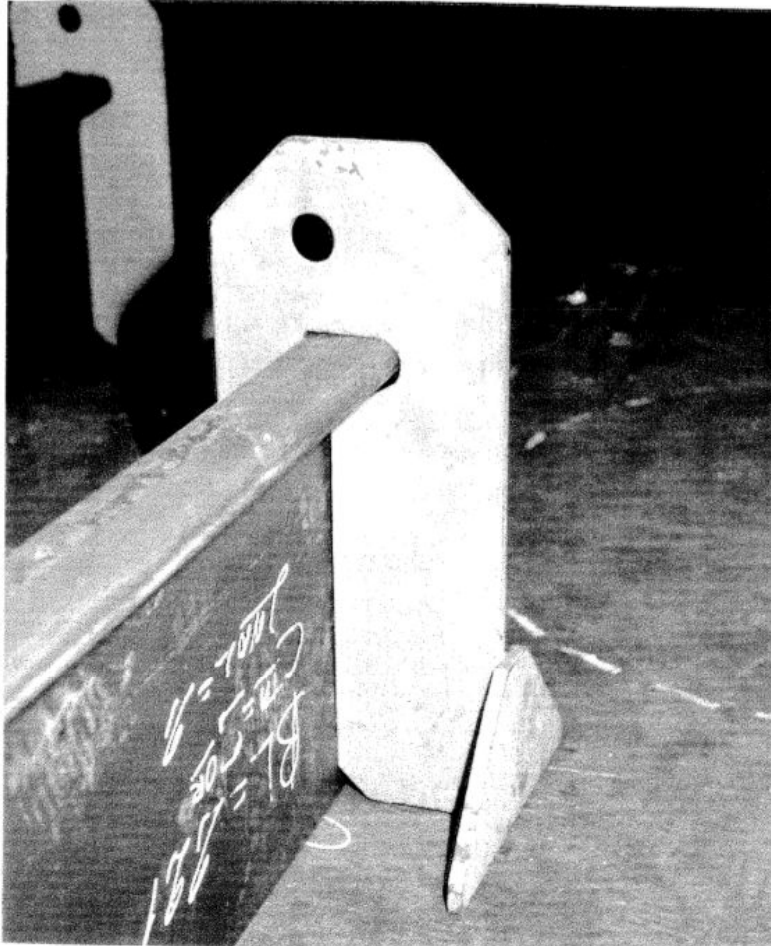
Por lo tanto, el primer ejercicio a realizar para mejorar un proceso es replantearse los extracostes que pueden ser evitados en el mismo, dando una amplia participación a todo el personal involucrado en dichos procesos, empezando por los propios trabajadores, ya que partimos del principio de que quien mejor conoce las virtudes y deficiencias de un proceso, es el que hace dicho trabajo.

En este sentido, durante mi etapa en el astillero de Sestao, pusimos en marcha una actuación encaminada a hacer partícipes a todos los trabajadores de la mejora continua de nuestros procesos, obteniendo una amplia participación y todas las semanas contábamos con un paquete de mejoras, las cuales divulgábamos gráficamente para que todo el astillero fuera conocedor de las mejoras y quienes las habían propuesto.

Se buscaban soluciones particulares a cada caso. Soluciones que muchas veces no existían comercialmente, sino que muchas veces requería de implantación de útiles que facilitaban la realización de dichos trabajos, o evitaban cualquiera de las causas principales de extracostes.

A continuación, se muestra un ejemplo de un trabajo de acero, para mantener longitudinales o refuerzos en posición definitiva.

01-11-92



41
-
UTIL PARA
MANTENER
LONGITUDINALES
EN
POSICION

Inscripción en el Registro Mercantil de Madrid, Pl. C. de A. de A. 22, P. 22, T. 2.000 general, 1847 de la sección 2.ª del libro de Soc. C. de A. de A. 2222769

Causas Principales de Pérdida que ELIMINA (*)		Autor: Salvador Cadau U.P. LP07
1.- Espera		
2.- Transporte		
3.- Movimientos		
4.- Hacer defectos		
5.- Almacenamientos		
6.- Operaciones innecesarias de un proceso	*	
7.- Producir más de lo planificado en algún Taller		

11

Teniendo presente la eliminación de las causas principales de extracostes, al revisar un proceso deberíamos considerar alguno de los siguientes objetivos

- ✓ Reducción del Plazo.
- ✓ Priorizando las reducciones en el Camino Crítico.
- ✓ Mejorar la Programación y Control de Talleres con Parámetros Físicos.
- ✓ Análisis de las Capacidades Teóricas y Reales.
- ✓ Análisis de Tiempos Muertos e Interferencias Internas y Externas.
- ✓ Reducción del Contenido de trabajo., como por ejemplo los metros de soldadura, o el número de tubos, etc.
- ✓ Reducción del número de piezas y simplificación de las mismas.
- ✓ Ejecución del trabajo en la etapa más eficaz posible.
- ✓ Aumento del porcentaje de Tubos Rectos.
- ✓ Mejora de la Logística.
- ✓ Mejora de los Flujos.
- ✓ Mejora de la Paletización
- ✓ Reducción de Transportes y Movimientos.
- ✓ Reducción de Almacenamientos.
- ✓ Disminución de operaciones que no añaden valor.
- ✓ Estandarización.
- ✓ Aumento de la mecanización de Soldadura.
- ✓ Revisión de Chaflanes.
- ✓ Utilización de Líneas de referencia
- ✓ Enderezado por calor en cada etapa.
- ✓ Estudio de Útiles especiales.
- ✓ Eliminación de soldaduras provisionales.
- ✓ Mejora de la Retroalimentación (Feed-back).
- ✓ Eliminación de trabajos en parejas.
- ✓ Reducción de soldaduras que no sea bajo mano.
- ✓ Simplificación de la estructura y componentes.
- ✓ Racionalizar el uso de las Instalaciones disponibles.
- ✓ Participación directa del taller en el estudio de los procesos.
- ✓ Mejora de la Precisión Dimensional.
- ✓ Mejora de las Instalaciones.
- ✓ Mejora en los Cuellos de Botella.
- ✓ Mejora en los procesos con mayor capacidad de ahorro.
- ✓ Mejora con el punto de vista de la Productividad Global.

- ✓ Así como mejorar la Fabricabilidad:
 - Estudiar los procesos de trabajos y los útiles a usar, de forma que permitan la realización del trabajo con un solo operario.
 - Utilización del bisel natural para las piezas soldadas en ángulo.
 - Diseñar el mayor número de tubos posible, que no sean de tres dimensiones.
 - Tratar de evitar el uso de curvas comerciales, curvando en máquina.
 - Utilizar mayoritariamente tubos curvados a 45° y 90°.
 - Utilizar tubos de cierre sencillos, menores de 1 metro, procurando que sean rectos y situados en posición de fácil montaje a bordo.
 - Las bridas de tuberías en unión de bloques deben estar situadas por encima de las cubiertas o pisos.
 - Todos los tubos deben tener en su unión suficiente espacio y accesibilidad para permitir su montaje con apriete por máquina.
 - Evitar situar tubos muy cercanos a los topes de los bloques que dificulte su soldadura.
 - Normalizar las platabandas de las Previas para facilitar el uso de útiles estándar para su fabricación.
 - Para mejorar el flujo de Producción, debemos procurar organizar los Talleres, en la medida que las características de la Planta lo permitan, de forma que los trabajos se realicen de acuerdo a un sistema de flujo continuo de producción, tratando de realizar las operaciones de corte en cabecera de cada línea, procurando disminuir al máximo los almacenamientos intermedios y eliminando al máximo los transportes, tratando de realizar una alimentación directa al siguiente taller.
 - Diseñar polines y bastidores de cuadros y cajas eléctrico independizándolas de estos y permitiendo su montaje en bloque.
 - Disponer los medios auxiliares necesarios y utilizar pórticos de servicio para el soportado de los equipos de soldadura.
 - Tratar de adelantar al máximo los servicios propios del buque para reducir las instalaciones provisionales.

Herramientas de Análisis.

Aunque las herramientas de análisis que vamos a comentar, para la mejora de los procesos, son elementales, no por eso dejan de ser importantes y más bajo la consideración de querer involucrar a todo el personal en el proceso de mejora continua.

Recuerdo que en 1991 estuve una semana en la fábrica de motores de aviación de Pratt & Whitney, en East Hartford, Connecticut, Estados Unidos, donde habían puesto en marcha un plan de Cultura de Calidad Total, involucrando a todo el personal, y habían divulgado las herramientas de análisis más útiles, haciendo cursos con el personal y repartiéndoles unos cuadernillos con dichas herramientas.

No es este, por lo tanto, un tema banal, aunque si elemental, y doy por supuesto que conocido por todos los que terminen leyendo estas páginas, para las que he utilizado información y gráficos de internet.

No se trata solo de abordar un proceso y mejorarlo, ya que en primer lugar hay que decidir temas como los que se indican:

- ✓ Analizar cuáles son las actuaciones prioritarias.
- ✓ Analizar cuáles son los procesos cuya mejora nos va a dar mayor rentabilidad.
- ✓ Analizar si los procesos están bajo control.
- ✓ Analizar cuales pueden ser las causas que pueden producir los efectos que se pretenden mejorar o eliminar.
- ✓ Etc.

Por lo tanto, merece la pena hacer un ligero comentario sobre las siguientes herramientas de análisis:

- ✓ Diagramas de Flujo.
- ✓ Hojas de Verificación.
- ✓ Diagramas de Pareto.
- ✓ Diagramas de Causa y Efecto.
- ✓ Histogramas.
- ✓ Diagramas de Dispersión.
- ✓ Gráficos de Control.
- ✓ Capacidad de Procesos.
- ✓ Tormenta de Ideas (Brainstorming).
- ✓ Técnica de Grupo Nominal.



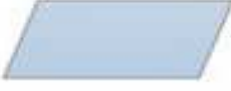


Diagramas de Flujo

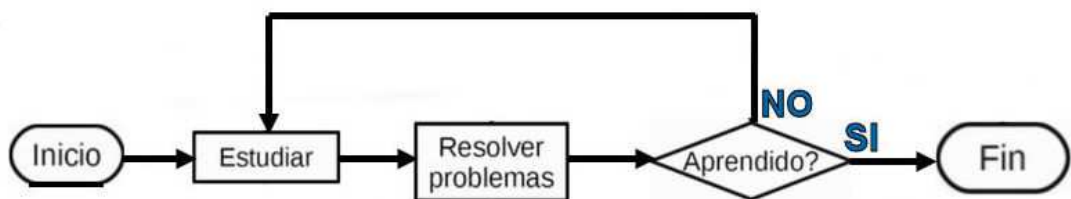
Un diagrama de flujo es una representación donde se muestran todos los pasos de un proceso y suministra una excelente documentación del proceso.

Un diagrama de flujo es una herramienta útil para examinar como están relacionados, unos con otros, varios pasos en un proceso.

Se usan ampliamente en numerosos campos para documentar, estudiar, planificar, mejorar y comunicar procesos que suelen ser complejos en diagramas claros y fáciles de comprender

Los diagramas de flujo emplean rectángulos, óvalos, diamantes y otras numerosas figuras para definir el tipo de paso, junto con flechas conectoras que establecen el flujo y la secuencia.

Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso



Pueden variar desde diagramas simples y dibujados a mano hasta diagramas exhaustivos creados por computadora que describen múltiples pasos y rutas. Si tomamos en cuenta todas las diversas figuras de los diagramas de flujo, son uno de los diagramas más comunes del mundo, usados por personas con y sin conocimiento técnico en una variedad de campos.

Los diagramas de flujo son ampliamente usados en identificación de problemas en un proceso llamado "Imagineering". Las personas con un conocimiento profundo de un proceso, se reúnen para:

- ✓ Dibujar el diagrama de flujo, de acuerdo con los pasos con los que actualmente se realiza.
- ✓ Dibujar el diagrama de flujo de acuerdo a los pasos que el proceso debería seguir si todo fuera correctamente.
- ✓ Comparar las diferencias entre ambos diagramas, porque en esas diferencias es donde está el problema.

Los diagramas de flujos se usan para las siguientes actividades:

- ✓ Documentar y analizar un proceso.
- ✓ Estandarizar un proceso para obtener eficiencia y calidad.
- ✓ Transmitir el conocimiento de un proceso.
- ✓ Identificar cuellos de botella, redundancias y pasos innecesarios en un proceso y mejorarlo.
- ✓ Representar la rutina diaria o las tareas de un empleado.

But Fryman, en su libro escrito en 2001 titulado *Quality and Process Improvement*, distinguió los siguientes tipos de diagramas de flujo, aplicables en una empresa:

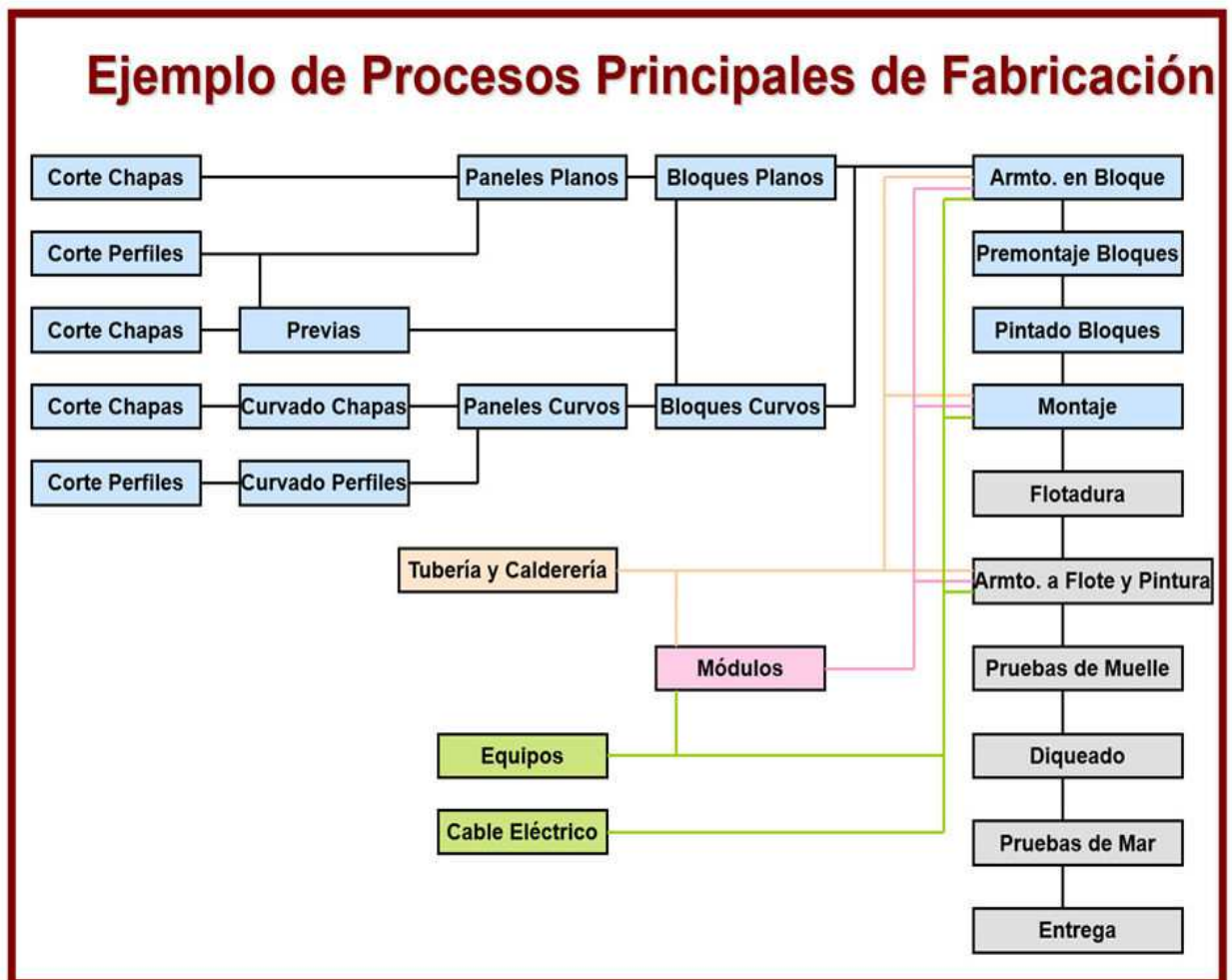
- ✓ Diagrama de flujo de decisiones.
- ✓ Diagrama de flujo lógico.
- ✓ Diagrama de flujo de sistemas.
- ✓ Diagrama de flujo de productos.
- ✓ Diagrama de flujo de procesos.

Para hacer un diagrama de flujo se deben seguir estos pasos:

- ✓ **Definir el propósito y alcance.**
¿Qué deseas lograr? ¿Estás considerando las cosas correctas con un punto inicial y final apropiados para alcanzar ese propósito? Realiza una investigación lo suficientemente detallada, pero lo suficientemente simple a la hora de crear tus diagramas para comunicarte con tu audiencia.

- ✓ **Identificar las tareas en orden cronológico.**
Esto puede involucrar las conversaciones con los participantes, la observación de un proceso o la revisión de cualquier documentación existente. Puedes escribir los pasos en forma de notas o comenzar con un diagrama en versión borrador.
- ✓ **Organizarlas por tipo y figura correspondiente.**
Como procesos, decisiones, datos, entradas o salidas.
- ✓ **Crear el diagrama.**
Ya sea dibujándolo a mano o usando un programa.
- ✓ **Confirmar el diagrama de flujo.**
Verificando todos los pasos con las personas que participan en el proceso. Observa el proceso para asegurarte de no dejar de lado nada que sea importante para tu propósito.

Seguidamente se representa un **diagrama de flujo del proceso de producción para la construcción de un buque:**



Hojas de Verificación

La Hoja de Verificación o de Chequeo está íntimamente ligada al proceso de **obtención de datos** que es fundamental en el proceso QC. A partir de los datos descubriremos los **hechos** relevantes y podremos tomar acciones apropiadas basadas en dichos **hechos**. Por consiguiente, antes de la toma de datos, debemos conocer cuál es el propósito de la misma y debemos definir qué tipo de datos vamos a necesitar.

Es importante que los datos sean recogidos de forma simple y fácil de utilizar. La Hoja de Chequeo consiste en un formato de papel donde los distintos conceptos que se quieren chequear están ya impresos y vienen ordenados y estructurados de acuerdo a los propósitos de la recogida de datos que queremos efectuar.

Se trata, pues, de un concepto muy sencillo, pero no por ello debe ser menospreciado, sino que se debe prestar especial atención en su diseño y utilización, para facilitar la tarea de las personas que deben procesarla disminuyendo así la probabilidad de cometer errores.

A continuación, exponemos varios ejemplos de Hojas de Chequeo. Como ya hemos indicado se adjuntan sólo a título orientativo ya que cada aplicación requerirá el empleo del tipo más adecuado:

Hoja de chequeo para investigar los puntos de defectos (atributos):

Días de la Semana							
Errores	1	2	3	4	5	6	Total
Luz defectuosa	||||	||||	||||	||||	||||	||||	40
Cierres flojos	|	|||		||||	||||	||	16
Rayones	|	|||	|||	|	|||	|||||	21
Partes faltantes		|		|	|		3
Contacto sucios	||||	|||	||||	|||	||||	||||	32
Otros	|	|||			||	|||	9
Total	19	19	16	19	23	25	121

En este tipo de hoja los registros se clasifican en función de varias causas que se quieren contrastar. Aquí el concepto básico es la **estratificación** de los datos.

Hoja de chequeo para investigar los procesos (variables):

OPERACION: Medición de diámetro interior Pieza A		JEFE DPTO.	MAESTRO TALLER	SUPERVISOR															
DEPARTAMENTO: CALIDAD																			
PAUTA: $50 \pm 0,05$																			
MEDIDOR: J. González																			
FECHA: 23/7/99																			
Nº	MEDI-CION	NUMERO DE PIEZAS																TO-TAL	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80		
1	- 0.07	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	- 0.06	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	- 0.05	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
4	- 0.04	////	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
5	- 0.03	////	///	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7
6	- 0.02	////	////	////	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	15
7	- 0.01	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	37	
8	± 0	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	45	
9	+ 0.01	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	49	
10	+ 0.02	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	31	
11	+ 0.03	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	11	
12	+ 0.04	/	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
13	+ 0.05	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
14	+ 0.06	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15	+ 0.07	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
		FABRICACION TOTAL : 15.000 piezas																TOTAL	200

Este instrumento se usa para lograr recolectar los datos necesarios dentro de un formato lógico y fiable, ya que sirve como una **herramienta de transición de recolección de datos** y la utilización de técnicas bien elaboradas.

Diagramas de Pareto

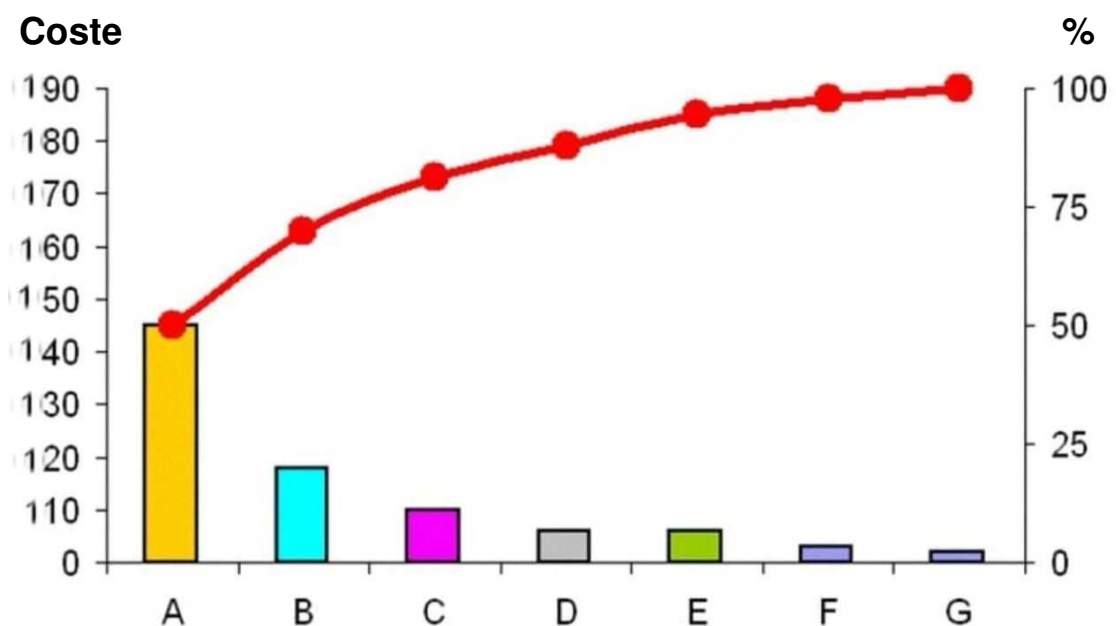
El Diagrama de Pareto (o Distribución ABC) constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales), y las que lo son menos (los muchos y triviales).

Hacer un Diagrama de Pareto, basado en cualquier Lista de Chequeo u otra forma de recolección de datos, nos ayuda a dirigir nuestra atención y esfuerzos sobre los problemas realmente importantes, pues un 80% de los extracostes pueden estar causados por solo el 20% de los problemas totales.

Este diagrama **permite**:

- ✓ Asignar un orden de prioridades.
- ✓ Mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes. Mediante la gráfica colocamos los «pocos que son vitales» a la izquierda y los «muchos triviales» a la derecha.
- ✓ Facilita el estudio de las fallas en las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales psicosomáticos.

El principal uso que tiene este tipo de diagrama es poder establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones.



Este diagrama tiene las siguientes **ventajas**:

- ✓ Permite centrarse en los aspectos cuya mejora tendrán más impacto, optimizando por tanto los esfuerzos.
- ✓ Proporciona una visión sencilla y rápida de la importancia relativa de los problemas.
- ✓ Ayuda a evitar que empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras menos significativas.
- ✓ Su visión gráfica del análisis es fácil de comprender y estimula al equipo para continuar con la mejora.

