

# CONSTRUCCION NAVAL - ESTRATEGIA CONSTRUCTIVA

*Ricardo Thiel Durán \**  
*Capitán de Corbeta*

## **Resumen.**

Aquí se ha pretendido hacer un resumen, traducir y adaptar los conceptos señalados por los trabajos indicados en la bibliografía, más algunos aportes particulares del autor provenientes de su experiencia y conocimientos en Construcción Naval.

El objeto de este resumen es proponer cierta documentación básica que debe ser contemplada en la Administración de Proyectos, haciendo mención a la necesidad de que esta información sea estudiada y generada en el momento oportuno. La elaboración y el manejo de esta Documentación Básica sigue a la Estrategia Constructiva.

Se pretende que esta documentación sirva para desarrollar las acciones de la Estrategia Constructiva, la construcción misma, dirigirla, controlarla y supervisar el avance del Astillero, con el objeto de visualizar posibles desvíos que se produzcan antes que provoquen un atraso significativo en el plazo estratégico buscado.

Actualmente la celeridad de los procesos hace que la Administración de Proyectos deba manejar información válida y oportuna. Un deficiente manejo de esa información puede producir errores en el flujo de la Estrategia Constructiva.

La Estrategia puede abarcar desde los aspectos más generales hasta los más pequeños detalles pero, con el fin de delimitar los aspectos fundamentales, se pretende definir cuál deberá ser la documentación básica que debe ser contemplada en la misma, así cómo 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.

La documentación básica propuesta es la siguiente:

1. Documentación Contractual: El Contrato; la Especificación Técnica que define al buque; la Especificación Técnica del Armador (RAN); Plano de Arreglo General; Programación General (hitos); Reglamentos aplicables.

Esta documentación contiene 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 y establece, en lo general, el plazo, valor y aspectos financieros del proyecto.

2. Cuaderna Maestra: es un documento claramente estratégico ya que contiene gran cantidad de información constructiva, tal como espesores, dimensiones y longitud de planchas, tipo de refuerzos a utilizar, calidad del material y todos aquellos detalles constructivos que afectan a una parte importante de la obra. Habitualmente marca el inicio de la aprobación de planos por parte de la Casa Clasificadora.

3. Disposición General de Sala de Máquinas: Esta zona del buque es una parte fundamental de la estrategia por las siguientes razones:

Lo reducido de su espacio.

La disposición de equipos, de tuberías, cables, etc.

Muestra disposiciones que facilitan al máximo la división modular, especialmente de aquellas que puedan tener mayor contenido de trabajo.

Muestra disposiciones que reducen el tiempo de montaje.

Puede estar involucrado un estado de pago.

4. Rutas Principales (del servicio del buque): Con ellas se consiguen los objetivos desde el punto de vista de control de la producción, tales como:

Aumentar las oportunidades de realizar módulos de prefabricación.

Simplificar la tubería y cablería.

Incrementar la normalización.

Control y reducción de tiempo de construcción.

Aumentar la flexibilidad.

5. Disposición y Prueba de Estanques: 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.

6. Catálogo 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.

7. Disposición de Zonas y Subzonas: Son espacios de la construcción que pueden ser fácilmente planificados y controlados, además proporcionan señas de identificación para poder medir la dirección de los materiales de prefabricación y cuyo contenido de trabajo asociado puede ser cuantificado.

8. Plan de Despiece en Bloques: Este Plan debe ser realizado de acuerdo con la estrategia 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 lo tanto, incorporados al máximo posible al prefabricado adelantado.

Hay que tratar de 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.

9. División Modular: El despiece en bloques de la estructura de un buque, y especialmente en la sala de máquinas, debe realizarse, no de una forma independiente, sino conjuntamente con el estudio del prefabricado de dicha zona realizando 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.

10. Módulos Principales: El desplazamiento de trabajos de prearmado a las etapas iniciales se logra, por lo tanto, con el incremento de fabricación adelantada y especialmente el aumento del contenido de trabajo en módulos.

