

***Elaboración de un modelo para la
realización del presupuesto de
construcción de un buque. Análisis
del riesgo económico.***

Iñaki Olaizola Eizagirre

Julio 2004

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
1. EL PRESUPUESTO	
1.1. Introducción	25
1.2. Dispersión en el presupuesto	27
1.3. El presupuesto como un proyecto	34
1.4. Documentos soporte para la elaboración del presupuesto de construcción de un buque	40
1.4.1. El libro estándar de los conceptos del coste	40
1.4.2. Soporte contable para la elaboración del presupuesto y su control presupuestario	46
1.4.2.1. Clasificación de los costes	48
1.4.2.2. Correlación entre contabilidad financiera y contabilidad analítica	52
1.4.3. Soporte del presupuesto	54
1.5. Base del aprendizaje	57
1.6. Coste de las ineficacias	62
1.7. Modelos presupuestarios	66
2. PRESUPUESTO, SOBRE BUQUE ESTÁNDAR, POR MODIFICACIÓN DE PARÁMETROS	
2.1. Introducción	69
2.2. Matriz del coste del buque similar y presupuesto	70
2.3. Estructura del coste de un buque	72
2.4. Optimización económica del proyecto	83
2.5. Métodos cuantitativos. Modificación de parámetros técnicos	88
2.5.1. Distribución del peso de un buque. Componentes del coste	96

2.5.1.1.	Casco	
		98
2.5.1.1.1. Peso		99
2.5.1.1.2. Mano de obra		105
2.5.1.1.3. Coste de materiales		107
2.5.1.2.	Equipo y habilitación	
		108
2.5.1.2.1. Peso		108
2.5.1.2.2. Mano de obra		109
2.5.1.2.3. Coste de materiales		110
2.5.1.3.	Maquinaria	
		110
2.5.1.3.1. Peso		111
2.5.1.3.2. Mano de obra		111
2.5.1.3.3. Coste de materiales		112
2.5.1.4.	Coste total	
		113
2.5.2. Otros equipos		115
2.5.2.1. Hélice de paso regulable/fija		116
2.5.2.2. Dos líneas de ejes/una línea de ejes		116
2.5.2.3. Hélices transversales		116
2.5.2.4. Estabilizadores		117
2.5.3. Modificación lineal de la eslora, manga y puntal		117
2.5.4. Modificación del coeficiente de bloque		124
2.6. Repetición de buques		127

3. PRESUPUESTO POR DESGLOSE DE LAS PARTIDAS CONSTITUYENTES

3.1. Introducción	137
3.2. Decisiones inteligentes	139
3.3. Análisis del riesgo	142
3.4. Definición de los diferentes factores que constituyen el coste	

del buque	146
3.4.1. Especificación estándar / libro de conceptos del coste	149
3.4.2. Contrato estándar	151
3.4.3. Concepción constructiva del buque y parámetros de productividad	171
3.4.4. Agrupación por familias de los elementos del coste	184
3.5. Series temporales	187
3.5.1. Modelo ARIMA	191
3.5.1.1. Presentación de los modelos ARIMA	192
3.5.1.2. Teorema de Wold	195
3.5.1.3. Extensión al caso de series estacionales	195
3.5.1.4. Estacionariedad de la serie	196
3.5.1.5. Identificación del modelo ARIMA	197
3.5.1.6. Diagnóstico de los residuos	199
3.5.1.7. Estimación y predicción	200
3.5.2. Discusión del análisis ARIMA frente al análisis de regresión	201
3.5.3. Análisis de la serie IPIBE: Caso Práctico	202
3.5.3.1. Correlogramas	205
3.5.3.2. Representación de la serie IPIBE	207
3.5.3.3. Series analizadas: Predicción	209
3.6. Costes financieros	216

3.7. Desviación de parámetros técnicos del coste	226
3.8. Control presupuestario y formularios	229
4. ELABORACIÓN DEL MODELO	
4.1. Introducción	235
4.2. Presupuesto de valor actual, PVA	237
4.3. Incorporación al coste	239
4.4. Imputación, por familia de coste, de los elementos del coste	242
4.5. Establecimiento de los intervalos de confianza de los supuestos técnicos	248
4.6. Soporte del método para la simulación	251
4.7. Representación de las funciones de distribución	261
4.8. Resultado final	262
5. RESUMEN Y CONCLUSIONES	
5.1. Resumen	268
5.2. Conclusiones	297
ANEXOS	
- ANEXO 1: Soporte del presupuesto de 4 dígitos	311
- ANEXO 2: Especificación buque	321
- ANEXO 3: Presupuesto valor actual 2 dígitos	337
- ANEXO 4: Imputación por familia y coste de los conceptos de coste	341
- ANEXO 5: Tabla dinámica con los datos de serie temporal, tiempo y presupuesto de cada concepto de coste	347
- ANEXO 6: Simulaciones por elemento de coste	367
- ANEXO 7: Soporte de los históricos de las series temporales	431
BIBLIOGRAFÍA	441

INTRODUCCIÓN

El objeto del presente trabajo consiste en la elaboración de un modelo para la realización de un presupuesto de construcción de un buque. Ello ha sido posible por la incorporación pluridisciplinar de diversas áreas de conocimientos académicos y por el desarrollo profesional acumulado en un dilatado período de tiempo.

Desde el punto de vista académico, incorpora el conocimiento básico de dos especialidades: la ingeniería naval y la gestión de empresas.

Desde el desarrollo de la actividad profesional, incorpora las aportaciones derivadas del ejercicio de la ingeniería naval, específicamente enfocada al ámbito del proyecto y de la gestión comercial en un astillero, culminada con posterioridad con la dirección general del mismo durante bastantes años. También incorpora las aportaciones de una actuación ininterrumpida en el mundo empresarial, en el desarrollo de la gestión de empresas de variados tamaños y especialidades, desde la más alta responsabilidad. Adicionalmente, durante un largo período de tiempo, hemos venido desarrollando actuaciones de responsabilidad en la Administración Pública del País Vasco en el ámbito del transporte marítimo, de la pesca y de los puertos, así como ejercido la vicepresidencia de la Asociación de Navieros Vascos, la presidencia de la Cámara de Comercio, Industria y Navegación de Gipuzkoa, durante ocho años, y la presidencia del Consejo Económico y Social de Euskadi, en su fase constituyente.

En la formulación de un modelo para la elaboración del presupuesto de construcción de un buque hemos pretendido incorporar los conocimientos adquiridos en el desarrollo académico y profesional y ponerlos a disposición de este cometido. Por ello, además de los conocimientos habituales en ingeniería naval de quien pudiera realizar el presupuesto de construcción de un buque, hemos introducido un conjunto de técnicas provenientes de otras áreas de conocimiento. En este sentido, el trabajo que hemos desarrollado parte de la consideración de que la elaboración del presupuesto de un buque es un *proyecto*, entendido este concepto con el alcance que de la definición de proyecto se puede hacer siguiendo, entre otros autores, a J. Davidson, por cuanto que se dan las circunstancias que este autor refiere.

En el **Capítulo 1** hemos desarrollado una relativa teorización sobre el presupuesto y el encuadre del mismo en un marco de *incertidumbre* que genera la casi certeza absoluta de que se darán variaciones respecto a muchos de los aspectos técnicos previamente establecidos y, también, respecto a muchas hipótesis sobre las variables que influyen en la configuración del coste de muchos de los elementos del coste del buque. Se tratará, por lo tanto, de generar la idea de que la complejidad del presupuesto cambiará el objetivo de la cuantificación del mismo, que no será el determinar una única cifra *emblemática* que pretenda representar el coste total, sino limitar la inexactitud del presupuesto en lo que llamaremos un *intervalo de confianza*.

Pero para la elaboración del presupuesto de construcción de un buque es necesario crear en la empresa mecanismos recurrentes de aplicación estandarizada. Esto supone el compromiso de *aprendizaje* y la creación de procedimientos que permitan acumular los conocimientos del astillero en la elaboración del presupuesto. Posiblemente, la primera necesidad consistirá en diseñar el *soporte material* sobre el que se deberá plasmar el presupuesto. En nuestra opinión, este cometido tendrá dos soportes principales: a) el libro estándar de conceptos del coste y b) el Plan General de Contabilidad, adaptado a las empresas constructoras.

Del Plan General de Contabilidad no hemos hecho menciones significativas, a excepción de tabular el proceso de *incorporación del gasto* en las respectivas fases del coste directo de fabricación, del coste industrial, del coste de venta y, finalmente, del coste total. También hemos tabulado un criterio de asignación de las cuentas del Grupo 6 del Plan General de Contabilidad, para su posterior imputación en el desglose y clasificación que hemos hecho de la estructura del coste de un buque.

Sin embargo, respecto al libro estándar de conceptos del coste, hemos analizado muchos de los soportes de especificación que son utilizados por diversas oficinas de ingeniería y por muchos astilleros. Por el extenso alcance de su contenido, y por el conocimiento muy generalizado de la misma en muchos astilleros, hemos optado por incorporar en el soporte material del presupuesto la especificación de SENER, que además incluye, adicionalmente a la especificación técnica del buque, un libro de conceptos del coste. A efectos de codificación del libro estándar de los conceptos del coste hemos utilizado un sistema basado en 1, 2, 3 ó 4 dígitos, que permite la utilización del presupuesto y del coste con diferentes niveles de agregación. En el soporte material

del presupuesto hemos añadido una mayor definición de algunos de los elementos del coste de construcción del buque, especialmente en lo que hace referencia al grupo 0, que incorpora los elementos más inmateriales del coste: ingeniería, armador y entrega, servicios auxiliares, gastos generales de estructura, etc.

Al objeto de constituir base del aprendizaje para la elaboración del presupuesto, el soporte material del mismo deberá mantenerse en el astillero con una relativa voluntad de *permanencia*. Esta permanencia permitirá la acumulación del conocimiento de la estructura del coste de cada buque construido y será el soporte del presupuesto del buque similar que se pretenda cotizar.

En los capítulos 2 y 3 de este trabajo hemos desarrollado dos modelos diferentes de elaboración del presupuesto del buque. En el **Capítulo 2**, hemos desarrollado el presupuesto de construcción de un buque cuando se conoce la estructura del coste del *buque similar*, y en el Capítulo 3, hemos desarrollado un modelo para proyectar a futuro el presupuesto de construcción de un buque según desglose del coste de sus partidas constituyentes, sobre la base de un *presupuesto base cero*, y la adecuación, en el tiempo, de la previsible evolución de los costes.

El modelo de presupuesto basado en el conocimiento del buque similar requiere la identificación de similitud entre el buque, que denominamos *similar*, B_s , y el buque de *proyecto* objeto del presupuesto, B_p . El buque similar y el buque de proyecto deberán ser similares en dimensionamiento y similares en funcionalidad. Además, ambos buques habrán de construirse en astilleros con tecnologías próximas y separados por un corto intervalo de tiempo.

En cuanto al conocimiento de la *estructura* del coste del buque, la información la obtendremos de lo que llamaremos *matriz del coste* del buque B_s , que tendrá su soporte material en el soporte del presupuesto que hemos elaborado en el Capítulo 1 y que deberá ser la “manera habitual” de *conocer* el coste del buque en ese astillero.

El conocimiento de la estructura interna del coste de un buque es una referencia casi obligada, tanto para el conocimiento *sectorial* de la actividad de construcción naval, como para la primera aproximación al coste de un buque en las fases más previas del contacto comercial. No obstante, conviene advertir de los riesgos que se pudieran derivar por la generalización de tales aproximaciones al coste, si se pretendieran aplicar las referencias sectoriales al caso de un buque en concreto.

En ingeniería naval, la búsqueda de formulaciones empíricas que desglosen la estructura del coste de un buque en sus componentes básicas, tales como ingeniería, mano de obra directa propia, mano de obra directa subcontratada, materiales y cargos directos, ha constituido un empeño recurrente. Sobre este desglose se podría pretender actualizar el presupuesto, aplicando variaciones parciales de costes, en función de su ponderación en el coste total. Uno de los propósitos de este capítulo ha consistido en demostrar que existe una gran *dispersión* en la estructura del coste de un buque, tanto por la concepción de *integración* de cada astillero, como por el *alcance de la contratación* que realiza cada astillero con el armador, que en muchas ocasiones se constituye, también, en proveedor.

Para ello hemos analizado las cuentas de explotación de 9 astilleros a lo largo de los años comprendidos entre 1997 y 2001, según datos depositados en el REGISTRO MERCANTIL, y hemos elaborado la idea de lo que podríamos considerar *buque virtual* para cada astillero, de manera que pudiéramos asimilar el coste del buque virtual de ese astillero y año, con el contenido total de la cuenta de “pérdidas y ganancias” de ese período, para ese astillero. También lo hemos hecho para un hipotético buque virtual que ponderara, durante el período 1997/2001, toda la construcción de esos nueve astilleros. Las conclusiones son de una amplísima heterogeneidad.

Pero el objetivo más centrado de este capítulo se basa en tratar de identificar los métodos más *cuantitativos* que nos informan de las variaciones de coste que podrían derivarse por la *modificación de los parámetros técnicos* más característicos del buque. Se trata de poner a disposición de quien elabora el presupuesto de construcción de un buque unos criterios que ayuden a referir, en coste, la modificación de los parámetros técnicos del buque, dejando claramente explicitado que no se pretende elaborar un procedimiento de proyecto para determinar, pongamos por caso, el peso del acero del casco de un buque determinado, sino que el objetivo se dirige a calcular el peso del acero del buque objeto del presupuesto, B_p , una vez conocido el peso de acero de un determinado buque B_s .

El proceso lógico por el que se pretende la evolución de un buque conocido a otro de explotación más razonable se basa, en muchas ocasiones, en lo que se llama proceso de *optimización económica del proyecto*. El debate sobre optimización es

probablemente consustancial con el desarrollo de todas las ingenierías, pero en el caso de la ingeniería naval tiene una incidencia decisiva.

En general, muchos de los criterios de optimización de un buque suponen la modificación de los parámetros técnicos constructivos del mismo, y la razón económica, justificativa de tales cambios, planteará en el armador el debate de la comparación del incremento del coste de la inversión, frente a unos hipotéticos flujos dinerarios provenientes de mejores expectativas de rendimientos económicos de la explotación. Sucederá, no obstante, que los criterios de optimización, habitualmente planteados por el armador durante la fase de contratación, modifican el coste de construcción para el astillero, y el objetivo de este capítulo consiste en la determinación de cómo los parámetros técnicos influyen en el coste de construcción del buque. Asimismo, en lo que respecta a la manera en que cambian las prestaciones técnicas de los elementos que configuran el coste de un buque, sucede que si bien en la ingeniería tienen un desarrollo continuo en el intervalo habitual del proyecto, los reglamentos administrativos que regulan la utilización del buque (*buque paragraph*) y también los equipos más característicos del mismo, no varían de manera continua, sino que lo hacen de modo *discreto*, en muchas ocasiones. Esta circunstancia puede originar encarecimientos bruscos del coste que aparentemente guardan escasa relación con la variación de cualquier parámetro técnico del buque.

El elemento del coste de un buque que más bibliografía genera es el CASCO del buque. En general, existe una tradición de descomponer el coste de un buque en tres grupos de costes, y de subdividir cada uno de ellos en sus dos componentes principales: materiales, y mano de obra. Los tres grupos de coste utilizados habitualmente por muchos autores son: casco de acero, equipo y habilitación, y maquinaria. En este trabajo se incorporan aplicaciones realizadas, entre otros autores, por Carreyette, Munro-Smith, Schneekluth, Alvariño, etc.

También hemos incorporado algunas de las conclusiones del trabajo que realizó Fisher al estudiar la influencia en el peso (y en el coste de construcción) de un buque al modificar los parámetros más básicos del mismo: eslora, manga, puntal, coeficiente de bloque y velocidad de servicio. Los resultados que se obtienen, aportan un conocimiento válido para tratar de entender la relación entre características del buque y su coste, y encaja, por lo tanto, con el propósito de este trabajo. De hecho, pretende aportar

información válida para documentar el debate, entre armador y astillero, de la incidencia que la modificación de los parámetros técnicos tiene en el coste de construcción.

En la parte final de este segundo capítulo hacemos referencia a las economías que pueden derivarse de la *repetición* de la construcción de buques idénticos. Hemos aplicado las teorías de Heizer, de Benford y de otros, y los resultados concretos de algunas experiencias de construcción repetitiva de buques.

Todas las aplicaciones que hemos introducido en este capítulo tienen el objetivo de transformar la *matriz del coste* del buque conocido, B_s , en la matriz estimada del presupuesto del buque objeto del proyecto, B_p .

En el **Capítulo 3** hemos desarrollado la elaboración del presupuesto de construcción de un buque por el procedimiento de desglose de las partidas constituyentes, que consiste en la elaboración del mismo según el procedimiento que llamaremos de *base cero*, y que utiliza, como soporte del cálculo, el soporte del presupuesto que hemos definido en el Capítulo 1.

El presupuesto de un buque incorpora muchos elementos de coste e incorpora también una gran *incertidumbre* sobre las variables que condicionan el coste de estos elementos. Tal incertidumbre en el conocimiento de la configuración del coste de tantos elementos, combinados o aislados, será tratada en un contexto metodológico que definiremos como *decisiones inteligentes*.

Muchos autores introducen el tema de las decisiones inteligentes y aportan lo que llaman un método para la toma de buenas decisiones que basa su premisa elemental en la imposibilidad de tomar decisiones acerca del coste futuro de los elementos del coste, con datos *exactos*. En sentido parecido, Lévy-Leblond, haciendo referencia al *intervalo de confianza*, al gestionar la inexactitud, cifra como objetivo el establecimiento de un *margen*, o *intervalo*, cuando la exactitud total es inalcanzable.

Desarrollando más el procedimiento de toma de decisiones, Hammond & al reabren el debate entre “buena decisión, malas consecuencias” y “mala decisión, buenas consecuencias” y en este debate proponemos trabajar con una metodología que utilice las técnicas del *análisis del riesgo*, persiguiendo el objetivo de que el cumplimiento del proyecto del presupuesto no consista en acertar por casualidad, sino en utilizar escenarios *compatibles* con el estado de conocimiento disponible, y asumiendo unos *perfiles de riesgo* valorados, bien entendido que cuando hay incertidumbre en una toma

de decisión no se puede garantizar el mejor resultado, aún cuando se tome la mejor decisión.

Además, la utilización de la teoría del análisis del riesgo, por el tratamiento que hace del manejo de *datos inexactos*, incorpora una sana reflexión, al asignar al proyecto del presupuesto la idea de intervalo, y hace por ello evidente que la mejor respuesta al proyecto del presupuesto es una *respuesta matizada y acotada*, en contraste con una respuesta *demasiado exacta* que, al enunciarla con tanta concreción, podría crear la falsa expectativa de que el coste futuro del buque es bien conocido y seguro, con una precisión que en realidad ningún método puede garantizar.

De entre los métodos utilizados en la aplicación del análisis del riesgo hemos utilizado el que desarrolla Hertz, que ha tenido numerosas aplicaciones en el intento de estudiar alternativas de inversiones económicas complejas, donde la tipificación de las circunstancias que podrían darse eran muchas y difíciles de compendiar en un algoritmo.

El método de Hertz combina la *teoría de la decisión* y la *técnica de simulación*. En síntesis, este método consiste en fijar el campo de variabilidad de cada una de las variables que inciden en el coste de los elementos del coste, y simular la combinación de las *series de azar* de todos los elementos del coste, según un procedimiento *aleatorio*. Debe entenderse que la remisión a estas series de azar no tiene el objeto de introducir una mayor dispersión o incertidumbre a los intervalos de confianza establecidos para cada una de las variables o elementos del coste, sino que lo que simulan es la *repetición*, hasta el límite que sea necesario, de los *diferentes estados de naturaleza posibles*, siempre dentro de los límites establecidos y de la *función de densidad* que para cada elemento de coste se ha definido. Resulta evidente que la componente de la incertidumbre del numeral que el procedimiento aplica a cada variable o elemento del coste está predeterminada en la decisión de asignar, a cada variable o elemento del coste, el estadístico que lo represente respecto a su evolución futura, y no en la repetición metodológica de los distintos presupuestos que se realizan por este procedimiento, lo cual no hace sino disminuir el error, o aumentar la fiabilidad del intervalo, cuantas más veces se repita el experimento.

El proceso de simulación deberá ser ejecutado de modo repetitivo hasta que la aportación de la última serie de presupuestos no produzca modificación apreciable en la

curva de la función de distribución del presupuesto. En la aplicación del modelo que más adelante se realiza, la simulación se practicará hasta la repetición de 20 cálculos, representativos de 20 situaciones aleatorias, que garantizan el mantenimiento de las pruebas de hipótesis.

El método de Hertz se basa en la ejecución de los siguientes procesos:

1. Definir las diferentes variables y elementos que configuran el coste del buque.
2. Aproximar, para cada una de estas variables y elementos, el intervalo de confianza, y asignar sus respectivas funciones de densidad o probabilidad, y de distribución.
3. Generar series de números al azar para aplicar a cada variable y elemento del coste.
4. Calcular los acumulados de coste para las distintas series de azar.
5. Elaborar y representar la función de densidad y la función de distribución del coste.