Y tiene las siguientes **utilidades**:

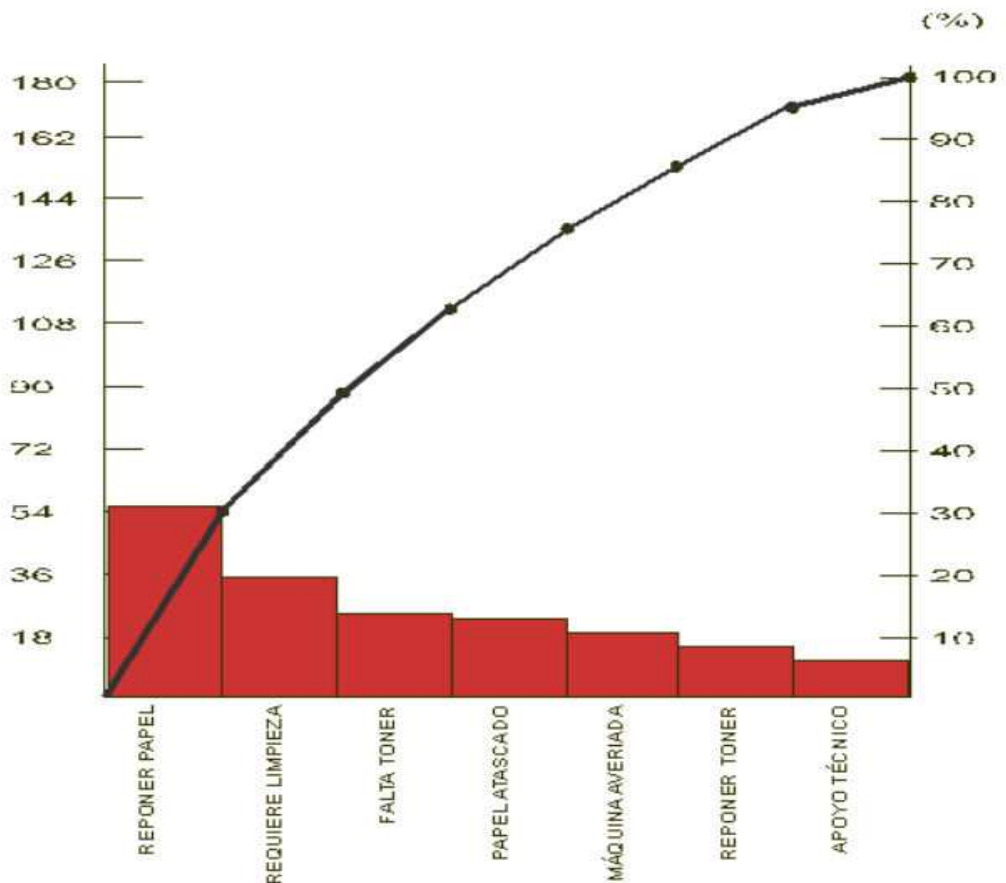
- ✓ Determinar cuál es la causa clave de un problema, separándolas de otras presentes, pero menos importantes.
- ✓ Decidir cuál será el objetivo de las acciones de mejora, optimizando la eficiencia de los esfuerzos llevados a cabo para ello.
- ✓ Contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes.
- ✓ Puede ser utilizado tanto para investigar efectos, como analizar causas.
- ✓ Comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y coste de los errores.

Para la **elaboración del Diagrama de Pareto** se deben seguir los siguientes pasos:

- ✓ **Seleccionar los problemas** (causas) que van a ser analizados
 - Mediante la utilización de la técnica del “Brainstorming”, de la que hablaremos posteriormente.
 - O seleccionando los mayores problemas ya registrados.
- ✓ **Agrupar los datos** según categorías, de acuerdo con un criterio determinado.
- ✓ **Tabular los datos**, comenzando por la categoría que contenga más elementos y, siguiendo en orden descendente, calculando las frecuencias, como se aprecia en el siguiente ejemplo.

Nº	CATEGORÍA	Frecuencia absoluta	Frecuencia Absoluta acumulada	Frecuencia relativa unitaria %	Frecuencia relativa acumulada
1	Reponer papel	56	56	30,60	30,60
2	Requiere limpieza	35	91	19,13	49,73
3	Falta tóner	25	116	13,66	63,39
4	Papel atascado	23	139	12,57	75,96
5	Máquina averiada	19	158	10,38	86,34
6	Reponer tóner	16	174	8,74	95,08
7	Apoyo técnico	9	183	4,92	100,00

- ✓ **Dibujar el diagrama de Pareto**, sus ejes de ordenadas y abscisas, así como las barras sobre el eje horizontal en orden descendente y finalmente delinear la curva acumulativa, así como los rótulos de identificación de los datos.



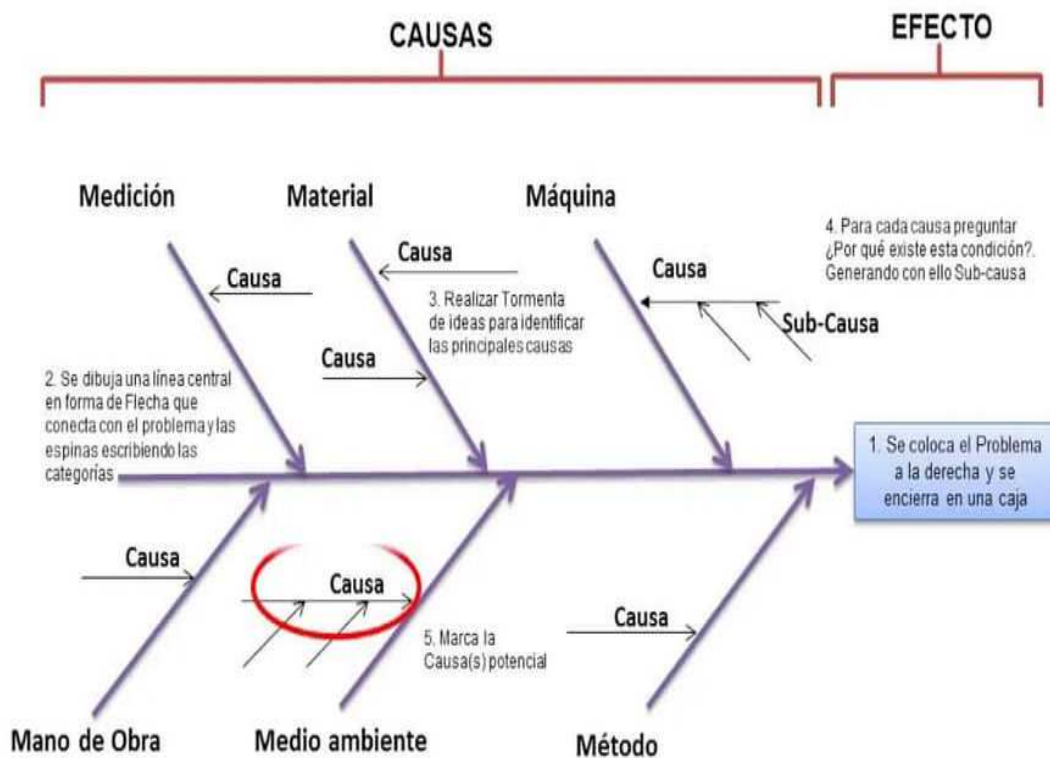
- ✓ Y finalmente **analizar el diagrama**.
En el diagrama de Pareto del ejemplo anterior, puede observarse como dos tipos de incidencias comprenden el 49,73% de los requerimientos de asistencia: Reponer papel (30,60%) y Requiere limpieza (19,13%).

Diagramas de Causa y Efecto

El Diagrama Causa-Efecto es llamado usualmente Diagrama de "Ishikawa" porque fue creado por Kaoru Ishikawa, experto en dirección de empresas, quien a su vez estaba muy interesado en mejorar el control de la calidad.

Se trata de una herramienta para el análisis de los problemas que básicamente representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan.

El diagrama causa-efecto está compuesto por un recuadro que constituye la cabeza del pescado, una línea principal, que constituye su columna, y de 4 a más líneas apuntando a la línea principal formando un ángulo de unos 70°, que constituyen sus espinas principales. Cada espina principal tiene a su vez varias espinas y cada una de ellas puede tener a su vez de dos a tres espinas menores más.



Es con diferencia una de las herramientas más sencillas dentro de la mejora continua.

Los **pasos para la elaboración** de un diagrama causa-efecto son los siguientes:

Pasos previos:

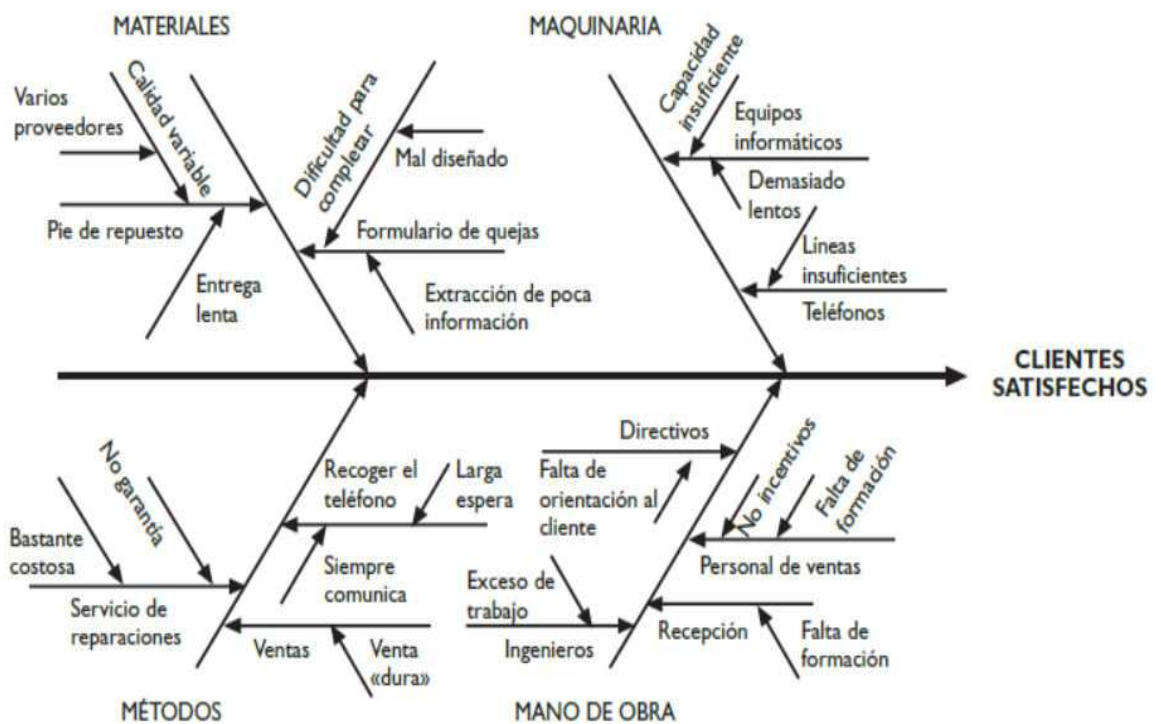
- ✓ **Determinar inequívocamente el problema a analizar.** Debe ser un problema concreto, aunque puedan intervenir diversas causas que lo expliquen.
- ✓ **Determinar el grupo de personas** que deben intervenir en el análisis. Normalmente serán personas relacionadas con el problema directa o indirectamente, de forma que todas ellas puedan aportar ideas.
- ✓ **Convocar al grupo**, anunciándoles el problema concreto que se va a analizar (para que vayan pensando en él).

Reunión de análisis:

- ✓ El grupo de analistas va dando sus opiniones, de forma ordenada, sobre las posibles causas que cada uno identifica para dicho problema (en esta etapa puede aplicarse la misma metodología de tormenta de ideas).
Una vez que hemos identificado las causas principales procedemos a preguntarnos por las causas secundarias (subcausas) que han provocado a las causas principales.
El coordinador del grupo irá anotando las causas y subcausas una a una en una pizarra o similar.
- ✓ Una vez agotadas las opiniones, el coordinador del grupo dibuja el diagrama base en una pizarra suficientemente amplia para poder escribir en ella todas las causas posibles.
 - En el triángulo de la “cabeza del pez” se escribe el problema considera
 - A continuación, se identifican los factores o grupos de causas en que éstas pueden clasificarse. A cada uno de estos factores se les asigna una flecha que entronca en la “espina” principal del pez.
 - Habitualmente, los factores suelen estar predefinidos en las llamadas “5M”, dependiendo del contexto:
 - 1ª M: Maquinaria
 - 2ª M: Mano de obra
 - 3ª M: Método
 - 4ª M: Materiales
 - 5ª M: Medio (entorno de trabajo)

- ✓ A continuación, el coordinador, con la colaboración de los integrantes del grupo, asigna cada una de las causas identificadas a uno de los títulos o conjuntos de causas definidos, utilizando flechas paralelas a la “espinas” central y escribiendo de nuevo la causa al lado de cada flecha. Durante el proceso, pueden aparecer causas que lo sean, a su vez, de otras causas. Cuando esto sucede, pueden añadirse flechas que entronquen estas “subcausas” con las correspondientes a las causas principales y así sucesivamente. De esta forma, se ramifica el diagrama de forma directamente proporcional a la capacidad del grupo de encontrar causas para el problema planteado. Se debe desarrollar el diagrama escribiendo todas las causas desde el nivel superior hasta el nivel más bajo posible.
- ✓ Finalmente, se determina, por votación, cuál es el orden de importancia de las causas identificadas. Se debe seleccionar e identificar una pequeña cantidad (de 3 a 5) de las causas del más alto nivel que puedan tener la mayor influencia en el efecto y sobre las que se debe actuar prioritariamente.

Ejemplo de diagrama de causa y efecto

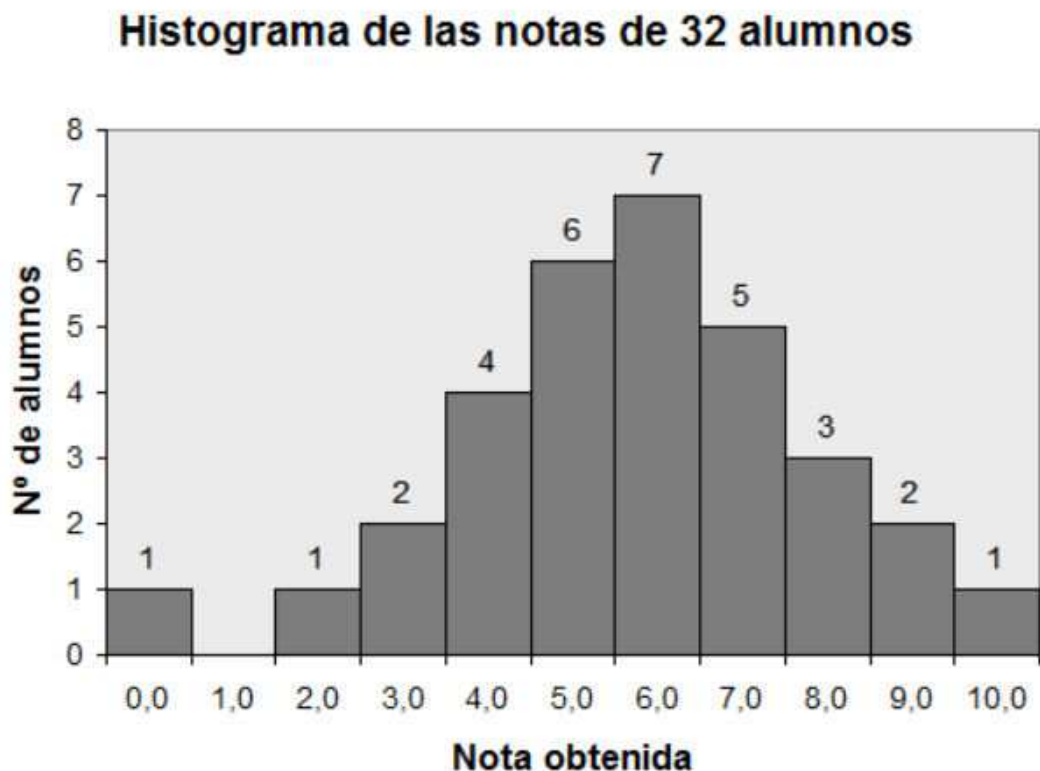


Histogramas

Un Histograma es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados.

Sirven para obtener una "primera vista" general, de la distribución de la muestra, respecto a una característica, cuantitativa y continua (como la longitud o el peso). De esta manera ofrece una visión de grupo permitiendo observar una tendencia, por parte de la muestra por ubicarse hacia una determinada región de valores dentro del espectro de valores posibles (sean infinitos o no) que pueda adquirir la característica.

Así pues, podemos evidenciar comportamientos, observar el grado de homogeneidad entre los valores de todas las partes que componen la muestra, o, en contraposición, poder observar el grado de variabilidad, y por ende, la dispersión de todos los valores que toman las partes. También es posible no evidenciar ninguna tendencia y obtener que cada muestra adquiere un valor de la característica aleatoriamente sin mostrar ninguna tendencia.



En el eje vertical se representan las frecuencias, es decir, la cantidad de la muestra que se ubica en un determinado valor o subrango de valores de la característica. Evidentemente, cuando este espectro de valores es infinito o muy grande, se reduce a solo una parte que muestre la tendencia.

A diferencia del Diagrama de Pareto, que hace una representación en gráfico de barras de la distribución de frecuencias con la que determinados sucesos o causas ocurren y, en cualquier caso, solo trata con los atributos o características de un producto o servicio, como tipo de defecto, problemas, costes, etc. **Un Histograma** se utilizan para relacionar variables cuantitativas continuas, como temperaturas, dimensiones, etc. y muestra su distribución.

Su utilidad se hace más evidente cuando se cuenta con un gran número de datos cuantitativos y que se han agrupado en intervalos de clase. Ejemplos de su uso es la representación de edades o estaturas de una población. Por comodidad, sus valores se agrupan en clases, es decir, en intervalos continuos.

Un histograma usado en procesos industriales **permite**:

- ✓ Mostrar el patrón de variación del proceso.
- ✓ Dar información visual del comportamiento del proceso.
- ✓ Decidir sobre donde concentrar los esfuerzos de mejora.

Los **pasos para la construcción de un histograma** son los siguientes:

- ✓ Contar el número de datos que se han tomado para la construcción del histograma.
- ✓ Determinar el rango de los datos, el cual se obtiene restando los valores mayor y menor.
- ✓ Decidir el número de clases (o barras) en que se van a agrupar todos los datos.
- ✓ Establecer la anchura de las clases (o barras). Si queremos intervalos iguales tomaremos el rango dividido por el número de clases (o barras).
- ✓ Determinar los límites del gráfico.
- ✓ Dibujar el histograma. Si todas las clases (o barras) tienen la misma amplitud, las bases de las barras son los intervalos de cada clase y la altura es la frecuencia de cada uno.

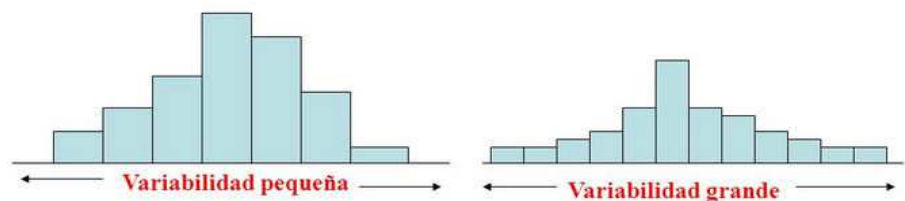
Interpretación de los histogramas.

El resultado del análisis da una interpretación del funcionamiento del proceso o de la causa del problema que se está investigando y podemos hacer la siguiente agrupación:

✓ Histograma **simétrico**.

Tiene una forma acampanada simétrica, cuando el conjunto de causas de variación que actúan sobre el proceso se mantiene constante, pero se puede distinguir entre:

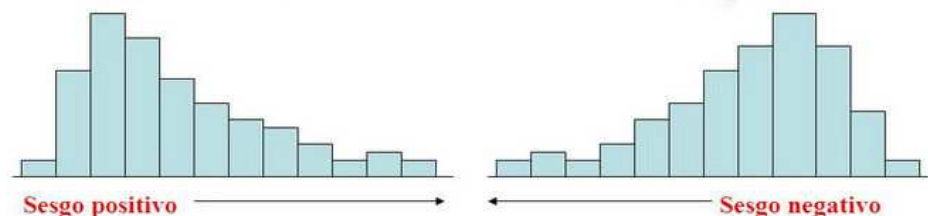
- Procesos con **pequeña variabilidad**, con un histograma simétrico pero alto y concentrado en la base.
- Procesos de **gran variabilidad**, con un histograma bajo y de amplia base



✓ Histograma **sesgado**.

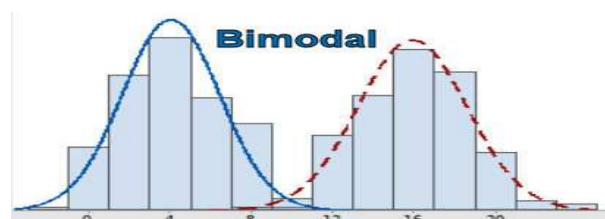
Tiene una forma asimétrica y por lo tanto distorsionada, donde las mayores frecuencias están alejadas del centro, pudiendo distinguir entre:

- **Sesgo positivo** (distorsionado a la derecha). Si las mayores frecuencias están a la izquierda.
- **Sesgo negativo** (distorsionado a la izquierda). Si las mayores frecuencias están a la derecha.



✓ Histograma **bimodal**.

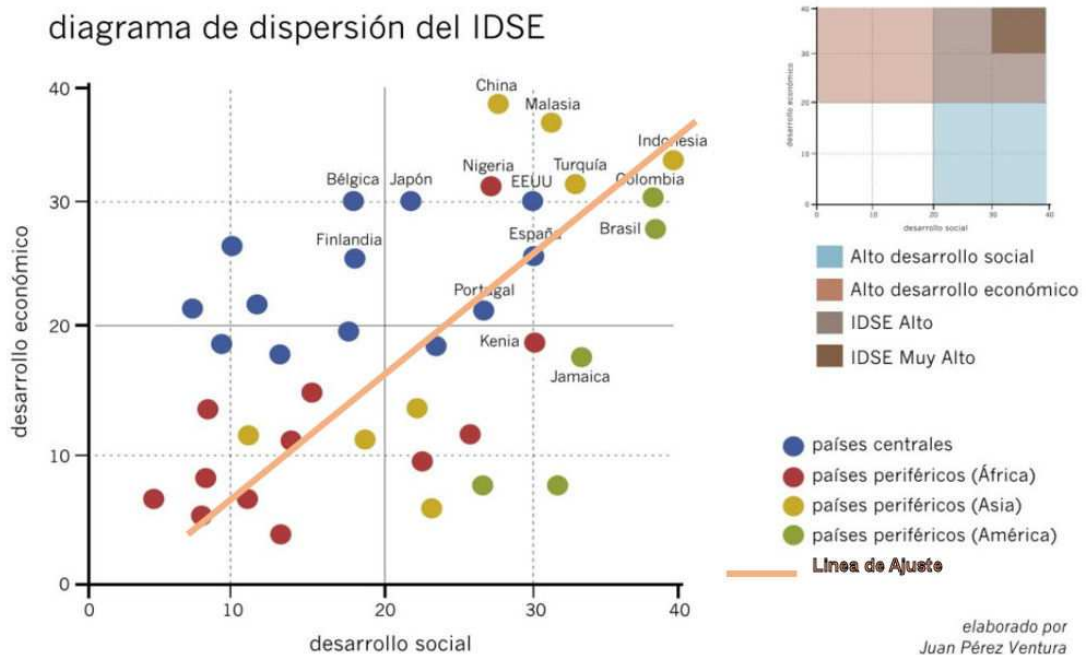
Cuando el histograma presenta dos picos significativos de frecuencias, presentado dos campanas mezcladas, lo que indica que se están mezclando dos diferencias significativas en un proceso, como puede ser el realizarlo con dos máquinas distintas.