Estos módulos de armado se pueden dividir en las siguientes familias:

a. Haces de tubería (diám. 50 mm.).

Tubería fina en pequeños módulos de instalación simple.

b. Módulos de Cañerías.

Unidades medianas y grandes 50 mm. en las que prevalecen las cañerías sobre los equipos.

c. Unidades modulares.

Unidades compactas incluyendo tuberías, equipos y accesorios, tales como la unidad de tratamiento de combustible, la del separador de aguas de sentinas, cabrestante y winches, etc.

d. Paneles.

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

e. Macrounidades.

Grandes unidades modulares, tales como el doble fondo en sala de máquinas o sala de bombas.

f. Módulos contenedores.

Unidades complejas que incluyan la parte correspondiente del acero estructural.

11. División 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 el reparto de dicha carga de trabajo, incluso en la fase de presupuesto, con el fin de tomar como base el costo de los productos intermedios.

Esto nos permite un efectivo control de la Carga de Trabajo del taller v/s disponibilidad de Mano de Obra (Planilla).

12. Unidades Productivas Directas: Son los centros básicos de producción y, por lo tanto, deben

quedar plasmados en la Estrategia Constructiva.

13. Asignación 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.

14. Procedimientos de fabricación: 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 Prefabricación deberá existir un procedimiento 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.

15. Ocupación de espacios en Unidades Productivas: Deberá realizarse un estudio de la ocupación de espacios correspondientes a los trabajos programados para fabricar en las Unidades Productivas, donde la superficie a ocupar tenga una especial incidencia en el proceso productivo (por ejemplo, la grada de lanzamiento, taller cerrado de acero, etc).

16. Procedimientos de Soldadura: La pronta definición de la secuencia y 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 bordes del material y, por lo tanto, puede afectar al pedido del mismo.

17. Tolerancias en Acero: Las tolerancias de los elementos que componen los bloques de la estructura deben quedar definidas antes del pedido de acero y que, claramente, afectan a las dimensiones del material en bruto.

Es evidente que el objetivo es ir reduciendo paulatinamente la necesidad de dichos excesos, ya que representan un doble trabajo (y costo) a realizar.

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

En cualquier caso, habrá, por lo tanto, que definir la etapa del proceso en que ese traslape, si es que existe, debe ser cortado.

18. 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 o montaje.

19. Maniobras con Grúa en Gradas: Deben estudiarse las maniobras necesarias a realizar con estas grúas, indicando cuales se deben utilizar y el tiempo en maniobra, para poder realizar una programación detallada de las mismas.

20. Tubos por Familia y Diámetro: De la misma forma que se ha comentado la necesidad de división de la estructura en Productos Intermedios, también, en el caso de las cañerías, la división en familias nos permite adelantar el estudio de la carga de trabajo que va a existir en la Unidad Productiva de Cañerías, así como su planificación.

21. Válvulas por Tipo y Diámetro: Los mismos comentarios que para los tubos deben ser aplicados para el caso de las válvulas, de las cuales se debe hacer una previsión por tipo y diámetro, revisable conforme se avance en la definición del buque.

22. Módulos por Familia y Etapa: Razones similares a las anteriores justifican la división de módulos por familia y etapa de incorporación, sirviendo, por lo tanto, para prever la carga de trabajo en la Unidad Productiva de formación de módulos, para su planificación en base a la previsión del número de módulos por cada tipo de familia.

23. Materiales Periféricos por Tipo y Zona: Se denomina como Materiales Periféricos, al conjunto de los otros materiales del buque, a excepción del acero estructural, maquinaria y equipos.

Estos materiales periféricos son los que nos pueden dar una relación más estable entre su peso y las horas de fabricación correspondientes para su instalación, ya que la relación entre las horas y el peso de maquinaria y equipos es totalmente variable y dependiente de la complejidad de los mismos. Por lo tanto, las horas de armado pueden ser relacionadas con el peso de los materiales periféricos en función del tipo de buque y de su complejidad.