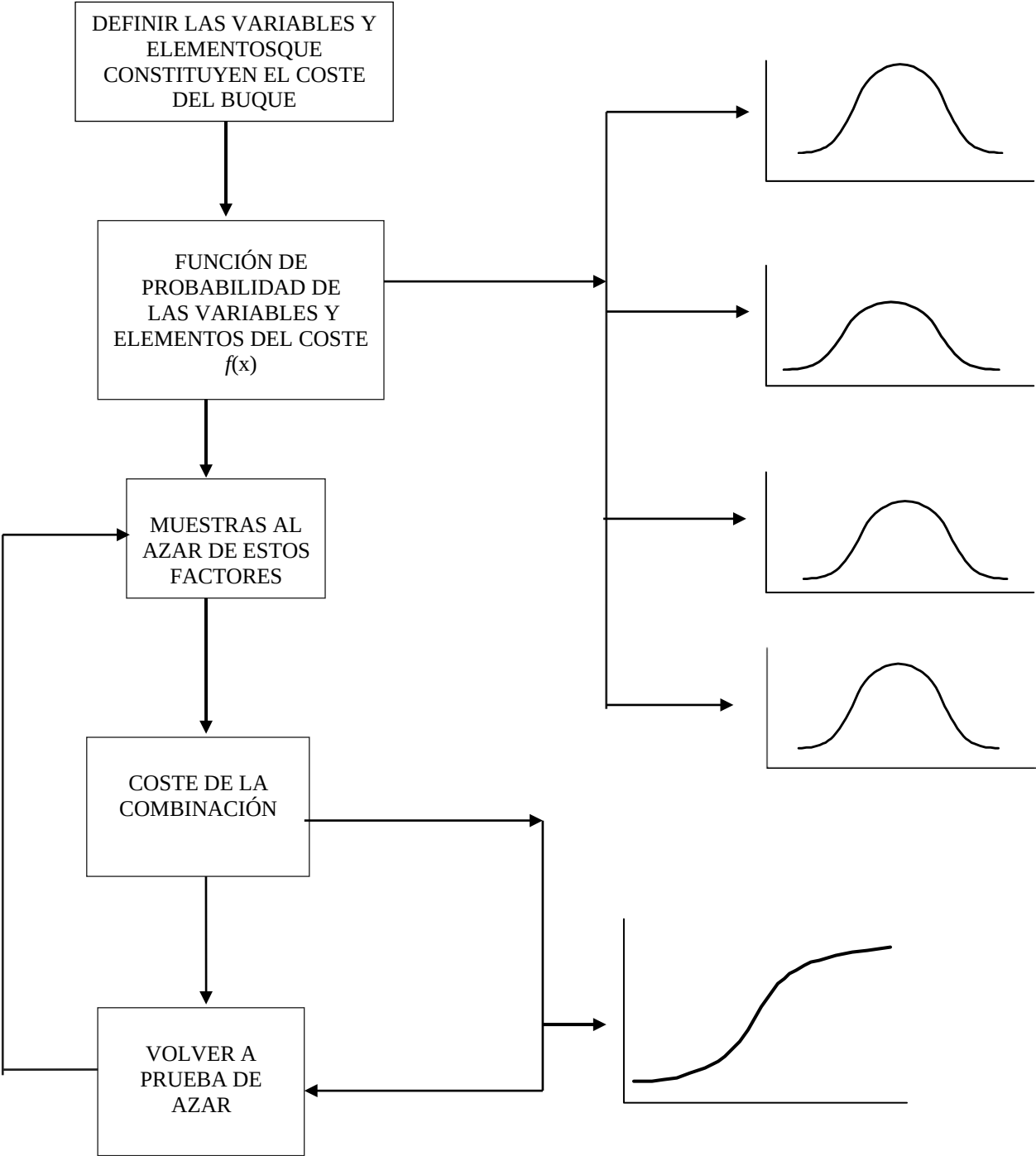
El resultado será la obtención, matizada y acotada, de las funciones de densidad y distribución del presupuesto del coste de construcción del buque, como una combinación probabilística, dependiente de todas las variables aleatorias del coste, en la que el procedimiento ha eliminado los casos más extremos de las combinaciones (el maxi-max y el mini-min), por corresponderles una prácticamente nula probabilidad de confirmación real. Esta información debería ser el soporte imprescindible para la toma de decisión de formalización del precio de venta que, como resulta obvio resaltar, se elabora de acuerdo a otros tipos de considerandos (no hay más necio que el que confunde valor y precio).

El esquema secuencial de este proceso queda recogido en el gráfico de la siguiente página.

Una cuestión importante en el estudio del proyecto del presupuesto consiste en determinar cuándo surge el compromiso económico del coste del buque y a través de qué fases de la secuencia contractual se determinan.

Además, resulta que la elaboración del presupuesto se hace en un momento determinado, distinto evidentemente a los momentos futuros de la construcción del

Esquema secuencial de aplicación del análisis del riesgo



buque, y recogerá, por lo tanto, el criterio de valor, en base cero, del momento de la confección del presupuesto, que llamaremos presupuesto a valor actual, PVA.

Este presupuesto se realizará con la información disponible y derivada del conocimiento del buque y de las potencialidades del astillero.

Para hacer compatible un avance en los enunciados más teóricos del proceso del presupuesto, con la práctica, hemos ido desarrollando, simultáneamente, una aplicación sobre un caso real de construcción de un buque. El buque en cuestión ha sido construido recientemente por un astillero español y la información exhaustiva de su estructura del coste nos ha sido aportada por el mismo. A los simples efectos de denominación, en esta aplicación hemos llamado a ese buque: *ITSASO*. No obstante, y en aras a preservar una determinada privacidad sobre el alcance último de las cifras, hemos introducido un factor de corrección que en nada invalida la aplicación que hemos realizado. Para la aplicación del modelo del presupuesto al caso del buque *ITSASO* se tomará la matriz del coste del buque como soporte cuantificado del PVA, al que se aplicará la metodología de adecuarlo a futuro por las incidencias previsibles ocasionadas por el paso del tiempo, y por las incertidumbres, tanto técnicas como de evolución de los costes, que inevitablemente le afectarán.

En soporte de un único dígito, los soportes que recogen el formato estándar de la matriz del coste y la aplicación práctica del *ITSASO* son los que aparecen en la tabla siguiente:

Matriz del coste: formato estándar y aplicación al buque ITSASO

PRESUPUESTO								
	BUQUE XXX	COSTE DE MATERIALES	MANO DE OBRA	SUBCONTRATACIÓN	OTROS GASTOS DE FABRICACIÓN	GASTOS DE VENTA O COMERCIALES	GASTOS DE ESTRUCTURA	TOTAL
0	GENERAL							
1	CASCO							
2	CUBIERTA							
3	HABILITACIÓN							
4	MAQUINARIA							
5	SERVICIOS ELÉCTRICOS							
6	SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO PARA LA CARGA							
7	SISTEMA DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA CARGA							
	TOTAL (1 DÍGITO)							

PRESUPUESTO								
	BUQUE ITSASO	COSTE DE MATERIALES	MANO DE OBRA	SUBCONTRATACIÓN	OTROS GASTOS DE FABRICACIÓN	GASTOS DE VENTA O COMERCIALES	GASTOS DE ESTRUCTURA	TOTAL
0	GENERAL	190	911	313	2.741	1.154	2.876	8.185
1	CASCO	2.115	1.604	1.751	296			5.766
2	CUBIERTA	2.213	303	297	709			3.522
3	HABILITACIÓN	389	180	376	1.738			2.683
4	MAQUINARIA	5.788	510	606	279			7.183
5	SERVICIOS ELÉCTRICOS	715	34	47	1.164			1.960
6	SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO PARA LA CARGA	7.151	240	109	1.797			9.297
7	SISTEMA DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA CARGA	1.732	46	54	122			1.954
	TOTAL (1 DÍGITO)	20.293	3.828	3.553	8.846	1.154	2.876	40.550

En general, los documentos que predeterminan el coste de un buque son el *proyecto*, definido por su especificación, y el *contrato*, los cuales el astillero deberá adaptar a formato estándar, como se enuncia en este trabajo. Respecto al *momento* en que los costes de construcción se comprometen, no resulta exagerado manifestar que lo hacen en una fase muy temprana de la negociación y que, tal como recoge Martínez Castro, para la confección del presupuesto, el anteproyecto y/o el diseño básico son la clave del conocimiento económico y técnico del producto que estamos ofertando y constituyen la fase con mayor repercusión económica del proyecto.

Por esta circunstancia hemos dedicado una atención especial al diseño y conocimiento de las características que debieran contener el libro estándar de los conceptos del coste y el contrato estándar. De manera más concreta, hemos hecho una ampliación de los contenidos del coste relacionados con las cláusulas de *penalización en la entrega* por diversos incumplimientos, frecuentes en la práctica, y que recogemos en el capítulo 0, “GENERAL”, en el libro estándar de los conceptos del coste.

Otra característica interna del astillero que tiene una incidencia muy significativa en el coste de construcción de un buque es la concepción constructiva del mismo, pues muchos de los parámetros de productividad están vinculados a estos principios de producción. Las dos circunstancias que más se explicitan en este trabajo son:

- Producción propia/subcontratación
- Esquema constructivo

La alternativa de producción, con personal propio o subcontratado, constituye una alternativa estratégica del astillero, en función, muchas veces, de la estructura industrial de la zona o de la permisividad laboral del entorno y supone un modo diferenciado de entender la estrategia del astillero, tanto en la estructura de costes como de resistencia a la falta de actividad continuada.

El *esquema constructivo* vincula la estrategia del astillero configurando un escenario de actuaciones que condiciona no solamente el plan de inversiones materiales del mismo, sino que además introduce la reflexión sobre las claves para el nuevo cambio que el astillero debe realizar y que afectan en profundidad a la estructura del astillero en las áreas de ingeniería, producción, aprovisionamientos y organización.

La influencia que tiene el esquema constructivo al configurar la estructura del coste de un buque es muy importante, y posiblemente el factor competitivo mundial no

se basa tanto en la especialización en el tipo e ingeniería de un buque, sino más bien en el *diseño y proyecto del propio astillero*.

Como respuesta necesaria a la competitividad, Lamb y otros autores analizan cuáles son las características que hacen de un astillero, un astillero de primera clase: *World-Class Shipbuilder*. En un desarrollo razonado, Lamb aplica los procesos del “lean manufacturing”, iniciados en la industria del automóvil, y cuyo primer objetivo es conseguir el producto con la mejor calidad, el menor coste y en el menor tiempo posible, eliminando de todo el proceso, desde el inicio hasta la entrega al cliente, cualquier posible causa de “desechos o basuras”.

Posiblemente la parte más novedosa del trabajo de Lamb sea la definición de determinados parámetros de productividad, que tradicionalmente se vinculaban más al diseño específico del buque y que ahora valora en términos de productividad para el astillero, en términos de horas-persona por cada tonelada de registro bruto compensado, *MH/CGT*, y no en función de los parámetros técnicos del buque.

Otra cuestión que abordamos en el estudio de la elaboración de un modelo para la realización del presupuesto de un buque es la *evolución previsible del coste* que se debe asignar a las variables y elementos del coste por el paso del tiempo. De hecho, el paso del tiempo introduce incertidumbres importantes en la evolución de los costes, y parece razonable suponer que no resulta lógico identificar todos los elementos de coste con una única ley de evolución de los mismos. En este trabajo hemos agrupado los elementos y las variables del coste en determinadas familias a las que suponemos representativas de su evolución. Las fuentes principales de información han sido el Instituto Nacional de Estadística, *ine*, y otros centros de información estadística o sectorial, como las Cámaras de Comercio y otros, y hemos seleccionado 21 elementos o variables del coste representativos de la evolución del coste de algunos materiales, de la mano de obra, de los suministros energéticos, de los gastos financieros, etc., de los que hemos obtenido sus respectivas *series temporales*.

El estudio de una variable, a través de su serie temporal, pretende establecer el posible y más razonable *comportamiento* de esa variable en *períodos sucesivos*. Existen diversas técnicas de tratamiento de las series, desde la más sencilla, derivada del cálculo de la recta de regresión, hasta las constituidas por complejos modelos matemáticos. La técnica finalmente elegida para el objetivo aquí perseguido son los modelos **ARIMA**.

Los modelos ARIMA son una técnica evolucionada que permite realizar el estudio de las series temporales cuando la serie en estudio tiene un comportamiento *estocástico*, es decir, cuando el comportamiento de la serie a lo largo del tiempo no es perfectamente determinista. Estos modelos han sido desarrollados tomando como base la teorización elaborada por Box & Jenkins. Con el objetivo de modelar el comportamiento característico o fundamental de la serie, los modelos ARIMA recogen, por medio de expresiones polinómicas, la dependencia y regularidad en los datos de la propia serie a lo largo del tiempo. Este polinomio consta de una parte *autorregresiva*, **AR** (que aporta estas dos letras al modelo), en la que la serie se replica a sí misma a partir de ponderaciones de los valores pasados (retardos de la serie), y una parte de *medias móviles*, “moving average”, **MA** (que aporta las dos últimas letras al modelo), y que representa los retardos de un *ruido blanco*, entendiéndose como ruido blanco un proceso estocástico (o sucesión de variables aleatorias) con “media igual a cero, varianza constante y donde los valores que toma el ruido blanco son independientes entre sí”. Finalmente, el término **I**, dentro de la estructura AR-I-MA, se denomina *orden de integración*, y recoge precisamente esta circunstancia, indicando el número de diferencias que se han de tomar en la serie, para convertir la serie en estacionaria.

La respuesta del modelo ARIMA al estudio de una serie temporal será, en sus conclusiones, una *predicción* de la evolución del valor de la variable, estableciendo en función del tiempo la tendencia del valor esperado de la *media* y de su *desviación típica*, para ese período. Lógicamente, conforme vayamos desplazándonos en el tiempo, mayor será la amplitud de la incertidumbre, y mayor, por lo tanto, su desviación típica.

Además, el tratamiento por el modelo ARIMA de una serie temporal requiere que, además de estocástica, la serie sea *estacionaria*, y aunque la mayoría de las series temporales no lo son, esto no supone una restricción insalvable, ya que, prácticamente, cualquiera de estas series se puede transformar en estacionaria tomando diferencias a la serie original. Debido al cumplimiento de estas dos condiciones, por aplicación del teorema de Wold, el proceso se puede expresar como una media móvil, inicialmente de orden infinito, pero que se podrá *aproximar por un modelo de orden finito* al reparametrizar sus coeficientes de ponderación.

Sucede, también, que muchas de las series temporales que hemos utilizado como patrones de referencia en la evolución de los costes tienen una *componente estacional*,

trimestral en muchas ocasiones, por lo que se deberá tratar esta circunstancia, determinando sus correspondientes polinomios de retardos estacionales.

El resultado de la aplicación de los modelos ARIMA a una serie temporal consiste en crear un procedimiento que pueda emplearse para realizar *predicciones*, pudiéndose asignar a las mismas un determinado grado de fiabilidad, determinado por las desviaciones típicas obtenidas. La validez de la aplicación se determina en función del *diagnóstico de los residuos*.

El *programa* que hemos empleado en el método de estimación es el denominado *R, software libre*, en particular, el paquete “time series”, habitualmente utilizado en el análisis de series temporales.

Una vez estimado el modelo, donde se fijan los valores de sus parámetros, la predicción es una réplica de esta estructura para valores futuros. De la teoría estadística se conoce que la predicción óptima, entendida como aquella que minimiza la suma de los errores de predicción al cuadrado, es la esperanza matemática del valor de la serie dentro de k períodos condicionado a la información disponible hasta el momento de hacer la predicción, t . Esto se expresa de la siguiente forma:

$$\tilde{Y}_{t+k|t} = E(Y_{t+k} / Y_1, \dots, Y_t)$$

De esta expresión se deduce que para obtener la predicción $\tilde{Y}_{t+k|t}$, en el período $t+k$, será necesario obtener previamente las predicciones anteriores a $t+k$. El programa *R* realiza este laborioso proceso.

El objetivo final del estudio de la serie temporal será la realización de una tabla que muestre la evolución en el tiempo del valor de la media esperada y de su desviación

típica, según una *distribución Normal*, $N(\tilde{Y}_{t+k}, \text{var}(e_{t+k}))$, donde e_{t+k} es el error de predicción para $t+k$.

La tabla siguiente representa la predicción realizada con este modelo, para una determinada serie temporal (MET), para el período comprendido entre enero/diciembre de 2004. Se puede observar cómo evoluciona el valor de la predicción de la media, pero todavía tiene más significado observar cómo va creciendo el valor de la desviación

típica según pasa el tiempo, coincidiendo con la lógica esperada de una mayor incertidumbre conforme pasa el tiempo.

Predicción para una serie temporal

	PERÍODO	MEDIA	DESV.TÍPICA
14	ene-04	96,95	6,17
15	feb-04	97,34	6,53
16	mar-04	97,70	6,93
17	abr-04	97,61	7,31
18	may-04	98,18	7,70
19	jun-04	98,06	8,07
20	jul-04	98,33	8,43
21	ago-04	98,45	8,78
22	sep-04	98,55	9,12
23	oct-04	98,05	9,45
24	nov-04	97,74	9,77
25	dic-04	97,33	10,08

Para la posterior aplicación de los valores que recogen la previsión de los valores de las variables que determinan la evolución de los costes a lo largo del tiempo, hemos tabulado los resultados de las predicciones de las 21 series analizadas, hasta el mes de Diciembre de 2006. El programa que incorpora la adaptación del coste futuro de los elementos o variables que estas series representan toma esos datos de esta tabla.

Hemos hecho una mención particular al estudio de la evolución de los *gastos financieros* afectos al coste incorporado en el proceso de construcción del buque. En primer lugar, hemos tabulado el proceso de incorporación del coste en función del grado de avance de la construcción y hemos aplicado, a cada intervalo mensual, el coste de la financiación. La imputación del coste financiero del dinero dispuesto la hemos calculado de acuerdo con la *previsión del coste de dinero* que hemos realizado estableciendo para el mismo, al igual que para otras series temporales, una línea de tendencia para el valor medio esperado del tipo de interés, en ese período, y una volatilidad, estimada también, en términos de desviación típica.

Una vez analizadas las posibles desviaciones en precio de los elementos del coste del buque, hemos planteado un procedimiento para tratar de analizar la desviación en cantidad, de los *parámetros técnicos del coste*, a las previsiones de los consumos

necesarios para la construcción del buque, tanto en lo que hace referencia a la cantidad de materiales, como al número de unidades de las horas-persona empleadas. En general, la determinación apriorística de los volúmenes de materia prima o mano de obra necesarios vienen determinados por el conocimiento de los históricos del astillero, o por la referencia obtenida por la aplicación del proceso de cálculo que la ingeniería pone a disposición de quien realiza el presupuesto del buque. Sin embargo, es forzoso reconocer que, además de lo aproximado de estos procedimientos, influyen otros muchos factores externos que condicionan la exactitud de estas previsiones. Para adecuar las previsiones cuantitativas realizadas para estas partidas, hemos supuesto que los consumos de mano de obra y materiales se comportan de acuerdo con una distribución normal, en torno a la media prevista, y a la que asignamos una desviación estándar que pretenda cubrir una razonable banda de seguridad.

Finalmente, hemos concluido el tercer capítulo haciendo una referencia al *control presupuestario* y a la necesidad de utilizar para la medición del *grado de avance* de la construcción el mismo procedimiento que el utilizado para la formulación inicial del presupuesto de construcción. De hecho, no debería existir diferencia conceptual en el modelo a utilizar para la realización de un presupuesto de buque completo, del que se deberá utilizar para la realización del presupuesto de terminación de un buque o artefacto, que a estos efectos podríamos llamar “buque pendiente”. Cuestión diferente será la identificación del soporte de la información básica, que en sustitución de los antecedentes históricos del astillero, deberá establecerse para el conocimiento y fijación de los parámetros técnicos del presupuesto del artefacto o buque pendiente. Esta circunstancia obligará a determinar y cuantificar, a través de modelos de cuestionarios, el conocimiento que la Organización del astillero pueda disponer. En repetidas ocasiones hemos podido constatar que el *conocimiento* de la problemática de la mayor parte de las cuestiones de interés en un astillero existe en alguna parte de la estructura de organización del mismo. En el caso concreto del conocimiento en horas-persona y de plazos debería existir la razonable sospecha de que la información que podría resultar más útil estuviera en los niveles medios de la organización. El problema radica en la manera de incorporar este conocimiento a la elaboración del presupuesto del “buque pendiente”. Esta manera de entender la elaboración del presupuesto del “buque pendiente” coincide plenamente con el procedimiento de medición del *grado de avance*.

Para la determinación del grado de avance en la construcción de un buque podrían utilizarse varios indicadores. Desde el conocimiento de “producción”, posiblemente el indicador de referencia podría ser la relación estimada entre las horas-persona pendientes de realizar y las realizadas, y una extensión complementaria e interesante es la adecuación de esta previsión al tiempo necesario para la finalización de la obra. Sin embargo, desde el enfoque del “presupuesto”, el indicador que se persigue es el que estima la relación entre coste incurrido, a una fecha, y coste pendiente para la terminación del buque, y no estará bien planteado este propósito si la previsión del coste de terminación del buque se realiza por *resta*, o diferencia, entre el presupuesto del coste total y el coste incurrido a una fecha, a pesar de que este procedimiento sea con frecuencia el utilizado. Debido a la duración del período de construcción de un buque, y debido también a la necesidad de imputar el resultado derivado de la construcción de ese buque a la cuenta de explotación del astillero, la determinación del grado de avance de la construcción de un buque adquiere una importancia excepcional y, en su aplicación, habrán de tenerse en cuenta las referencias del Plan General de Contabilidad, como hemos hecho mención en el primer capítulo de este trabajo.