Diagramas de Dispersión

Un Diagrama de Dispersión se usa para estudiar la posible relación entre dos variables. Se trata de buscar la posible relación causa y efecto. Sirve para dejar claro si la relación existe y la intensidad de la misma.

En cada eje de coordenadas se representa el valor de cada una de las variables, teniendo la siguiente apariencia de nube de puntos.



El procedimiento para hacer un diagrama de dispersión es el siguiente:

- ✓ Recolectar datos pareados (x,y) de dos variables, cuya relación va a ser objeto de estudio.
- ✓ Rotular los ejes x e y.
- ✓ Encontrar los valores mínimo y máximo, tanto para x como para y, y utilizar estos valores para elaborar la escala de los ejes horizontal (x) y vertical (y).
- ✓ Dibujar los datos pareados (x,y).
- ✓ Examinar la forma de la nube de puntos para descubrir los tipos e intensidad de las relaciones.

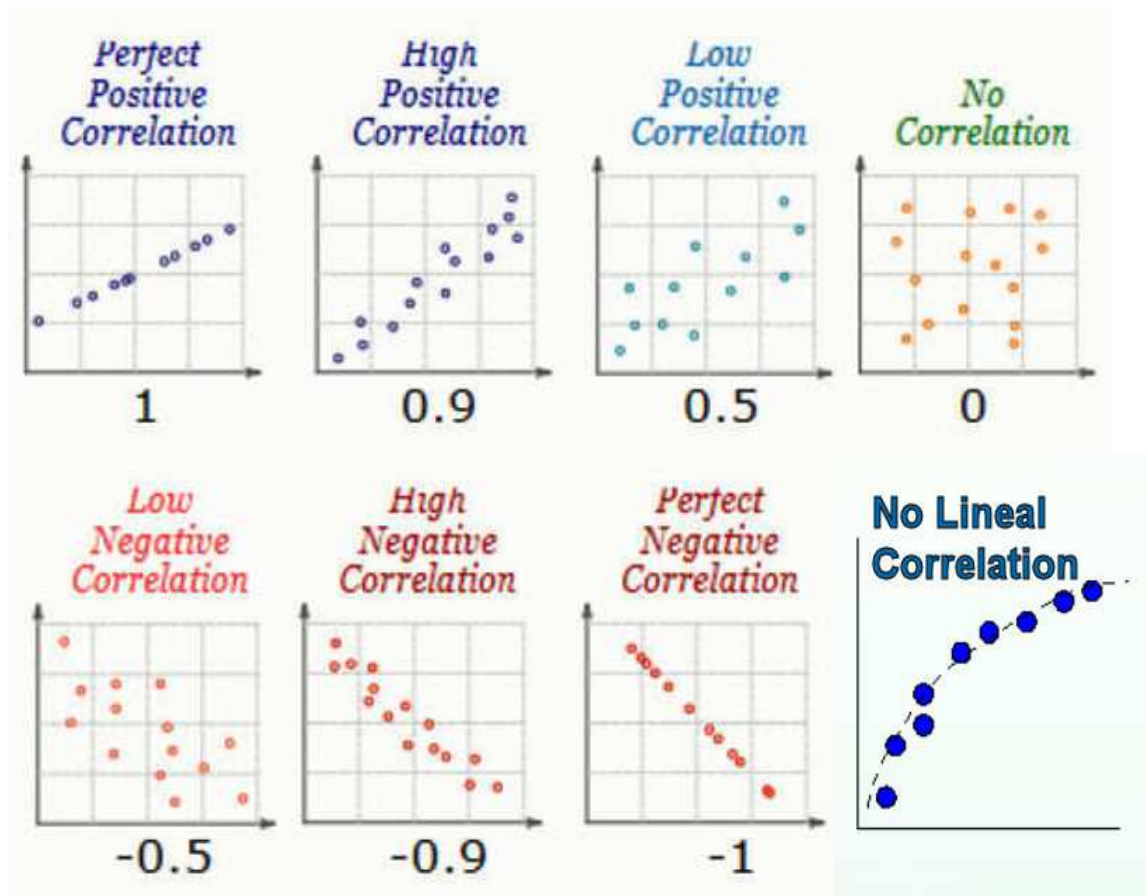
Cuando hablamos de la relación entre dos variables nos referimos a una relación causa y efecto, o a una relación entre una causa y otra.

La relación entre las variables se infiere a partir de la forma de la nube de puntos existiendo los siguientes **tipos de correlación**:

- ✓ Una **correlación lineal positiva** entre las variables x e y significa que valores crecientes de x están asociados con los valores crecientes de y , con una tendencia lineal.
- ✓ Una **correlación lineal negativa** entre las variables x e y significa que valores crecientes de x están asociados con los valores decrecientes de y , con una tendencia lineal.
- ✓ Una correlación no lineal entre las variables x e y significa que la línea de ajuste no es lineal.
- ✓ En una **correlación nula** entre las variables x e y los puntos se encuentran totalmente dispersos y la gráfica no sigue ningún tipo de tendencia.

Para hacer predicciones basándonos en datos pasados se usa la Línea de Ajuste, que debemos asegurarnos que se ajuste a la mayor parte de los datos y puede ser lineal o no lineal.

En la figura siguiente podemos ver los diferentes tipos de correlación:



Gráficos de Control

Los Gráficos o Diagramas de Control sirven para poder analizar el comportamiento de diferentes procesos y saber si están bajo control, o en caso contrario, poder prever posibles fallos de producción mediante métodos estadísticos.

En un proceso de fabricación existen variables aleatorias inherentes al proceso, que se repiten casualmente dentro de unos límites predecibles, estos límites determinables estadísticamente son:

- ✓ Límite Superior de Control (LSC), o en inglés (UCL).
- ✓ Límite Inferior de Control (LIC), o en inglés LCL).

Existen dos **tipos de gráficos de control**:

- ✓ Gráfico de control **por variables**, en **unidades cuantitativas** de medida, ej., longitud, peso, tiempo, etc.
- ✓ Gráfico de control **por atributos**, **características cualitativas**, ej., Defectuoso o no defectuoso, apto o no apto, etc.

En un gráfico de control por variables, se representa el gráfico de variación de la medida de una característica del proceso en estudio, así como las líneas que representan los límites de control y la línea que representa el valor medio de la muestra de mediciones. También se analiza la medida de su variabilidad, mediante el rango (R).

(n =número de muestras de cada grupo y K =número de grupos)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x}{n} \quad \bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{x}}{k} \quad R = x_{max} - x_{min} \quad \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R}{k}$$

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \quad LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \quad UCL_R = D_4 \bar{R} \quad LCL_R = D_3 \bar{R}$$

Tabla de Factores para diagramas X y R			
Número de observaciones en cada grupo	Factor para diagrama X	Factor para diagrama R	
	A2	Superior D4	Inferior D3
2	1,880	3,268	0,000
3	1,023	2,574	0,000
4	0,729	2,282	0,000
5	0,577	2,114	0,000
6	0,483	2,004	0,000
7	0,419	1,924	0,076
8	0,373	1,864	0,136
9	0,337	1,816	0,184
10	0,308	1,777	0,223

En un gráfico de control por atributos, se representan los valores de alguna de las siguientes características cualitativas:

- ✓ **Gráfico p:** En él se mide el porcentaje de rechazos en cada grupo (muestra).

n = número de muestras de cada grupo

$$p = \frac{\text{n}^\circ \text{ de rechazos en cada grupo}}{\text{n}^\circ \text{ de grupos inspeccionados}}$$

$$\bar{p} = \frac{\text{n}^\circ \text{ total de rechazos}}{\text{n}^\circ \text{ total inspeccionado}}$$

σ = desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

$$UCL_p = \bar{p} + 3\sigma \quad LCL_p = \bar{p} - 3\sigma$$

- ✓ **Gráfico np:** En él se mide el número de unidades defectuosas por muestra.

$$UCL_{np} = \bar{n}\bar{p} + 3\sqrt{\bar{n}\bar{p}(1-\bar{p})} \quad LCL_{np} = \bar{n}\bar{p} - 3\sqrt{\bar{n}\bar{p}(1-\bar{p})}$$

- ✓ **Gráfico c:** En él se mide el número de defectos por unidad de producción durante un periodo de muestreo. En este caso, los defectos por producto se cuentan, y se establece un valor para definir a partir de cuantos defectos una unidad es rechazada.

$$\bar{c} = \frac{\text{n}^\circ \text{ total de rechazos}}{\text{n}^\circ \text{ de grupos}}$$

$$UCL_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad LCL_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

- ✓ **Gráfico u:** En él se mide el porcentaje de defectos obtenidos bajo el criterio del **gráfico c**.

$$\bar{u} = \frac{\text{n}^\circ \text{ total de rechazos}}{\text{n}^\circ \text{ total inspeccionado}}$$

$$UCL_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad LCL_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Si todos los puntos del gráfico están dentro del área limitada por los límites superior e inferior de control, se dice que el proceso está bajo control y el aspecto del gráfico es como el siguiente ejemplo de gráfico de control por variables, donde se toman muestras diarias, durante 14 semanas, del espesor de las chapas laminadas, con un espesor teórico de 15mm.

Muestra diaria, durante 14 semanas, del espesor de chapas de laminación con espesor teórico de 15 mm.														
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Lunes	15,10	15,00	15,10	15,00	15,00	15,10	15,30	14,80	15,00	15,20	15,00	15,20	14,90	15,00
Martes	15,00	14,80	15,20	15,00	15,30	15,30	15,10	15,00	15,20	15,00	14,90	15,00	15,10	15,20
Miércoles	15,20	15,10	15,10	14,90	15,10	15,00	15,20	14,90	15,00	15,20	14,70	15,00	15,00	15,10
Jueves	15,10	15,20	15,30	15,20	15,00	15,20	15,00	15,00	15,20	15,10	15,00	15,10	15,10	14,80
Viernes	15,00	15,00	15,00	15,20	15,20	14,90	15,00	15,10	15,10	14,90	14,90	15,30	15,20	15,00
Sábado	14,90	15,20	15,10	15,10	15,30	14,80	15,20	15,00	14,90	15,10	15,10	14,90	15,00	15,20
Domingo	15,00	15,20	14,90	15,00	15,10	15,00	15,00	14,80	15,00	15,20	14,80	15,10	14,90	15,10
Media semana	15,04	15,07	15,10	15,06	15,14	15,04	15,11	14,94	15,06	15,10	14,91	15,09	15,03	15,06
Rango	0,30	0,40	0,40	0,30	0,30	0,50	0,30	0,30	0,30	0,30	0,40	0,40	0,30	0,40

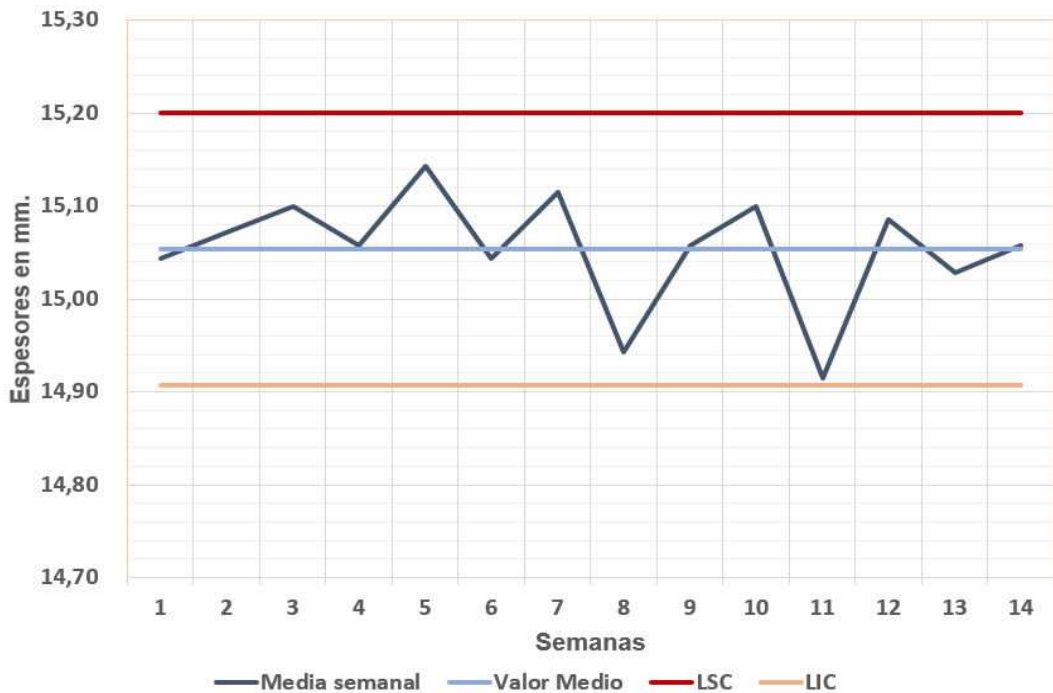
$$\bar{\bar{x}} = 210,757 / 14 = 15,05$$

$$\bar{R} = 4,9 / 14 = 0,35$$

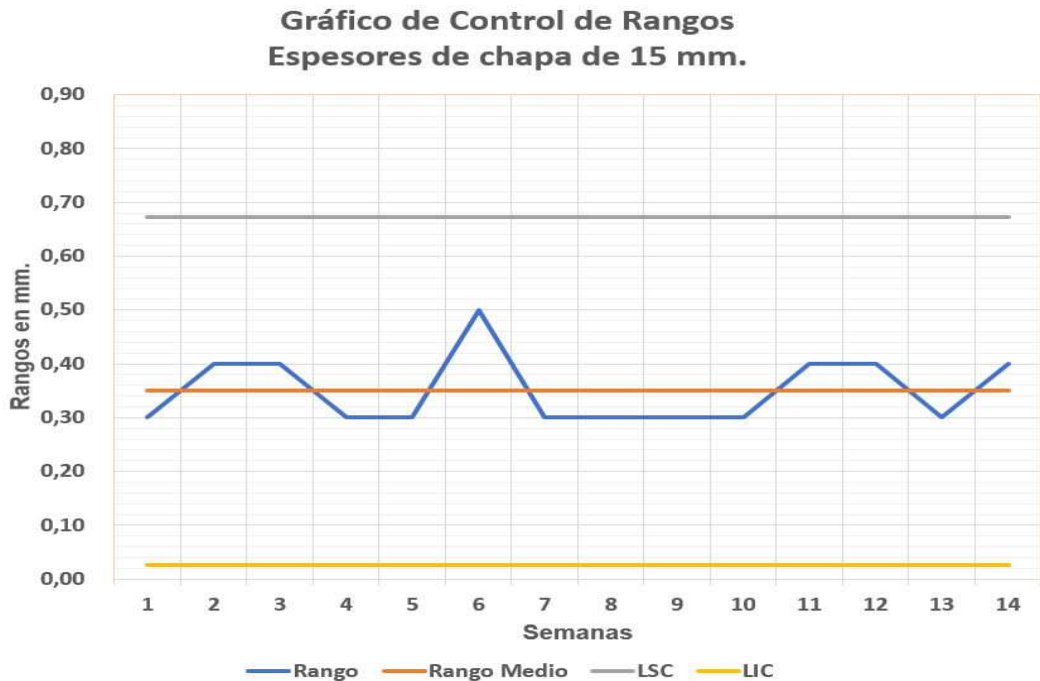
$$UCL_{\bar{x}} = 15,05 + 0,419 * 0,35 = 15,20 \quad LCL_{\bar{x}} = 15,05 - 0,419 * 0,35 = 14,90$$

$$UCL_R = 1,924 * 0,35 = 0,673 \quad LCL_R = 0,076 * 0,35 = 0,027$$

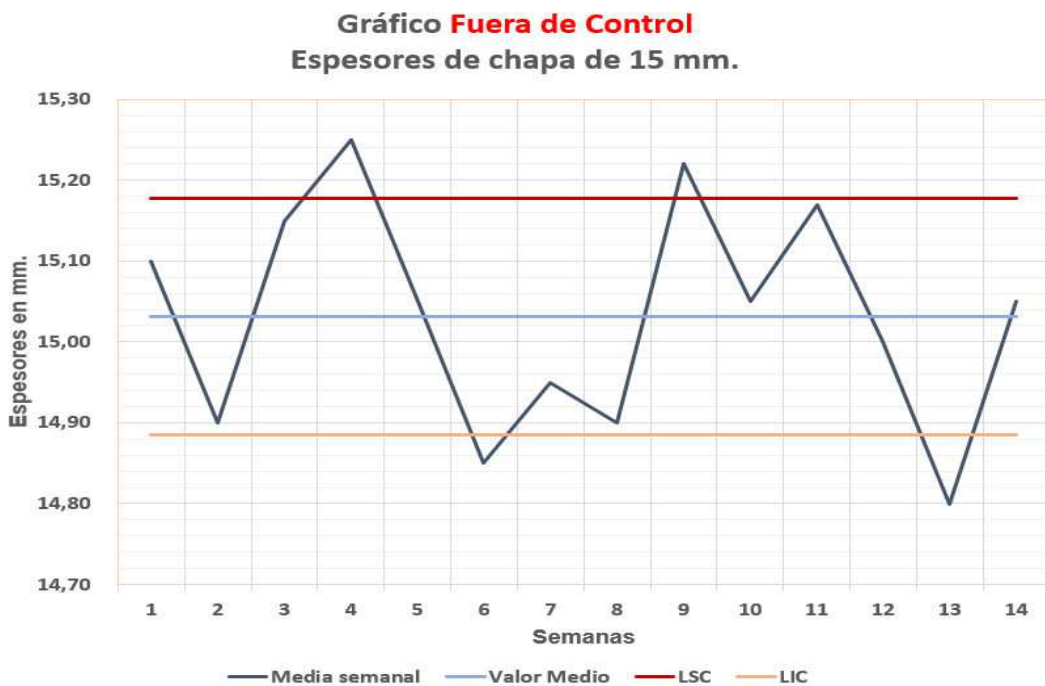
Gráfico de Control
Espesores de chapa de 15 mm.



Y el gráfico de rangos sería el siguiente.



Si en el gráfico de las medias semanales de los espesores hubieran salido varios puntos fuera de los límites de control, como es el caso del ejemplo siguiente, el proceso estaría fuera de control y habría que detectar las causas que están influyendo sobre el proceso, para solucionarlas y volver a poner el proceso bajo control.



Capacidad de Procesos

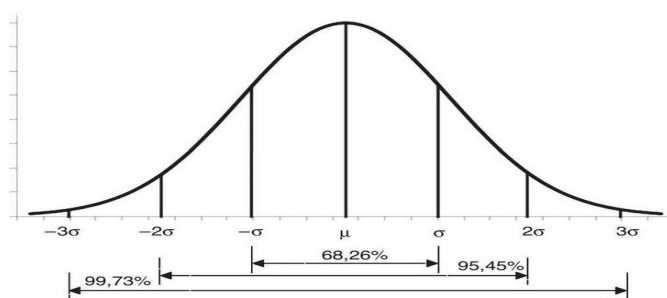
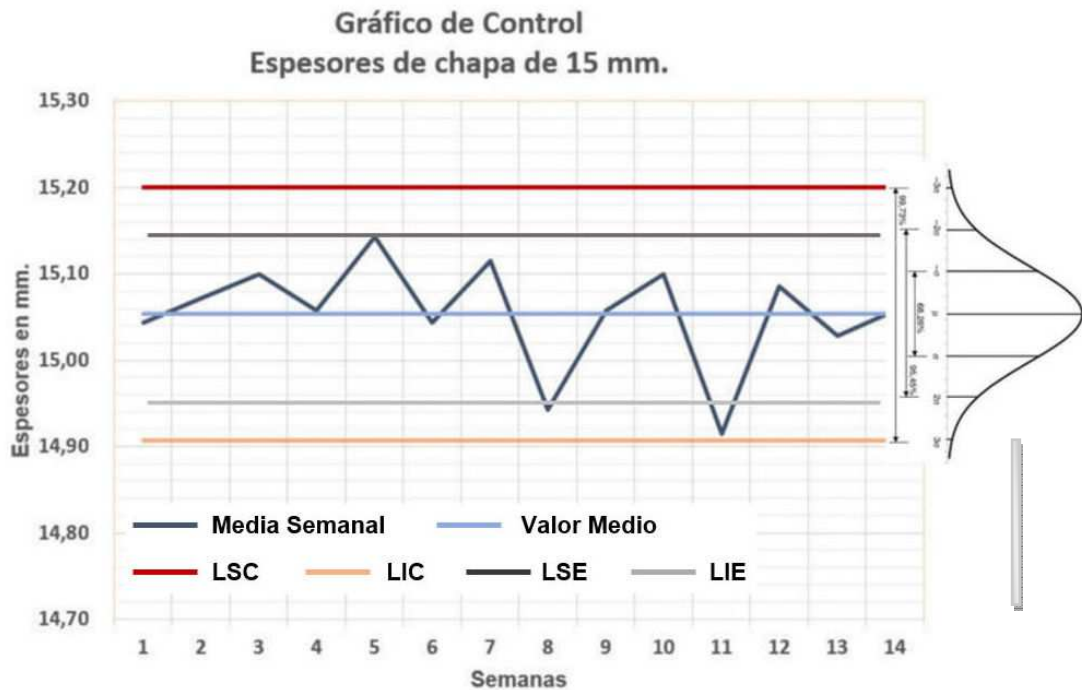
Tener un proceso bajo control no es suficiente, pues puede estar produciendo productos por debajo de los estándares especificados, según se ve en el ejemplo siguiente.

Límite Superior de Control (LSC), o en inglés (UCL).

Límite Inferior de Control (LIC), o en inglés LCL).

Límite Superior Especificado (LSE) o en inglés (USL)

Límite Inferior Especificado (LIE) o en inglés (LSL)



Una adecuada mejora de los procesos requiere no solo poner los procesos bajo control, sino además con la **Capacidad de los Procesos** para cumplir con los requerimientos especificados y acordados con el cliente.

Con el fin de objetivar de una forma medible el grado cumplimiento de un proceso con los requerimientos especificados, se ha definido el **índice de capacidad**, el cual permite hacer una distribución del proceso en relación con los límites especificados.

Llamaremos C_p al índice de capacidad de un proceso y es la relación entre la amplitud de los límites especificados y la medida de variación natural del proceso, representada por $6\hat{\sigma}$, donde $\hat{\sigma}$ es la desviación estándar estimada del proceso.

$$C_p = (USL - LSL) / 6\hat{\sigma}$$

Si el proceso está bajo control, $\hat{\sigma}$ ser estimado con la siguiente fórmula.

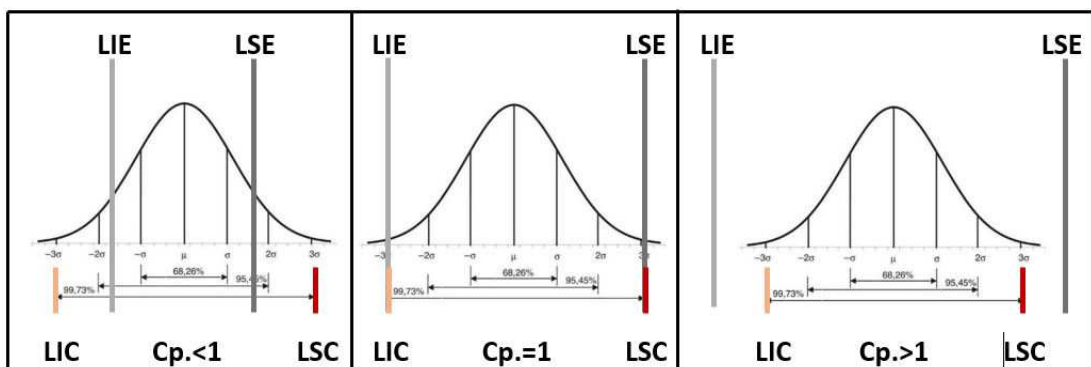
$$\hat{\sigma} = \bar{R} / d_2$$

donde \bar{R} es la media de los rangos de cada grupo, y d_2 es el valor de la siguiente tabla en función del tamaño de la muestra de cada grupo.