Debe hacerse, entonces, una previsión inicial del peso de los materiales periféricos, distribuidos por zona del buque, que sirva para la estimación del presupuesto de horas de armado.

Estos materiales periféricos se pueden dividir en los siguientes grupos: Tuberías, accesorios de tuberías, válvulas, elementos de calderería, cables eléctricos, material de acomodaciones, accesorios menores del casco, cubiertas, interior, etc., resto de materiales periféricos (misceláneos no clasificados).

24. Maquinaria y Equipos por Zonas: Su peso, así como su distribución por zonas en el buque, tiene que ser previsto desde el comienzo del diseño, pues forma parte del peso en rosca (Estrategia Constructiva).

25. Estrategia de Pre-Armado (Armado): Es un cuadernillo en el cual se pretende definir en forma genérica, dentro de cada zona y subzona del buque, los materiales y equipos que lo componen, y cómo y cuándo se van a ir incorporando a lo largo de cada una de las etapas de construcción.

Por lo tanto, cada tipo de elemento se puede asociar a alguna de las siguientes etapas de incorporación: En taller en la elaboración de tubería; en taller en la formación de paneles; en taller en la formación de módulos; en prefabricación de conjuntos; en prefabricación de sub-bloques; en prefabricación de bloques; en grada o espacio cerrado; a flote; en dique; después de pruebas.

26. 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.

27. Estrategia de Acomodaciones: Su definición debe quedar establecida desde un principio, tanto en lo técnico como en su plazo, pues ella define la incorporación de variadas disciplinas y marca el término de un sinnúmero de actividades.

28. Estrategia de Pruebas: Se debe estructurar de manera de realizarlas durante toda la construcción e incorporarlas como parte de la prefabricación.

Puede agregarse a esta etapa el programa de inspecciones.

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

30. Estrategia de Andamiado: Con ella se definen 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.

31. Codificación de Componentes de Acero, Tuberías, Electricidad y Acomodaciones: Es necesario para poder direccionar los materiales de acuerdo con los procedimientos de construcción compatible con los mismos y estructurada por niveles, de acuerdo con las etapas constructivas en que hayamos dividido el proceso de fabricación.

32. Planificación: La planificación es una de las partes importantes de la Estrategia Constructiva, debiendo abarcar desde la planificación de hitos y planes maestros hasta la programación de detalle de cada uno de los procesos de diseño, acopio y fabricación, quedando desarrollado en los siguientes documentos: plan de hitos (contractual); plan de carga de trabajo; plan maestro de ingeniería; plan de ingeniería; plan de pruebas; plan maestro de aprovisionamientos; plan de acopios principales; plan maestro de fabricación de bloques; plan de montaje; plan maestro de prefabricación; plan de terminación de zonas; plan de unidades productivas; programación de cada unidad productiva.

33. Indicadores de Producción: 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.

Un banco de datos en PC puede ser una herramienta adecuada para consultas de ciertos indicadores; pero sin perjuicio de lo anterior es necesario establecer un informe quincenal, Escrito y Formal, que deberá entregar el responsable del Proyecto a las Unidades de Control.

34. Procedimientos Sistema Garantía 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.

35. Paletización (paquetes de trabajo): Finalmente habrá que mencionar la paletización, 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 concepto de paletización 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.

### **Conclusión.**

Del estudio de esta Documentación Básica para la Administración de Proyectos que sigue a la Estrategia Constructiva, se desprende la total inconveniencia de que Ingeniería y Producción sean unidades desvinculadas entre sí. Muy por el contrario, Producción debe ser una Unidad rápida y de bajo costo que sólo realiza lo que Ingeniería le indica a través de la documentación aquí mencionada. Para evitar toda desvinculación, esta última área debe conocer muy bien las capacidades y limitaciones de Producción. La clave está en la coordinación, en el conocimiento técnico profundo del buque a construir y en establecer plazos reales.