En el **Capítulo 4** hemos desarrollado el modelo teórico del soporte del presupuesto y simultáneamente lo hemos aplicado sobre el presupuesto PVA del ITSASO que anteriormente hemos calculado.

Para la aplicación práctica de este supuesto y poder hacer referencia precisa a las *familias* de las variables de las series temporales que hemos analizado, y al *instante* de la incorporación del gasto al coste del buque, hemos adecuado el calendario de ejecución de la construcción de ese buque a los hitos y tiempos siguientes:

<u>Hito característico</u>	<u>Período estimado</u>
Inicio de la construcción	0
Puesta de quilla	3
Botadura	15
Entrega	24
Final período garantía	36

y hemos supuesto como *fecha* de elaboración del presupuesto de esta aplicación el mes de Noviembre de 2002.

Al objeto de conocer cuál es el momento de la *incorporación al coste* del buque de los elementos del coste o de sus elementos parciales, y la adscripción de cada uno de estos elementos a su familia de coste representativa, hemos elaborado para cada componente del coste del buque, en el código de dos dígitos del presupuesto, un soporte sobre el que se identifica el tiempo de incorporación al coste y la familia cuya evolución hemos supuesto más próxima. Esta imputación de costes, fechas, y familias genera la información que hemos agrupado en el Anexo 4 (T+F).

Con esta información hemos confeccionado una tabla dinámica de más de 2.500 líneas de extensión, Anexo 5, que nos ha posibilitado la obtención de, al menos, la siguiente información:

- La estructura del coste, y la incorporación del coste, a lo largo del tiempo, tanto en el formato de los seis grupos de gastos que encabezan el soporte del presupuesto (coste de materiales, mano de obra, subcontratación, etc), como del coste total.
- La estructura del coste, por familias.

Esta información resulta de interés porque además de aportar el conocimiento de la *estructura del coste* del buque, y su evolución en el *tiempo*, constituye un soporte básico, no solamente para determinar el coste financiero de la construcción, sino para tratar de conocer los volúmenes de *inversión* necesarios en cada momento y documentar una estrategia razonada en el proceso de formalizar las condiciones de cobro que se recojan en el *contrato*. Esta información también es conveniente para fomentar el debate acerca de la estructura del coste del buque (y del astillero), pues exterioriza la carga que el resto de los costes suponen como porcentaje sobre el coste directo de fabricación, y es razonable suponer que en el proyecto de mejora de la competitividad del astillero una tarea importante se centra en el diseño racional de los gastos de estructura, de los gastos de venta y de los que hemos llamado otros gastos de fabricación, que superan en la mayoría de las ocasiones las expectativas de mejora de productividad de las partidas de coste relacionadas con el coste directo de fabricación.

Posteriormente hemos procedido al *diseño* del soporte para la aplicación del modelo de Hertz que incorpora el proceso de *simulación* que reproduce la generación de 20 presupuestos diferentes y asociado cada uno de ellos a un número de *azar* que previamente generamos. Esta simulación la realizamos para cada uno de los elementos

del coste y toma la información básica de lo que hemos llamado la tabla dinámica del Anexo 5 que contiene, actualizados, todos los datos variables del coste, la fecha de incorporación y la familia de adscripción de los componentes de coste de cada elemento del coste. También en este soporte se deberán introducir los *estadísticos* en formato $N(\mu, \sigma)$, que asignemos, además de a las familias de las variables del coste, a los supuestos *técnicos* de productividad y cantidad y que previamente hemos determinado.

Como resultado de la aplicación del proceso para cada elemento del coste obtenemos una serie de 20 presupuestos del buque (Anexo 6), que ordenados de acuerdo a sus percentiles respectivos forman una tabla que representa la función de distribución del presupuesto del buque *ITSASO*. En la representación gráfica de esta tabla encontraremos la formulación del presupuesto como un espacio o intervalo en el que razonablemente se situará el coste de construcción del buque.

Por último, en el **Capítulo 5** hemos desarrollado un *resumen* del trabajo realizado en los capítulos anteriores y hemos recogido, casi de manera secuencial con el contenido del trabajo, las *conclusiones* más relevantes que hemos obtenido en la realización de esta tesis.

CAPÍTULO 1

EL PRESUPUESTO

CAPITULO 1 - EL PRESUPUESTO

1.1. INTRODUCCIÓN

La elaboración del presupuesto de un buque constituye una actuación de mucha responsabilidad en el astillero, ya que incorpora información de la estructura de costes del astillero para un período de dos, o a veces tres años.

La realización del presupuesto de un buque no ha sabido acumular una tradición de adscripción permanente a un determinado departamento del astillero. Opcionalmente, y a veces de modo itinerante, ha sido elaborado por el departamento de producción, por el departamento técnico o por el comercial y, raramente, por el de administración. Siempre han existido razones para una u otra adscripción, y muchas veces, la asignación de la elaboración del presupuesto ha venido vinculada al perfil personal de algún individuo de la organización. Lo que no admite duda es la complejidad de la elaboración del presupuesto, que debe realizarse en condiciones de premura de tiempo e insuficiente definición técnica del proyecto, y que demanda un perfil de conocimiento pluridisciplinar, principalmente soportado por una sólida base de conocimiento, tanto en proyectos, como en contabilidad y costes.

En estas circunstancias, la realización del presupuesto de un buque requiere la elaboración de un método basado en la utilización de los supuestos de la ingeniería naval; en los soportes informáticos adecuados de la contabilidad general y de costes; en el conocimiento de los históricos de costes de buques precedentes y/o similares; y en la estadística y en el análisis de coyuntura y proyección a futuro de las variables macroeconómicas del entorno. Incorporando tales aditivos en las bases de la confección de un presupuesto parece razonable suponer que a un procedimiento tan complejo no puede corresponder una respuesta simple, sin matices.

La realización del presupuesto de un buque trata de formular una respuesta matizada del coste esperado de un buque a lo largo de su período de construcción, una respuesta que asigne un intervalo probable al coste de un buque, basado en las características de aleatoriedad de las distintas variables que configuran el coste del mismo y para las cuales habrá que debatir el intervalo razonable de variación. De este modo se dará una información muy valiosa para la *toma de decisión* en la fijación del

precio de venta, al poder realizar, para cada elemento del coste, la discusión fundamentada en la información disponible en cada momento. No cabe duda de que el pronunciamiento sobre el coste, y la variación a futuro del coste de los elementos parciales o fragmentados del conjunto del buque, tiene una mayor carga informativa de la que pudiera desprenderse al considerar la variación del coste del conjunto en su totalidad, como si esta variación únicamente dependiera de una única variable. Por lo tanto, es adecuado plantear la elaboración del coste total de construcción del buque como un procedimiento de adición del coste de los distintos elementos que lo conforman, afectados, cada uno de ellos, por la previsible evolución de las variables económicas de las que depende, en lugar de hacerlo como si de una única variable se tratara, para el buque en su totalidad. En realidad, se trata de introducir el criterio de que las probabilidades de *conocer* el coste de un elemento, vinculado a la evolución de una variable económica, o a veces técnica, es mayor cuanto más concreta y aislable sea de su estructura compleja. Más y mejor se podrán incorporar estudios sectoriales y monográficos a la estimación del coste de elementos concretos, tales como el coste de la energía utilizada en la construcción, el número y coste de las horas-persona necesarias, los convenios colectivos del personal propio, o subcontratado, o el precio de la chapa, y del dinero, por poner algunos ejemplos.

Solamente al final de construido, entregado al armador, y pasado su período de garantía, u otros considerandos contractuales, se podrá conocer un valor concreto del coste real de ese buque, como testigo, él mismo, del desarrollo muchas veces anárquico, de la realidad técnica y económica.

La determinación del coste estimado de un buque produce siempre un impacto, matizado, de inseguridad. Cuando se tiene conocimiento de que la oferta, que tiene como base ese coste estimado, ha sido aceptada, no cabe alternativa diferente a preguntarse en qué punto del presupuesto se ha cometido el error del olvido de alguna partida importante del mismo. Por contra, cuando la oferta no ha sido aceptada, será fácil caer en el abatimiento derivado de pensar en la posibilidad de haber sido demasiado prudente en la confección del presupuesto.

1.2. DISPERSIÓN EN EL PRESUPUESTO

Un desafío importante a la técnica de elaboración del presupuesto de un buque podría consistir en analizar cuál es el grado de dispersión del mismo cuando se realizan muchos presupuestos para un mismo buque, por diferentes astilleros. Sin embargo, esta verificación resulta difícil de practicar, por cuanto que el documento sobre el cual se pueden mantener expectativas de verificación raramente es el presupuesto elaborado por distintos astilleros para un mismo buque, sino, en el mejor de los casos, los precios de las ofertas.

Una práctica habitual en construcción naval es la licitación entre varios astilleros para la adjudicación del contrato de construcción de un buque. Constituye práctica habitual que determinados organismos privados o públicos promuevan un concurso para la adjudicación de la construcción de un buque. En el caso de la ya extinta Asociación de Constructores Navales Españoles, CONSTRUNAVES, los astilleros estaban clasificados por categorías, y para la adjudicación de un contrato de construcción de un buque se remitía información técnica del buque a todos los astilleros del grupo que manifestaran interés. Las respuestas que se formulaban respecto del “precio de venta” eran, en todos los casos, de una gran dispersión, y frecuentemente las diferencias en precios superaban el 30, e incluso el 40%, de incremento entre el llamado más caro, al llamado más barato.

Existen muchas razones que inciden en el amplio margen de dispersión de los precios de venta con que los astilleros ofertan. De entre otras razones, podrían argumentarse las siguientes:

- Grado de eficiencia del astillero
- Situación de su cartera de pedidos
- Diferente criterio de valoración de las ayudas de Estado existentes
- La política industrial de los Gobiernos
- Errores en el presupuesto

de manera que la dispersión habitual en los precios netos de las ofertas encuentran su origen en una combinación confusa de estas razones.

Una razón que justifica la incidencia, sólo parcial, que el *grado de eficiencia del astillero* tiene en el precio de venta es el hecho de que en diferentes licitaciones no se

mantiene, con sesgo, la circunstancia de que el astillero más eficiente esté *generalmente posicionado* en una determinada zona en la escala de los precios de las ofertas.

La situación de la *cartera de pedidos* es un factor, a veces clave, en el modo de fijar el precio de venta. Sucede además que la situación de precariedad en la cartera de pedidos es, muchas veces, la causa/efecto de una situación económica deteriorada del sector. En estas circunstancias podría suceder que en muchos astilleros, fundamentalmente en los astilleros públicos, existiera una relativa *complicidad* entre el *presupuesto* y los *órganos de gestión* de los astilleros para que con la estimación a la baja del presupuesto del coste se diera al gestor la coartada suficiente para justificar la contratación, a sabiendas, o en la creencia, de que otras instancias superiores de la administración proveerán, a posteriori, los recursos financieros suficientes para neutralizar el descalabro económico de la contratación, propiciando así una política industrial de remiendos que no encuentra nunca la ocasión de sincerarse con la evidencia de la baja rentabilidad del sector.

Otra razón que explica las desviaciones habituales en el precio de las ofertas es su conversión a *precio neto* para el astillero. De hecho, las ayudas de Estado han podido contribuir a distorsionar el contenido de las ofertas formuladas en precio neto de venta, debido a que, al estar estas ayudas en continuo proceso de evolución, la determinación de los porcentajes de las mismas hubiera constituido un objeto importante de especulación e incertidumbre respecto a sus valores reales futuros.

En relación a las ayudas a la construcción naval, Primas y Desgravación Fiscal, conviene recordar que durante muchos años fueron muy importantes y por lo tanto cabe suponer que influyeran de manera importante en la configuración del precio neto de venta. Su evolución, según M. Butler (2002), de Polo & al., ha sido la que recoge la Tabla 1.

Estas cifras, elevadas en los primeros años de esta serie, han constituido un importante elemento de dispersión en la fijación de los precios de venta netos por parte de los astilleros, por cuanto que su incidencia en el precio del buque, por las razones antes comentadas, no se prefijaba siempre de la misma manera.

Tabla 1 – Evolución de las ayudas de Estado a la construcción naval

AÑO	SUBSIDIOS O PRIMAS
1988	28%
1989	26%
1990	20%
1991	13%
1992/99	9%
1-1-2001	0%

Sin embargo, actualmente, por las circunstancias que hacen operativo el concepto de globalización en la licitación de lo que podrían llamarse grandes buques, la *política industrial de los Gobiernos* resulta ser el factor más caracterizador. Es un hecho que donde mayor dispersión se puede encontrar entre *precios de venta* y *costes totales* es en los Estados económicamente más intervencionistas.

En relación a la conexión existente entre presupuesto y precio de venta, y asumidas las diferencias conceptuales entre coste de un buque y la formulación de su precio de venta, conviene, no obstante, conocer la evolución de ambos. En realidad, las condiciones de mercado marcarán la tendencia de aproximación o desajuste entre coste y precio de venta según el patrón general de que, en un mercado de demanda, el precio de venta estará por encima del coste, y que sucederá lo contrario en un mercado de oferta.

Recientemente, en el “Sexto informe de la Comisión al Consejo, sobre la situación de la Construcción Naval en el Mundo”, de la Comisión de las Comunidades Europeas, de 13 de Noviembre de 2002, se analizan las principales líneas de la evolución del mercado en el primer semestre de 2002, y se desprenden desajustes excepcionales entre costes y precios de venta.

Sucede que la tasa trimestral de generación de nuevos pedidos de construcción naval es fuertemente decreciente tras el repunte de demanda del año 2000. Consecuentemente, la evolución de los precios de venta es a la baja, en una cifra de aproximadamente un 15%, desde mediados del 2001. Se observa, además, que la política de precios tiene comportamientos diferentes según sean los *tipos de buques*,

pero fundamentalmente las políticas de precios son claramente distintas según se trate de diferentes *zonas geográficas*. De hecho, las distintas respuestas que los Estados fuertemente involucrados en la construcción naval dan a su política de precios constituyen las declaraciones estratégicas de su política industrial. En Europa, en muchos países, la respuesta generalizada a la crisis ha sido la quiebra, o el despido y disminución de la capacidad productiva. Por el contrario, Corea del Sur, en situación de contracción de demanda, ha repetido sus prácticas del pasado, introduciéndose en nuevos segmentos de mercado y bajando sus precios de venta.

Pero el objetivo que pretendemos aquí no es tanto analizar las políticas de los diferentes Estados o astilleros respecto a la fijación de los precios de venta, sino tratar de determinar las diferencias habituales entre costes y precios de venta, pues sucede que, cuando la fijación del precio de venta se aleja mucho del coste del buque, el estímulo a ser eficiente en la elaboración del presupuesto de un buque pasa, de hecho, a ser un proyecto menos estimado en la estructura organizativa de la empresa. En tales circunstancias se podría caer en la fatalista y errónea creencia de que únicamente el mercado es quien fija los precios, y que por lo tanto el conocimiento interno del coste, y la influencia que el presupuesto tiene para gestionar parte del proyecto del buque, y su coste después, son valores apenas relevantes en coyuntura de contracción de demanda.

Del informe antes citado, que parte de un análisis de 45 buques contratados por los principales astilleros de Europa, Corea del Sur, Japón y China, elaboramos la Tabla 2 y el Gráfico 1 que reflejan, en todos los casos, pérdidas excepcionales.

Se puede apreciar que las diferencias entre precios de venta y coste son muy importantes. De hecho, la curva recoge, en percentiles, los desvíos en tanto por ciento del precio de venta respecto al coste.

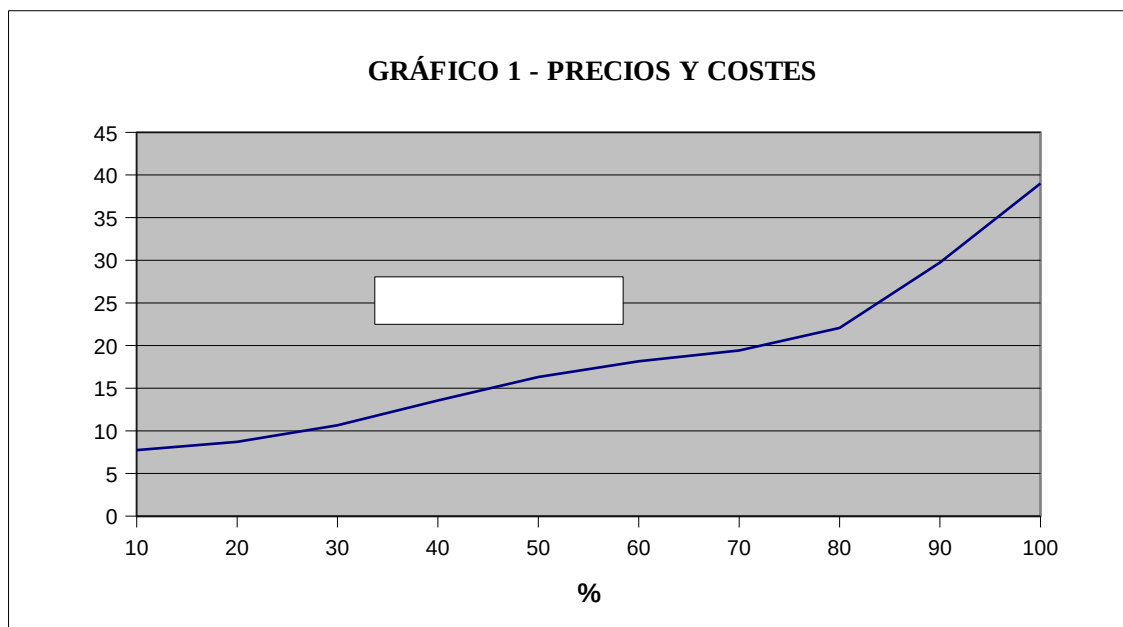
Puede apreciarse que únicamente en el 10% de los casos, las pérdidas son inferiores al 7,73% y que en determinados casos, la pérdida llega a ser el 39%.

En una información más actualizada, e insistiendo prácticamente en el mismo sentido, en el editorial de *Infomarine* (Mayo 2003), se recoge, con dramatismo, la situación de los astilleros europeos. Haciendo referencia al séptimo informe de la Comisión Europea al Consejo de Ministros de Competencia de la Unión Europea el editorial dice que “los astilleros europeos se están quedando sin trabajo, y ya se han producido numerosas quiebras y despidos”.

|

Tabla 2 – Precios y costes

PERCENTIL	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
PÉRDIDAS %	7,73	8,72	10,65	13,56	16,3	18,16	19,42	22,06	29,73	39



Fundamenta esta situación en el hecho real de un descenso interrumpido de la cuota de participación de mercado de los astilleros europeos en el cómputo mundial. La cuota del 19% en 2000 ha descendido al 13 % en 2001, y ha sido del 7% en 2002, en una situación generalizada de mercado mundial a la baja. En este contexto de baja demanda internacional tiene una incidencia importante la práctica de algunos Estados, como Japón, Corea, y probablemente China, que cotizan sus ofertas a la baja en cifras que incluso llegan a superar el 30% del precio del buque, como ya hemos visto. Una interpretación de la colaboración de las políticas de Estado para una tal reducción de precios de oferta pudiera estar basada en el tratamiento económico de la “incorporación de modernas instalaciones de nueva planta, cuya amortización nunca ha llegado a gravar sus cuentas de explotación...”

Esta situación tiene su reflejo en la importancia que se asigna a la técnica de presupuestar. De hecho, en la práctica, resulta muy difícil basar la formulación de una oferta, en su soporte presupuestario, haciendo abstracción de la situación de los precios en el mercado. Podría casi decirse, por el escaso interés que se le asigna, que el presupuesto apenas es necesario. Esta es, posiblemente, parte de la razón que explica una relativa falta de interés en la elaboración del presupuesto.

Al objeto de analizar los errores en la elaboración del presupuesto de un buque, se puede asumir que el mismo se elabora, muchas veces, con errores técnicos y/o conceptuales. En general, una sistematización convenida en la teoría de errores es la de asignar el error a la incidencia conjunta de lo que de modo más generalizado llamaríamos error *sistemático* y error *funcional*, llamado también *estadístico* por algunos autores.

El error sistemático se deriva de la circunstancia de que ningún aparato de medida es perfecto. Para nuestro propósito podría asimilarse la eficiencia del astillero a la del aparato de medida con el que se elabora el presupuesto. El error sistemático estaría compuesto por las deficiencias en el conocimiento de los históricos del astillero, que entre otros harán referencia a productividades, costes unitarios, y en general a los rendimientos vinculados a las tecnologías y a los métodos constructivos y de organización. La segunda fuente de error se debe a que cada ejercicio de medición, cada presupuesto, incorpora las incertidumbres individuales de cada elaboración presupuestaria y de sus circunstancias incontroladas, por cuanto que el ámbito de variación de las variables del coste que se incorporan son inciertas. Ambos errores configuran lo que llamaríamos error en el presupuesto. Este error es el que determina las desviaciones finales entre el resultado del coste y el presupuesto y es, en realidad, el que marca la eficacia o ineficacia en la elaboración del presupuesto.