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d2	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078

Si el valor medio del proceso \bar{x} coincide con el valor medio de los límites superior e inferior especificados, podemos sacar las siguientes conclusiones:

- ✓ Si $C_p < 1$, las variaciones del proceso exceden los límites especificados y habrá piezas rechazadas.
- ✓ Si $C_p = 1$, el proceso está justo en los límites especificados, pero podrá existir un 0,3% de piezas rechazadas.
- ✓ Si $C_p > 1$, las variaciones del proceso son menores que las especificadas y no debería haber piezas rechazadas.



Pero es habitual que el valor medio del proceso \bar{x} no coincida con el valor medio de los límites superior e inferior especificados.

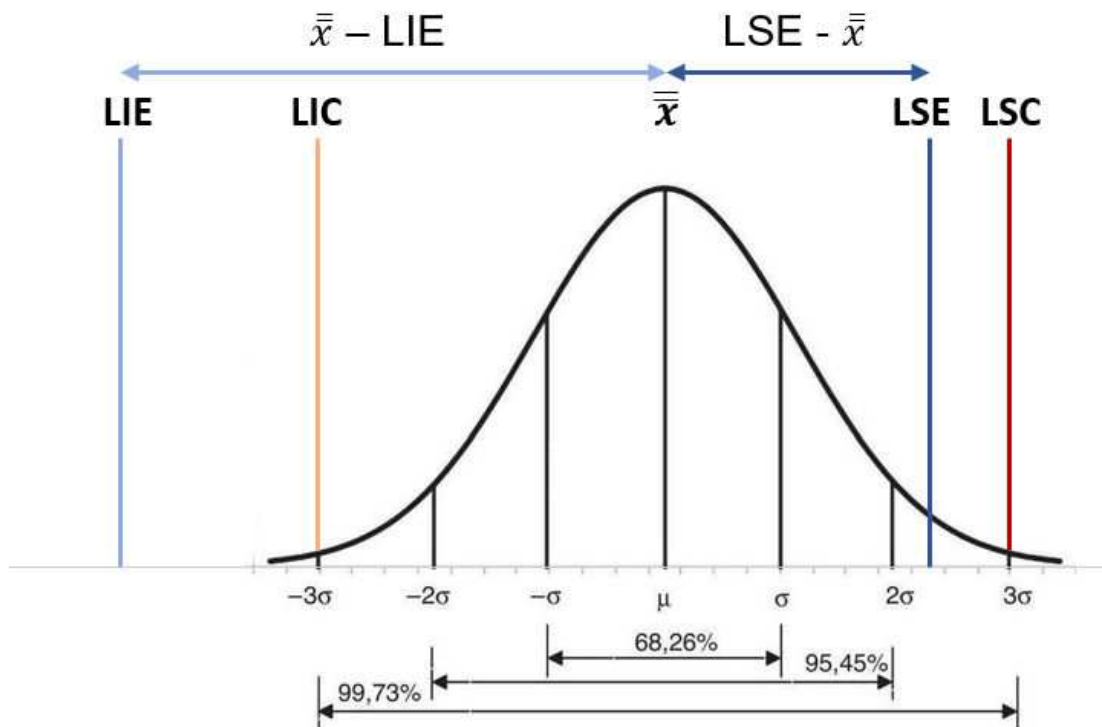
En este caso el índice de capacidad del proceso se mide por el indicador Cps o Cpi , en el caso de que solo esté especificado el límite superior o inferior, o bien Cpk si ambos límites están especificados.

$$Cpi = (\bar{x} - LIE) / 3\hat{\sigma} \quad Cps = (LSE - \bar{x}) / 3\hat{\sigma}$$

$$Cpk = \text{mínimo de } (Cps, Cpi)$$

Si $Cpi = Cps$, entonces el proceso está exactamente centrado.

La siguiente figura ilustra un ejemplo de este caso.



Si el proceso tiene una distribución normal y está bajo control, Cpk puede ser usado para estimar el porcentaje estimado de material defectuoso.

En la utilización de índices de capacidad de procesos se asume que los límites especificados son realistas y significativos.

Tormenta de Ideas (Brainstorming)

La Tormenta de Ideas o Brainstorming es una herramienta para la resolución de problemas en grupo, cuyo objetivo es facilitar la obtención de ideas para la resolución de un problema, mediante la libre exposición de propuestas por parte de cada uno de los integrantes del grupo.

Hay que focalizar la atención del grupo en los aspectos realmente importantes de un problema.

La técnica del brainstorming se utiliza cuando existe la necesidad de:

- ✓ Dar rienda suelta a la creatividad de un equipo de trabajo.
- ✓ Producir una gran cantidad de ideas.
- ✓ Lograr una mayor integración de los miembros del equipo en el proceso de trabajo.
- ✓ Captar posibles oportunidades de mejora.

Esta técnica se puede realizar de cualquiera de las siguientes formas:

- ✓ Estructurada De esta forma cada persona del grupo debe dar una idea cuando le toque el turno, o bien pasar hasta que le toque el siguiente turno.
- ✓ Desestructurada Aquí, cada miembro del grupo simplemente da ideas conforme le vienen a la cabeza. Se crea una atmósfera más relajada, pero tiene el riesgo de ser focalizada por los miembros más activos.

En ambos casos las reglas son las mismas, siendo generalmente aceptadas las siguientes:

- ✓ El facilitador escribe claramente el tema a resolver, de una forma visible para todo el grupo, evitando malentendidos.
- ✓ Se estipula un tiempo para el desarrollo de las ideas.
- ✓ Escribir cada idea, igualmente de una forma visible para todo el grupo.
- ✓ Nunca criticar ideas.
- ✓ Establecen los criterios para ayudar a elegir las mejores ideas y se procede a evaluarlas conforme a los mismos.
- ✓ Se hace una lista de las ideas aprobadas y en consenso se procede a elegir la más favorable.

Técnica de Grupo Nominal

La Técnica de Grupo Nominal (TGN), es una metodología para facilitar en un grupo el proceso de toma de decisiones, y promover la creatividad y participación de todos los integrantes.

En las decisiones de grupos utilizando los métodos tradicionales de discusión, usualmente los resultados son caóticos. algunos miembros del grupo no participan, otros se inhiben, las opiniones de los más activos son las que se consideran y se quedan muchas ideas por el camino.

La TGN es una metodología muy estructurada y sumamente eficaz para la solución de problemas en grupo, dando la misma oportunidad de participación a cada uno de los miembros del grupo.

Seguidamente se indican las fases para el desarrollo de la TGN, que debe estar coordinada por un facilitador y formada por un grupo de más de 10 personas:

- ✓ **Definir la tarea**
Hacerlo en forma de pregunta por escrito y de forma visible para todo el grupo.
- ✓ **Generar ideas**
Trabajando en silencio, cada miembro escribe sus ideas en tarjetas, a razón de una idea por tarjeta y durante un tiempo limitado.
- ✓ **Registrar ideas**
El facilitador recoge las tarjetas, lee cada una de las ideas y las escribe de forma visible para todo el grupo.
- ✓ **Clarificar ideas**
Se da la oportunidad a los participantes de explicar las ideas aportadas y solicitar aclaraciones de las ideas de otros miembros del grupo.
- ✓ **Seleccionar**
La selección de las mejores ideas se lleva a cabo por votación de cada uno de los miembros, escribiendo cada uno en un papel las cinco mejores ideas, según su opinión, y puntuándolas entre 5 y 1 puntos, dando a la mejor un 5.
- ✓ **Priorizar la selección**
Sumar las puntuaciones otorgadas a cada idea y considerar como la más importante la que tenga la máxima puntuación

Una Reflexión

La última década del pasado siglo estuvo marcada por actuaciones para aumentar la productividad de los astilleros tras la primera reconversión del Sector Naval en España.

Pero durante este periodo nuestros competidores mantuvieron un ritmo de mejora incesante, por lo que a mediados de los 90 se volvió a plantear la necesidad de una nueva reducción en la plantilla de los astilleros para disminuir los costes fijos, haciendo necesario un incremento sustancial del porcentaje de obra subcontratada, alcanzando cifras superiores al 60% de la carga de trabajo.

Estos factores dan un giro sustancial respecto a los cambios a afrontar en esta nueva década, donde la **Productividad** de la mano de obra propia deja de ser el único factor clave para la mejora, debiendo enfrentarnos directamente con el objetivo de reducción del **Coste Total**.

Estas notas pretenden dar un punto de vista sobre las posibles actuaciones en esta nueva década.

Nota: Este documento, cuyo título original es “**Una Reflexión: De la Productividad al Coste Total**” lo presenté en las Sesiones Técnicas de Ingeniería Naval del año 2002 (obteniendo el segundo premio), y publicado posteriormente en uno de los números de la revista de Ingeniería Naval.

Una reflexión: De la Productividad al Coste Total

Índice

- 1. Antecedentes.**
- 2. Actuaciones en la última década.**
- 3. Evolución en los años 90.**
- 4. Claves para el nuevo Cambio.**
- 5. Posibles actuaciones en esta década.**

1. Antecedentes.

Hemos entrado en el siglo XXI y es este un buen momento para reflexionar sobre cuales han sido los objetivos y actuaciones mas relevantes de la última década, en nuevas construcciones mercantes dentro del Sector de Naval, en los medianos y grandes astilleros, así como perfilar los cambios necesarios en las actuaciones en estos primeros años del nuevo siglo derivados de la nueva situación del Sector.

La última década del pasado siglo ha venido marcada por las actuaciones derivadas de la necesidad de reordenar los astilleros para asegurar su continuidad, mejorando su competitividad tras la crisis posterior a la primera reconversión del Sector llevada a cabo en el año 1984 en España.

Esta primera reconversión dio lugar al cierre de algunas instalaciones y fundamentalmente a una reducción de la capacidad de producción de los astilleros y un recorte drástico de sus plantillas, a la vez que se reducía la subcontratación interna a límites inferiores al 10% de la capacidad total.

En esta etapa marcada por un alto coste de producción derivado del trabajo realizado por el personal propio, las actuaciones para la mejora de la competitividad era evidente que tenían que focalizarse en todas aquellas acciones que incidieran en el aumento de la Productividad propia, la cual hay que mencionar se encontraba en una situación de especial deterioro, como consecuencia del clima

laboral derivado del propio proceso de reconversión.

En esas fechas, el reparto aproximado del coste total del buque podía cifrarse, en forma grosera y como simple ejemplo ilustrativo, en los siguientes porcentajes:

✓ Ingeniería	5%
✓ Mano de Obra Directa Propia	33%
✓ Mano de Obra Directa Subcontratada	4%
✓ Materiales	52%
✓ Cargos Directos	6%

Estaba claro que era la Productividad de los trabajos propios el punto clave para remontar la situación y que las acciones a poner en marcha debían estar orientadas en este sentido.

2. Actuaciones en la última década.

Es, por lo tanto, en esta etapa, cuando afloran en los astilleros, entre otras, actuaciones encaminadas en este sentido, entre las que podemos subrayar las siguientes:

- ✓ **Acuerdos de colaboración** con japoneses, encaminados a asesorar sobre las medidas más adecuadas para conseguir:
 - una mejora sustancial de la Productividad sobre la situación de nuestros astilleros en ese momento.
 - Priorizar las actuaciones para conseguir dicha mejora.

- Conseguir implantar el propio proceso de mejora en la gestión de los astilleros.
- ✓ **Implantar la Cultura de Calidad**, divulgando:
 - los 7 principios de la Cultura de Calidad
 - Y las 7 principales causas de Despilfarros
- ✓ **Análisis de los Procesos** de Trabajo, con el objetivo de eliminar de los mismos las operaciones sin valor añadido y someterlos de forma general a un proceso de mejora continua.
- ✓ Implantación del concepto de **Estrategia Constructiva**, como elemento básico para mejorar la organización del proceso de construcción y, por lo tanto, reducir coste y plazos. Afrontando desde la firma del contrato el análisis de los elementos básicos más importantes, como son los siguientes:
 - Cuaderna Maestra
 - Disposiciones Generales
 - Rutas Principales de Servicios
 - Plan de despiece en Bloques y Módulos
 - Plan de Montaje
 - Disposición de Zonas, Subzonas y Áreas
 - Procesos de Fabricación
 - Estrategia de Armamento, adelantando el montaje de los elementos de armamento a la etapa más conveniente.
 - Planificación
 - Etc.

- ✓ **Mejora de la Precisión Dimensional**

- ✓ **Paletización**

- ✓ **Feedback**

- ✓ **Inversiones** en los astilleros, mejorando:
 - Las herramientas de diseño
 - Los flujos
 - Las instalaciones
 - Y aumentando el porcentaje de soldadura automatizada

- ✓ Implantación de **Polivalencias** gremiales, aumentando la flexibilidad y reduciendo los tiempos de paro.

- ✓ Y se relanza la **Formación** como elemento básico indispensable para hacer posible la adaptación a los nuevos procesos y a la mejora continua.

Estas actuaciones han sido los factores clave para hacer posible el Proceso de Cambio realizado en esa década y cuyo fruto fue un claro aumento de la Productividad propia de los astilleros, llegando en el periodo a duplicar dicha Productividad frente a las cifras de los años 80.

3. Evolución en los años 90.

Pero durante este periodo nuestros competidores no han permanecido inmóviles, por el contrario, el ritmo de mejora ha sido incesante y la expansión de Corea del Sur tan desmedida que sobrepasa cualquiera de las previsiones anteriores, llegando al comenzar el nuevo siglo a considerar, las actuaciones coreanas, por parte de la Unión Europea, como competencia desleal.

A la vez hay que empezar a considerar la irrupción en el mercado de los astilleros de Europa del Este y China, cuyos costes laborales les dan una posición competitiva en buques de bajo nivel tecnológico.

Esto hace que a mitad de los 90 se vuelva a plantear la necesidad de una nueva reducción en la plantilla de los astilleros, como elemento de flexibilidad para reducir los costes fijos y permitir la subsistencia en los periodos de baja carga de trabajo, pero introduce dos factores claramente diferenciadores del periodo anterior:

- ✓ Hace necesario un incremento sustancial del porcentaje de obra subcontratada en los periodos de carga de trabajo normal, alcanzando cifras superiores al 60% del total de dicha carga.
- ✓ Se produce una descapitalización muy importante de técnicos con alto nivel de experiencia.

4. Claves para el nuevo Cambio.

Estos factores, junto con la comentada evolución de nuestros competidores, dan un giro sustancial en la orientación respecto a los cambios a afrontar en esta nueva década.

En la actualidad, el reparto aproximado del coste total del buque puede cifrarse, en forma grosera y como simple ejemplo ilustrativo, en los siguientes porcentajes:

<i>Periodo</i>	<i>1990</i>	<i>2000</i>	<i>Evolución</i>
✓ Ingeniería	5%	8%	Incremento
✓ MOD Propia	33%	14%	Disminución
✓ MOD Subcontratada	4%	16%	Incremento
✓ Materiales	52%	56%	Incremento
✓ Cargos Directos	6%	6%	Se mantiene

Estos porcentajes, aunque groseros, nos adelantan una clave importante respecto de la influencia de la mejora de la Productividad propia en el coste total, ya que una mejora sustancial, como pudiera ser un 20%, en esta Productividad, solo hace mejorar algo menos de un 3% el coste total del buque.

De todas formas, cualquiera de las medidas aplicadas en la década anterior sigue teniendo vigencia y la mejora de la Productividad tiene que seguir siendo uno de los objetivos clave para cualquier astillero.

Pero no hay que dar la espalda a la realidad actual y darse cuenta que las plantillas propias de los astilleros civiles no pueden afrontar por sí solas la construcción de los buques y ni siquiera el diseño de detalle, por lo que, aunque parezca un paradigma en alguna de las medidas a afrontar, no se puede dejar al margen el objetivo final que es la reducción del coste.

El ejemplo de los holandeses y noruegos haciendo los cascos en Rumania y Polonia, sin armamento adelantado, pero con un bajo coste total, puede ser uno de estos paradigmas.

Pero no quiero yo decir que esta sea nuestra solución, de hecho, yo no comparto la idea de soluciones de este tipo como carácter general, pues creo que si adoptamos este camino en poco tiempo quedaremos fuera del negocio, pues la diferencia con Holanda y Noruega es que ellos tienen detrás uno la industria del dragado y el otro la del off-shore, que es en definitiva lo que mueve y mantiene el negocio total.

Dicho esto, no es menos cierto que para afrontar el nuevo cambio hay que hacerlo enfrentándose de cara con el objetivo de reducción del coste total.

Haciendo **una reflexión** simple, podíamos decir que el objetivo ha pasado, por lo tanto, **de la Productividad al Coste Total**.

Por supuesto que esto no quiere decir que en la década de los 90

no fuera el objetivo el coste total, si no que este objetivo podía lograrse en gran medida focalizándose en la mejora de la Productividad propia.

5. Posibles actuaciones en esta década.

Pero centrémonos ya en las actuaciones, al comienzo de esta nueva década, encaminadas a afrontar los nuevos cambios necesarios para la reducción del Coste Total.

A) Ingeniería

La gran competencia de países construyendo fundamentalmente buques en serie y de bajo nivel tecnológico, plantea el objetivo, cada vez de una forma mas decidida, de dedicar nuestros astilleros a fabricar buques cada vez mas especializados y con mayor nivel tecnológico, alejándose de la fabricación en serie, lo que deriva inevitablemente en la necesidad, cada vez mayor, de una ingeniería capaz de desarrollar un número mayor de proyectos, a la vez mas sofisticados y cada vez en un plazo mas reducido, siendo este un punto clave para la consecución de algunos contratos.

Para lograr este objetivo se necesita, por lo tanto, poner en marcha actuaciones para mejorar la capacidad técnica de las ingenierías y poder abordar con éxito este tipo de proyectos:

- ✓ **Reforzar el equipo técnico** de las ingenierías en los astilleros, para ser capaces de:
 - Dar respuesta adecuada a las demandas Comerciales en la fase de Anteproyectos.
 - Desarrollar internamente el Diseño Básico.
 - Mantener en todo momento el Control de los Proyectos.
 - Coordinar un volumen importante de subcontratación del Diseño de Detalle.
 - Asegurar que el Diseño de Detalle está de acuerdo con la Estrategia Constructiva.

- ✓ Implantación generalizada de **herramientas de diseño CAD** de última generación, que sean capaces de hacer un desarrollo integral del Acero y Armamento por Zonas, con una formación continua tanto en el uso de las diferentes versiones, como en las últimas tecnologías aplicables al sector.

- ✓ La necesidad de subcontratar una gran parte del Diseño de Detalle y hacerlo de una forma coordinada, obliga a no dispersar entre varias ingenierías el desarrollo de trabajos que correspondan a una misma zona física del buque. Por lo tanto y en la medida de lo posible, debe realizarse esta **subcontratación por Zonas** incluyendo el Acero y Armamento de la misma.

- ✓ Se debe hacer un esfuerzo de acercamiento entre el astillero y los subcontratistas de ingeniería que van a desarrollar el diseño de detalle, de forma que se puedan utilizar las mismas herramientas de diseño CAD o los adecuados **Sistemas de Comunicación** que faciliten el intercambio electrónico de toda la información generada en el desarrollo del proyecto.

- ✓ Debe haber una muy **estrecha colaboración** entre el astillero y los subcontratistas de ingeniería, con una comunicación biunívoca que permita el adecuado entendimiento, por parte del subcontratista, de la Estrategia Constructiva diseñada por el astillero para ese buque.

- ✓ La consolidación de los **Estándares de Diseño** de cada astillero es una herramienta imprescindible para poder abordar con éxito una subcontratación masiva del Diseño de Detalle.

- ✓ Se hace necesario, en mayor medida que antes, el análisis inicial por parte del astillero de las **Rutas Principales de Servicios**, como estudio previo para la coordinación adecuada de los elementos de armamento en cada zona del buque.

La Ingeniería es, por lo tanto, uno de los factores clave para la mejora en esta nueva década y difícilmente se puede tener éxito sin afrontar de una forma adecuada las actuaciones necesarias en esta área.

B) Producción

Como hemos dicho anteriormente, **cualquiera de las medidas aplicadas en la década anterior sigue teniendo vigencia y la mejora de la Productividad tiene que seguir siendo uno de los objetivos clave para cualquier astillero.**

En este punto, la reflexión de cada astillero debe centrarse en aquellas, de las actuaciones mencionadas anteriormente respecto a la década anterior, que no estén implantadas de una forma eficaz.

En cualquier caso, el desarrollo de esas actuaciones hay que irlo actualizando y adecuándolo a las necesidades concretas que demandan los nuevos buques en construcción y el entorno en que son construidos.

En particular, la gran expansión que ha experimentado la Subcontratación de Mano de Obra Directa, en esta década, requiere de un análisis que nos permita, desde la experiencia de la situación actual, sacar las conclusiones para decidir e implantar las medidas adecuadas que mejoren nuestros costes de subcontratación, con el beneficio mutuo de ambas partes, astillero y subcontratista.

Esta expansión ha ido generando situaciones y problemas distintos a los abordados en épocas anteriores, requiriendo, por lo tanto, de actuaciones con soluciones novedosas:

- ✓ El rápido crecimiento de la mano de obra directa subcontratada, después de las recientes prejubilaciones en los astilleros y de la escasa subcontratación de la etapa anterior, ha llevado a la necesidad de un desarrollo importante de **Planes de Formación** para poder generar en el menor tiempo posible nuevos profesionales dentro del Sector Naval.

Así como años atrás las escuelas de aprendices fueron el núcleo de formación del personal propio de los astilleros y punto clave de la calidad de sus profesionales, es ahora esta Formación del personal de las subcontratas, muy apoyada en la propia formación a pie de obra, la que está siendo un factor clave para el desarrollo de una Industria Auxiliar de calidad dentro del Sector Naval.

- ✓ **Evitar la Dispersión de Responsabilidades** es el siguiente tema clave, pues en las fronteras termina siempre quedando la responsabilidad en el astillero.

Esto nos lleva a tratar de contratar trabajos lo más completos que sea posible con un mismo subcontratista, evitando entregas sucesivas de un subcontratista a otro, en donde es difícil controlar las repercusiones en coste que las incidencias del primero generan sobre el siguiente; y en cualquier caso son un claro punto de discusión y foco de probables incrementos de costes.

- ✓ La **Especialización** es otro de los factores a considerar, ya que la repetición de trabajos, no iguales, pero si similares, por los mismos subcontratistas facilita la reducción los costes y tiempos

de fabricación, gracias a la posibilidad de un aprendizaje organizado.

- ✓ Los dos anteriores apartados nos llevan a la necesidad de contar con Subcontratistas capaces de abordar y especializarse en paquetes completos de trabajo, asumiendo la responsabilidad total hasta la entrega del mismo, lo que conlleva un alto grado de participación entre el astillero y esta que denominaremos como **Industria Auxiliar Preferente**.
- ✓ A su vez, las dos últimas reflexiones nos llevan a la necesidad de alcanzar unos **Acuerdos Marco con esa Industria Auxiliar Preferente**, que haga más viable el interés mutuo entre ambas partes.
- ✓ Por otra parte, un papel fundamental de la subcontratación es la **Flexibilidad**, por lo que se hace necesario dejar premeditadamente trabajos que permitan hacer el papel de colchón tanto para la carga de trabajo, como para el control de los precios.
- ✓ Para llevar a buen término esta coordinación se requiere, no solo de una adecuada planificación del astillero, sino también de disponer de la planificación de los trabajos de cada una de las subcontratas, por lo que la **Capacidad de Gestión de los subcontratistas** debe ser tal que les permita planificarse sus trabajos dentro del entorno del astillero.