El estudio de los procesos y el análisis estadístico de actividades repetitivas debe comenzar antes de la aplicación de la Tecnología de Grupos. La adecuada comparación de perspectivas permite fijar metas y objetivos comunes, que serán los señalados por la Estrategia Constructiva.

La Estrategia Constructiva debe ser generada por el más alto nivel del Astillero, debe ser concordante con la Política Comercial de éste y debe contar con el apoyo y entendimiento de toda la organización.

### **Glosario.**

1. Tecnología de grupos: Agrupar piezas o componentes similares para que sean producidas en serie en unidades productivas en los que se puede alcanzar un alto nivel de productividad y eliminando sucesivamente aquellos otros componentes o partes que son más difíciles de fabricar, que no son repetitivos o que involucran un alto contenido de trabajo, sustituyéndolos por otros más sencillos fabricados en serie en estaciones de trabajo especializadas.

La tecnología de grupos es también llamada, en forma gráfica, construcción celular.

2. Productos Intermedios: Son unidades físicas resultantes de la subdivisión del buque y de sus sistemas en unidades cada vez menores.

Estas unidades constituyen por sí solas e independientemente del resto en un elemento claro y preciso a fabricar.

La unión sucesiva de productos intermedios (de rango inferior o superior) generan el producto final, esto es, el buque.

3. Zonas y Sub-zonas (de trabajo): Son el resultado de subdividir el trabajo, teniendo en cuenta el conjunto de actividades a realizar en un espacio delimitado por los productos intermedios, que es necesario efectuar para su obtención. Algunas Zonas, Sub-zonas y Productos Intermedios pueden coincidir en su definición, pero el proceso los hará diferentes. Estos pueden ser bloques, sub-bloques, módulos, componentes, partes y piezas.

4. Tipo de Trabajo: Subdivisión del trabajo dentro de cada zona (sub-zona), agrupándose en actividades que tengan una problemática similar, que sea identificable y medible.

Algunos criterios de subdivisión pueden ser por tipo de producto a obtener, por actividad a desarrollar, sus dimensiones, materiales, etc.

5. Etapa y/o Estación de Trabajo: Secuencias o escalones de la subdivisión del trabajo, que han de efectuarse secuencialmente.

6. Sistema: Atendiendo la función, que puede ser estructural u operativa del producto intermedio, es otro aspecto a considerar para subdividir el trabajo.

7. Palet (paquete) de Trabajo: Es el conjunto de toda la información necesaria y suficiente para realizar un determinado trabajo en una zona, tipo y etapa; que partiendo de determinados productos intermedios, y junto a otros, permite obtener un producto intermedio de orden superior.

La información que debe contener un Palet de Trabajo será:

- a) Información técnica, planos e instrucciones de trabajo.
  - b) Información de materiales, procedencia, localización, codificación, productos intermedios necesarios.
  - c) Información de destino, código de la zona, tipo de Trabajo, Etapa siguiente en el proceso y código del Producto Intermedio que se quiera obtener.
  - d) Proceso de trabajo (secuencia de operaciones elementales).
  - e) Recursos físicos y humanos necesarios.
  - f) Plazo de ejecución y márgenes admisibles.
- La paletización debe considerar plazos buenos, y recursos medibles y controlables.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Revista de Ingeniería Naval, números 681/1991, 688 y 689/1992, 701 y 703/1994.
- Construcción de la Nave III, apuntes 1991, UACH
- Munro-Smith, R.: "Ships and Naval Architecture".
- Hammon and Bunch. CMP: "Ship Production, Storch", 1988.
- 4500 DWT Product Tanker Kemboyang Melati. Progress Report
- Thiel D., Ricardo: "Apuntes Personales".

\* Ingeniero Constructor Naval.