Una evidencia que se desprende del trabajo de elaboración del presupuesto en los astilleros es que los equipos profesionales de los astilleros no hacen bien el trabajo de presupuestar. Seguramente, pocos cuestionarían el hecho de que la respuesta técnica que darían los equipos técnicos de esos mismos astilleros a formulaciones, más del campo específico de la ingeniería, como la evaluación del peso de acero del casco, el peso muerto del buque, la previsión de la velocidad del mismo, etc., tendría una respuesta técnica mucho más precisa, con menor dispersión, que la que se corresponde con el cálculo del presupuesto del buque. ¿A qué habría que imputar esta falta de calidad en la elaboración del presupuesto de un buque?:

- ¿Es más difícil la técnica presupuestaria?
- ¿Hay pocos medios profesionales al servicio del presupuesto?

Siempre la *dificultad* que se supone a un proyecto es un término relativo, y no parece ser ésta una justificación razonable. Seguramente, el déficit habrá que buscarlo

en una *deficiente asignación de recursos* al proyecto de realización del presupuesto, para lograr cotas de eficiencia similares a las habituales en otras especialidades de la ingeniería y de la gestión de proyectos.

1.3. EL PRESUPUESTO COMO UN PROYECTO

La realización del presupuesto de construcción de un buque, y su control y seguimiento después, constituye un *proyecto* sobre el que aplicar una determinada metodología. Esta declaración supone la concepción del presupuesto como un elemento excepcionalmente dinámico y que va ejecutándose de modo secuencial a lo largo de la construcción del buque. Es un elemento vivo e importante, de la misma manera que el desarrollo del proyecto o la producción efectiva del buque. Más todavía, es un elemento que no solamente trata de predecir el comportamiento del coste del buque, sino que lo *conforma*. Esta declaración guarda una pretendida similitud con el propósito de todo sistema de costes, cuyo objetivo no consiste únicamente en conocer su volumen, sino que pretende establecer las bases para conseguir la reducción de los mismos. De hecho, no sería exagerado decir que el presupuesto debe desplegar suficiente información y entusiasmo para que, a la postre, el coste real se condicione a lo previsto, actuando el presupuesto más como motor que influye en la realidad del coste, que como reflejo pasivo de lo que sucede con el mismo. El presupuesto de un buque debe estar orientado hacia el objetivo importante de conseguir que el coste del buque *sea* el que previamente concibimos, y que además, a lo largo de su vigencia, pueda ser verificado. J. Davidson (1999) asigna a la definición de proyecto, además de la propia definición del objetivo, la consideración de que el proyecto implica la realización y control coordinado de muchas acciones interrelacionadas, aunque diferenciadas, y que son todas ellas finitas, es decir que tienen comienzo y fin.

Una disquisición teórica que se podría formular es si debiera mantenerse la definición de *proyecto* para una parte, o un constituyente de otro proyecto más amplio. Nosotros lo hacemos en la acepción de que esto es efectivamente posible, y además, necesario. Por ello entendemos que la elaboración y control del presupuesto de un buque constituye un proyecto dentro de uno más amplio, que tiene como objetivo la construcción de un buque, dentro de un plazo fijado, dentro del presupuesto y según unas determinadas especificaciones.

Una reflexión válida para configurar la idea de duración limitada, y por lo tanto la consideración de referirse a un proyecto, es el establecimiento de plazos de inicio y

final en contra del modo de producción continuada de los productos fabricados en serie cuya fabricación, y presupuesto, a estos propósitos, no constituyen un proyecto.

De manera análoga deberá establecerse lo que Davidson llama *el ciclo vital del proyecto* como un condensado de la incorporación al coste de los recursos utilizados a lo largo del tiempo. Más adelante, cuando se trate de evaluar como factor de coste el uso de recursos financieros, se destacarán las características diferentes de un proyecto que acumula al inicio los recursos utilizados, frente a otros que hacen una utilización media inferior de recursos por utilizarlos durante un menor tiempo.

Haciendo nuevamente alusión a la metodología que se persigue, vamos a hacer referencia a la *organización*, o imbricación del equipo que redacta y controla el presupuesto en el astillero. No se pretende hacer una adscripción motivada de la función del presupuesto en el organigrama del astillero, pero sí conviene resaltar algunos de los principios que podrían inspirar su funcionamiento. El equipo que redacta y evalúa el presupuesto de un buque debe ser *eficiente*, y para ello deberá gestionar, cuando menos, *dos áreas de conocimiento*, como son la ingeniería y la contabilidad. Deberá ser interlocutor válido para ambos departamentos, no solamente para el entendimiento de las directrices que de ellos pudieran emanar, sino para poder sugerir opiniones fundadas, en ambas especialidades, generando simulación de diferentes alternativas desde el enfoque más presupuestario.

Convendrá suponer, además, que el propósito de eficiencia que se pretende en el desarrollo del proyecto del presupuesto de un buque tiene como objetivo destacado la creación de una *organización que aprende*. Resulta fácil de comprender que no se ha acuñado una única definición para soportar el mensaje que se pretende introducir con la expresión de organización que aprende, pero muchas de las que se utilizan tienen algunos elementos comunes. En general, KPMG Peat Marwick (1996), muchas definiciones hacen referencia a la *capacidad de generar cambios...*, *basarse en el desarrollo de personas y grupos...*, *crear un clima favorable...*, *transformar los sistemas de información en sistemas de comunicación...*, *aquella que comete errores, pero nunca dos veces el mismo...*, *la que tiene capacidad de autocrítica*, etc.

Desde otra perspectiva, A. Mayo & al. (2002/1994), la organización que aprende deberá “ver las relaciones entre todos los componentes de la organización”, y esto tiene una relevancia especial en empresas de compleja organización, como podría asumirse

que son los astilleros, donde una organización que aprende podría evitar duplicar o superponer muchas actividades, si las partes de la organización comparten y aprenden de cada otra, en lugar de competir internamente.

En este ámbito de pertenencia al proceso de aprendizaje, el *gerente del presupuesto* tiene cuando menos las misiones de asumir determinadas responsabilidades. Deberá desarrollar un equipo, actuar como intermediario con los responsables de otros departamentos, y dar cohesión al proyecto del presupuesto.

Una cuestión que de manera permanente debe plantearse el gerente del presupuesto es el debate sobre la mecánica en que se generan las *necesidades* y los requerimientos técnicos que cumplimentan las obligaciones contractuales. Sucede que durante la vigencia del proyecto, tanto por la representación del armador como del propio equipo técnico del astillero, se plantean una serie de *necesidades* cuya formulación requiere, desde el punto de vista del coste, matizaciones importantes.

J. Davidson (1999) supone que en un proyecto las necesidades pueden ser formuladas de muchas maneras diferentes y propone se actúe de acuerdo a un esquema que debata y reflexione profundamente las necesidades del proyecto de manera que confirmemos, en cada momento, que se está haciendo referencia a *necesidades reales*.

A propósito de estas reflexiones se debería matizar acerca de si la necesidad es real, de cómo poder resolver la necesidad, de cuáles son las implicaciones de esta necesidad, ... y todo ello tratando de ofrecer la mejor solución económica y técnica demandada. Pero puede darse también la conveniencia de sustituir esa necesidad enunciada por alguna otra alternativa técnica, o por una compensación económica. Incluso “una de las trampas más comunes en que se puede caer al formular necesidades es que muchas veces las necesidades articuladas no son las de los clientes sino las de los profesionales que están actuando en nombre de los clientes. Durante el ciclo vital de las necesidades y los requerimientos, es muy común que los expertos modifiquen las necesidades para que los satisfagan a ellos y no a los clientes”.

Al objeto de ser eficaz en la solución a aplicar en la satisfacción de las necesidades del cliente es conveniente que distingamos aquéllas que provienen de una definición *funcional* de las que se derivan de un requerimiento *técnico*. En general, las necesidades técnicas deberían responder a necesidades funcionales, pero esto no siempre es así. El presupuesto de un buque, más en concreto el gerente del presupuesto,

debería ser un elemento que contribuyera de modo importante en el debate de formulación, interpretación y respuesta a estas necesidades.

Al hilo de estas reflexiones es oportuno iniciar el debate de la asignación subjetiva de *méritos* en los objetivos, muchas veces contradictorios, del proyecto de un buque. Ante la imposibilidad de satisfacerlos de manera general, el gerente del presupuesto del buque, para posicionarse convenientemente en el debate, deberá cuando menos conocer la estructura interna del coste de los elementos que configuran las partidas de esos objetivos del proyecto, y que muchas veces mezclan criterios netamente de coste de la construcción del buque, con criterios de su posterior explotación. En este sentido, H. Schneekluth & al. (1998), P. Sen (1992), T. Ray & O.P. Sha (1994), R. Alvariño & al. (1997) y con mucha antelación K.W. Fisher (1972/1974), introducen el debate de *optimización multicriterio* creando referencias válidas para conocer una metodología de ordenamiento de *méritos*, evidentemente, siempre subjetiva, pero que constituye una sólida base de discusión de las alternativas posibles y básicamente contradictorias entre costes de construcción y beneficios de explotación. Habida cuenta que la comparación de las alternativas entre costes de construcción, actuales, y beneficios de explotación, futuros, tiene como soporte económico la comparación de flujos económicos en el tiempo, la comparación habrá que realizarla al amparo de los algoritmos de cálculo financiero que más adelante se comentarán.

Una reflexión similar podría ser adecuada para controlar y valorar el concepto de *trabajos y suministros extras* que forzosamente habrá que implantar y desarrollar, y que deberá ser un alivio de algunas desviaciones del coste. Obvia decir que para el seguimiento eficaz del libro de *extras* es necesario el conocimiento profundo de los elementos contractuales, contrato y especificación. Dos, cuando menos, deberán ser los contenidos específicos del libro de extras: la petición firmada de los extras y su presupuesto aceptado. Además, hemos acumulado experiencia profesional suficiente para poder decir que la gestión eficiente del libro de extras es una herramienta válida para acompañar a pautas razonables el nivel de cambios y, a veces, demandas caprichosas del cliente.

Una actitud razonable en la elaboración del presupuesto deberá ser el suponer que a lo largo de la construcción acaecerán factores de cambio e imponderables no previstos. Podría venir a cuento recordar el principio de Murphy según el cual, si algo

puede salir mal, saldrá mal, o cuando menos, sin entrar dentro de los extremos patológicos de atracción al desastre, habrá que asignar una determinada probabilidad de que pueda suceder. Esta apreciación es válida para todas las *variables* del coste, pero probablemente tiene una incidencia mayor en aquellas variables afectas, en mayor medida, a la duración del proyecto, y que podrían originar extra-costes, tanto debido a una mayor utilización de horas-persona imputadas, como a un mayor coste financiero por demora en la entrega, y en general, costes derivados de una mayor desorganización y retraso en otros proyectos.

Resulta por tanto evidente que en el control del proyecto del presupuesto de un buque, a lo largo del desarrollo de la construcción del mismo, sucederán discrepancias importantes entre lo que se hizo hasta un momento determinado y lo previsto para ese grado de avance. Estas diferencias son denominadas *variaciones* y, a juicio de Davidson, hay siempre, por lo menos, una certeza absoluta: “que habrá variaciones”. El debate deberá establecerse, por lo tanto, no por la existencia de tales variaciones, sino por el control en magnitud de estas variaciones en los intervalos presupuestados, es decir, dentro de una gama tolerable de variación.

Otras características definitorias del presupuesto de un buque son su *complejidad e incertidumbre*. Realmente ambas características no tienen por qué darse en todos los proyectos, pero en éste se dan. Entendemos el término de complejidad, a estos efectos, como el que se deriva de la difícil planificación del hecho constructivo del buque. Sin embargo, la incertidumbre se derivaría del hecho, normalmente frecuente, de la no repetición del proyecto, y de la necesaria plasmación de la evolución en el futuro de casi todas las variables del coste en la construcción de un buque, que habitualmente tiene una duración de dos o tres años.

J-M. Lévy-Leblond (2002) propone, para la gestión en situaciones de incertidumbre, que se proceda a la evaluación de una magnitud en lo que podría entenderse como el espacio numérico en el que se piensa se situará el verdadero valor. En realidad es un margen de certeza, o mejor dicho, un *margen de fiabilidad* o seguridad. En actitud positiva, se trata de gestionar y limitar la *inexactitud* en un intervalo que llamaremos de *confianza*.

En tal situación de complejidad e incertidumbre, y habida cuenta del plazo de ejecución tan dilatado requerido para la construcción de un buque, parece necesario

aportar procedimientos elaborados de control y evaluación, de manera que además de realizar el presupuesto se estimule su verificación de manera continuada, o en los hitos de control que se estipulen, según un formato específico de control presupuestario. De hecho, el conocimiento del grado de avance de la construcción de un buque constituye un requisito de excepcional importancia para el conocimiento de la marcha económica, no solamente del resultado de la construcción de ese buque, sino del propio astillero, máxime cuando por la aplicación conservadora de los criterios de la contabilidad, el resultado positivo de la construcción de un buque hay que contabilizarlo en medida a su grado de avance, pero, por el contrario, el resultado negativo, si se estima que así lo será, hay que contabilizarlo por su totalidad cuando se tiene conocimiento del mismo.

De ahí, la conveniencia de estandarizar los métodos de control y los documentos soporte para la elaboración del presupuesto de construcción de un buque.

1.4. DOCUMENTOS SOPORTE PARA LA ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN BUQUE.

Conviene hacer mención a la necesidad de homogeneizar el soporte de la información del coste de los elementos del buque, de manera que el conocimiento del coste del buque, o de sus elementos constituyentes, sea *acumulable*, para que permita la obtención recurrente, matizada y comparable de los costes de elementos similares en los diferentes buques contruidos.

Para ello se requiere una elaboración previa de los soportes sobre los que se acumulará la definición técnica del buque, y la codificación, tanto de los elementos técnicos y otros costes, que constituyen el coste del buque, como de la identificación de las cuentas en las que estos costes se deberán imputar.

Los soportes básicos para la utilización permanente en la elaboración del presupuesto de construcción de un buque son los siguientes:

- Libro estándar de los conceptos del coste
- Plan General de Contabilidad y Plan de Contabilidad de las empresas constructoras

Sin perjuicio de reservar para más adelante la formulación de ambos soportes, se puede afirmar que el libro estándar de los conceptos del coste, y la adecuación de la nomenclatura del coste a la tradición que incorpora el Plan General de Contabilidad, son elementos imprescindibles para la elaboración con método del presupuesto de construcción de un buque.

1.4.1. EL LIBRO ESTÁNDAR DE LOS CONCEPTOS DEL COSTE

El libro de conceptos del coste constituye para un astillero un soporte imprescindible para la elaboración del presupuesto y la acumulación, con método, de los históricos del coste de ese astillero. De hecho, el libro de conceptos del coste constituye la base de la jerga idiomática y organizativa de la estructura del proyecto del buque en el astillero, y la adopción de un libro de conceptos del coste, adecuado para cada

astillero, es un elemento importante para la definición técnica de uno de los documentos contractuales básicos del contrato de construcción de un buque, cual es la *especificación* del mismo. En general, la adopción de un determinado libro de conceptos del coste es a la definición de la especificación de un buque, lo que la estructura interna de los contratos mercantiles es a los contratos. La estructura interna de los contratos mercantiles basados en formulaciones de: *Comparecen..., en calidad de..., exponen..., acuerdan...* , posibilita la sistematización de los contratos en formatos similares y supone, para sus usuarios, el manejo fluido de los mismos, lo cual redundará en un proceso más simplificado de comparación de contratos y la eliminación de una fuente innecesaria de errores.

Análogamente, la estructura del libro de conceptos del coste ordena el contenido de los documentos soportes de los compromisos económicos de la construcción del buque, que habitualmente se recogen en el contrato y en la especificación técnica de buque.

El libro de conceptos del coste debe incorporar, cuando menos, los objetivos siguientes:

- Debe ser *generalista*, es decir, debe cubrir, en extensión, una gama amplia de posibles buques a construir en el astillero, en toda su potencial complejidad.
- Debe ser *personalizado* para cada astillero.
- Debe ser el soporte de la *especificación* de los buques, de todos los buques que se construyan en ese astillero, cuando menos, a efectos del presupuesto y el coste.
- Debe ser el soporte de los elementos del coste que se describan en el contrato de construcción.
- Debe ser el soporte de la *imputación del coste* en la contabilidad analítica de gestión.
- Debe constituir la *base estadística del aprendizaje* en la elaboración del presupuesto.
- Debe ser el soporte para elaborar durante la construcción el *control presupuestario*.

Una decisión importante a tomar en un astillero es la elección del modelo de libro de conceptos del coste, y consecuentemente, de un modelo de especificación.

Debido a que es una práctica frecuente en muchos astilleros la contratación de buques con proyectos elaborados por una oficina técnica exterior, una solución recomendable para el astillero podría ser el adecuar *su* libro de conceptos del coste y especificación a la práctica habitual de alguna de las oficinas técnicas en ejercicio, y éste ha sido, en algunos astilleros, el modelo seguido. Sin embargo, antes de tomar una tal decisión es bueno recordar que el establecimiento de un libro de conceptos del coste, en un astillero, debe tener voluntad de *permanencia* durante muchos años, debe *identificar de manera unívoca* los conceptos de coste y debe ser de *sencilla comprensión*, pues además de servir como referencia al soporte de los costes de los equipos, debe servir de soporte para la imputación de los costes del material de salida del almacén, de las subcontratas, y de la mano de obra en sus diversas acepciones (directa, indirecta, comerciales, estructura, etc.) para los diferentes gremios.

Al objeto de permitir agrupaciones de los elementos de coste, el libro de conceptos del coste deberá ser *codificado* en determinado número de dígitos, al igual que lo hace el Plan General de Contabilidad para sus cuentas. Debido a la amplitud que pudiera tener cada grupo de elementos de coste, una buena práctica sería la de utilizar uno, dos tres y cuatro dígitos.

Para constituir una base en la cual soportar esta aplicación se ha trabajado sobre muchos modelos existentes de distintos libros de conceptos. No corresponde ahora clasificarlos por el tipo de bondades que uno de los libros de conceptos tenga respecto a otro, pues el valor principal del libro de conceptos radica, no tanto en la bondad intrínseca de la disección que se haga de los elementos del presupuesto, sino del compromiso del astillero de mantenerlo y usarlo como soporte permanente del presupuesto y del coste. Por cuestiones de oportunidad, y por considerar además que el soporte elaborado por una oficina de proyectos constituye un soporte más neutral que la aceptación de un modelo utilizado expresamente por un astillero constructor, se ha adoptado como base del soporte que se utilizará en este proyecto el libro de conceptos del coste de SENER, al que se le han introducido algunas modificaciones. Por lo tanto, el soporte que utilizaremos como libro de conceptos del coste tiene, finalmente, el soporte básico del de SENER, con las modificaciones que, fundamentalmente en el grupo de “GENERAL”, hemos introducido.

Una aclaración pertinente a los efectos de entender el alcance del libro de conceptos del coste es situarlo en un contexto de generar las normas y procedimientos de la información técnica del buque. En este sentido, en un proceso lógico de normalización, SENER define, cuando menos, los siguientes tres estamentos:

- Lista de documentos y planos
- Índice de la especificación
- Libro de conceptos del coste

Aún cuando la utilidad que se pretende para cada uno de ellos es específica, hay en el conjunto de los tres una *armonía* que da validez al conjunto, pues en los tres se pretende utilizar el mismo sistema de codificación que posibilita un acceso sistemático a los contenidos de cada uno.

Para los propósitos de este trabajo tiene más interés centrarse en el índice de la especificación y el libro de conceptos del coste. En una primera aproximación, y al utilizar los mismos códigos, podría decirse que constituye casi el mismo soporte, sin embargo hay entre ellos una diferenciación muy importante por cuanto que la especificación está especialmente diseñada para describir el alcance técnico de los elementos que conforman el proyecto de construcción del buque, mientras que el libro de conceptos del coste, con casi el mismo soporte, lo matiza y amplía en referencia especial al coste del buque, que en muchos de sus elementos no quedan recogidos en la especificación, por cuanto que sus enunciados podrían estar definidos en otro documento, cual podría ser el contrato.

De hecho, suele suceder que en el presupuesto de construcción de un buque, y obviamente en su coste, haya elementos del coste que no tienen un sentido constructivo del mismo, sino que hacen referencia a otros costes más generales del buque, y que junto a otras partidas se incluirán, con un desglose adecuado, en un capítulo especial que se denominará “GENERAL”. Este grupo estará constituido, entre otras, por partidas tales como:

- Gastos originados por el contrato: Traducciones, notarios, abogados, estancias de armador e inspectores, festejos y atenciones, ...
- Gastos financieros
- Gastos de garantía técnica
- Impuestos y seguros

- Clasificación, certificados, estudios, ensayos y proyecto exterior
- Documentación de entrega
- Auxilios: vigilancia, andamios, amarradores, varada, limpieza, etc.
- Extras
- Cláusulas de penalización
- Etc.