- ✓ En cualquier caso, desde la etapa más avanzada posible del contrato del buque, **el subcontratista debe estar involucrado en el proyecto y su coste**, así como tener un alto grado de definición de su responsabilidad.
- ✓ El volumen importante de subcontratación y el elevado número de subcontratas involucradas en la construcción hace decisivo el papel del **astillero como responsable global del Proyecto y, por lo tanto, de su Control y Coordinación General**, evitando al máximo los tiempos muertos e interferencias entre trabajos de distintas subcontratas o con el astillero.

La Industria Auxiliar ha pasado a tener un peso considerable en la evolución del Sector Naval, por lo que todas las actuaciones de mejora en esta área tienen una repercusión de primer orden en la reducción del Coste Total.

C) Materiales

La compra de Equipos y Materiales sigue representando el mayor volumen de coste de un buque y el porcentaje respecto del total ha evolucionado en aumento debido a la reducción de costes de la mano de obra, que se ha experimentado en la última década por el aumento de la productividad.

Debido al volumen que representa cualquier actuación de mejora, sobre la gestión de las compras, tiene un impacto claro en la reducción del coste total.

Pero con independencia del potencial de ahorro que se puede derivar de medidas de uso habitual en la gestión de compras, como Estandarización, Análisis de Valor, Acuerdos Marco, Compras Conjuntas, etc., queremos subrayar solamente algunas actuaciones que tienen un significado especial en el momento actual:

- ✓ Negociar, en la medida de lo posible, **Paquetes Integrados** de suministro que permitan concentrar la responsabilidad y evitar problemas de coordinación.
- ✓ **Adelantar la gestión de compras** haciendo a los suministradores partícipes del desarrollo del proyecto.
- ✓ **Involucrar a determinados suministradores** desde la fase de oferta del contrato, haciéndoles partícipes del coste de dicha oferta.

Por lo tanto, en la gestión de compras solo queremos subrayar los conceptos de Integración, Adelanto y Participación, que gestionados adecuadamente pueden tener una repercusión altamente positiva en el Coste, Plazo y Calidad.

D) Organización

La política comercial encaminada a la construcción de buques cada vez más especializados y de mayor nivel tecnológico, así como la reducción de plantilla en los astilleros, con un volumen mucho

mayor de subcontratación, hacen completamente necesarios cambios en la Organización de los astilleros, que permitan afrontar, con las mayores garantías, el desarrollo de los proyectos y la construcción de los buques, de forma eficaz y coordinada.

En este sentido comentaremos los cambios organizativos más importantes para mejorar la coordinación y potenciar las áreas clave para el control de los temas estratégicos del proyecto. Por lo que se deben reforzar las siguientes áreas:

- ✓ **Gestión de Proyectos**, incluyendo en cada equipo de proyectos los recursos necesarios para el control del Diseño y los Aprovechamientos, de acuerdo a las necesidades de Producción, además de tener la responsabilidad del proyecto frente al armador.

Se pretende asegurar no solamente la calidad del Diseño como tal, sino que el Diseño responda fielmente a la Estrategia Constructiva más eficaz y que la información técnica y los aprovisionamientos se entreguen de acuerdo a la Planificación.

- ✓ **Organización por Zonas** de la construcción con responsables del conjunto de los trabajos a realizar en cada una de dichas zonas, coordinando, no solo los trabajos del astillero, si no el conjunto de la obra incluyendo la coordinación y control de la obra subcontratada en la misma.

Se pretende parcelar físicamente el problema y controlar por parte del astillero a todos los agentes que participan en dicha construcción.

- ✓ **Anteproyectos**, que nos permite tener un mejor conocimiento del producto que estamos ofertando, lo que deriva en una mejor posición en las negociaciones, tanto técnicas como económicas, con el armador.

- ✓ **Diseño Básico**, que es la clave del conocimiento y la fase con mayor repercusión económica del proyecto.

- ✓ **Pruebas**, que representan el control final del funcionamiento correcto de los sistemas, equipos, instalaciones y en su conjunto la propia operatividad del buque.

- ✓ **Trabajos especiales** que den al astillero una connotación diferencial en la fabricación del producto frente a los competidores.

Desafíos y Oportunidades

Poco tiempo después de haber preparado el artículo anterior de “Una Reflexión” y leyendo artículos publicados sobre la evolución que se estaba produciendo, a principios del siglo XXI, en el Sector Naval a nivel europeo, me decidí a tratar de condensar en las siguientes líneas lo que consideraba como más relevante de los artículos leídos.

Si queremos dar un impulso a los procesos de construcción naval de los astilleros de España nos parece importante contemplar cual está siendo la evolución dentro de Europa, lo cual trataré de reflejar en las siguientes líneas que transcriben lo que entendemos pueden ser los puntos más importantes de esta evolución y que podemos encontrar en artículos sobre el sector, como es el caso del artículo preparado por Deltamarin en Marzo de 2002, con el título “Shipbuilding Process – Challenges and Opportunities”.

Evolución de la Subcontratación

Los astilleros están haciendo movimientos hacia un tipo de astillero de síntesis, concentrándose, en cualquier caso, en su núcleo del negocio, que es el casco de acero, el armamento, la instalación de los equipos y la gestión y coordinación completa del proyecto. Grandes subcontrataciones son hechas como paquetes completos, como contratos “llave en mano” o como subcontratación normal.

Los astilleros de síntesis, cuando utilizan adecuadamente el concepto, minimizan los trabajos de armamento a bordo y la mayor cantidad de trabajo posible es adelantada a los talleres durante la fabricación de los bloques y módulos. **El concepto de módulos funcionales adelanta trabajos adicionales de pruebas y allana el camino para la estandarización.** En todo caso, la modularización de la cámara de máquinas mediante la simple división no es la solución correcta.

El concepto de astillero de síntesis significa ir hacia una extensiva subcontratación del proceso de construcción naval. El astillero mantiene solamente ciertas áreas de producción y el resto del

trabajo es subcontratado. De hecho, esto significa mover una gran parte del presupuesto de horas propio hacia el presupuesto de materiales. Si esto se hace correctamente y el contrato es a precio fijo, los factores de indefinición en el cálculo del coste del astillero se reducen y el riesgo financiero es traspasado a los subcontratistas.

Este concepto de astillero de síntesis proporciona el potencial de utilizar una amplia red de subcontratistas, permitiendo que los trabajos de producción se puedan hacer en paralelo, lo que acorta los plazos de entrega, **pero requiere un mayor esfuerzo en coordinación, diseño y aprovisionamientos.**

En este momento, la externalización de los trabajos se está extendiendo en los astilleros europeos. Normalmente, los astilleros fabrican y construyen menos del 20% del valor del barco, realizándose el resto por suministradores, subcontratistas y suministradores “llave en mano”.

Los comienzos de la externalización no fueron muy exitosos. Extracostes y retrasos estuvieron a la orden del día y la industria respondió buscando suministradores y mano de obra aún más barata, pero logrando solo una pequeña mejora. Esto llevó a posteriores análisis de la gestión y coordinación de proyectos y de los procedimientos de trabajo. La industria aprendió que no estaba preparada para lograr una externalización masiva y reducir los costes simultáneamente. La coordinación técnica entre las diferentes partes involucradas era difícil de gestionar, a la vez que la planificación, así como la gestión y coordinación del montaje añadían una complejidad adicional.

La industria de suministradores y subcontratistas de construcción naval se ha venido impulsando en el Norte y Centro de Europa, de forma especial, desde hace unos 20 años y ha tenido un papel decisivo para la externalización de trabajos en los astilleros. Alemania, Noruega, Holanda, UK, Finlandia y Suecia dominan, hoy en día, la industria de suministro de construcción naval en el mundo. La industria de suministradores y subcontratistas de construcción naval alemana es la Número Uno del mundo, con un nivel de facturación doble al de los astilleros alemanes. Astilleros en Europa han ido cerrados, reduciendo la capacidad, pero la industria de suministros ha estado creciendo aún más deprisa que la reducción de capacidad de los astilleros.

La forma básica de subcontratación corresponde a trabajos de mano de obra. En este caso, el astillero suministra la ingeniería, materiales y los medios y el suministrador se responsabiliza de la realización de los trabajos de mano de obra con un contrato a precio cerrado. Esto es la forma más simple de subcontratación y en la que el astillero sigue aun manteniendo un alto grado de responsabilidad.

En un contrato “llave en mano”, la mayor responsabilidad es traspasada al suministrador. Él realiza la ingeniería y la compra de materiales. El alcance de un contrato “llave en mano” puede ser para una instalación o para una zona completa. El subcontratista se responsabiliza de la coordinación de la instalación o de la zona, según cada caso.

En primer lugar, mencionemos la **contratación del acero “llave en mano”** de determinadas zonas del barco, como cámara de máquinas o la proa, llegándose a subcontratar bajo esta modalidad el casco completo del buque.

La **contratación de instalaciones “llave en mano”** se ha implantado para evitar muchas interferencias y concentrar la responsabilidad del suministrador, pero, en cualquier caso, hay pocas contrataciones que sean completamente “llave en mano”, ya que normalmente hay en la misma zona otras empresas que montan simultáneamente otros suministros, por lo que **aun en este caso las instalaciones “llave en mano” tienen múltiples interferencias.**

Para evitar estas múltiples interferencias, es posible hacer contratos de armamento “zona llave en mano”. Esto involucra al astillero en suministrar únicamente el acero terminado del espacio de dicha zona, con las penetraciones necesarias definidas, y delegar en el subcontratista el diseño, fabricación y montaje de todo el armamento de la zona. El astillero debe suministrar las fechas objetivo y el subcontratista debe gestionar su planificación, recursos y materiales para la zona. El astillero está básicamente interesado en la información de avance y en todo aquello que pueda interferir en los trabajos de las zonas colindantes.

Esta es una fácil solución para el astillero. Pero presenta nuevos desafíos para la empresa subcontratista. En lugar de una única

disciplina, ellos deben manejar varios tipos de trabajo, desde tubería y calderería de armamento hasta instalaciones eléctricas, así como la ingeniería. El astillero transfiere una parte importante de su responsabilidad a estos suministradores de “zonas llave en mano”.

La clase de infraestructura requerida para estos suministradores de “zonas llave en mano” pueden ser encontrados solamente en los países más desarrollados de Europa. En cualquier caso, **esto apunta a ser el camino del futuro.**

En todo caso, **cuando la cantidad de subcontratación “llave en mano” aumenta, la coordinación y la gestión se complican aún más.** El plan maestro del astillero es la base, pero cada subcontratista prepara su propia planificación usando los hitos de dicho plan maestro del astillero.

En Europa hay ejemplos de astilleros medianos y pequeños construyendo con éxito buques complicados. El secreto está en una buena red de subcontratistas fidelizados a largo plazo, que conocen bien al astillero, además de un efectivo sistema de gestión de proyecto para coordinarlo en su totalidad.

Subcontratistas fidelizados a largo plazo es obviamente la solución de la externalización.

El siguiente paso es suministrar un paquete completo, incluyendo el acero y todo lo incluido dentro del mismo. A pesar del considerable riesgo que esto puede implicar, este concepto de “paquete” debería ser investigado por la industria con más profundidad. Un posible desarrollo posterior de este concepto es la idea de “rebanada de buque”, Donde un suministrador, quizás incluso en otro astillero, entrega una rebanada completa del barco terminada y probada.

Incrementando las contrataciones “llave en mano”, los subcontratistas asumen un mayor riesgo técnico y financiero del astillero. Esto puede llevar a una mayor involucración de estas empresas durante la negociación de algunos términos del Contrato con el Armador. Si los suministradores asumen este riesgo, querrán tener un lugar en la mesa de negociación donde la especificación técnica, el plazo y el precio se deciden.

Planificación y Gestión del Proyecto.

Con el aumento de la subcontratación “llave en mano”, la coordinación y la gestión del proyecto se complican aun mas, por lo que el papel esencial de los astilleros, en la actualidad, es mantener el control total de la planificación y ajustarlo a los recursos y medios de producción disponibles.

La estrategia constructiva y la planificación son la base fundamental de la coordinación de proyectos, donde se define que actividades deben ser realizadas por el astillero con sus propios recursos y cuáles deben ser subcontratadas.

Los procesos básicos de construcción naval varían poco de un astillero a otro. En los astilleros pequeños, es posible encontrar las mismas actividades que en un astillero mayor teniendo 100 veces más de mano de obra. Por lo que, si se compara el plan maestro de diferentes astilleros, resulta difícil diferenciar un astillero de otro, porque las actividades de la planificación son muy similares. Las actividades del proceso de construcción deben ocurrir en un cierto orden y ocupando una predeterminada cantidad de tiempo, lo que no es siempre función del tamaño o peso.

Aunque los procesos de los astilleros son similares, puede ser muy diferente la forma en como los procesos son llevados a cabo en la práctica. El nivel de automatización varía significativamente, así como la cantidad de trabajo subcontratado. El nivel de armamento en bloque varía ampliamente, lo que lleva a una gran diferencia de gestión.

El equipo de gestión del astillero debe tener acceso a la información necesaria para poder tomar las decisiones adecuadas. Una buena planificación debería dar al equipo de gestión las herramientas necesarias para la toma de decisiones. **Una vez que el Contrato del barco ha sido hecho basado en el plan maestro desarrollado, la dirección del astillero tiene pocas oportunidades adicionales para influir en el éxito del proyecto.**

Es importante subrayar que ya **en la etapa de contratación es esencial definir los pedidos “llave en mano” y subcontratistas, porque esto tiene un impacto importante en la estructura del**

coste y planificación del proyecto. Hay que asegurar el coste y la disponibilidad de los recursos necesarios para el proyecto.

La planificación del diseño se crea en base al plan maestro y la lista de planos, siendo la planificación de producción la referencia fundamental. La documentación de diseño debe estar disponible antes de empezar la producción, **sin embargo, la entrega de la documentación técnica, así como de la información esencial a lo largo del proceso del diseño y construcción sigue siendo el mayor escollo en la construcción naval, por lo que la coordinación del diseño ha llegado a ser un nuevo imperativo.**

El seguimiento de las actividades subcontractadas es coordinado a través de un informe estándar suministrado por el astillero y cumplimentado por el subcontratista. Esto puede ser un problema porque algunos subcontratistas locales son empresas pequeñas no familiarizadas con la planificación, seguimiento e información. Pero **la integración de los subcontratistas en el sistema de seguimiento del astillero es esencial.**

La planificación y gestión del proyecto se están convirtiendo en las actividades más importantes en construcción naval.

Diseño.

El 80% del coste del barco queda definido y decidido en el periodo del diseño básico. Por esta razón, **el diseño básico y la organización de aprovisionamientos deberían trabajar de forma cercana y conjunta con los mismos objetivos.**

En Europa el diseño básico está controlado fundamentalmente por el astillero. Algunos de los cuales lo hacen con sus propios recursos, mientras que otros lo desarrollan con recursos subcontractados. En cualquier caso, **la gestión de todas las disciplinas que componen el diseño básico está en manos del astillero.**

La etapa del diseño básico dura solo unos pocos meses, dependiendo por supuesto del tipo de barco que se trate. Durante

este corto periodo, se genera gran cantidad de información independiente. Por lo tanto, como casi todo está interrelacionado, la habilidad para manejar los cambios en el diseño es crucial. La distribución de la información a las personas adecuadas y en el tiempo preciso es vital para el éxito, como así lo es la habilidad para aprobar de una forma eficiente las modificaciones.

La mayor parte de la información técnica necesaria durante la etapa del diseño básico depende de los equipos elegidos. **La coordinación de los trabajos de diseño básico con aprovisionamientos es esencial**, de lo contrario la planificación no se podrá cumplir.

Los equipos de diseño controlan una considerable cantidad de información, incluyendo:

- Documentación del diseño básico.
- Estrategia constructiva.
- Información técnica de equipos.
- Reglas y regulaciones.
- Documentación contractual.
- Estándares del astillero.
- Información del sistema de materiales del astillero.
- Información de producción del astillero.
- Manuales de diseño.

La gestión de la información es el mayor desafío a la organización del diseño porque gran cantidad de datos del diseño básico y equipos debe estar disponible en un corto espacio de tiempo y debe ser distribuida interna y externamente. Esta información cambia constantemente y requiere una atención importante internamente y externamente, con las ingenierías y suministradores de equipos y de instalaciones “llave en mano”.

En una situación ideal, el diseño básico debería estar terminado antes de empezar la ingeniería de detalle, pero esto rara vez ocurre y estos periodos del diseño básico y de detalle se solapan. Un cuidadoso plan del diseño básico ayuda a controlar este problema. La coordinación entre las diferentes disciplinas es también esencial; es importante que de la estructura de acero no avance demasiado sin los necesarios datos del correspondiente armamento.

Respecto a la ingeniería de detalle, la estrategia constructiva es totalmente necesaria, porque la mayor parte de las soluciones de diseño están basadas en el conocimiento de cómo un particular elemento va a ser fabricado y montado. **La estrategia constructiva, junto con el plan maestro, fijan las fechas de necesidad de los materiales**. Esta información es necesaria para conseguir la entrega de los aprovisionamientos en fecha.

La ingeniería de detalle está basada en el diseño básico, estrategia constructiva y en los estándares del astillero. Muy pocos astilleros tienen la capacidad suficiente para realizar el diseño de detalle internamente. **Normalmente varias oficinas de ingeniería están involucradas, y adicionalmente parte del diseño se contrata dentro de los paquetes de suministro “llave en mano”**. Esto lleva a una complicada red de interferencia de información entre todas las partes involucradas.

La mayor parte de las ingenierías trabajan hoy en día con entornos de 3D, **lo que requiere de una base de datos con la modelización de todos los equipos**. Esto incluye a todas las dimensiones físicas que afecten al montaje, incluyendo los espacios requeridos, así como las conexiones a otros componentes del sistema. Mantener esta base de datos de componentes no es fácil para un astillero, pues contiene literalmente miles de puntos que van desde accesorios hasta equipos principales.

Hoy en día, la mayor parte de los astilleros del mundo construyen basándose en principios como el montaje de armamento adelantado en módulos y bloques. Esto requiere una ingeniería y montaje concurrentes. La coordinación del diseño y los aprovisionamientos ha llegado a ser una tarea de primer orden. **La entrega de los equipos en la etapa correcta del armamento es crucial. Y aun es más importante que la información técnica se reciba a tiempo para el diseño, lo que significa que esos aprovisionamientos están en gran medida controlados por el diseño**. Algunos astilleros han llegado a responsabilizar a ingeniería del aprovisionamiento de los equipos con mayor dependencia técnica, en vez de tenerlos separados en la oficina de compras.

Durante el montaje de bloques el concepto de “bloque” desaparece después de que los bloques se han soldado conjuntamente. Por lo

tanto, este concepto de “bloque” no puede ser usado como referencia para los planos, materiales y trabajos posteriores a este momento. En su lugar, es necesario empezar a usar el concepto de “zona”, que debe ser definida en las primeras etapas del proyecto, mediante un plano de zonas que divida físicamente el barco y toda la documentación de diseño y materiales debe estar codificada de acuerdo a esta definición de zonas.

Mencionar también el papel jugado por la **estandarización** en la mejora de los procesos y en este sentido cabe indicar que **los grandes grupos de construcción naval o agrupaciones de astilleros ofrecen, por supuesto, una mejor oportunidad para compartir y estandarizar, y tienen un mayor poder de compra.** Hay, en cualquier caso, básicamente dos obstáculos para hacer uso de este potencial. Uno es la cultura y el otro es la gran variación de los productos.

La especialización de productos por astillero es otro de los caminos eficientes dentro de un grupo de construcción.

La cooperación entre astilleros ha sido motivo de discusión durante años, pero no ha jugado realmente un papel importante en construcción naval. El mejor ejemplo puede encontrarse en la cooperación entre pequeños y medianos astilleros. Este es el caso de varios astilleros holandeses que han juntado sus recursos en la fabricación de acero.

También hay que mencionar que construir barcos prototipo basados en módulos y partes estandarizados es un desafío y una oportunidad, una lección que la industria de construcción naval podía aprender de la industria del automóvil.

Producción.

El inicio de la producción es un paso importante en el proceso, pues una vez iniciado los costes se acumulan rápidamente y llega a ser extremadamente difícil hacer cambios adicionales.

Es por esto que los procesos previos adquieren una importancia capital, y más ahora que adicionalmente una gran parte del proceso

de producción se ha subcontratado “llave en mano” y esta decisión ha pasado ser una parte del proceso inicial.

Pero, los procesos en general y en particular los de producción, dado que aún hay astilleros que siguen gestionando directamente la mayoría de los mismos y en todo caso, considerando que los medios productivos del astillero condicionan y forman parte activa de dichos procesos, deben estar sometidos a una revisión que nos garantice la continua innovación de los mismos.

Varias son las actuaciones generales que podemos aplicar a lo hora de analizar la mejora en cualquier proceso, pero cabe destacar las tres siguientes:

- ✓ **Eliminación de las actividades sin valor añadido.**
- ✓ **Análisis estadístico de los procesos repetitivos.**
- ✓ **Búsqueda de los mejores procesos en el entorno: “Benchmarking”.**

Y todo ello teniendo en cuenta que **cualquiera de estas mejoras debe hacerse bajo una perspectiva que garantice la Calidad, preserve el Medio Ambiente y asegure la Prevención de los riesgos laborales.**

Conclusiones.

Si los 90 fue la década de la nueva tecnología en buques, la primera década de este nuevo siglo estará dedicada al desarrollo y puesta en práctica de nuevos procedimientos y tecnologías en la construcción naval.

Y de lo aquí expuesto podemos concluir que siguiendo la evolución que se está marcando en la construcción naval en estos últimos años, a la hora de poner en marcha iniciativas para la innovación de los procesos de construcción naval en nuestros astilleros deberíamos centrarnos en las siguientes líneas de actuación:

- 1. Mejoras en la evolución de subcontrataciones “llave en mano” y fidelización a largo plazo de subcontratistas.**
- 2. Mejoras en el proceso de definición de la Estrategia Constructiva.**
- 3. Mejoras en la Planificación y Gestión del Proyecto.**
- 4. Mejoras en la organización y control del Diseño Básico, así como su coordinación con Aprovisionamientos.**
- 5. Mejoras en la Estandarización.**
- 6. Sistemática de mejora de Procesos de Producción.**
- 7. Mejoras en la Gestión de Calidad, Medio Ambiente y Prevención.**

Control

Control

Durante el desarrollo del Proyecto debe realizarse un control sistemático para ir verificando que no nos desviamos de los objetivos de plazo y coste, y en caso contrario poder adoptar a tiempo las medidas necesarias para la recuperación de dichos objetivos.

Además de los controles periódicos a lo largo del Proyecto se deberán realizar revisiones en los momentos clave de desarrollo del mismo.

También se deberá realizar un control de los factores clave del proceso productivo, mediante unos indicadores generales que nos permitan medir la evolución del mismo.