Es conveniente recordar que, en general, estos elementos del coste no suelen estar incluidos en el concepto de coste del buque que habitualmente se utiliza en los estudios de estimación del coste de un buque, en función de los parámetros técnicos, L , B , D , coeficiente de bloque, velocidad, potencia instalada, etc., tal como hacen, entre otros, R. Alvariño & al., J. Carrayette & al., R. Munro-Smith, K.W. Fisher, H. Schneekluth & al., etc. Por esta razón, es pertinente recordar esta circunstancia al objeto de no introducir errores en el procedimiento de *presupuesto por modificación de parámetros* sobre el buque que llamaríamos similar.

Por el contrario, en el capítulo correspondiente a “GENERAL” del índice de la especificación sucede que se deberán recoger aquellos aspectos que siendo muy importantes en la definición técnica del buque no constituyen, directamente, un elemento de coste del buque. Sirva lo anterior para hacer referencia, por ejemplo, a la velocidad y autonomía del buque que en el índice de la especificación del buque estará recogida con el código 0170 y que en el libro de conceptos de coste no tiene codificación asignada. Entre otras, sirvan también como ejemplo las referencias a peso muerto, capacidades, arqueo, clasificación y reglamentos, calidad de construcción, niveles de vibración y ruidos, cuadro de tripulaciones, marcas, etc., que habitualmente se recogen en el epígrafe de GENERALIDADES, del capítulo de GENERAL de la especificación del buque.

Conviene recordar que la especificación de un buque introduce de manera definitiva criterios, a veces determinantes, en la configuración del coste del mismo, muchas veces por omisiones fácilmente superables. Un caso de aplicación concreta a este respecto lo constituye la libertad de optar, para las mismas prestaciones, entre diferentes marcas. Por ello, en lo referente a *marcas*, es oportuno insistir en que un elemento muy válido para la defensa económica del presupuesto es la libre opción, para el astillero, de la elección de un equipo concreto entre varios posibles proveedores. La

mecánica para posibilitar esta opción consiste en elaborar, en este epígrafe de la especificación, un listado de marcas alternativas, sujetas exclusivamente a prestaciones técnicas, y no comerciales.

En general, de aquí en adelante se hará más énfasis en los contenidos del libro de conceptos del coste con preferencia a los contenidos de la especificación

Un esquema en nomenclatura de un único dígito del formato en cuatro dígitos que se utilizará como libro estándar de los conceptos del coste, constituye el contenido de las filas que configuran el documento “soporte del presupuesto”, recogido en el Anexo 1, y que está formado por los siguientes capítulos:

0. GENERAL
1. CASCO
2. CUBIERTA
3. HABILITACIÓN
4. MAQUINARIA
5. SERVICIOS ELÉCTRICOS
6. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO PARA LA CARGA
7. SISTEMAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA CARGA

Posteriormente, en un esquema ramificado de codificación, cada partida se subdivide, primero en dos, tres y luego en cuatro dígitos, hasta un total de aproximadamente 600 elementos del coste, lo cual da suficiente cobertura para el encaje, en el presupuesto de construcción de un buque, de los distintos elementos del coste que lo configuran.

En el Capítulo 3 de esta tesis haremos referencia a la incidencia que la concepción constructiva del buque tiene en la definición del libro estándar de los conceptos del coste. Por ello, al tratar de elaborar el desglose del capítulo 1 del libro estándar de los conceptos del coste, el CASCO, como parte del buque más afectada por la concepción constructiva del buque, lo realizaremos de dos maneras diferentes. En la primera seguiremos un procedimiento, el de SENER, que consiste en dividir el capítulo 1 del soporte del presupuesto en las diferentes cuentas en que de acuerdo a un determinado esquema constructivo podría organizarse la producción del buque. Nos

estamos refiriendo a las cuentas 10, 11, ...,18, del soporte del presupuesto, y que por ser una de las alternativas, transcribimos en *cursiva*. Por ser el capítulo 1 del soporte del presupuesto tan sensible a la concepción constructiva del buque, es muy probable que esta clasificación, para un determinado astillero quede invalidada, desde el inicio de la formulación del presupuesto, por lo que hemos introducido una manera alternativa de codificación para este capítulo, que hemos llamado de *síntesis*, y que compendiará todo el coste del mismo, y cuya codificación, en dos dígitos, llamaremos: 19 - CASCO. La aplicación que realizaremos en el Capítulo 4 se hará sobre la versión de “síntesis” del libro estándar de los conceptos del coste.

1.4.2. SOPORTE CONTABLE PARA LA ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO Y SU CONTROL PRESUPUESTARIO

Todas las referencias económicas del presupuesto de un buque deberán ir armonizadas por los criterios recogidos en el Plan General de Contabilidad. De modo más específico, deberán recoger los criterios de las *Normas de Adaptación del Plan General de Contabilidad para Empresas Constructoras*, entre las cuales quedan incluidos los astilleros.

Esta recomendación será en la práctica imprescindible si se pretende, para el Astillero, la puesta en marcha de un modelo presupuestario.

Al presupuesto se le asignan, cuando menos, las funciones siguientes:

- Debe constituir la base para confeccionar la *oferta* del buque.
- Debe ser el soporte base para conocer la *marcha económica del astillero*, a través del mecanismo del control presupuestario.
- Debe constituir en la empresa la *base del aprendizaje* del modelo del presupuesto.

Un soporte básico para la elaboración del presupuesto es el conocimiento profundo de los costes históricos de los buques precedentes, y este objetivo sólo será posible si se uniforman las fuentes de información en la empresa y se realiza en la debida coordinación con la contabilidad general.

Además, a los efectos de realizar el *control presupuestario* de un buque, cualquiera que sea su grado de construcción, habrá que elaborar un procedimiento para la evaluación del *grado de avance*, para, en función del mismo, poder ir asignando la cuota prorrata del beneficio estimado, conforme avanza la construcción, o asignarle la estimación de pérdida total en el momento de *conocerla*. Podría ser oportuno recoger del artículo de J.I. de Ramón (I.N. Septiembre de 2002) la referencia al firme propósito de no caer en la tentación de *cocinar* las cuentas, o realizar interpretaciones de lo que denomina contabilidad *creativa*.

Durante el proceso de construcción, el buque deberá ir incorporando los gastos de acuerdo a un esquema de clasificación que diferencia determinados niveles en la estructura del coste. Siguiendo un sistema tradicional de imputación de gastos, se establecen los siguientes niveles:

- Gastos directos de fabricación
- Gastos indirectos de fabricación
- Gastos de venta
- Gastos de estructura

Estos gastos, así agrupados, van prefijando una estructura de costes, cuya denominación requiere se realice con rigor, para no fomentar el uso de denominaciones imprecisas, que habitualmente constituyen fuente de error. El coste de un buque que sucesivamente va incorporando tales partidas de gastos lo denominaremos, respectivamente:

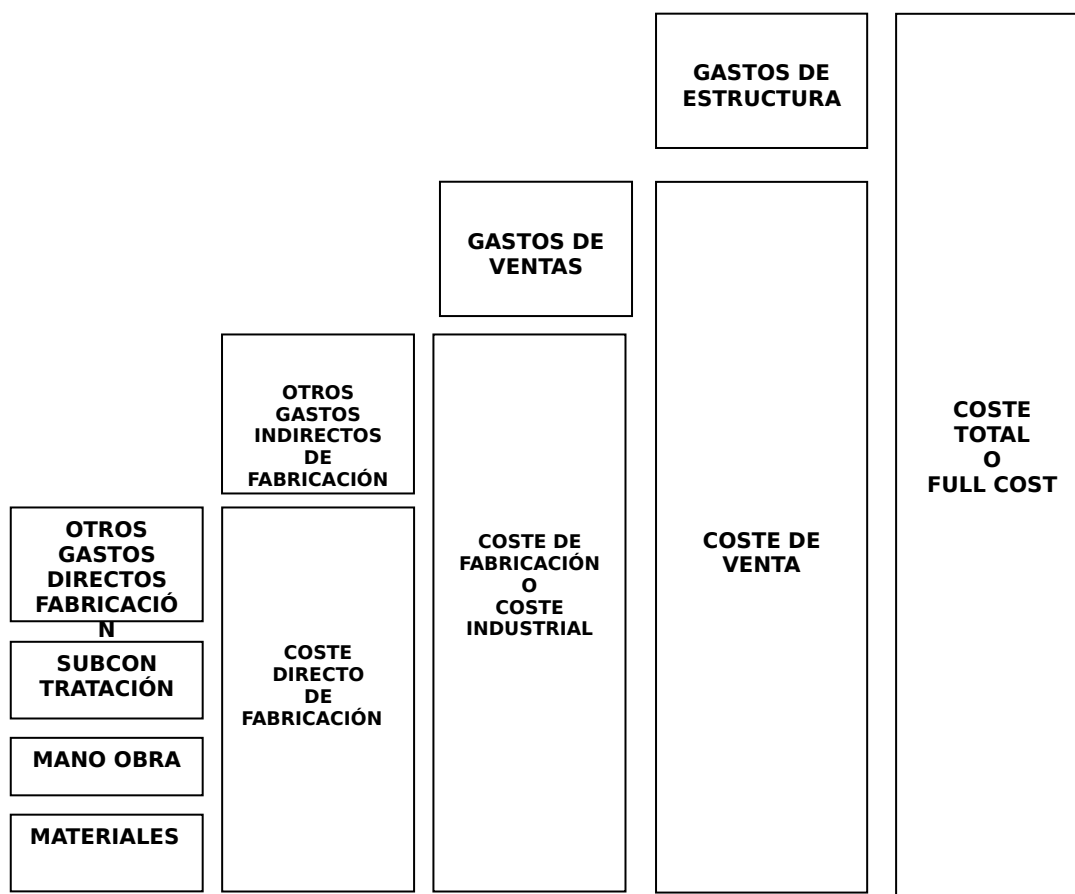
- Coste directo de fabricación
- Coste de fabricación o coste industrial
- Coste de venta
- Coste total

Al objeto de visualizar el modo de su incorporación se presenta, a continuación, el esquema por el que se imputan los diferentes tipos de gasto, los cuales, al activarse, van configurando una determinada clasificación de los costes.

1.4.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS COSTES

La incorporación del gasto al coste y la clasificación del coste puede resumirse de acuerdo al esquema del Gráfico 2.

Gráfico 2 - Incorporación del gasto al coste



Los gastos de venta o comerciales, y los gastos de estructura o de administración, corresponden más a los *presupuestos generales del astillero*, y deberán ser tenidos en cuenta a la hora de fijación de los precios de venta con la incorporación lógica del beneficio o margen deseado.

Para calcular los componentes del coste de fabricación o coste industrial que son los que de modo más técnico afectan al presupuesto de construcción del buque, se adopta la clasificación siguiente:

MATERIALES:

En este apartado se incluye el coste de todos los materiales que se incorporan directa y exclusivamente al buque en cuestión y que pueden ser materias primas que sufren un proceso de transformación (acero, tubería, madera, etc.) o elementos y conjuntos incorporables (motores, bombas, grupos electrógenos, etc.) como suministros específicos del proveedor, para ese buque.

MANO DE OBRA:

En este apartado se recoge el coste total del personal *directamente* asignado a la fabricación del buque. Como en casi todos los componentes de costes, el coste de la mano de obra está conformado por las horas-persona utilizadas y el coste unitario aplicable.

Para el cálculo de la tasa horaria correspondiente a la mano de obra deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- Coste total de cada operario, incluidas vacaciones, permisos retribuidos, seguridad social a cargo de la empresa y demás complementos aplicables
- Horas de presencia según el convenio en vigor
- Porcentaje razonable de absentismo

SUBCONTRATACIÓN:

En esta partida se incluyen los costes facturados por los terceros subcontratistas por la realización de tareas o funciones encomendadas.

OTROS GASTOS DIRECTOS DE FABRICACIÓN:

Aquí se incluyen otros gastos directamente imputables a la fabricación del buque determinado como, por ejemplo:

- Consumos de materiales de almacén (conductores, consumibles de soldadura, lubricantes, etc.)
- Arrendamientos de maquinaria (grúas, andamiajes, etc.)
- Visados de colegio de ingenieros, inspecciones, etc.

- Energía consumida y otros gastos (reparaciones) de las máquinas afectas al proceso de fabricación del buque en cuestión
- Amortización del coste de la maquinaria comentada en el anterior apartado
- Ingeniería, clasificación y reglamentos, pruebas, gastos de armador y entrega, etc.
- Etc.

OTROS GASTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN:

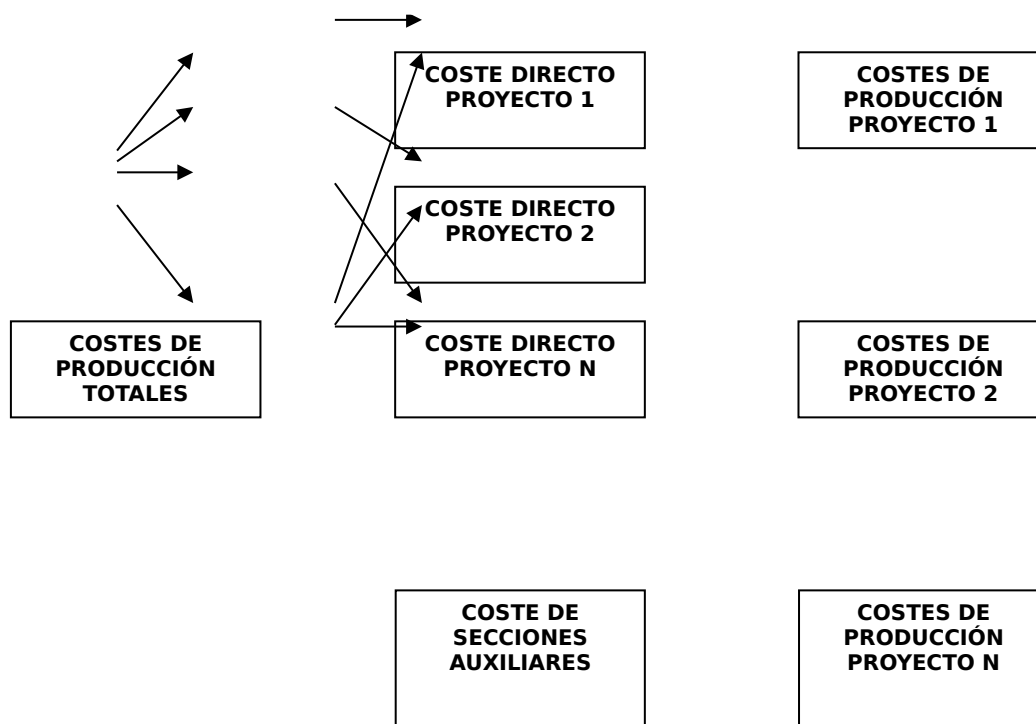
Corresponden a los gastos necesarios para la fabricación del buque pero que no pueden ser asignados directamente a cada unidad producida. Muchos de los conceptos incluidos en el anterior apartado (Otros Gastos Directos de Fabricación) suelen ser imputados a este concepto cuando la asignación individual requiere de complejos y costosos controles en la empresa. Por ejemplo, si los albaranes de salida del material de almacén no contemplan la asignación específica a cada elemento del buque, entonces es común tomar dicho almacén como una sección auxiliar y distribuir su coste en función del coste total de cada buque.

La filosofía de los gastos indirectos de fabricación se asienta en la existencia de secciones productivas que trabajan para más de un proyecto, tal y como queda reflejado en el Gráfico 3.

A continuación, se detallan los conceptos más importantes que suelen incluirse como Gastos Indirectos de Fabricación:

- Los consumos de materiales de almacén si la asignación directa no es posible
- Las reparaciones, conservación y limpieza de los elementos de producción
- La energía consumida, si la asignación directa no fuera posible
- Los gastos de mano de obra del personal indirecto de fabricación (inspectores, oficina técnica, compras y almacén, mantenimiento, dirección de producción, etc.)

Gráfico 3 -Gastos indirectos de fabricación



En la práctica, debido a un empeño de simplificación y a la incidencia relativa que sobre el total coste de fabricación de un buque representan los conceptos incluidos en los apartados de “Otros Gastos Directos de Fabricación” y “Otros Gastos Indirectos de Fabricación”, los mismos suelen ser tratados de la siguiente forma:

- Otros Gastos Directos: De acuerdo a una estimación histórica de los mismos, se incorporan como un componente adicional de la tasa horaria en el cálculo de los costes de mano de obra.
- Otros Gastos Indirectos: Dado que los mismos suelen ser fijos, independientemente de la carga de trabajo, son tomados en la cuantificación del presupuesto del astillero como gastos de estructura.

No obstante, en el desarrollo del presente trabajo, para mantener una mayor armonía con los criterios de auditoría a aplicar a ambos conceptos del gasto, se incluirán las partidas de “Otros gastos directos de fabricación” y “Otros gastos indirectos de fabricación” en una única rúbrica de gasto, que se denominará “Otros gastos de fabricación”, y que servirá de encabezamiento de la clasificación del gasto en el soporte del presupuesto.

1.4.2.2. CORRELACIÓN ENTRE CONTABILIDAD FINANCIERA Y CONTABILIDAD ANALÍTICA

Dado que los presupuestos se realizan con una estructura analítica de costos, a continuación se incorpora una tabla donde se visualiza la correlación que existe entre las diferentes cuentas de gastos del Plan General de Contabilidad adaptado a las empresas constructoras y los diferentes tipos de costes, tal y como se ha desglosado en el anterior apartado. Se pretende una homogeneización del léxico contable del presupuesto y la identificación, con la misma voz, de los conceptos utilizados en contabilidad general, o financiera, y en contabilidad analítica. Para ello es preciso recordar que la asignación de gasto a cualquiera de los elementos del coste en un presupuesto deberá reconocer, en su denominación, las denominaciones de los gastos según se recoge en el Plan General de Contabilidad para las cuentas del Grupo 6.

Con la señal (x) se ha pretendido indicar a qué tipo de gasto corresponde cada una de las cuentas del Grupo 6, y se puede observar que si bien para muchas de ellas la asignación es unívoca, para otras cuentas la asignación hay que realizarla a varios tipos de gasto.

De manera específica, hay que tener en cuenta que la asignación del Grupo 64 - Gastos de Personal a los diferentes tipos de costes está en función de la pertenencia de las personas implicadas a los siguientes departamentos o secciones:

- Mano de obra: personal directo
- Otros gastos de fabricación: personal indirecto
- Gastos de venta: personal del departamento comercial
- Gastos de estructura: personal de administración, técnico, y dirección

Con estas premisas para la agrupación de las diferentes cuentas de gastos, se podría confeccionar la Tabla 3.

Tabla 3 – Adaptación del Plan General de Contabilidad a los tipos de coste

Nº DE CUENTA	DESCRIPCION	COSTE DE FABRICACIÓN (PRESUPUESTO)				GASTOS DE VENTA O COMERCIALES	GASTOS DE ESTRUCTURA
		COSTE DE MATERIALES	MANO DE OBRA	SUBCONTRATACION	OTROS GASTOS DE FABRICACION		
601	COMPRAS DE MATERIALES	X					
602	COMPRAS OTROS APROVISIONAMIENTOS				X		
606	TRABAJOS SUBCONTRATISTAS			X			
607	TRABAJOS OTRAS EMPRESAS				X		
608	DEVOLUCIONES DE COMPRAS	X					
609	RAPPELS POR COMPRAS	X					
611	VARIACION EXISTENCIAS MATERIALES	X					
612	VARIACION EX. O. APROVISIONAMIENTOS				X		
620	GASTOS DE INVESTIG. Y DESARROLLO	X					X
621	ARRENDAMIENTOS Y CÁNONES				X		X
622	REPARACIONES Y CONSERVACION				X		X
623	SERVICIOS PROFES. INDEPENDIENTES				X	X	X
624	TRANSPORTES					X	
625	PRIMAS DE SEGUROS					X	X
626	SERVICIOS BANCARIOS Y SIMILARES						X
627	PUBLICIDAD, PROPAGANDA Y RR. PP.					X	X
628	SUMINISTROS				X		X
629	OTROS SERVICIOS						X
630	IMPUESTO SOBRE BENEFICIOS						X
631	OTROS TRIBUTOS				X		X
640	SUELDOS Y SALARIOS		X		X	X	X
641	INDEMNIZACIONES						X
642	SEGURIDAD SOCIAL CARGO EMPRESA		X		X	X	X
643	APORTACION SISTEMA DE PENSIONES		X		X	X	X
649	OTROS GASTOS SOCIALES		X		X	X	X
650	PÉRDIDAS CRÉDITOS COM. INCOBRABLES					X	
654	INDEMNIZACIONES POR FIN DE OBRA		X				
660	GASTOS FINANCIEROS				X		X
670	GASTOS EXTRAORDINARIOS						X
680	AMORTIZACION GASTOS ESTABLECIMIENTO						X
681	AMORTIZACION INMOVILIZADO INMATERIAL						X
682	AMORTIZACION INMOVILIZADO MATERIAL				X		X
691	DOTACION PROVISIONES INMOVILIZADO						X
694	DOTACION INSOLVENCIAS DE TRÁFICO					X	
699	DOTACION OTRAS PROVISIONES						X

1.4.3. SOPORTE DEL PRESUPUESTO

Se persigue el objetivo de establecer un soporte sobre el que confeccionar el presupuesto de construcción de un buque. Hasta ahora se han definido los dos vectores del soporte de la información. Por un lado se ha confeccionado lo que constituirá el enunciado de los elementos del coste, que formarán las líneas del presupuesto, y para ello se toma como soporte el contenido del libro de conceptos del coste en agrupaciones de uno, dos, tres o cuatro dígitos. Como encabezamiento de las columnas se aplica el formato de clasificación de los costes según desglose que se ha visto con anterioridad.

Al formato de presupuesto así elaborado se le denominará “soporte del presupuesto”. En el Anexo 1 que se incorpora a este trabajo, se formula el soporte del presupuesto con una extensión de cuatro dígitos para los elementos del coste del buque. Este tipo de soporte debería constituir en un astillero un documento con propósito de permanencia, pues la repetición del presupuesto y el archivo del coste en el mismo soporte, durante un largo período, constituye la *base del conocimiento* en la elaboración, a futuro, del presupuesto.

En la Tabla 4 se reproduce el soporte del presupuesto con una extensión de dos dígitos.

A modo de comparación, y al objeto de estudiar la fragilidad del criterio de durabilidad del soporte del presupuesto, se recoge a continuación en la Tabla 5 el soporte real de un presupuesto realizado por un astillero, del que se desprende que, habiendo tenido como origen el soporte de SENER para el libro de conceptos del coste, ha ido evolucionando con el tiempo, de manera que la pérdida de información, a efectos comparativos, ha sido grande. Como soporte de la columna de los elementos del buque se ha mantenido incluso la grafía utilizada por ese astillero, y no hemos modificado la relación de los elementos del coste aportada por ese astillero sobre su propia plantilla. De la comparación con la plantilla del soporte del presupuesto que hemos diseñado, y reproducido en el cuadro anterior, no parece descabellado suponer que el concepto 3.- MAQUINARIA DE CUBIERTA tuviera, en la primera aplicación que se realizó en ese astillero, un código que empezara por 2.

Tabla 4 - Soporte de Presupuesto en dos dígitos

2 DÍGITO	DESCRIPCIÓN	COSTE DE FABRICACIÓN (PRESUPUESTO)						TOTAL
		COSTE DE MATERIALES	MANO DE OBRA	SUBCONTRAT.	GASTOS DE FABRICACIÓN	VENTA O COMERCIALES	GASTOS DE ESTRUCTURA	
01	INGENIERÍA							
02	CLASIFICACIÓN Y REGLAMENTOS							
03	PRUEBAS							
04	ARMADOR Y ENTREGA							
05	SERVICIOS AUXILIARES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN							
06	OTROS COSTES GENERALES DEL BUQUE							
07	GASTOS GENERALES DE ESTRUCTURA							
09	MANO DE OBRA INDIRECTA (SALARIOS/ CARGAS SOCIALES)							
	GENERAL							
10	SERVICIOS DIVERSOS							
11	FONDOS Y DOBLES FONDOS							
12	CUBIERTAS							
13	FORRO EXTERIOR							
14	MAMPAROS							
15	EXTREMOS DE PROA Y POPA							
16	VARIOS							
17	ESTRUCTURAS ESPECIALES							
18	CASETA (S) DE HABITACIÓN							
19	CASCO GENERAL (SÍNTESIS)							
	CASCO							
20	SERVICIOS DIVERSOS							
21	EQUIPO DE FONDEO Y AMARRE							
22	EQUIPO DE NAVEGACIÓN							
23	EQUIPO DE GOBIERNO							
24	EQUIPO DE SALVAMENTO Y CONTRA-INCENDIOS							
25	PALOS, PLUMAS Y GRUAS DE SERVICIO							
26	SISTEMAS DIVERSOS DE TUBERÍA							
27	PINTURA Y PROTECCIÓN CATÓDICA							
28	INSTALACIÓN ELÉCTRICA							
29	ACONDICIONAMIENTOS Y VARIOS							
	CUBIERTA							
30	SERVICIOS DIVERSOS							
31	PINTURA, ABLANQUEO, MAMPAROS, EMBONOS Y PISOS							
32	ESCALERAS, PUERTAS, PORTILLOS, VENTANAS, ASCENSORES							
33	MOBILIARIO Y DECORACIÓN							
34	COCINA, OFICIOS, GAMBUSAS, LOCALES Y PAÑÓLES							
35	INSTALACIÓN SANITARIA							
36	INSTALACIÓN ELÉCTRICA							
37	AIRE ACONDICIONADO, VENTILAC. Y CALEFAC. NO ELÉCTRICA							
	HABITACIÓN							
40	SERVICIOS DIVERSOS							
41	PLANTA PROPULSORA							
42	PLANTA DE VAPOR							
43	SISTEMAS DE CASCO EN CÁMARA DE MÁQUINAS							
44	INSTALACIONES ACCESORIAS DE MAQUINARIA							
	MAQUINARIA							
50	SERVICIOS DIVERSOS							
51	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA							
52	DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA							
53	CONSUMIDORES							
54	CONTROL E INSTRUMENTACIÓN EN CÁMARA DE MÁQUINAS							
	SERVICIOS ELÉCTRICOS							
60	SERVICIOS DIVERSOS							
61	S.A.C. (CARGAS SECAS Y FRIGORÍFICAS)							
62	S.A.C. (MINERALES / CRUDOS, PROD. Y PROD. QUÍMICOS)							
63	S.A.C. (GASES LICUADOS)							
64	S.A.C. (ÁRIDOS)							
65	S.A.C. (CARGAS ESPECIALES)							
69	BODEGAS DE PESCA							
	SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO PARA LA CARGA							
70	SERVICIOS DIVERSOS							
71	S.M.C.C. (CARGAS SECAS Y FRIGORÍFICAS)							
72	S.M.C.C. (MINERALES / CRUDOS, PROD. Y PROD. QUÍMICOS)							
73	S.M.C.C. (GASES LICUADOS)							
74	S.M.C.C. (ÁRIDOS)							
75	S.M.C.C. (CARGAS ESPECIALES)							
79	EQUIPO DE PESCA Y DE SUPROCESO							
	SISTEMAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA CARGA							
	TOTAL BUQUE							

Por el contrario, sí hemos modificado el encabezamiento para las diferentes columnas de tipo de gastos, más acorde con los criterios generales de contabilidad.

Tabla 5 - Soporte real de un presupuesto

	DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO				GASTOS DE VENTA O COMERCIALES	GASTOS DE ESTRUCTURA	TOTAL
		COSTE DE MATERIALES	MANO DE OBRA	SUBCONTRATACION	OTROS GASTOS DE FABRICACION			
	0.- Proyecto							
	1.- Casco y puente							
	2.1 equipo de gobierno							
	2.2 equipo fondeo, amarre y remolque							
	2.3 Arboladura y jarcia							
	2.4 Medios de cierre							
	2.5 Accesos barandillas etc							
	2.6 medios salvamento							
	2.7 habitación alojamientos							
	2.8 equipo de fonda y hotel							
	2.9 equipo acondicionamiento alojamen.							
	2.10 equipo naveg.y comunic. (Armador)							
	2.11 material náutico							
	2.12 medios contraincendios							
	2.13 varios							
	3.- MAQUINARIA DE CUBIERTA							
	4.- MAQUINARIA PRINCIPAL							
	5.1 Grupos electrógenos							
	5.2 equipos circulación y refrigeración							
	5.3 equipo de arranque motores							
	5.4 equipo manejo combustible							
	5.5 equipo lubricación							
	5.6 equipo auxiliares de casco							
	5.8 hélices transversales							
	5.9 Tanques varios no estructurales							
	5.10 varios							
	6.1 Refrigeración agua dulce y salada							
	6.2 Combustible							
	6.3 Lubricación							
	6.4 Arranque motores							
	6.5 Escapes							
	6.6 Achique, baldeo y C.I.							
	6.7 Sanitarios							
	6.8 Sondas y suspiros							

1.5. BASE DEL APRENDIZAJE

La *gestión del conocimiento* constituye probablemente el *recurso disponible* de mayor interés en muchas organizaciones empresariales. Coincidiendo con esta apreciación, en un documento de KPMG Peat Marwik (1996), haciendo referencia a algunas ideas y sugerencias en relación al camino a seguir por los empresarios y directivos de empresa, se manifiesta el convencimiento firme de que “la gestión del Conocimiento es un aspecto determinante para favorecer la permanente innovación y la mejora continua de las organizaciones”.

Afortunadamente, todas las organizaciones tienen una cierta capacidad de aprender, pero el proceso eficaz del aprendizaje no coincide con las iniciativas individuales de los miembros de la organización y, por ello, el aprendizaje es un cometido corporativo que requiere un nivel elevado de sensibilización para la gestión de los procesos de aprendizaje.

En el estudio que Peat Marwik realiza sobre un número considerable de empresas, concluyen que existen determinadas variables que influyen en el proyecto de aprendizaje de las mismas. Entre otras cuestiones, opinan que las empresas *pequeñas* tienen una mejor predisposición a los factores culturales y de liderazgo, y que sus estructuras organizativas son más acordes con la comunicación y transmisión de conocimiento. También la edad de las empresas tiene incidencia en este proceso y sucede que las empresas *más jóvenes* son más proclives a aprender que las de mayor antigüedad. Por último, respecto a la estructura de la propiedad del *capital*, parece ser que las organizaciones con capital extranjero muestran una mejor actitud en lo que hace referencia al desarrollo de comportamientos y mecanismos de aprendizaje. Por el contrario, las organizaciones de *capital público* muestran niveles que en el informe llaman claramente inferiores.

Posiblemente estas variables analizadas tienen un reflejo no muy satisfactorio en la trayectoria real de nuestros astilleros, por cuanto que casi con generalidad se dan, sobre todo para los principales, un *tamaño* importante, una *antigüedad* considerable y una *participación del sector público* también considerable, en algunos.

En este propósito de introducir a los astilleros en el grupo de las organizaciones que aprenden, la gestión del proyecto del presupuesto de un buque tiene su máxima expectativa.

La gestión del presupuesto de un buque debe estar imbricada en la gestión del astillero en su conjunto, máxime cuando se reclama para el presupuesto un carácter multiconocimiento en relación muy estrecha con competencias directamente asumidas por otros gestores del proyecto de construcción del buque (administración, producción, proyecto, etc.) con quienes deberá ser interlocutor constructivo.

El proyecto de “organización que aprende” pretende basarse en la existencia de fuertes vínculos positivos entre los distintos elementos que configuran un modelo de gestión direccionado al aprendizaje.

Sin pretender ser exhaustivos, algunos de los elementos considerados en el modelo que desarrolla Peat Marwick, son:

- Orientación al cliente
- Humildad
- Confianza
- Diversidad de opiniones
- Responsabilidad Social
- Cultura
- Estilo de liderazgo
 - Líderes aprendedores
 - Líderes facilitadores del aprendizaje de las personas
 - Líderes abiertos al entorno
 - Líderes accesibles y preocupados por las relaciones humanas
- Principios y Sistemas de Gestión de Empresas
- Tecnología de la Información y Comunicación
 - Utilización de la tecnología para mejorar los flujos de información entre personas
 - Las personas reciben la formación tecnológica adecuada por la empresa
 - La empresa está orientada hacia el uso de la tecnología de soporte para la mejora de la gestión de conocimiento

- Estructura organizativa
 - Orientación proactiva de la estrategia
 - Flexibilidad de participación de las personas en la visión y la estrategia
 - Nivel de participación de las personas en la visión y la estrategia
 - Continuidad del proceso de reflexión estratégica

Para estos y otros elementos del modelo desarrollado, Peat Marwick concluye que “los elementos del modelo conforman un sistema altamente interrelacionado”, y esta consideración es muy relevante para abordar cualquier proceso de cambio, dado que “los distintos elementos no son independientes unos de otros, estando su avance condicionado por la existencia de un planteamiento global”.

Tratando de describir primero los elementos centrales del modelo, y su cuantificación, después, se confirma que:

- “Los principios o ideas rectoras de una organización están ligadas al desarrollo de un clima de aprendizaje.
- El favorecimiento del aprendizaje de la experiencia a nivel de las personas es también un factor altamente ligado al modelo.
- La visión sistemática, ... el hecho de que la empresa analice los problemas con visión generalizadora, viendo interrelaciones entre distintas áreas, entre distintos momentos de tiempo, en relación al entorno, etc. está fuertemente ligado a la habilidad para crear y trabajar en equipo.
- El favorecimiento de un enfoque proactivo en las personas ... tiene unos niveles de correlación muy fuertes.
- La capacidad de liderazgo presenta correlaciones muy altas con todos los factores que están relacionados al aprendizaje individual y al equipo.
- La confianza y la diversidad son los elementos más interrelacionados de entre los valores culturales.
- Todos los elementos relativos al estilo de liderazgo orientado al desarrollo de las personas ... presentan fuertes correlaciones.
- La flexibilidad de la estructura organizativa y de los procesos de trabajo es otro de los elementos centrales del modelo”.

A modo de referencia más cuantitativa, los elementos, tomados de dos a dos, con una correlación en torno al 0,7 son los siguientes:

- “Aprender de la experiencia/ Compartir información. ... Se desprende una fuerte vinculación entre la capacidad de una organización de aprender de su experiencia y la existencia de mecanismos que permitan a las personas compartir información y conocimiento.
- Creatividad/ Aprendizaje de la experiencia. ... En la medida en que en cada puesto de trabajo se fomenta la no separación entre pensar y hacer, se multiplican las oportunidades de nuevas ideas.
- Proactividad de las personas/ Experimentación y Creatividad. .. Siendo el fomento de la innovación uno de los estímulos del desarrollo de las teorías sobre el aprendizaje organizacional, el fuerte vínculo hallado viene a corroborar el énfasis que las teorías del aprendizaje organizacional ponen sobre el desarrollo de las personas.
- Creatividad/ Diversidad. ... La interrelación entre el valor cultural de la diversidad y el desarrollo de la creatividad es muy importante.
- Equipo/ Visión sistemática. ... En la medida en que los problemas son cada vez de mayor complejidad, la capacidad de entenderlos en su totalidad y de buscar soluciones pasará por la capacidad de trabajar en equipo.
- Estructuras menos jerarquizadas/ Equipos. Los niveles de desarrollo de la capacidad de diálogo y de las estructuras organizativas orientadas al equipo y más planas están muy relacionados. ... Unas estructuras más orientadas a la comunicación “obligan” a las personas a entenderse, provocando una inquietud por aprender a dialogar.
- Desaprender/ Estrategia orientada al futuro. ... la reflexión estratégica orientada a crear futuro está muy ligada a la habilidad para desaprender. El aprendizaje generativo implica cuestionar los supuestos básicos y los marcos de actuación en los que nos movemos. No es posible anticiparse al futuro si no se tiene una actitud favorable a la sustitución del conocimiento obsoleto por nuevo conocimiento.
- Liderazgo Facilitador/ Enfoque proactivo de las Personas
- Sistemas de Gestión de Personas/ Desarrollo de Actitudes y Comportamientos
- Etc.”

Por el contrario se han encontrado niveles menores de correlación entre otros elementos, tales como:

- “Aprendizaje / Cambio
- Orientación al Cliente/ Aprendizaje
- Aprendizaje del Exterior/ Aprendizaje a nivel interno
- Tecnología de la Información/ Aprendizaje
- Responsabilidad Social/ Resto de Factores”

Esta menor correlación entre estos factores no pretende prejuzgar que los mismos no influyen en la capacidad que una organización tenga para el aprendizaje, sino que simplemente significa que, en el nivel actual de las empresas consideradas en este informe, estos factores no tienen, en ese momento, un comportamiento fuertemente vinculado al resto de los factores.

En contexto parecido al del aprendizaje en la empresa se pronuncia J. J. Rebolo (2001) en el artículo “Formación e información como estrategias de gestión para el cambio tecnológico-organizativo de la empresa”. De su trabajo recogemos, en relación a este asunto, la necesidad de generar habilidades en la empresa que le permitan revitalizar su eficacia y mejorar su eficiencia estableciendo una *cultura del aprendizaje* para poder acometer los procesos de reingeniería, necesarios para la reducción de costes, y que inciden en nuevos esquemas de organización y en la utilización de nuevas tecnologías. Entre los propósitos de la nueva organización hace referencia, entre otras cuestiones, a la organización más orientada al *proceso*, y a que los sistemas de *incentivos a la productividad* podrían encontrar un soporte válido en la base del presupuesto y su verificación.

1.6. COSTE DE LAS INEFICACIAS

Un debate interesante que se podría plantear en este punto es el criterio válido a utilizar al elaborar el presupuesto de un buque. ¿Deben trasladarse al presupuesto de un buque las *ineficiencias* de la empresa?

Desde el punto de vista más teórico de la gestión de empresas, el presupuesto no debería asumir las ineficiencias de la empresa, añadiendo a continuación que el mercado no es capaz de asumir estas ineficiencias, que podríamos llamar costes de la no calidad. En el debate de esta cuestión resulta interesante mencionar la definición de “empresa fantasma” (aquí utilizaremos la acepción de “buque fantasma”), que cita L. Guerrero López (Tesis doctoral en Ingeniería Naval, 1997). Se definiría este buque fantasma como el resultado de todas las ineficacias del astillero en todas sus funciones, y el coste que debiera asignarse a estas ineficiencias, a veces, y falta de calidad otras veces, se engrosaría con partidas provenientes de las horas de paro, esperas por errores en la programación, tasa muy elevada de absentismo, accidentes, errores en la formulación de pedidos, mensajes contradictorios entre contrato y especificación, costes de garantías exagerados, penalizaciones por retraso, etc.

La mejora de la productividad en un astillero que pretenda realmente ser competitivo deberá tratar de mejorar en eficacia y eliminar “desperdicios”. Por la interesante contribución que T. Lamb realiza al estudio de la productividad de diversos astilleros en el mundo, trataremos de estudiar sus conclusiones de productividad en el Capítulo 3. No obstante anticipamos aquí algunas de las aportaciones que realiza en torno a criterios muy próximos a los costes de la no calidad.

T. Lamb (2001) describe de forma genérica cuáles son los siete criterios por los que se originan “*basura*” y que tanto merman la productividad del astillero. Al objeto de visualizar el problema podría considerarse que la construcción del *llamado buque válido* acarrea la construcción simultánea del buque paralelo que llamaríamos *buque basura*.

Según este autor, las siete principales “basuras” o generadores de desechos, y las causas que las originan, en cualquier proceso de fabricación son:

- Producir más material del necesario.
- Producir productos defectuosos.
- El inventario cuesta dinero, espacio y se puede dañar.

- Cualquier movimiento de material que no añada valor es un desperdicio.
- Cualquier proceso de más que no sea valorado por el cliente es un desperdicio.
- Transportar el material no añade valor al producto (si no es parte del proceso).
- Material “en espera” no es material que fluya a través de las operaciones que añaden valor.

La cuantificación de estas partidas sería un ejercicio conveniente para disminuir y minimizar el coste de estos motivos de “desechos y desperdicios”.

Haciendo referencia a los costes de calidad, L. Guerrero López destaca la importancia de los costes de la “no calidad” y la necesidad de implantar sistemas de medición de costes de calidad, no únicamente con el propósito de conocer su coste, sino que como dice este autor, “el objetivo de todo sistema de costes no es solamente conocer su volumen, sino establecer un método sistemático para conseguir la reducción de los mismos”.

En la visualización sugestiva que hace de la no calidad en su identificación con lo que llama “empresa fantasma”, la define como aquella que, dentro de la empresa, aglutina todo lo que está mal, tiene errores, las piezas desechadas, intervenciones del sistema post venta, facturas no cobradas, litigios sin fin, almacenes con productos que no valen, errores de estrategia, etc.

Una clasificación que propone para el estudio de los costes de no calidad es su división en:

- Costes de prevención
- Costes de evaluación
- Coste de los fallos internos
- Costes de los fallos externos

Una valoración aportada por este autor supone que el 80% del origen de los fallos que dan lugar a la “no calidad” es debido al equipo directivo, y que solamente el 20% de los fallos se debe a los operarios. Estima que en una muestra de empresas de distintos tamaños y diferentes sectores, el coste total de la empresa fantasma se cifra entre un 20% y un 30% de las ventas. Haciendo referencia al sector naval, opina que la relación coste de calidad/coste de producción es del 40%, lo cual podría dar sentido al

propósito de mejora según procedimientos del “Lean Manufacturing”, y más concretamente, del “Lean Shipbuilding”, conforme lo estudia T. Lamb, y que analizaremos en el Capítulo 3.

Una planta de fabricación bien organizada necesita identificar objetivos y necesita crear *procedimientos*. Es importante enunciar con claridad los objetivos que se pretenden para los estándares de producción. En la filosofía del “Lean Manufacturing” existe un concepto denominado “The 5 Ss” (Sort, Stabilize, Shine, Standardize and Sustain), que podrían traducirse como: clasificar, estabilizar, limpiar, estandarizar y mantener. Las cinco Ss juntas crean un ciclo de mejora continua en todos los procesos, absolutamente crítico para la correcta implantación del “Lean Manufacturing”, y más concretamente, del “Lean Shipbuilding”.