Por lo tanto, para dar una visión general de los temas importantes de Control, dividiremos este tema en los siguientes apartados:

- ✓ **Sistema de Control de Proyecto.**
- ✓ **Control de Avance de Obra.**
- ✓ **Indicadores Generales de Control.**

Sistema de Control de Proyecto

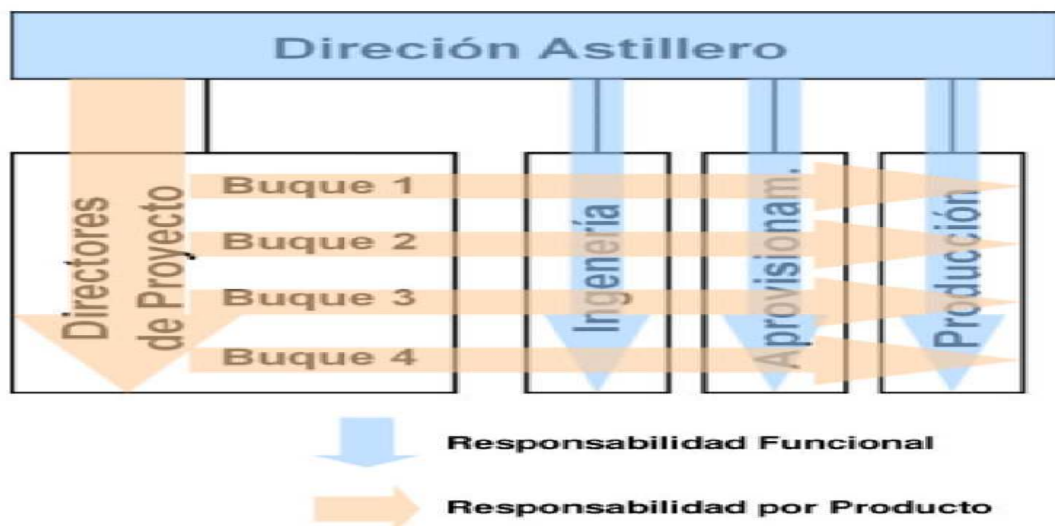
El **Sistema de Control de Proyecto** estará basado en un adecuado y progresivo conocimiento de los materiales a lo largo de cada una de las etapas del diseño y el posterior control de los mismos durante la fase de construcción.

En el esquema simplificado de la siguiente página, se refleja cada una de las etapas del diseño, cada una de las cuales lleva asociada una revisión de la estimación inicial de materiales y asociada con ellos el coste de su compra y las transformaciones. El control del avance de obra se efectuará en función del montaje de dichos materiales y la posterior revisión final de los mismos servirá de realimentación para nuevos proyectos.

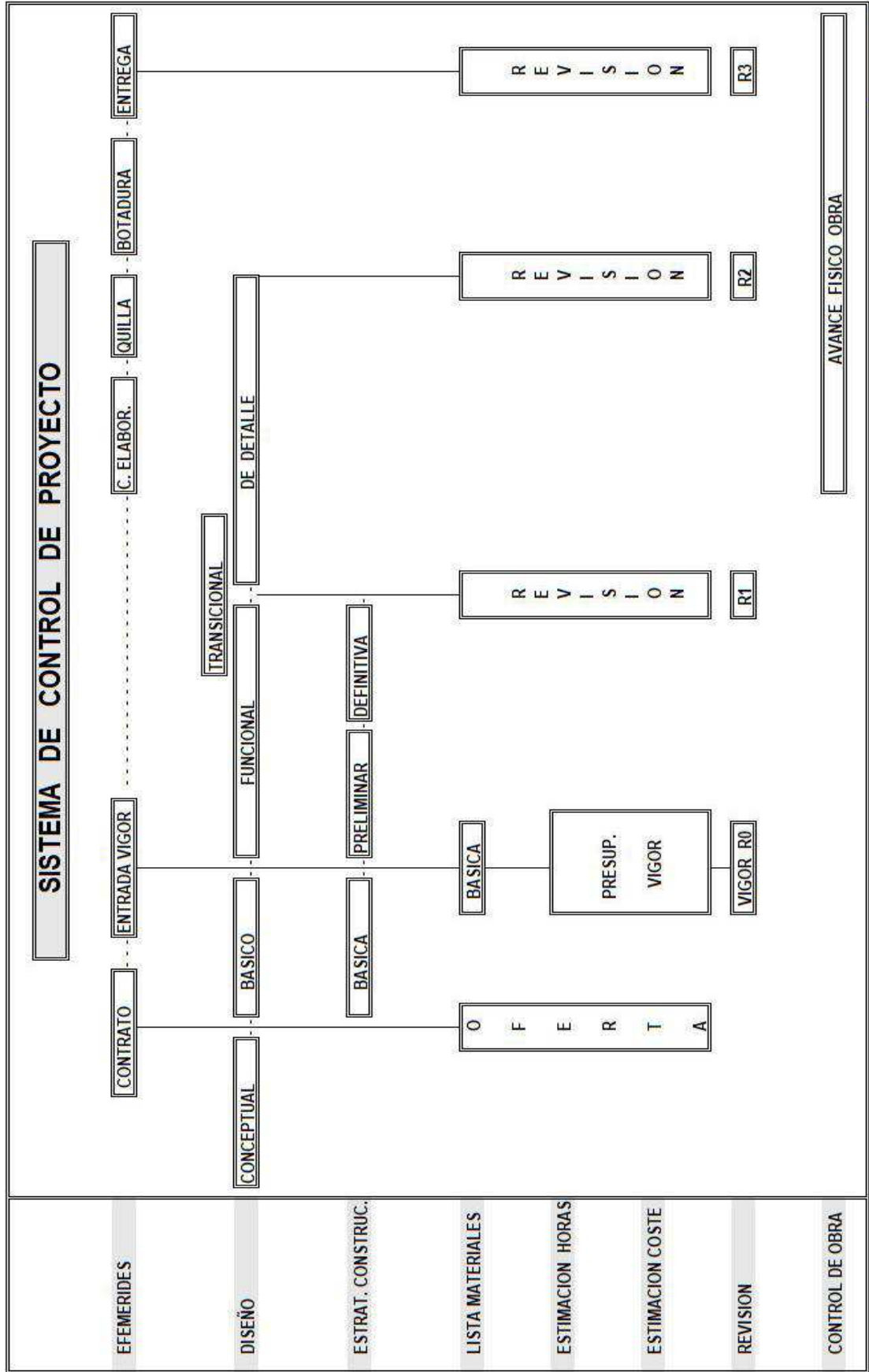
Los Materiales se dividen en tres grandes partidas, cuyo control en Cantidades, Costes unitarios de Compra y Productividades, son la base sobre la que debe sustentarse el Control del Proyecto:

- ✓ Material de Acero estructural
- ✓ Equipos
- ✓ Material Paramétrico de Armamento

El Control del Proyecto debe ser realizado por el equipo de Gestión de Proyecto, con una visión de Producto.



En los astilleros donde no exista un equipo de Gestión de Proyecto, se realizará por el equipo de Planificación y Control.



En el cuadro siguiente, se refleja el **Plan de Control de Proyecto**, que es el desarrollo completo del esquema simplificado anterior y que contiene, programadas en el tiempo, las actividades más importantes a controlar para el desarrollo de una buena gestión del proyecto, por lo que, en el plazo del mes posterior a la firma del Contrato, debe procederse a elaborar el Plan concreto de Control del mismo, que será el programa base de referencia para su desarrollo.

Con independencia de los controles periódicos de avance del proyecto, deberán realizarse revisiones en los momentos clave del desarrollo del mismo, con reuniones de dirección que sirvan para marcar los objetivos, basados en un, cada vez más adecuado y progresivo conocimiento, del proyecto.

Dichas reuniones deberán ser las siguientes:

1. Previa a la Firma de Contrato
2. Previa a la Entrada en Vigor
3. Al finalizar el Diseño Funcional (Revisión R1)
4. Al finalizar el Diseño de Detalle (Revisión R2)
5. Al finalizar la obra (Revisión R3)

El objetivo de revisión en cada etapa se indica a continuación:

1.- PREVIA A LA FIRMA DEL CONTRATO

En la etapa del Diseño Conceptual se realizará el dimensionamiento y la definición de las características principales del Proyecto, así como de los equipos e instalaciones, realizándose una Especificación resumida y una Disposición General preliminar.

En el Diseño Básico se realizan entre otros los siguientes trabajos:

- ✓ Especificación completa
- ✓ Plano de formas
- ✓ Cálculos de arquitectura naval
- ✓ Disposición General del Buque
- ✓ Cuaderna Maestra
- ✓ Disposición General de Cámara de Máquinas
- ✓ Disposición General de Habilitaciones
- ✓ Esquemas básicos

Astillero:		PLAN DE CONTROL DE PROYECTO										Buque:	Fecha:	
		-90	-89	-88	-87	-86	-85	-84	-83	-82	-81	-80	B	E
		FIC	EV	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	B	E
DIRECCION	OFERTA EFEMERIDES PRESUPUESTO DE OFERTA													
	PLAN CONTROL DE PROYECTO													
	ESTRATEGIA BASICA													
DISEÑO	DISEÑO CONCEPTUAL													
	POLITICA DE DISEÑO													
	LISTA DE PLANOS													
	REPARTO PTD. HORAS													
	LISTA MATERIALES BASICA													
	EQUIPOS PRINCIPALES													
	REVISION HORAS													
	REVISION LISTA MATERIALES													
	REVISION HORAS													
	REVISION LISTA MATERIALES													
COMPRAS	POLITICA COMPRAS													
	PLAN DE COMPRAS													
	EQUIPOS PRINCIPALES													
	LARGO PERIODO ACOPIOS													
	REVISION COSTE MATERIALES													
PRODUCCION	REVISION COSTE MATERIALES													
	REVISION COSTE MATERIALES													
	REVISION COSTE MATERIALES													
	REVISION COSTE MATERIALES													
	REVISION COSTE MATERIALES													
	REVISION COSTE MATERIALES													
	REVISION COSTE MATERIALES													
	REVISION COSTE MATERIALES													
	REVISION COSTE MATERIALES													
	REVISION COSTE MATERIALES													

Antes de la firma del contrato, el Diseño Conceptual debe estar completamente realizado, así como los temas fundamentales del Diseño Básico, quedándose pendiente únicamente de detalles constructivos antes de dar los planos como definitivos.

En esta fase previa a la firma de Contrato se abordarán estos puntos:

- ✓ Desglose del Peso en Rosca
- ✓ Lista de Materiales de Oferta y Especificaciones Técnicas de Consulta de Equipos Especiales
- ✓ Plazos de Entrega y Efemérides Principales
- ✓ Presupuesto de Oferta

La Lista de Materiales de Oferta incluirá una descripción de las instalaciones y equipos del proyecto con sus características, así como un desglose del Peso en Rosca, separando el peso de Acero, los Equipos y el Material Paramétrico de Armamento por Zonas.

También deberán estar confeccionadas, al menos, las Especificaciones Técnicas de Consulta de los Equipos Especiales para poder tener ofertas concretas que nos permitan hacer una estimación adecuada del coste de los materiales.

El presupuesto del proyecto se debe realizar basándose en datos comparativos de buques similares, estudiando desde el principio las zonas que van a ser iguales a otro proyecto ya construido, las que van a ser similares y las que serán completamente nuevas.

En cualquier caso, la estimación de horas de transformaciones se basará en la utilización de curvas de horas/tonelada de acero por tipo y tamaño de buque y de curva de horas/tonelada de material paramétrico de armamento por zonas, según tipo y tamaño de buque.

Por lo tanto, en esta etapa previa al contrato, se deberá hacer una estimación del desglose del **Peso en Rosca y Estimación de Horas** de acuerdo al cuadro siguiente, para que Presupuestos pueda completarlo estimando las horas en base al peso del material y a la productividad en horas/tonelada.

Asimismo, en esta etapa quedarán definidos los plazos de entrega y efemérides fundamentales.

Astillero	PESO EN ROSCA Y ESTIMACION DE HORAS	BUQUE	FECHA : REVISION : CONTRATO	
TIPO DE BUQUE	L. Total L. PP B D T C.B Potencia M.P. Velocidad		T P M G T C G T T.A Neto Nº Tanques Lastre Nº Tanq Carga/Bgas Nº Segregaciones Nº Tripulantes	
DESGLOSE DEL PESO EN ROSCA (TONS)	CARGA Y CTA.	C.MAQUINAS	ACOMODACION	TOTAL
PESO ACERO NETO * A.Carbono Normal *A.Alto Limite Elast. *A.Inoxidable *Piezas Fundidas *Peso Material de Soldadura Total Peso Acero Neto				
MATERIAL PARAMETRICO *Tubería Férrica * Inox./Aleac. Cu. * Telemando * Otras Tuberias *Accesorios *Válvulas *Calderería Soporte Tub. * Cald. Elect. * Resto Caldereria *Cables Eléctricos *Acomodaciones *Resto Mat. Parametrico Total Mat. Parametrico				
Peso de Equipos				
Peso de Pintura				
Fluidos en Circuitos				
TOTAL ROSCA				
HORAS INGENIERIA				
Horas / Tons.Acero Neto HORAS ACERO				
Horas / Tons. Material Parametrico HORAS ARMAMENTO				
HORAS SERVICIOS				
ESTIMACION HORAS TOTALES				

2.- PREVIA A LA ENTRADA EN VIGOR

En esta fase previa a la Entrada en Vigor del Proyecto, se terminará el Diseño Básico y se desarrollarán los siguientes temas:

- ✓ Plan de Control del Proyecto
- ✓ Estrategia Básica
- ✓ Políticas de Diseño y Compras
- ✓ Lista de Planos y Documentación Técnica
- ✓ Lista Básica de Materiales
- ✓ Consulta de Equipos Principales
- ✓ Desglose del Presupuesto de Horas
- ✓ Planificación Básica
- ✓ Plan de Diseño
- ✓ Plan de Compras
- ✓ Carga mensual de Horas
- ✓ Presupuesto de Entrada en Vigor
- ✓ Se comienza a desarrollar la Estrategia Constructiva

Como ya se ha dicho nada más firmar el Contrato se elaborará el "Plan de Control del Proyecto" que será la guía fundamental para el desarrollo del mismo.

Inmediatamente después se desarrollará la Estrategia Básica donde se definirán las instalaciones llave en mano y la parte de obra a subcontratar, así como los objetivos de avance del Proyecto en cada efeméride en Ingeniería, Aprovisionamientos y Producción.

También se definirán en esta fase las Políticas de Diseño y Compras, marcando los objetivos de diseño para reducción de materiales y del contenido de trabajo, así como los objetivos de mejora en el área de compras.

Se preparará también la lista de planos de ingeniería y el resto de documentación técnica, que será la base para el seguimiento del progreso del diseño.

El Diseño Básico, detallado en el periodo anterior, debe estar terminado a la Entrada en Vigor del Proyecto, por tanto en esta nueva fase se generará la Lista Básica de Materiales desglosada por tipo de material, siendo la base para la confirmación del presupuesto de

entrada en vigor, así como la referencia de comparación en las sucesivas revisiones de las fases posteriores del diseño, cada una de las cuales debería representar un ajuste derivado de la consecución de los objetivos marcados en la política de diseño.

También en esta fase deberán estar realizadas las consultas de pedido de, al menos, todos los equipos principales.

En esta etapa se debe realizar también el desglose del presupuesto de horas de Acero y Armamento bajo el siguiente esquema:

- ✓ **Desglose del Presupuesto de horas de Acero por zona y etapa.** Desglosando el peso y productividades en horas/tonelada por zonas y etapa, y distinguiendo los bloques planos del resto de bloques.
- ✓ **Desglose del presupuesto de horas de Armamento por zona y tipo de trabajo.** Desglosando el peso y productividades en horas/tonelada de material paramétrico de armamento, por zona y tipo de trabajo. Debiéndose realizar también el desglose por cada etapa de fabricación, siempre que sea posible.

Estos dos desgloses se muestran en los dos cuadros de las siguientes páginas.

La Planificación Básica, basada en los parámetros generales de capacidad de cada una de la Áreas del Astillero y realizada antes de la entrada en vigor, permite el encaje general del proyecto confirmando las efemérides principales y sirviendo como base para la estimación de la Carga mensual de Horas.

De acuerdo con la Planificación Básica y antes de la entrada en vigor, se desarrollará el Plan de Diseño y el Plan de Compras.

La Estrategia Constructiva deberá empezar a desarrollarse en esta etapa en la que el Diseño Básico está prácticamente terminado y donde el Diseño Funcional está ya comenzado al menos con información preliminar.

Astillero	DESGLOSE DEL PRESUPUESTO	BUQUE	FECHA :
	DE ACERO POR ZONA Y ETAPA		REVISION : E.VIGOR

TIPO DE TRABAJO	BLOQUES PLANOS	CARGA Y CUBIERTA		TOTAL CAMARA DE MAQUINAS	TOTAL ACOMODACION	TOTAL BUQUE
		RESTO BLOQUES	TOTAL CARGA Y CTA.			
ELABORACION						
* Toneladas						
* H / Tons.						
* Horas						
PREVIAS						
* Toneladas						
* H / Tons.						
* Horas						
FORMACION						
* Toneladas						
* H / Tons.						
* Horas						
PREMONTAJE						
* Toneladas						
* H / Tons.						
* Horas						
MONTAJE						
* Toneladas						
* H / Tons.						
* Horas						
TOTAL ACERO						
* Toneladas						
* H / Tons.						
* Horas						

Astillero	CONTENIDO DE TRABAJO EN PESO DE ARMAMENTO (POR ZONAS Y ETAPAS)															BUQUE		FECHA :		
																		REVISION : E.VIGOR		
TIPO DE TRABAJO	CARGA Y CTA.					CAMARA MAQUINAS					ACOMODACION					TOTAL				
UNIDADES Y HORAS	MOD.	BLQ	PREM.	BDO	TOTAL	MOD.	BLQ	PREM.	BDO	TOTAL	MOD.	BLQ	PREM.	BDO	TOTAL	MOD.	BLQ	PREM.	BDO	TOTAL
ELABORACION TUBERIA																				
Tub. y Acc. Ferrica	Tons	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	H/Ton	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Inox/A.Cu Tons	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	H/Ton	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Horas Elaboracion Tuberia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
MONTAJE TUBERIA																				
Tub. y Sop. Ferrica	Tons																			
	H/Ton																			
	Inox/A.Cu Tons																			
	H/Ton																			
	Telemando Tons																			
	H/Tons																			
	Horas Montaje Tuberia																			
CALDERERIA																				
(Sin Sop.Tub. ni Canal.Electr.)																				
Tons. Caldereria																				
	H/Ton																			
	Horas Caldereria																			
ELECTRICIDAD																				
(Incluido Canal.Electr.)																				
Tons Cables y Caldereria Electrica																				
	H/Ton																			
	Horas Electricidad																			
ACOMODACIONES																				
Tons Acomodacion																				
	H/Ton																			
	Horas Acomodacion																			
MONTAJE EQUIPOS																				
Tons de Equipos																				
	H/Ton																			
	Horas Montaje Equipos																			
Horas Montaje Armamento																				
Horas de Pruebas																				
	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
TOTAL HORAS ARMAMENTO																				
	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Los temas básicos a desarrollar con más urgencia de la Estrategia Constructiva son los siguientes:

- ✓ Despiece en bloques
- ✓ Plan de Montaje
- ✓ Estrategia de Acero (Procesos de Fabricación)
- ✓ Disposición de Zonas, Subzonas y Áreas
- ✓ Estrategia de Armamento (Etapa de montaje del armamento)
- ✓ División Modular
- ✓ Rutas principales de servicios
- ✓ Peso y dimensiones de Bloques, Unidades y Equipos

El resto de los temas básicos de la Estrategia son los siguientes:

- ✓ Plan de Control Dimensional y Demasías en Acero
- ✓ Procedimientos de Soldadura
- ✓ Estrategia de Pintura
- ✓ Estrategia de Andamiado
- ✓ Criterios de Paletización
- ✓ Aberturas Provisionales

3.- HASTA FINALIZAR EL DISEÑO FUNCIONAL

En esta fase, hasta finalizar el Diseño Funcional se desarrollarán los siguientes temas:

- ✓ Plan de Montaje (incluido en la Estrategia Constructiva)
- ✓ Pedidos de Equipos Principales
- ✓ Especificaciones Técnicas de Consulta de Material de Largo Periodo de Acopio
- ✓ Plan Maestro de la Construcción
- ✓ Hitos Principales
- ✓ Plan de Fabricación de Bloques, Armamento Adelantado y Pintura
- ✓ Plan de Armamento a Bordo
- ✓ Estrategia Constructiva Definitiva
- ✓ Revisión de Coste R1

Al entrar en vigor el proyecto y de acuerdo a la Planificación Básica, deberá quedar fijado el Plan de Montaje indicado en la Estrategia Constructiva, pero que señalamos en forma especial debido a su gran importancia como documento clave.

En este momento se realizarán los pedidos de los Equipos Principales, así como las especificaciones técnicas de consulta del material de largo periodo de acopio para poder empezar a pedirlo seguidamente.

Partiendo del Plan de Montaje se desarrollará el Plan Maestro de la Construcción, fijándose los hitos principales de control de avance de la construcción.

A continuación, se desarrollará el Plan de Fabricación que corresponde a las etapas de fabricación de cada bloque, desde la elaboración hasta su montaje, incluyendo el armamento adelantado y pintura.

Seguidamente se desarrollará el Plan de Armamento a Bordo para cada zona, subzona y área por tipo de trabajo.

La fase de Diseño Funcional incluye fundamentalmente los planos de aprobación y los esquemas funcionales, debiendo quedar

completamente definida la Estrategia Constructiva al terminar esta fase.

Al terminar esta fase se realizará la primera revisión del coste, que denominaremos "R1" y que estará basada en la revisión de la lista básica de materiales, en la consiguiente estimación del contenido de trabajo y en los objetivos de productividad acordados en base a la Estrategia Constructiva, lo que nos permitirá establecer el Presupuesto Objetivo.

La estimación de horas seguirá el siguiente proceso:

- ✓ Estimación del **contenido de trabajo de Acero por tipo de bloque y etapa**, de acuerdo con el Anexo F en el que se estiman las horas de cada tipo de trabajo de Acero en función de la productividad medida en el parámetro más adecuado al mismo.
- ✓ Realizando finalmente un chequeo de comprobación con las horas/tonelada resultante.
- ✓ La estimación de **contenido de trabajo de Armamento por zona y etapa**, se hará de acuerdo al Anexo G en función de las productividades correspondientes medidas en la unidad más adecuada a cada tipo de trabajo, y teniendo en cuenta las distintas productividades de cada etapa, ya sea en Módulo, Bloque, Premontaje o a Bordo.

Estas dos estimaciones se muestran en los dos cuadros de las siguientes páginas.