La aplicación de estas teorías a la construcción naval es difícil por tratarse de un sector con menor tradición que el del automóvil en lo que se podría considerar técnicas modernas de gestión, y en particular, debido a las grandes diferencias en cuanto a procesos y plazos de entrega con la industria del automóvil.

La decisión de implantar estos principios debe de venir de la alta dirección del astillero, motivada por las fuerte exigencias y requerimientos del mercado. Los principales astilleros japoneses comenzaron la implantación de estos principios con una elevada involucración de todos los empleados en programas de mejora continua, como personalmente pudimos verificar en visita que realizamos al MITI, en Japón, el año 1983. Adicionalmente se incorporaron otros programas, tales como “estandarización”, flujos de “Just In Time”, “eliminación de desechos y de sus causas”, “implantación de las 5 Ss”...etc. Es difícil cuantificar el éxito de estas medidas para justificar sus excelentes niveles de productividad y eficacia debido a que estos métodos han sido utilizados conjuntamente con otros principios similares de “Total Quality Management” u otros. Lo que sí constituye un hecho es que el resultado final, comparado con las productividades obtenidas por otros astilleros que no han aplicado dichos modelos, ha sido un absoluto éxito y los sitúan como astilleros “world-class”.

Por último, continuando con el informe de T. Lamb (2001), cabe mencionar que la implantación con éxito de los principios del “Lean Manufacturing” no depende exclusivamente de los procesos internos del astillero, sino que es necesaria una estrecha *integración con los proveedores* principales. En realidad, son unos principios que se

deben aplicar a la cadena de valor completa, por lo que los proveedores no se pueden quedar fuera del proceso. Este hecho obliga a tener unas relaciones muy estrechas con el proveedor con altos grados de confianza y de aprendizaje mutuos.

La implantación, en los procesos productivos de cualquier astillero, de los métodos y principios del “Lean Shipbuilding” no es sencilla. Requiere el convencimiento y *compromiso de la dirección* y de toda la organización cubriendo absolutamente todos los procesos, desde la recepción de la materia prima hasta la entrega del buque al cliente, en la misma línea que lo tratan F. Martínez Castro (I.N. Octubre 2002) y otros autores.

Aquellos astilleros que practiquen “Lean Shipbuilding” conseguirán llegar a ser astilleros de primera, astilleros world-class. Los que no lo consigan harán peligrar su supervivencia a medio plazo en un sector tan competitivo.

1.7. MODELOS PRESUPUESTARIOS.

En función del momento y circunstancias concurrentes a la hora de realizar el presupuesto de un buque podemos, al menos, optar por dos modelos diferentes del presupuesto.

1. Presupuesto, sobre buque similar, por modificación de parámetros
2. Presupuesto por desglose de las partidas constituyentes

En los Capítulos 2 y 3 pasamos a desarrollar cada uno de estos modelos.

CAPÍTULO 2

PRESUPUESTO, SOBRE BUQUE SIMILAR, POR MODIFICACIÓN DE PARÁMETROS

CAPÍTULO 2. PRESUPUESTO, SOBRE BUQUE SIMILAR, POR MODIFICACIÓN DE PARÁMETROS

2.1. INTRODUCCIÓN

Se pretende la aplicación de este tipo de presupuesto para el supuesto de que se conozca, con anterioridad, el coste y la estructura del coste de un buque de características *similares* a las del buque que se pretenda presupuestar.

El modelo consistirá básicamente en:

- Identificar el buque *similar*
- Elaborar la *matriz del coste* del buque similar y presupuesto
- Definir los *parámetros a modificar*
- Establecer la *función de sensibilidad* del coste, al modificar los parámetros
- Afectar, por *diferimiento* en el tiempo, la nueva estructura de costes del buque
- Afectar al coste el factor de repetición: *Aprendizaje*

2.2. MATRIZ DEL COSTE DEL BUQUE SIMILAR Y PRESUPUESTO

En este punto se recoge la acepción que para estos efectos se hace de *buque similar*, B_s , al objeto de que el mismo sirva de soporte eficaz para el cálculo del presupuesto del buque de proyecto, B_p .

Para que la utilización del conocimiento del buque similar sea eficiente para el cálculo del presupuesto del nuevo buque, se requiere se cumplan determinadas condiciones:

- Las *dimensiones* del buque de proyecto, B_p , deben diferir poco de las del buque similar, B_s . A los efectos de validez de las funciones que se utilizarán, diferencias lineales de más del 10% podrían ser excesivas.
- Las diferencias en *funcionalidad* del buque B_p , respecto al B_s , deberán tratarse de manera discreta. Asimilamos el término de funcionalidad del buque al tipo de buque al que estamos haciendo referencia, según sea: petrolero, gasero, bulk carrier, portacontenedor, pesquero cerco, pesquero arrastrero, buque factoría, remolcador, etc.
- Se utilizarán como diferenciador de *características* aquellas instalaciones que alejan al B_p de un *buque sencillo*, pues los estudios de los expertos que han trabajado sobre modelos de costes de buques lo han hecho en la acepción de buques contruidos con los requerimientos básicos de simplicidad.
- Además, la mejor fiabilidad del método se basa en que la construcción de ambos buques, B_p y B_s , se pretende para períodos de tiempo relativamente próximos, y se construyan en el mismo astillero, o, cuando menos, con una estructura organizativa y de costes similares y comparables.

En la Tabla 4 del Capítulo 1 hemos recogido el soporte de lo que también entenderemos como matriz del coste del buque similar, B_s .

En relación a la matriz del coste del buque de proyecto, objeto del presupuesto B_p , incluso con el riesgo de ser repetitivos en algunas matizaciones, conviene recordar que los elementos contractuales básicos, el *contrato* y la *especificación* de los buques, B_p y B_s , deben estar soportados sobre el mismo modelo y que, en el caso de que inicialmente no lo estuvieran, habrá que traducirlos al *mismo lenguaje*, cuando menos

en los soportes que servirán de fundamento para la concepción del presupuesto de construcción del buque.

En la Tabla 6 recogemos la matriz del coste/presupuesto en formato de un dígito.

Tabla 6 - Matriz del coste/presupuesto en un dígito

1 DÍGITO	BUQUE XXX	COSTE DE FABRICACIÓN (PRESUPUESTO)				GASTOS DE VENTA O COMERCIALES	GASTOS DE ESTRUCTURA	TOTAL
		COSTE DE MATERIALES	MANO DE OBRA	SUBCONTRAT.	OTROS GASTOS DE FABRICACIÓN			
0	GENERAL							
1	CASCO							
2	CUBIERTA							
3	HABILITACIÓN							
4	MAQUINARIA							
5	SERVICIOS ELÉCTRICOS							
6	SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO PARA LA CARGA							
7	SISTEMAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA CARGA							
	TOTAL BUQUE							

2.3. ESTRUCTURA DEL COSTE DE UN BUQUE

Sin la pretensión de formular un método para la elaboración del presupuesto, sino para aplicaciones de orientación sectorial enfocadas hacia la construcción naval, se han realizado muchos intentos para concentrar en una simple fórmula polinómica, o en una tabla, el desglose del coste de construcción de un buque.

Un autor clásico en la teoría de proyectos, R. Munro-Smith (1975/1998) plantea una distribución en porcentajes del coste de un bulk carrier grande, en los términos siguientes:

	<u>Materiales %</u>	<u>Mano de obra%</u>
Astillero:		
Acero	21	13
Equipo	20	6
Fabricante maquinaria:		
Maq. e inst.	25	0
Otros	<u>15</u>	<u>0</u>
Total:	<u>81</u>	<u>19</u>

Esta distribución del coste parece en la actualidad muy desajustada, por cuanto que supone una carga exagerada en el coste de los materiales, respecto a la actual práctica de construcción, que mantiene una estructura de costes muy diferente, según más adelante se verá.

Recientemente, F. Martínez de Castro (2002) elabora una tabla (Tabla 7) en la que se compara, de forma grosera dice él, la evolución del peso específico de los elementos claves que constituyen el coste de un buque en 1990 y 2000 (no se especifica de qué tipo de buque se trata).

Tabla 7 – Estructura del coste de un buque

PERÍODO	1990	2000	EVOLUCIÓN
Ingeniería	5%	8%	Incremento
MOD Propia	33%	14%	Disminución
MOD Subcontratada	4%	16%	Incremento
Materiales	52%	56%	Incremento
Cargos Directos	6%	6%	Se mantiene

Identificando estas partidas del coste por sus respectivas siglas, podríamos obtener, conocido el coste de un buque B_s , el coste del buque B_p , según la siguiente expresión polinómica:

- Para el año 1990:

$$C_p = 0,05 \frac{Ing_p}{Ing_s} + 0,33 \frac{MODP_p}{MODP_s} + 0,04 \frac{MODS_p}{MODS_s} + 0,52 \frac{Mat_p}{Mat_s} + 0,06 \frac{CD_p}{CD_s}$$

- Para el año 2000:

$$C_p = 0,08 \frac{Ing_p}{Ing_s} + 0,14 \frac{MODP_p}{MODP_s} + 0,16 \frac{MODS_p}{MODS_s} + 0,56 \frac{Mat_p}{Mat_s} + 0,06 \frac{CD_p}{CD_s}$$

De la comparación de ambas expresiones se deduce que durante la década, a juicio de este autor, y respecto al coste total de construcción de un buque, ha aumentado la incidencia del coste de la ingeniería y de los materiales que se adquieren, mientras que, respecto a la mano de obra, se ha reducido su incidencia en el coste total y, además, parece ser que se ha incrementado la práctica de la subcontratación de mano de obra.

Sin embargo es preciso recordar que excepto que se disponga de una información de costes muy actualizada en el buque B_s , y un conocimiento adecuado de la ingeniería, para proyectar el salto, pongamos el caso de $Mat_s \Rightarrow Mat_p$, estos procedimientos de cálculo del presupuesto de un buque son simplemente aproximaciones de urgencia que además, aún cuando tuvieran la virtualidad de

aproximar el alcance del coste del buque B_p , sustraerían el necesario conocimiento de su estructura interna del coste, y por lo tanto de las aplicaciones de control presupuestario y de otras responsabilidades que se atribuyen a la *gestión del proyecto del presupuesto*.

Del artículo de F. Martínez de Castro, “De la Productividad al Coste Total” se puede, además, obtener una válida reflexión en torno al debate entre productividad y costes, al plantear el enfoque de la optimización del coste de un buque, desde la *productividad*, a lo que el autor llama *el coste total*.

En este sentido resulta razonable asumir que las actuaciones encaminadas a afrontar los nuevos cambios, necesarios para la reducción del coste total, inciden en una visión globalizadora del astillero, que deberá incorporar actuaciones coordinadas en los siguientes ámbitos de responsabilidad:

- Ingeniería
- Producción
- Compra de equipos y materiales
- Organización

Una manera de acceder al conocimiento generalista de la estructura del coste de construcción de un buque podría ser la que se derivara de la concepción de un *buque virtual* que se correspondiera con la totalidad de la cuenta de explotación de un astillero durante un período suficientemente largo para que los efectos de las variaciones de obra en curso, inventario inicial y final, etc., pudieran ser aminorados.

En este sentido podríamos asumir una definición de buque virtual, para cada astillero estudiado, y año, que se correspondiera con la respectiva cuenta de pérdidas y ganancias de ese astillero para ese año. Por extensión, podríamos obtener el buque, que llamaríamos virtual, correspondiente a un determinado astillero, durante un período de varios años, y por extensión, el buque virtual que se correspondería con la producción ponderada de una serie de astilleros representativos de la importancia de la construcción naval en un determinado territorio, durante un período concreto.

Razonablemente, el conocimiento de la estructura del coste de los buques virtuales así definidos, supondría una aportación importante al conocimiento general de la estructura del coste de los buques construidos en esas empresas, y del sector de actividad que ellas representan.

Realizado el análisis para nueve astilleros distintos, y asimilando la estructura del coste a la cuenta de gastos, en sus respectivas cuentas de Pérdidas y Ganancias, según se recoge en las cuentas oficiales depositadas en el Registro Mercantil por los astilleros, para el período 1997/2001 se han obtenido los resultados de la Tabla 8.

El formato del coste así obtenido podría identificarse con la estructura del coste de los buques construidos durante ese período, por esos astilleros, en un soporte de conceptos muy próximo al utilizado por Martínez de Castro (2002).

Sucede también, que el conocimiento, en este formato, de la estructura del coste de estos astilleros permite la identificación del trabajo del astillero con la propia composición del coste de los buques que construye ese astillero, sin el prejuicio de suponer que el buque a construir por el mismo tenga que ser un buque completo, producido según el modelo convencional de integración vertical. A los efectos del desarrollo del negocio de un astillero, tan válido es el modelo de construcción completo, sin apenas aportaciones del armador o de los subcontratistas, como lo sería el modelo de un astillero de síntesis, que montara, o ensamblara, elementos suministrados por esos mismos agentes, o que incluso se dedicara a la construcción exclusiva del casco, unas veces, o al montaje, en otras. Por esta razón, en el modelo para elaborar el presupuesto de un buque, será necesario adecuar el alcance de los elementos del coste con el contenido de la especificación de la parte contratada, que forzosamente, no tiene por qué coincidir con la idea del coste del buque completo.

Dicho de otra manera, el modelo de elaboración del presupuesto de un buque deberá basarse en la asunción de la posibilidad de contratación de variados *tipos de pedidos* que no se configuren de acuerdo con un esquema de buque terminado/completo, y que exclusivamente estén formados por aquellos elementos de la obra que se pretenda contratar.

Esta reflexión es oportuna, porque habilita el procedimiento de la elaboración del presupuesto con el objetivo de medir el grado de avance de la construcción, pues, en definitiva, el grado de avance de la construcción estará en relación íntima con el presupuesto de lo que falta por hacer, que conceptualmente no guarda relación con el procedimiento de cálculo, por resta, de lo inicialmente presupuestado menos el coste de lo construido.

Tabla 8 – Estructura del gasto de los astilleros. Período 1997/2001

ZAMAKONA

	2.001	2.000	1.999	1.998	1.997	1997/2001
MATERIALES	24.363.060	25.814.267	22.174.958	25.920.268	10.806.844	109.079.397
SUBCONTRATAS	11.104.252	10.536.663	9.131.572	9.970.135	4.156.812	44.899.435
PERSONAL	4.761.081	3.188.061	3.190.911	3.441.652	1.751.163	16.332.869
GASTOS GENERALES	4.621.647	3.449.048	4.205.814	4.761.103	2.165.524	19.203.136
	44.850.040	42.988.040	38.703.256	44.093.157	18.880.345	189.514.837
MATERIALES	54,3%	60,0%	57,3%	58,8%	57,2%	57,6%
SUBCONTRATAS	24,8%	24,5%	23,6%	22,6%	22,0%	23,7%
PERSONAL	10,6%	7,4%	8,2%	7,8%	9,3%	8,6%
GASTOS GENERALES	10,3%	8,0%	10,9%	10,8%	11,5%	10,1%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

ARMÓN

	2.001	2.000	1.999	1.998	1.997	1997/2001
MATERIALES	28.402.950	18.203.740	21.747.454	20.106.549	24.004.742	112.465.435
SUBCONTRATAS	9.551.925	3.521.936	6.520.562	4.395.656	6.338.494	30.328.573
PERSONAL	4.823.835	3.142.353	6.085.051	3.325.655	4.591.092	21.967.986
GASTOS GENERALES	2.471.074	1.671.121	4.316.244	1.766.283	3.077.686	13.302.408
	45.249.785	26.539.150	38.669.311	29.594.143	38.012.014	178.064.402
MATERIALES	62,8%	68,6%	56,2%	67,9%	63,2%	63,2%
SUBCONTRATAS	21,1%	13,3%	16,9%	14,9%	16,7%	17,0%
PERSONAL	10,7%	11,8%	15,7%	11,2%	12,1%	12,3%
GASTOS GENERALES	5,5%	6,3%	11,2%	6,0%	8,1%	7,5%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

BALENCIAGA

	2.000	1.999	1.998	1.997	1997/2000
MATERIALES	4.871.488	5.105.091	6.992.521	1.092.308	18.061.408
SUBCONTRATAS	1.704.267	2.274.784	1.535.697	687.901	6.202.648
PERSONAL	2.550.755	2.807.535	2.607.022	1.637.568	9.602.880
GASTOS GENERALES	970.047	751.777	1.216.461	1.006.319	3.944.605
	10.096.557	10.939.186	12.351.701	4.424.095	37.811.540
MATERIALES	48,2%	46,7%	56,6%	24,7%	47,8%
SUBCONTRATAS	16,9%	20,8%	12,4%	15,5%	16,4%
PERSONAL	25,3%	25,7%	21,1%	37,0%	25,4%
GASTOS GENERALES	9,6%	6,9%	9,8%	22,7%	10,4%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabla 8 – Estructura del gasto de los astilleros. Período 1997/2001 (continuación)

HUELVA

	2.000	1.999	1.998	1.997	1.996	1.995	1995/2000
MATERIALES	8.995.638	12.784.989	66.427.948	40.364.396	12.044.315	15.581.407	156.198.692
SUBCONTRATAS	0	0	0	0	0	0	0
PERSONAL	6.766.360	25.780.088	28.118.901	13.335.588	4.958.659	9.600.872	88.560.469
GASTOS GENERALES	3.849.303	2.861.527	32.094.281	3.873.641	123.822	3.325.215	46.127.789
	19.611.301	41.426.604	126.641.130	57.573.624	17.126.796	28.507.495	290.886.950
MATERIALES	45,9%	30,9%	52,5%	70,1%	70,3%	54,7%	53,7%
SUBCONTRATAS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PERSONAL	34,5%	62,2%	22,2%	23,2%	29,0%	33,7%	30,4%
GASTOS GENERALES	19,6%	6,9%	25,3%	6,7%	0,7%	11,7%	15,9%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

MURUETA

	2.000	1.999	1.998	1.997	1997/2000
MATERIALES	14.991.003	7.485.381	9.031.036	4.210.181	35.717.601
SUBCONTRATAS	15.065.402	4.561.129	3.493.363	1.537.780	24.657.674
PERSONAL	7.746.117	4.006.675	4.361.206	2.742.164	18.856.162
GASTOS GENERALES	1.517.373	1.301.604	1.190.515	1.328.231	5.337.724
	39.319.894	17.354.789	18.076.120	9.818.357	84.569.160
MATERIALES	38,1%	43,1%	50,0%	42,9%	42,2%
SUBCONTRATAS	38,3%	26,3%	19,3%	15,7%	29,2%
PERSONAL	19,7%	23,1%	24,1%	27,9%	22,3%
GASTOS GENERALES	3,9%	7,5%	6,6%	13,5%	6,3%
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

ASTILLEROS ESPAÑOLES

	2.001	2.000	1.999	1.998	1.997	1997/2001
MATERIALES	0	348.587	14.237.977	64.212.133	197.831.509	276.630.206
SUBCONTRATAS	0	34.906.783	16.047.023	0	92.878.947	143.832.753
PERSONAL	8.503.000	25.194.427	31.571.166	43.375.044	123.555.483	232.199.119
GASTOS GENERALES	8.535.000	6.953.710	7.807.147	9.051.242	7.649.965	39.997.064
	17.038.000	67.403.508	69.663.313	116.638.419	421.915.903	692.659.143
MATERIALES	0,0%	0,5%	20,4%	55,1%	46,9%	39,9%
SUBCONTRATAS	0,0%	51,8%	23,0%	0,0%	22,0%	20,8%
PERSONAL	49,9%	37,4%	45,3%	37,2%	29,3%	33,5%
GASTOS GENERALES	50,1%	10,3%	11,2%	7,8%	1,8%	5,8%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabla 8 – Estructura del gasto de los astilleros. Período 1997/2001 (continuación)

GONDÁN

	2.001	2.000	1.999	1.998	1.997	1997/2001
MATERIALES	7.288.526	21.618.347	14.292.454	6.019.116	5.879.471	55.097.914
SUBCONTRATAS	3.020.516	11.710.225	4.968.836	0	0	19.699.577
PERSONAL	3.962.163	8.173.036	4.210.256	2.186.185	3.688.229	22.219.869
GASTOS GENERALES	28.801	-973.727	1.746.615	2.722.374	2.560.689	6.084.752
	14.300.007	40.527.881	25.218.161	10.927.674	12.128.388	103.102.112
MATERIALES	51,0%	53,3%	56,7%	55,1%	48,5%	53,4%
SUBCONTRATAS	21,1%	28,9%	19,7%	0,0%	0,0%	19,1%
PERSONAL	27,7%	20,2%	16,7%	20,0%	30,4%	21,6%
GASTOS GENERALES	0,2%	-2,4%	6,9%	24,9%	21,1%	5,9%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

ASTANO

	1.999	1.998	1.997	1997/1999
MATERIALES	115.621.510	56.141.214	30.579.217	202.341.942
SUBCONTRATAS	65.962.156	37.007.966	31.655.780	134.625.902
PERSONAL	38.528.391	44.499.793	44.913.225	127.941.410
GASTOS GENERALES	14.619.229	5.746.505	-2.836.561	17.529.173
	234.731.288	143.395.478	104.311.661	482.438.426
MATERIALES	49,3%	39,2%	29,3%	41,9%
SUBCONTRATAS	28,1%	25,8%	30,3%	27,9%
PERSONAL	16,4%	31,0%	43,1%	26,5%
GASTOS GENERALES	6,2%	4,0%	-2,7%	3,6%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

FREIRE

	2.001	2.000	1.999	1.998	1.997	1997/2001
MATERIALES	8.392.307	18.926.980	7.019.702	14.791.940	13.199.955	62.330.884
SUBCONTRATAS	13.423.653	16.713.306	2.014.466	9.094.883	15.131.890	56.378.198
PERSONAL	6.772.596	9.396.140	2.984.158	8.994.773	7.581.221	35.728.889
GASTOS GENERALES	5.928.951	7.211.210	1.796.316	5.473.620	5.317.392	25.727.488
	34.517.507	52.247.635	13.814.642	38.355.216	41.230.458	180.165.459
MATERIALES	24,3%	36,2%	50,8%	38,6%	32,0%	34,6%
SUBCONTRATAS	38,9%	32,0%	14,6%	23,7%	36,7%	31,3%
PERSONAL	19,6%	18,0%	21,6%	23,5%	18,4%	19,8%
GASTOS GENERALES	17,2%	13,8%	13,0%	14,3%	12,9%	14,3%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

También, supone la necesidad de desmarcarse de la concepción siempre vinculada al coste de un buque completo y sustituir el objeto del presupuesto por el coste de las partidas integrantes del trozo de artefacto contratado. De hecho, convendría identificar lo que falte para la terminación de un buque, con el objeto de un hipotético contrato de construcción de un artefacto que consistiera en lo que falta por construir, y por lo tanto, presupuestar.