Astillero		CONTENIDO DE TRABAJO DE ACERO POR TIPO DE BLOQUE Y ETAPA					BUQUE		FECHA : REVISION : R 1				
TIPO DE TRABAJO		CARGA Y CTA.				TOTAL	CRA.MAQUINAS					ACOMOD.	TOTAL
		PLANOS	CURVOS	PR. INF.	PR.SUP.		D.F. MOT.	C.M.	PP. INF.	PP. SUP.	TOTAL		
E L A B O R A C I O N	* Toneladas												
	* H / T. Pre-Elaborac.												
	CHAPAS												
	* Metros Corte												
	* H / M. Corte												
	* Piezas Curvadas												
	* H / P. Curvadas												
	* Total Piezas												
	* H.Clasificac. / Pieza												
	PERFILES												
	* Total Piezas												
	* H. Corte / Pieza												
	* H.Clasificac. / Pieza												
* Piezas Curvadas													
* H / P. Curvada													
* Horas Elabor.													
P R E V I A S	* Toneladas												
	* Metros Soldadura												
	* H / M. Soldadura												
	* Horas Previas												
F O R M A C I O N	* Toneladas												
	* Metros Soldadura												
	* H / M. Soldadura												
	* Horas Formacion												
P R E M O N T A J E	* Toneladas												
	* Metros Soldadura												
	* H / M. Soldadura												
	* Horas Premontaje												
M O N T A J E	* Toneladas												
	* Metros Soldadura												
	* H / M. Soldadura												
	* Horas Montaje												
TOTAL HORAS													
P R U E B A S	* N° de Tanques	---	---	---	---	---	---	---	---	---			
	* H/Tanque	---	---	---	---	---	---	---	---	---			
	* Horas Prueba Tanq.	---	---	---	---	---	---	---	---	---			
TOTAL HORAS ACERO		---	---	---	---	---	---	---	---	---			

Astillero	CONTENIDO DE TRABAJO EN UNIDADES DE ARMAMENTO (POR ZONAS Y ETAPAS)										BUQUE		FECHA :							
													REVISION : R1							
TIPO DE TRABAJO	CARGA Y CTA.					CAMARA MAQUINAS					ACOMODACION					TOTAL				
UNIDADES Y HORAS	MOD.	BLQ	PREM.	BDO	TOTAL	MOD.	BLQ	PREM.	BDO	TOTAL	MOD.	BLQ	PREM.	BDO	TOTAL	MOD.	BLQ	PREM.	BDO	TOTAL
ELABORACION TUBERIA																				
Tuberia Ferrica N°	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
H / Tubo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Inox/A.Cu N°	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
H / Tubo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Horas Elaboracion Tuberia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
MONTAJE TUBERIA																				
Tuberia Ferrica N° Tubos																				
H / Tubo																				
Inox/A.Cu N° Tubos																				
H / Tubo																				
Telemando Mts Tub.																				
H/ Mts.Tub.																				
Horas Montaje Tuberia																				
CALDERERIA																				
(Sin Sop.Tub. ni Canal.Electr.)																				
Tons. Caldereria																				
H / T																				
Horas Caldereria																				
ELECTRICIDAD																				
(Incluido Canal.Electr.)																				
Metros de Cable																				
H / Metro																				
Horas Electricidad																				
ACOMODACIONES																				
M² Acomodacion																				
H / M²																				
Horas Acomodacion																				
MONTAJE EQUIPOS																				
Numero de Equipos																				
H / Equipo																				
Horas Montaje Equipos																				
Horas Montaje Armamento																				
Horas de Pruebas	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
TOTAL HORAS ARMAMENTO	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

4.- HASTA FINALIZAR EL DISEÑO DE DETALLE

En esta fase hasta finalizar el Diseño de Detalle se desarrollan los siguientes temas:

- ✓ Paletización
- ✓ Procedimientos e Instrucciones de Trabajo
- ✓ Programación de Talleres
- ✓ Pedidos de Materiales de Corto Periodo de Acopio
- ✓ Control de la Inversión y del Avance Físico de la Obra
- ✓ Revisión de Coste R2

En el Diseño Transicional de Armamento se pasa de los esquemas funcionales a trazados físicos por zona, quedando definido el contenido de trabajo de una forma inicial para permitir estudiar la agrupación o modulación más adecuada para dicha zona y por lo tanto, los trazados y cortes definitivos que permiten empezar a desarrollar los planos constructivos de detalle.

La ingeniería de Detalle es la última fase del diseño y en ella quedará incluida la siguiente información:

- ✓ Definición de piezas y anidado
- ✓ Información de corte y trazado
- ✓ Isométricas de tubería
- ✓ Planos de fabricación de elementos
- ✓ Planos constructivos de bloques por etapa de fabricación
- ✓ Planos constructivos de armamento por zonas y etapas
- ✓ Planos compuestos de coordinación

En esta fase la definición de los materiales debe llegar al nivel de listas de materiales por palet, los que nos permite realizar una nueva revisión de la Lista Básica de Materiales, y aplicando las correspondientes productividades, llegar por agregación a una segunda revisión del coste que denominaremos "R2".

Conforme se va realizando el diseño de detalle se irán estudiando, por parte de Producción, los procedimientos e instrucciones de trabajo, así como las Programaciones de Trabajos de los Talleres, que deberán realizarse en base al volumen de trabajo medido en las unidades paramétricas más adecuadas para cada uno de los tipos de trabajo y sus correspondientes indicadores de productividad.

Los planes de fabricación y de armamento a bordo serán el último eslabón de enlace con las fechas de necesidad para los pedidos de materiales de corto período de acopio, siendo la programación de taller la que debe marcar las fechas de almacén para la paletización física de los materiales necesarios para cada orden de trabajo y su entrega en la zona del taller o buque donde va a ser realizado.

Una vez empezada la construcción del buque se llevará un Control de la Inversión y del Avance Físico mediante el seguimiento de los materiales fabricados y montados, todo ello contabilizado en las unidades paramétricas características de cada tipo de trabajo.

Este Control nos permitirá hacer estimaciones de la tendencia final de inversión en función de las productividades realmente alcanzadas en las órdenes de trabajo terminadas, extrapolando dichos valores al resto de las órdenes del mismo tipo de trabajo e integrando el conjunto para obtener dicha tendencia de inversión total del proyecto.

La estimación temprana de la tendencia de inversión nos permitirá estudiar si es posible realizar algún cambio en los procesos de trabajo para mejorar la productividad y los plazos del proyecto.

5.- AL FINALIZAR LA OBRA

Una vez finalizada la construcción del buque se realizará una Revisión Final "R3" tanto de los materiales realmente montados, como del coste de compras y transformaciones correspondientes a la inversión final del proyecto, comparándose estos datos con las previsiones iniciales y sirviendo, después del adecuado estudio de análisis, como realimentación para futuros proyectos.

Revisiones Periódicas

Las revisiones que con periodicidad máxima trimestral deben ser realizadas por el Jefe de Proyecto y deberán incluir la siguiente información básica:

- ✓ **Resumen de Contrato**
(A realizar en la primera revisión)
 - . Características principales
 - . Precio de Contrato y Efemérides de pago
 - . Modificaciones y extras
 - . Primas
 - . Financiación y avales
 - . Multas y Premios
 - . Inspecciones y pruebas
 - . Efemérides contractuales
 - . Garantía
 - . Arbitraje

- ✓ **Análisis**
 - . Riesgos
 - . Oportunidades
 - . Recomendaciones

- ✓ **Resumen Económico y Efemérides**
 - . **Resumen Económico**
 - . **Efemérides Principales**
 - . **Productividades**
 - . **Resúmenes de Entrada en Vigor y Final de Obra**

En las tres páginas siguientes se muestran los cuadros correspondientes a estos tres últimos puntos, (donde aparece el término Ord/Sus. representan Ordenes de Sustitución, o para mejor entender Subcontratación de trabajos).

Las revisiones de Proyecto serán analizadas, bajo el mismo esquema, por la Dirección de Control de Operaciones con la colaboración del Jefe de Proyecto y del resto de los responsables de la Unidad de Negocio.

Independientemente de las Revisiones de Proyecto objeto de este documento, los Astilleros llevarán un control semanal de la programación en Ingeniería, Aprovisionamientos y talleres de Producción, de acuerdo con los avances realizados, así como un seguimiento de la evolución de los Indicadores de Producción a nivel de orden de trabajo por tipo, para poder confirmar las previsiones o detectar de la forma más temprana las posibles desviaciones, de forma que permita adoptar con prontitud las medidas correctoras más oportunas.

Astillero		RESUMEN ECONOMICO								Buque	Fecha	
Evolución de Resultados	FIRMA CONTR.	PPTO. VIGOR	EXTRAS CRED.	PPTO. ACTUAL	PPTO. OBJET.	POA	UPA	PREV. ACT.	RIESGO	OPORTU.	TOTAL	INVERS.
HORAS INGENIERIA	Propias										0	
	Ord/Sus										0	
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HORAS PRODUCCION	Propias										0	
	Ord/Sus										0	
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL HORAS	Propias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ord/Sus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Horas Propias Año	1.994				0						0	
	1.995				0						0	
	1.996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coste Estandar	1.994											
	1.995											
	1.996											
Total Coste Horas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coste Incentivos											0	
Total Transformaciones		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Materiales											0	
Ord./Sust. de Materiales											0	
Cargos Directos Cap.1											0	
Ord./Sust. C/Directos Cap.1											0	
Comisiones											0	
TOTAL COSTE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Precio Armador en Divisas ()												
Cambio Divisa												
Precio en Euros											0	
Subvención Financiera											0	
Otros Efectos Financieros												
Actualización de Pagos Diferidos												
Premios y Penalidades												
TOTAL VENTAS												
MARGEN BRUTO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastos Financieros												
RESULTADO BUQUE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gtos. Com. y Admón Factoría												
Gtos. Com. y Admón Central												
RESULTADO TOTAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Astillero				BUQUE:	FECHA:
------------------	--	--	--	---------------	---------------

EFEMERIDES	FIRMA CONTRATO	ENTRADA VIGOR	OBJETIVO FACTORIA	POA	UPA	PREV. ACTUAL	FECHA CON RIESGO OPORTUN.
Firma Contrato							
Entrada en Vigor							
Pedido 1er. Lote Acero							
Comienzo Elaboración							
Puesta de Quilla							
Montaje MP							
Botadura / Flotadura							
Arranque MM.AA.							
Entrega Planificada							
Entrega Contractual							
Franquicia							
Cancelacion							
Plazos							
FC/EV							
EV/PA							
PA/CE							
CE/Q							
Q/B							
Q/ A. MM.AA							
A. MM.AA / E							
B/E							
EV/E							
CE/E							

Astillero	PRODUCTIVIDADES						Buque	Fecha	
	PRESUP. PROPIO	UPA PROPIO	% DESVIAC.	PRESUP. SUBCONT.	UPA TOTAL	PESO TAN / TMP	H / T	PARAMETRO UNIDAD CANTIDAD	H / U
INGENIERIA									
* Acero								Nº Piezas	
* Armamento								Nº Tubos	
ING. PRODUC									
* Acero								Nº Piezas	
* Armamento								Nº Tubos	
TOTAL INGENIERIA								C G T	
ACERO								M.Sold.	
* Elaboracion								M.Corte	
* Previas								M.Sold.	
* Formacion								M.Sold.	
* Premontaje								M.Sold.	
* Montaje								M.Sold.	
ARMTO. CARGA Y CTA.								Nº Tubos	
* Elab. Tuberia								Nº Tubos	
* Fabric. Modulos								Nº Tubos	
* Armto. en Bloque								Nº Tubos	
* Armto. Premontaje								Nº Tubos	
* Armto. a Bordo								Nº Tubos	
ARMTO. C. MAQUINAS								Nº Tubos	
* Elab. Tuberia								Nº Tubos	
* Fabric. Modulos								Nº Tubos	
* Armto. en Bloque								Nº Tubos	
* Armto. Premontaje								Nº Tubos	
* Armto. a Bordo								Nº Tubos	
ARMTO. ACOMODACION								Nº Tubos	
* Elab. Tuberia								Nº Tubos	
* Fabric. Modulos								Nº Tubos	
* Armto. en Bloque								Nº Tubos	
* Armto. Premontaje								Nº Tubos	
* Armto. a Bordo								Nº Tubos	
TOTAL ARMAMENTO								Nº Tubos	
* Elab. Tuberia								Nº Tubos	
* Fabric. Modulos								Nº Tubos	
* Armto. en Bloque								Nº Tubos	
* Armto. Premontaje								Nº Tubos	
* Armto. a Bordo								Nº Tubos	
SERVICIOS AUXILIARES								C G T	
TOTAL PRODUCCION								C G T	
TOTAL BUQUE								C G T	

T A N - Toneladas de Acero Neto para Trabajos de Acero y Servicios
T M P - Toneladas de Material Parametrico para Trabajos de Armamento

Astillero	Buque		Resumen Entrada en Vigor								Fecha			
	Entrada en Vigor		Peso	Unidad	Productividades Previstas				% de Avance en Efemérides					
					En Coste		En Horas		En Quilla		En Flotadura			
	Coste M€	Horas	M€/Peso	M€/Unidad	H/Peso	H/Unidad	Horas	Coste M€	Horas	Coste M€				
Ingeniería Acero	Propio		TAN	NP										
	Subcontr.		TAN	NP										
	Total		TAN	NP										
Armamento	Propio		TMP	NT										
	Subcontr.		TMP	NT										
	Total		TMP	NT										
Total	Propio		TAN	CGT										
	Subcontr.		TAN	CGT										
	Total		TAN	CGT										
Producción Acero	Propio		TAN	MS										
	Subcontr.		TAN	MS										
	Total		TAN	MS										
Armamento	Propio		TMP	NT										
	Subcontr.		TMP	NT										
	Total		TMP	NT										
Servicios Aux.	Propio		TAN	CGT										
	Subcontr.		TAN	CGT										
	Total		TAN	CGT										
Total	Propio		TAN	CGT										
	Subcontr.		TAN	CGT										
	Total		TAN	CGT										
Total Transform.	Propio		TAN	CGT										
	Subcontr.		TAN	CGT										
Total Transformaciones Buque			TAN	CGT										
Total Compras			Efemérides		E. Vigor	1Pedido Ac	C. Elabor.	Quilla	Mont. MP	Flotadura	Arr.MMAA	Entrega		
Total Cargos Directos			Plazos en Meses		EV / 1PA	1PA / CE	EV / CE	CE / Q	Q / M.MP	Q / F	F/A.MMAA	F / E		
Comisiones y Otros Gastos														
Total Coste														
Precio Armador		CGT	Tons Registro Bruto Compensadas				Tipo de Buque							
Efectos Financieros		TAN	Tons de Acero Neto				Armador							
Otros Ingresos		TMP	Tons Material Paramétrico Armto.				País							
Premios y Penalidades		NP	Número de Piezas				Bandera							
Total Ingresos		NT	Número de Tubos				Sociedad de Clasificación							
Margen Bruto		MS	Metros de Soldadura				Motor Principal							
Gastos Financieros		1PA	1er. Pedido de Acero				Motores Auxiliares							
Gastos de Administración		M.MP	Montaje del Motor Principal				Eslora total	Eslora pp	Manga	Puntal	Calado			
Resultado Total		A.MMAA	Arranque de Motores Auxiliares											

Astillero	Buque		Resumen Final de Obra								Fecha			
	Final de Obra		Peso	Unidad	Productividades Reales				% de Avance en Efemérides					
					En Coste		En Horas		En Quilla		En Flotadura			
	Coste M€	Horas	M€/Peso	M€/Unidad	H/Peso	H/Unidad	Horas	Coste M€	Horas	Coste M€				
Ingeniería Acero	Propio		TAN	NP										
	Subcontr.		TAN	NP										
	Total		TAN	NP										
Armamento	Propio		TMP	NT										
	Subcontr.		TMP	NT										
	Total		TMP	NT										
Total	Propio		TAN	CGT										
	Subcontr.		TAN	CGT										
	Total		TAN	CGT										
Producción Acero	Propio		TAN	MS										
	Subcontr.		TAN	MS										
	Total		TAN	MS										
Armamento	Propio		TMP	NT										
	Subcontr.		TMP	NT										
	Total		TMP	NT										
Servicios Aux.	Propio		TAN	CGT										
	Subcontr.		TAN	CGT										
	Total		TAN	CGT										
Total	Propio		TAN	CGT										
	Subcontr.		TAN	CGT										
	Total		TAN	CGT										
Total Transform.	Propio		TAN	CGT										
	Subcontr.		TAN	CGT										
Total Transformaciones Buque			TAN	CGT										
Total Compras			Efemérides		E. Vigor	1Pedido Ac	C. Elabor.	Quilla	Mont. MP	Flotadura	Arr.MMAA	Entrega		
Total Cargos Directos			Plazos en Meses		EV / 1PA	1PA / CE	EV / CE	CE / Q	Q / M.MP	Q / F	F/A.MMAA	F / E		
Comisiones y Otros Gastos														
Total Coste														
Precio Armador		CGT	Tons Registro Bruto Compensadas				Tipo de Buque							
Efectos Financieros		TAN	Tons de Acero Neto				Armador							
Otros Ingresos		TMP	Tons Material Paramétrico Armto.				País							
Premios y Penalidades		NP	Número de Piezas				Bandera							
Total Ingresos		NT	Número de Tubos				Sociedad de Clasificación							
Margen Bruto		MS	Metros de Soldadura				Motor Principal							
Gastos Financieros		1PA	1er. Pedido de Acero				Motores Auxiliares							
Gastos de Administración		M.MP	Montaje del Motor Principal				Eslora total	Eslora pp	Manga	Puntal	Calado			
Resultado Total		A.MMAA	Arranque de Motores Auxiliares											

Control de Avance de Obra

El Control de Avance de Obra es una de las partes del Sistema de Control de Proyecto y trata de dar la información necesaria para poder analizar la eficacia del Diseño y la Estrategia Constructiva, y poder tomar las decisiones para actuar sobre los mismos, de la forma más temprana posible.

Es una herramienta que trata de dar la información necesaria sobre la evolución de cada uno de los Trabajos en que se ha dividido la Obra, controlando el Contenido de Trabajo, Presupuesto e Inversión de cada uno y, por lo tanto, las Productividades por tipo de trabajo.

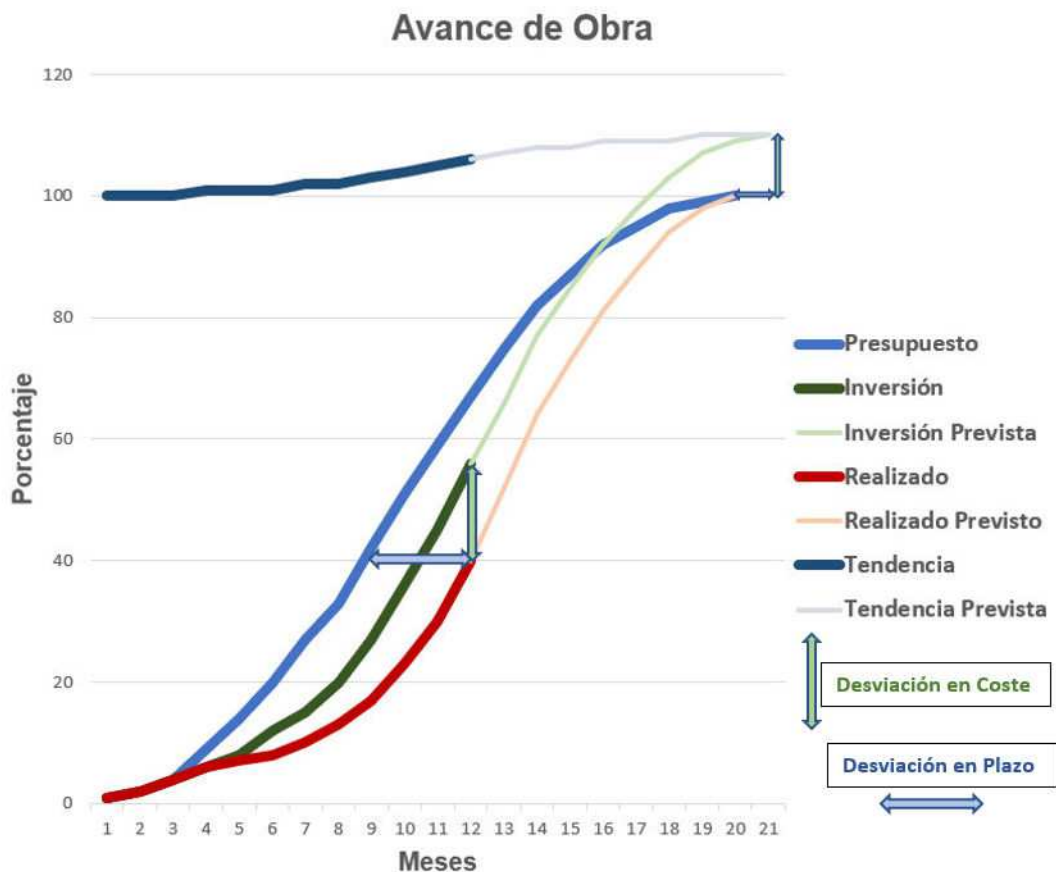
La elección de los Parámetros adecuados de Medición del Contenido de Trabajo y el conocimiento de las Productividades para realizar un Producto Intermedio de acuerdo a un Proceso de Trabajo, son la base que nos permite hacer estimaciones tempranas de la Tendencia final de Inversión y Plazo de un Proyecto, en función de las Productividades realmente alcanzadas en órdenes de trabajo ya terminadas, extrapolando dichos valores al resto de las órdenes del mismo tipo de trabajo e integrando el conjunto.

El presupuesto del Proyecto lo dividiremos en productos intermedios y actividades que conformen en su conjunto el total del coste del Proyecto, y de las cuales llevaremos un control periódico de su avance, de forma que la suma ponderada de estos avances nos permita conocer el avance del conjunto del Proyecto de forma periódica.

En el siguiente gráfico de “Avance de Obra” se muestran las curvas del Presupuesto, Inversión, Realizado (corresponde a la parte del presupuesto ya realizado) y Tendencia (corresponde con la previsión final de Inversión, en cada momento, del Proyecto).

El segmento horizontal entre la parte realizada del presupuesto (Realizado) y la curva de Presupuesto, representa la **Desviación en Plazo** que en ese momento se lleva en el Proyecto.

El segmento vertical entre la parte realizada del presupuesto (Realizado) y la Inversión real, representa la **Desviación en Coste** que en ese momento se lleva en el Proyecto.



Para extrapolar la tendencia se podía utilizar el concepto de **Tendencia Suma** que calcula la tendencia sumando al presupuesto la desviación actual de los trabajos terminados, suponiendo que el resto no va a sufrir desviación; o utilizar el concepto de **Tendencia Proporcional** que calcula la tendencia multiplicando el presupuesto por la ratio de desviación de los trabajos terminados.

En el caso de una desviación del 30%, habiendo terminado el 10% de los trabajos de un presupuesto de 100, la tendencia suma sería de 103, mientras que la tendencia proporcional sería de 130

Es evidente que la tendencia suma tiene más sentido cuando el avance de trabajos terminados es muy pequeño y donde puede haber existido problemas particulares que no tendrían razón de repetirse. Por otro lado, la tendencia proporcional tiene mas sentido cuando el avance de los trabajos terminados es muy grande y ya no se puede hablar de problemas particulares.

Con estas consideraciones nos parece útil la práctica del concepto de **Tendencia Probable** que calcula la tendencia ponderando las tendencia suma y proporcional, en función del porcentaje de avance de los trabajos.

$$T_{\text{Probable}} = T_{\text{Suma}} \times (1 - \% \text{Avance} / 100) + T_{\text{Proporcional}} \times \% \text{Avance} / 100$$

La tendencia probable aplicada al caso anterior sería de 105,7

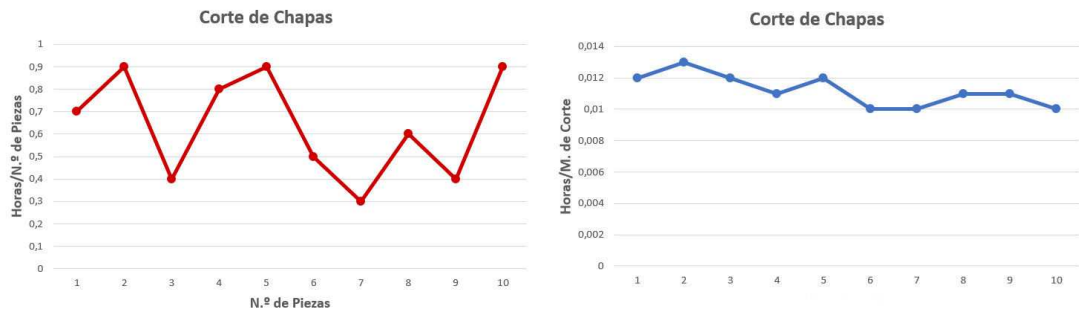
Para acercarnos a las bases elementales del problema, empezaremos comentando que nuestros Sistemas de Construcción pretenden dividir el buque en Productos Intermedios, cuya fabricación se pueda realizar de la forma más estándar posible, tratando de realizar la mayor parte del trabajo de construcción con procesos repetitivos.

Se trata de alcanzar los puntos óptimos de la Curva de la Experiencia, no en el buque como construcción única, si no en cada uno de los procesos de trabajo para la fabricación de cada uno de los Productos Intermedios que componen el buque.



Hay que hacer énfasis en la utilización de los Parámetros más significativos para el control de la Productividad.

Una salida de resultados dispersa, medida en "Horas / N.º de piezas", puede quedar bajo control medida en "Horas / Metros de Corte".



El conocimiento de los datos estables de Productividades para cada Producto Intermedio de acuerdo a su Proceso de fabricación, nos permite generar una Base de Datos actualizada de Productividades, lo que va a ser una de las herramientas principales del Sistema.

Una salida de resultados dispersa de productividades, que no se encuentre bajo control nos detecta alguno de los siguientes problemas:

- ✓ Que se han englobado Productos no homogéneos dentro de un mismo grupo, o
- ✓ Que se están realizando de una forma inadecuada los cargos.

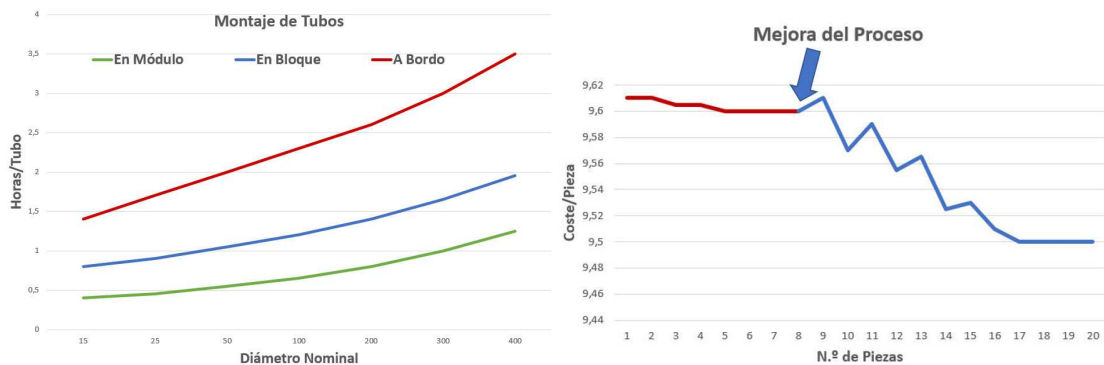
En cualquiera de los casos hay que analizar el problema y actuar en consecuencia.

En el caso concreto de detectar niveles de productividad diferenciados, se puede llegar a la conclusión de que se han agrupado Productos Intermedios, que pueden estar bajo control de forma independiente, pero que no son homogéneos entre si, por lo que habría que separarlos.

También podría ser que los datos correspondan a Productos Intermedios homogéneos, pero realizados con diferente Proceso Productivo.

El Sistema nos facilita el manejo de los datos para poder conocer con precisión las distintas Productividades que se pueden alcanzar realizando un mismo Producto Intermedio con diferentes Procedimientos de Trabajo.

Tal es el caso de los trabajos de montaje del Armamento, según que se realicen en Módulo, en Bloque o a Bordo.



El tener el conocimiento de que un Proceso está bajo control y por lo tanto con resultados estables de Productividad, es el punto de partida para saber que una mejora adicional de la Productividad pasa necesariamente por la mejora de dicho Proceso de trabajo.

El uso de los Parámetros adecuados de control para cada tipo de trabajo y las ratios de Productividad, nos permiten llevar un seguimiento de la Producción de cada Taller, así como facilitarnos la realización de una Programación realista.

Una Base de Datos de Productividades no solo nos permite calcular la Tendencia de un Proyecto comenzado, si no que nos facilita datos fiables para poder realizar Ofertas por Unidades Físicas (Unit Rates) con un conocimiento más preciso de los márgenes.

De la misma forma y una vez hecha la estimación de las cantidades de Materiales de un nuevo Proyecto, nos permite hacer un cálculo más realista del Presupuesto.

Para dar una imagen sencilla de la Construcción Naval, se trata de hacer el diseño de un barco formado por equipos y materiales, los cuales hay que definir, comprar y montar.

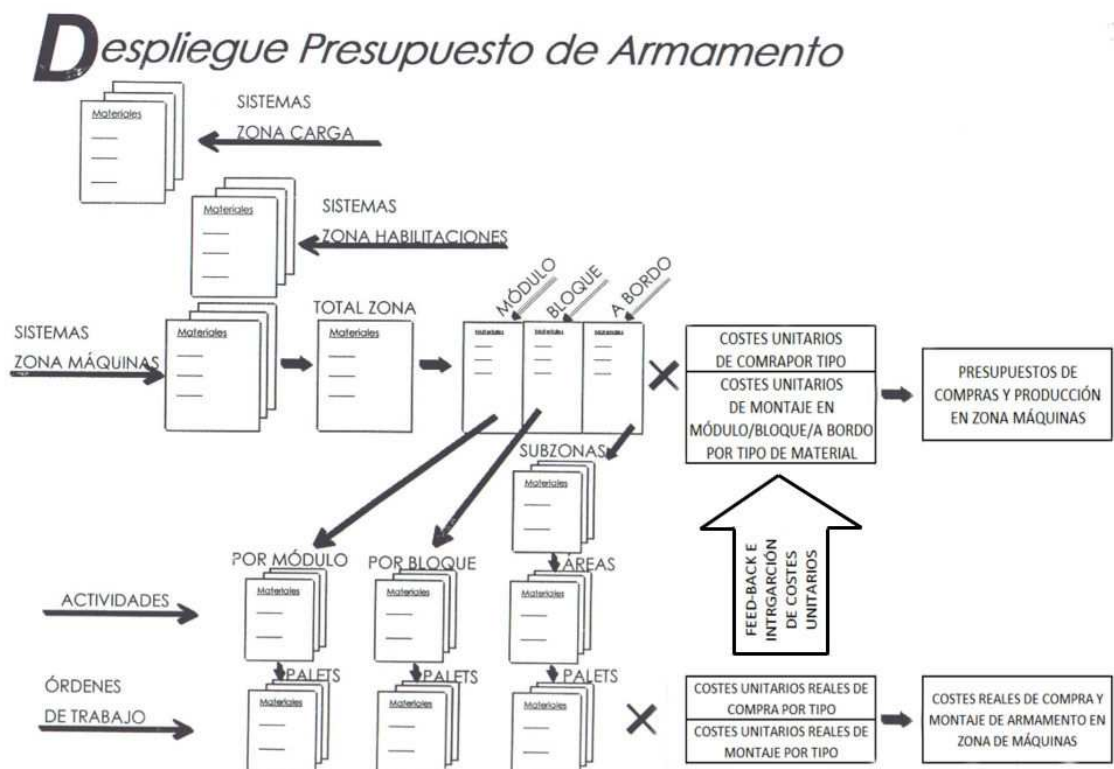
Esto implica definir los equipos y estimar las cantidades necesarias de cada material, de la forma más ajustada posible, ya que el coste del Proyecto va a ser la suma de los costes de compra y montaje de los mismos, por lo que los parámetros necesarios a conocer son los siguientes:

- ✓ Equipos y **cantidades** de cada tipo de material, que es la **responsabilidad de Ingeniería**.
- ✓ **Costes unitarios de compra** por tipo de equipo y material, que es responsabilidad de **Aprovisionamientos**.
- ✓ **Costes unitarios de montaje** por tipo de equipo y material, que es responsabilidad de **Producción**.

Esto evidencia que la estimación de cantidades y el control de los costes unitarios de compra y montaje se convierte en los tres puntos clave para realizar un presupuesto fiable de Proyecto y como consecuencia el resultado económico del mismo.

En la lámina siguiente se representa el ciclo completo en lo referente al **Armamento del buque**:

- ✓ Estimación de los materiales de armamento de cada zona, por sistemas, y agrupación total por equipo y tipo de material.
- ✓ Presupuesto de Equipos y Materiales en base a las cantidades y costes unitarios de compra.
- ✓ Presupuesto de Producción en base a las cantidades y costes unitarios de montaje, en función de la etapa en que se monten.
- ✓ Control final de las cantidades y los costes unitarios reales de compra y montaje, así como el feed-back para alimentar las bases de datos de presupuestación.



Hay que resaltar, que la fiabilidad y utilidad de los datos obtenidos con esta herramienta de Control de Avance de Obra dependen fundamentalmente de los siguientes factores:

- ✓ Estudio detallado de la Estrategia Constructiva:
 - División en Productos Intermedios (P.I.)
 - Procesos de Fabricación
 - Taller donde se va a fabricar cada P.I.
 - Programación de la Obra

- ✓ Elección de las Unidades Físicas más adecuadas para cada tipo de trabajo.

- ✓ Estimación y medición de dichas Unidades Físicas, que nos permita conocer con la mayor precisión el contenido de trabajo.

- ✓ Captura fiable y a tiempo de los datos en Obra.

- ✓ Análisis de los resultados y toma de decisiones en el momento más temprano posible (Feed-back).

Además, hay que indicar que habrá que tener un desglose del presupuesto en actividades de acuerdo con las familias de productos intermedios y resto de las actividades de gestión y compras.

En todas estas actividades habrá que definir las curvas de avance del presupuesto en el tiempo, de acuerdo con la planificación, así como actualizar periódicamente, durante la construcción, los avances correspondientes, la inversión realizada y calcular la tendencia del presupuesto de cada una de las actividades.

En el caso de Aprovisionamientos hay que definir los porcentajes de avance que corresponden a cada etapa de gestión de compra, durante la fabricación por el suministrador, al terminar las pruebas en fábrica, a la entrega, al montaje y al terminar las pruebas a bordo. Respecto de la pintura también habrá que llevar un control del avance de su aplicación.

En la página siguiente se muestra un cuadro de seguimiento a nivel general.

Control de Avance de Obra

Buque:	Astillero:					Fecha:	
Actividades	Presupuesto	Realizado	Inversión	%Avance	Tendencia	Riesgos	UPA
Anteproyectos							
Diseño Básico de Acero							
Armamento C. Máquinas							
Carga							
Habilitación							
Electricidad y Automat.							
Diseño de Detalle Acero C. Máquinas							
Carga							
Superestructura							
Armamento C. Máquinas							
Carga							
Habilitación							
Electricidad y Automat.							
Documentación de Entrega							
Total Ingeniería Técnica							
Ingeniería de Producción Acero							
Armamento							
Total Ingeniería de Producción							
Total Ingeniería							
Compra de Acero (Chapas y Perfiles)							
Consumibles y Chatarra							
Propulsión							
Grupos Generadores							
Equipo de Carga							
Resto de Equipos							
Electricidad							
Habilitación							
Pintura							
Resto Material Previsión							
Material de Corto Periodo							
Total Aprovisionamientos							
Elaboración de Acero Bloques Zona C.M.							
Carga							
S.P.							
Prefabricación Bloques Zona C.M.							
Carga							
S.P.							
Montaje Bloques y Terminación Zona C.M.							
Carga							
S.P.							
Trabajos de Botadura							
Total Trabajos de Acero							
Fabricación Tubería Zona C.M.							
Carga							
Acomodación							
Fabricación de Módulos Zona C.M.							
Carga							
Acomodación							
Armamento en Bloque Zona C.M.							
Carga							
Acomodación							
Armamento a Bordo Zona C.M.							
Carga							
Acomodación							
Tendido de Cables Zona C.M.							
Carga							
Acomodación							
Puestas a punto y Pruebas de muelle							
Pruebas de mar							
Total Trabajos de Armamento							
Total Producción							
Cargos Directos							
Total Coste Buque							

Indicadores Generales de Control

Finalmente terminaremos este apartado de Control con un listado de Indicadores Generales, cuyo control, nos permitirá conocer la situación real, y posibles avances, de lo que podríamos llamar puntos vitales de control, tanto a nivel Astillero y a nivel Buque.

1. INDICADORES GENERALES A NIVEL ASTILLERO.

DISEÑO

Nº Proyectos / Año

Suma de los tantos por ciento de los avances acumulados en el año, realizados sobre los presupuestos de cada una de las Ingenierías correspondientes a nuevos proyectos (que no sean serie), dividido por 100.

Se trata de medir el total de la Ingeniería, de nuevos proyectos, que gestiona el Astillero, por lo que los avances deben corresponder tanto a lo realizado por el personal propio como el de ingenierías exteriores.

- ✓ Dato correspondiente al acumulado del año anterior.
- ✓ Dato acumulado en el año actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión de acuerdo con el POA.
 - Según los datos reales.

APROVISIONAMIENTOS

Existencias Parque Acero

Existencias del Parque de Acero, medidas en Mill. Ptas.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual del mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

Rotación Parque Acero

Rotación correspondiente al Parque de Acero

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

Existencias Almacén Acopios

Existencias del Almacén de Acopios, medidas en Mill. Ptas.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

Rotación Almacén Acopios

Rotación correspondiente al Almacén de Acopios

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

Existencias Almacén General

Existencias del Almacén General, medidas en Mill. Ptas.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

Rotación Almacén General

Rotación correspondiente al Almacén General.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

Sobrantes de Acero

Sobrantes de Acero, medidos en Mill. Ptas.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

Sobrantes Almacén Acopios

Sobrantes del Almacén de Acopios, medidos en Mill. Ptas.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

PRODUCCION

CGT / Año

Suma de los tantos por ciento de los avances acumulados en el año, realizados sobre los presupuestos de horas totales de Transformaciones de cada barco (propias más subcontratadas), multiplicando el avance de cada uno por sus CGT correspondientes, y dividiendo finalmente la suma por 100.

- ✓ Dato correspondiente al acumulado del año anterior.
- ✓ Dato acumulado en el año actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión de acuerdo con el POA.
 - Según los datos reales.

TAN / Año

Cifra acumulada en el año, correspondiente a las Toneladas de Acero Netas de los bloques montados en Grada o Dique hasta la fecha.

- ✓ Dato correspondiente al acumulado del año anterior.
- ✓ Dato acumulado en el año actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión de acuerdo con el POA.
 - Según los datos reales.

%Subcontratación Acero

Suma de las horas de los trabajos de Acero subcontratados y realizados hasta la fecha en el año, todo ello dividido por la suma del total de las horas de los trabajos de Acero a realizar dentro del año, correspondientes a los presupuestos de entrada en vigor de los barcos, y multiplicado por 100.

- ✓ Dato correspondiente al acumulado del año anterior.
- ✓ Dato acumulado en el año actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión de acuerdo con el POA.
 - Según los datos reales.

%Subcontratación Armamento

Suma de las horas de los trabajos de Armamento subcontratados y realizados hasta la fecha en el año, todo ello dividido por la suma del total de las horas de los trabajos de Armamento a realizar dentro del año, correspondientes a los

presupuestos de entrada en vigor de los barcos, y multiplicado por 100.

- ✓ Dato correspondiente al acumulado del año anterior.
- ✓ Dato acumulado en el año actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión de acuerdo con el POA.
 - Según los datos reales.

PRODUCTIVIDAD

CGT / Hombre x Año

Suma de los tantos por ciento de los avances acumulados en el año, realizados sobre los presupuestos de Transformaciones de cada barco, multiplicando el avance de cada uno por sus CGT correspondientes, dividido por 100. Todo ello dividido por la plantilla activa (no regulada) media total propia correspondiente al periodo, y multiplicado por las horas anuales según convenio (1700 para 1994) y dividido por la parte de horas gastadas en el periodo según el calendario de trabajo.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión de acuerdo con el POA.
 - Según los datos reales.

TAN / Hombre x Año

Cifra acumulada en el año, correspondiente a las Toneladas de Acero Netas de los bloques montados en Grada o Dique hasta la fecha. Todo ello dividido por la plantilla media total propia correspondiente al periodo, y multiplicado por las horas anuales según convenio (1700 para 1994) y dividido por la parte de horas gastadas en el periodo según el calendario de trabajo.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión de acuerdo con el POA.
 - Según los datos reales.

M. Soldadura / Hombre x Año

Metros totales de Soldadura correspondientes a trabajos de Acero realizados por el personal propio hasta la fecha en el año. Todo ello dividido por la plantilla media total propia correspondiente al periodo, y multiplicado por las horas anuales

según convenio (1700 para 1994) y dividido por la parte de horas gastadas en el periodo según el calendario de trabajo.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

Kg. Soldadura / Hombre x Año

Peso total de material de aportación de soldadura en trabajos realizados por personal propio, medido en Kg. de acuerdo al consumo de Almacén en los últimos 12 meses y dividido por la plantilla media total propia correspondiente a ese periodo.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

% Soldadura Manual con Electrodo

Peso de material de aportación de soldadura, correspondiente a electrodos que no sean para soldadura de gravedad, dividido por el peso total de material de aportación. Todo ello referente a trabajos realizados por personal propio y medido en Kg. consumidos en los últimos 12 meses.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

% Soldadura Manual Semiautomática

Peso de material de aportación de soldadura, correspondiente a hilo de Semiautomática que no sea para soldadura mecanizada, dividido por el peso total de material de aportación. Todo ello referente a trabajos realizados por personal propio y medido en Kg. consumidos en los últimos 12 meses.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

% Soldadura por Gravedad

Peso de material de aportación de soldadura, correspondiente a electrodos para soldadura de gravedad, dividido por el peso total de material de aportación. Todo ello referente a trabajos realizados por personal propio y medido en Kg. consumidos en los últimos 12 meses.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

% Soldadura Mecanizada o Automatizada

Peso de material de aportación de soldadura, correspondiente a hilo de Semiautomática que sea para procesos de soldadura de mecanización simple o bien material de aportación para procesos mecanizados o automatizados, dividido por el peso total de material de aportación. Todo ello referente a trabajos realizados por personal propio y medido en Kg. consumidos en los últimos 12 meses.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

Relación Armadores / Soldadores

Suma de las horas de Acero invertidas en trabajos de Armado dividido por la suma de las horas de Acero invertidas en trabajos de Soldadura.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual hasta el mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

% Dir. Pareja / Total Dir.

Porcentaje del número de Operarios Directos trabajando en Parejas sistemáticamente respecto del total de Operarios Directos.

- ✓ Dato correspondiente a finales del año anterior.
- ✓ Dato actual del mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

CALIDAD

Índice de Radiografías

Porcentaje de radiografías de soldaduras con defecto en primera radiografía, que obligue a una reparación, respecto al total de primeras radiografías, medido en número de ellas (no en porcentajes de metros defectuosos) y referido a las realizadas en el mes.

- ✓ Dato correspondiente a finales del año anterior.
- ✓ Dato actual del mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

Índice de Ultrasonidos

Porcentaje de chequeos con ultrasonido en soldaduras con defecto en primer chequeo, que obligue a una reparación, respecto al total de primeros chequeos, medido en número de ellos (no en porcentajes de metros defectuosos) y referido a los realizados en el mes.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual del mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

%M. Corte Sin Demasía

Porcentaje de metros de corte sin demasías desde Elaboración de Acero, de chapas y perfiles, respecto a los metros totales de corte a corregir en Prefabricación y Montaje.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.
- ✓ Dato actual del mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

%M. Unión Bloques Sin Reworks

Porcentaje de metros de unión de bloques que van a la Grada o Dique sin demasía de acero y en los que finalmente no hay que realizar trabajos adicionales ni de corte ni de recargues de soldadura, con respecto al total de metros de planchas y perfiles a unir en Montaje y referido a los datos acumulados en el año hasta la fecha.

- ✓ Dato correspondiente al año anterior.

- ✓ Dato actual del mes del informe:
 - Según previsión para el año.
 - Según los datos reales.

2. INDICADORES GENERALES POR BUQUE

Se darán cada mes, los valores correspondientes a la previsión actualizada de cada buque y los valores reales una vez terminados.

DISEÑO

Nº Posiciones Pedido Chapas

Número de posiciones distintas en el pedido de chapas del buque.

% Chatarra

Toneladas de Acero Bruto Elaboradas menos las Toneladas de Acero Netas correspondientes, dividido por las Toneladas de Acero Bruto y multiplicado por 100.

Nº Piezas / TAN C. Maestra

Número total de piezas de Acero longitudinales y transversales, e incluyendo corbatas y piecerío, medido en una rebanada de la Maestra, de longitud correspondiente a un tanque o bodega, dividido por las toneladas de acero neto correspondiente a dicha rebanada.

Nº Piezas / TAN Total

Número total de piezas de Acero del buque dividido por el total de las toneladas de acero neto del mismo.

% Piezas Distintas C. Maestra

Porcentaje de piezas distintas de Acero longitudinales y transversales, e incluyendo corbatas y piecerío, respecto al total de piezas, y medido en una rebanada de la Maestra, de longitud correspondiente a un tanque o bodega.

% Piezas Distintas Total

Porcentaje de piezas distintas de Acero del buque respecto al total de piezas del mismo.

M. Soldadura / TAN C. Maestra

Número total de metros de soldadura en todas las etapas de fabricación del Acero, incluido el montaje en grada o dique, medido en una rebanada de la Maestra de longitud correspondiente a un tanque o bodega, dividido por las toneladas de acero neto correspondiente a dicha rebanada.

M. Soldadura / TAN Total

Número total de metros de soldadura del buque en todas las etapas de fabricación del Acero, incluido el montaje en grada o dique, dividido por el total de las toneladas de acero neto del mismo.

% Tubos Rectos

Porcentaje de Tubos Rectos frente al total de tubos, sin contar la tubería de telemando.

% Tubos Módulos y Bloques

Porcentaje de número de tubos montados en Módulos y Bloques, respecto al número total de tubos del buque.

MATERIALES**% Entregas Retraso < 1 Sem.**

Porcentaje de Entregas con retraso menor de 7 días, de fecha de entrega respecto a fecha de pedido, y medido respecto al número de pedidos o al número de posiciones de pedidos controladas.

Coste Materiales / CGT

Coste total de Materiales, sin incluir ordenes de sustitución de Transformaciones, dividido por las CGT.

Coste Material Paramétrico / TMP

Coste del Material Paramétrico de Armamento dividido por las Toneladas de Material Paramétrico.

PRODUCTIVIDAD

H. Totales / CGT

Horas totales propias invertidas en el buque, dividido por las horas correspondientes a la parte del presupuesto de entrada en vigor realizada con personal propio, multiplicado por las horas totales del presupuesto, y finalmente dividido por las CGT.

H. Acero / TAN

Horas propias invertidas en trabajos de Acero del buque, dividido por las horas de Acero correspondientes a la parte del presupuesto de entrada en vigor realizada con personal propio, multiplicado por las horas de Acero totales del presupuesto, y finalmente dividido por las Toneladas de Acero Neto

H. Armamento / TMP

Horas propias invertidas en trabajos de Armamento del buque, dividido por las horas de Armamento correspondientes a la parte del presupuesto de entrada en vigor realizada con personal propio, multiplicado por las horas de Armamento totales del presupuesto, y finalmente dividido por las Toneladas de Material Paramétrico.

Coste Transformaciones / CGT

Coste total de Transformaciones, incluyendo el coste de las ordenes de sustitución de Transformaciones, dividido por las CGT.

PLAZOS

Cumplimiento Entregas

Cumplimiento de las fechas de entrega medido en días de adelanto de la fecha real de entrega respecto a la contractual. Siendo negativos los retrasos.

Plazo E. Vigor / Entrega

Plazo existente entre la fecha de entrada en vigor y la de entrega del buque, medido en meses (con 1 decimal).

Plazo Elaboración / Entrega

Plazo existente entre la fecha del comienzo de la elaboración y la de entrega del buque, medido en meses (con 1 decimal).

Plazo Quilla / Botadura

Plazo existente entre la fecha de puesta de quilla y la de botadura o flotadura del buque, medido en meses (con 1 decimal).

% Avance Ingeniería al C. Elaboración

Porcentaje de Avance de la Ingeniería, medido respecto al presupuesto, en la fecha del comienzo de la elaboración.

% Avance Compras al C. Elaboración

Porcentaje de Avance de las Compras de Materiales, medido respecto al presupuesto, en la fecha del comienzo de la elaboración.

% Avance Prefabricación a la Quilla

Porcentaje de Avance de los trabajos de Prefabricación de Acero, medido respecto al presupuesto, en la fecha de la puesta de Quilla.

% Avance Armamento a la Botadura

Porcentaje de Avance de los trabajos de Armamento, medido respecto al presupuesto, en la fecha de la Botadura o Flotadura.