Al objeto de disponer de una información que ilustre sobre el grado de heterogeneidad de la estructura del coste de los distintos *artefactos* construidos en los diferentes astilleros, se ha procedido a la elaboración de una tabla que recoge para cada astillero la estructura de sus respectivos costes para el período estudiado.

Análogamente, hemos elaborado la estructura del coste del buque virtual que podría representar el volumen ponderado de la producción conjunta de esos astilleros, durante el período estudiado.

Podría decirse que los *buques virtuales* construidos en esos astilleros, y en el conjunto de ellos, durante el período 1997/2001, tienen la estructura de coste reflejada en la Tabla 9, y su correspondiente Gráfico 4.

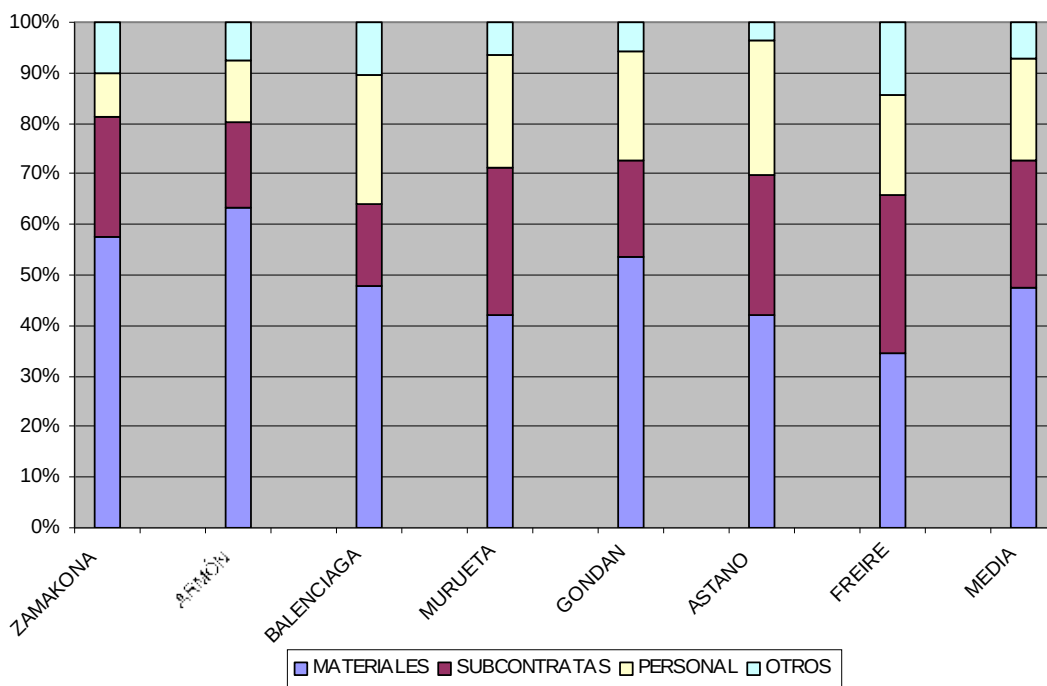
Por la incidencia que tiene el mayor de los astilleros estudiados, ASTILLEROS ESPAÑOLES, y el proceso de fusión en una nueva estructura empresarial, hemos prescindido de la utilización de los datos correspondientes al mismo en el cálculo ponderado de la estructura del coste del que podríamos denominar buque virtual del resto de los astilleros. También hemos eliminado de la elaboración la información de ASTILLEROS DE HUELVA por el desencaje que supone el tratamiento de un astillero sin partida de subcontratación.

Se puede apreciar en este gráfico que la incidencia de los materiales en el coste total pasa de 63,2%, en un astillero, a un 34,6% en otro, de la misma manera que la repercusión en el coste total pasa de un 31,3% al 16,4 % para el caso de las subcontratas, o del 26,5% al 8,6%, en el caso de la mano de obra, sin que por estos datos se pueda argumentar la conveniencia de un modelo de astillero a otro, salvo que simultáneamente se introdujeran criterios de rentabilidad, lo cual no es el propósito directo de este trabajo.

Tabla 9 – Estructura de coste del buque virtual

	MATERIALES	SUBCONTRATAS	PERSONAL	OTROS	TOTAL
ZAMAKONA	57,6%	23,7%	8,6%	10,1%	100,0%
ARMÓN	63,2%	17,0%	12,3%	7,5%	100,0%
BALENCIAGA	47,8%	16,4%	25,4%	10,4%	100,0%
MURUETA	42,2%	29,2%	22,3%	6,3%	100,0%
GONDAN	53,4%	19,1%	21,6%	5,9%	100,0%
ASTANO	41,9%	27,9%	26,5%	3,6%	100,0%
FREIRE	34,6%	31,3%	19,8%	14,3%	100,0%
MEDIA	47,4%	25,2%	20,1%	7,3%	100,0%

Gráfico 4 - Estructura de coste del buque virtual



El conocimiento del coste de un buque, B_s , enunciado en su formato de matriz de costes, es el soporte más valioso para la realización del presupuesto del buque a proyectar, B_p , cuando entre ambos buques se pretendieran introducir cambios debido a:

- Circunstancias derivadas del cambio de valor de los elementos o variables del coste, fundamentalmente basadas en el paso del *tiempo*.
- Cambios objetivos de la estructura y/o dimensionamiento del buque introducidos en el *proyecto* del nuevo buque.

Sucede que la matriz del coste de construcción de un buque aporta una información muy valiosa del desglose del coste del mismo, de manera que sin gran esfuerzo conceptual se puede disponer de una herramienta de cálculo válida para realizar, en el presupuesto, los ajustes que se pudieran derivar de cambios en la estructura de costes del astillero y de su entorno, afectados por el paso del *tiempo* y relacionados con:

- Mejoras de productividad introducidas en el astillero debido a mejoras en rendimientos originados por cambios organizativos o inversiones tecnológicas.
- Evolución del coste laboral por convenios.
- Cambios en la estructura del astillero, tanto en el peso del equipo directivo como de la estructura de indirectos, en general.
- Evolución general de los indicadores de inflación, u otros ajustes más afinados, si se disponen.
- Conocimiento previsible de la estructura financiera de la empresa, y coste esperado del dinero.
- Circunstancias de la estructura del coste de las empresas de subcontratación.
- Paridad de la divisa.
- Etc.

En general, el debate y ajuste del coste derivado por estos cambios podrá encontrar un soporte conceptual y cuantitativo válido en la matriz de costes del buque similar.

A los cambios ocasionados por la modificación de los parámetros técnicos, o características del buque, en la definición del *proyecto*, se les asignará un enfoque especial, consistente en tratar de inferir la incidencia económica que el cambio de esos

parámetros o características técnicas del buque induce en los elementos del coste afectados, en el nuevo buque a presupuestar.

2.4. OPTIMIZACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Los criterios de optimización del coste de un buque vienen establecidos, principalmente, desde la fijación de los elementos base del proyecto, en lo que habitualmente se define como anteproyecto, o proyecto básico del buque. Por esta circunstancia, es imprescindible poner a disposición del proyectista aquellos criterios que, con aproximadamente la misma valía técnica, suponen en la construcción del buque criterios económicos que deberán preservarse.

Sin embargo resulta a veces difícil discernir el pretendido ámbito exclusivo de la ingeniería del proyecto, de la también ingeniería que pretende hacer un debate sistemático de la metodología de la optimización, considerando como factores a optimizar los llamados tradicionalmente factores técnicos y los que podrían llamarse factores económicos, y que muchas veces constituyen un conflicto de intereses tanto para el proyecto económico de construcción de un buque, como para el proyecto económico de su explotación posterior.

En el debate de estos conflictos de intereses, H. Schneekluth & al. (1998) tratan de la complejidad de una metodología de optimización, no solamente por la necesidad de encontrar algoritmos que resuelvan las mejores soluciones para las alternativas discutidas, sino, principalmente, por la dificultad que supone la definición de los límites y criterios de valoración de algunos valores desconocidos o inciertos, como por ejemplo la evolución desconocida de los precios de los elementos y/o variables del coste de construcción del buque, y otros criterios diferentes, respecto a los criterios económicos de la explotación. En este sentido, la dificultad del planteamiento de optimización se centra en la fijación de objetivos, valorando el relativo perjuicio, o ventaja, de un cumplimiento parcial de uno de los objetivos, frente al cumplimiento, parcial también, de otro de los objetivos, condicionando uno de ellos el espectro de validez del otro.

Algunos autores, P. Sen (1992) y T. Ray & O.P. Sha (1994) definen este debate de optimización en lo que podría llamarse “optimización multi-criterio”, bien entendido que esta expresión no debe tomarse literalmente, debido al hecho evidente de que, en la mayoría de las aplicaciones, la propia definición constituye una declaración que no tiene sentido. No tiene sentido pronunciarse de modo absoluto sobre la solución técnicamente mejor, y la más barata.

R. Alvariño & al. (1997) recogen, cómo a mediados de los 60, pero principalmente en los años 70, debido en parte a la incorporación del uso de los ordenadores, se realizaron muchos trabajos interesantes sobre modelos de optimización. El enfoque más general que se pretendía con este tipo de trabajos estaba vinculado al *nuevo* debate de la “optimización” de los cambios a introducir en los parámetros básicos del buque, y muchas veces no tan básicos, y su incidencia en el resultado de explotación de ese nuevo buque de proyecto. Las ecuaciones de optimización, con las limitaciones que Fisher, Schneekluth y otros autores apuntan, tienen una validez limitada al conocimiento de los costes de capital y operacionales, en función de los parámetros básicos del buque, y esto no es tan fácil. En este mismo sentido R. Alvariño & al. tratan el tema de la optimización como una metodología muy compleja y limitada en resultados, debido al gran número de constreñimientos, dicen ellos, y al gran número de variables-objetivo a tener en cuenta, coincidiendo en esto con Schneekluth.

H. Schneekluth & al. (1998) proponen dos planteamientos para asumir el debate de optimización multi-criterio:

- seleccionar alguno de los criterios a optimizar y formular los otros criterios como contradictorios.
- realizar una suma ponderada de los efectos beneficiosos que aporta el cumplimiento relativo de lo que podría llamarse “compromiso óptimo”.

En general sucederá que una combinación adecuada de ambos planteamientos podría resultar lo más conveniente, pero con frecuencia resulta más eficiente la utilización del primer procedimiento, pues la práctica del segundo procedimiento plantea muchísimas dificultades por cuanto supone de arbitraria la elección de los coeficientes de valoración. Todavía el planteamiento resulta más complejo cuando, como es el caso de la elaboración o discusión del anteproyecto, no solamente se está pretendiendo optimizar el coste del buque, incluso puede que ni siquiera sea un objetivo confesable, sino que se pretenda optimizar el proyecto del buque con criterios de explotación del mismo, en un futuro en el que las incertidumbres a manejar serán considerables.

En este sentido, resulta difícil encontrar un informe de optimización del proyecto de un buque que no haga referencia a los efectos económicos que supuso el incremento del coste de combustible originado por los sucesos de 1973. Esta circunstancia obligó a

alejarse, en el proyecto de un nuevo buque, del procedimiento generalmente adoptado de proyectar el mismo basándose, para la fijación sus dimensiones principales, en la estadística de los buques previamente existentes, y supuso, por la misma razón, un cambio sensible del diseño del tipo de buque petrolero construido en Japón, cuya definición básica se sustentaba en un bajo precio de combustible, y por ende, un altísimo coeficiente de bloque.

Incluso sucede que los estudios de sensibilidad para la optimización del proyecto de un buque introducen variables que, además de hacer referencia a las características del propio buque, guardan relación con:

- las características del tráfico, e incluso, como un factor más especializado,
- el propósito de optimización de la propia flota del armador

En este marco de complejidad, R. Alvariño & al. recalcan cómo a partir de estos estudios “se hizo posible cuantificar en términos técnicos y económicos la importancia de utilizar el máximo calado para graneleros, el beneficio potencial de reducir la relación eslora-manga y la influencia de la velocidad en el coste del transporte. Cuando se desarrollaron técnicas de optimización no lineales como el SUMT (Sequential Unconstrained Minimization Technique) se pudieron aplicar técnicas de búsqueda más eficaces, se tuvo capacidad para incorporar a los modelos más variables de proyecto, y tenerse en consideración la influencia de mayor número de constreñimientos.”

Un debate que debe condicionar la utilidad de los trabajos de optimización es la permanente cuestión del *análisis vs empiricismo*, y posiblemente, el desarme dogmático respecto a esta dualidad será el método adecuado. En este sentido, K. W. Fisher (1973) introduce en su trabajo “The relative Cost of Ship Design Parameters” este debate.

Para la selección de las *mejores alternativas* del proceso de optimización será necesario poder compararlas en términos económicos. Algunas variables del coste de un buque, y de su explotación futura, están determinadas por el coste del dinero y el tiempo disponible para amortizar dicho buque, o la mejora que se pretende introducir en el mismo.

Efectivamente, en el cálculo de los costes de explotación de un buque es necesario introducir la tasa de interés, o descuento aplicable, y la vida útil aplicable a los elementos del buque o al propio buque.

La formulación más básica aplicable para el cálculo del valor actual de una deuda, a pagar dentro de n años, será:

$$V_o = \frac{V_n}{(1+i)^n}$$

y la expresión por la que se determina el valor de la anualidad, A , para amortizar durante n años una deuda, V_o , a una tasa de interés determinado, i , será:

$$A = \frac{V_o \cdot i (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

La utilización de tales expresiones tendrá especial interés al aplicarlas a los aspectos que limitan, por ejemplo, el dimensionamiento básico de un buque. No cabe duda de que el dimensionamiento básico de un buque encuentra casi siempre un aliado favorable en el tamaño creciente de los buques por cuanto que resulta evidente que un mayor tamaño del buque disminuye los costes unitarios. Sin embargo, no es razonable suponer un crecimiento indefinido del tamaño del buque, pues surgirán limitaciones derivadas de condiciones especiales del tráfico, como calado, y por lo tanto puntal, manga de las gradas de construcción o de los diques de varada para reparación, esloras o mangas permitidas en puertos o paso por canales, etc. Incluso la limitación del tamaño del buque podría derivarse de la especialidad de los tráficos de la empresa armadora, y/o de sus limitaciones económicas. También resulta, en determinadas circunstancias, que otro tipo de matizaciones pueden constituir el motivo de la limitación del dimensionamiento de un buque, y que su tamaño definitivo esté sometido a criterios menos técnicos, en los que el coste del dinero y el cálculo de la anualidad de amortización pueden resultar definitorios.

En un escenario de tal complejidad, en los proyectos de optimización podrían ser muchas las variables a ser tomadas en consideración. A juicio de H. Schneekluth & al. (1998) las aplicaciones más interesantes han sido:

- I. L. Buxton (1976): plantea que las consideraciones que se deben tener en cuenta para optimizar el tamaño del buque son, entre otras, el incremento

anual del transporte marítimo, la velocidad de manipulación de cargas, la seguridad de cerrar viajes con carga de ida y vuelta, los contratos de carga a largo plazo, los transportes a largas distancias, el coste reducido del buque, etc.

- H. Söding (1977): estudia la optimización del peso de acero con mamparos corrugados.
- H. Gudenschwager (1988): desde una ecuación fundamental, $\nabla = C_b \cdot L \cdot B \cdot T$, y otros criterios económicos y técnicos aporta un modelo de optimización para el proyecto de buques ro-ro que incluye 57 variables-objetivos, 44 ecuaciones, y 34 constreñimientos.
- R. Alvariño & al. (1997): estudian la incidencia de siete variables-objetivo para determinar la variación del flete mínimo requerido “FRM”, considerado como un factor de mérito. Las variables-objetivo analizadas son las siguientes:
 - Factor de ocupación de la carga
 - Coste de construcción del buque
 - Costes operacionales (globales)
 - Coste del combustible
 - Número y coste de los tripulantes
 - Estadías en puerto y retrasos
 - Vida útil del buque
- G. Polo & R. Amman (1974) presentan en las *X Sesiones técnicas de la Ingeniería Naval* un estudio centrado en las consideraciones sobre la economía en los costes de combustible y el proyecto de buques.

Ante modelos tan complicados, no en la resolución, sino fundamentalmente en la formulación, debe mediar el buen juicio del proyectista incorporando paso a paso las variables y las complejidades, tratando de aislar variables básicas y evitar *ruidos* que inevitablemente se producirán en un modelo excesivamente complejo. Un debate razonado entre astillero y armador requiere el tratamiento sistemático del coste de las alternativas que se debaten, incorporando a los cambios que se plantean el conocimiento del coste de los mismos para tener elementos de comparación entre el coste de la alternativa y el proceso de amortización de esta inversión.

2.5. MÉTODOS CUANTITATIVOS. MODIFICACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS

Se pretende poder determinar la influencia que la modificación de los parámetros básicos del buque tiene en la estructura del coste en el buque B_p , tomando como base el conocimiento de la matriz de costes del buque similar, B_s .

Los parámetros básicos, cuya modificación tiene una incidencia importante en la estructura del coste de un buque, son los siguientes:

- Modificación lineal de la eslora (L), manga (B) y puntal (D)
- Modificación del coeficiente de bloque (C_b)

Habitualmente, el debate del ajuste de los parámetros técnicos de un buque, con el propósito de optimización del mismo, surgirá del empeño de tratar de mejorar las oportunidades de explotación del buque. El *armador* formulará las propuestas de modificación o ajuste de las características del buque con el propósito de optimizar el buque desde el punto de vista de la explotación, y el *astillero* deberá poder interpretar la incidencia que estas modificaciones pueden generar en la estructura del coste del buque a construir. Incluso, deberá estar en disposición de sugerir las modificaciones que, satisfaciendo los requerimientos técnicos demandados, aporten la solución constructiva más económica para el astillero. El astillero deberá por lo tanto duplicar el esfuerzo para encontrar no sólo una buena solución técnica del problema, sino que deberá determinar, de entre las alternativas técnicas disponibles, la más económica. Para ello deberá extender el conocimiento exclusivamente técnico/funcional de la transformación a un conocimiento técnico/económico de cómo influye en el coste la modificación de determinados parámetros básicos del buque.

Conviene además recordar que la adecuación de las características técnicas de un buque, al modificar alguno de sus parámetros principales, puede afectar a la evolución del coste del buque de un modo discreto, por cuanto que pequeñas modificaciones lineales de alguno de los parámetros podrían coincidir con puntos de discontinuidad en la estructura del coste de muchos elementos. Esta *discontinuidad* en la estructura del coste podría deberse, algunas veces, al modo discontinuo de fabricación de las gamas de esos elementos, y, otras veces, podría deberse a los saltos, discretos también, en las

exigencias de las normas que muchos reglamentos de las sociedades de clasificación introducen.

En general, el debate por el que se modificarán las características básicas de un buque obedecerá a *criterios de optimización* que deberán ser validados, desde el punto de vista del armador, por la *justificación económica* que ese cambio introduzca.

Pero al estimar la variación del coste del buque, o de alguno de sus elementos, al modificar los parámetros del buque, debe estudiarse si la modificación en el coste tiene una variación *continua* con la variación del parámetro, pues podría suceder que una pequeña modificación de un parámetro tuviera una repercusión *discreta* en el coste por ser su campo de variabilidad interpretable por tramos.

En general, los que podríamos denominar parámetros más técnicos en Ingeniería tienen un discurrir continuo en su dimensionamiento. Sin embargo, suele suceder en la aplicación de algunos reglamentos, que las modificaciones se acumulan en determinados puntos del *continuum*, creando concentraciones en algunos puntos del intervalo. Esto genera lo que podríamos llamar condicionantes *paragraph*, por estar establecidas de acuerdo con algún párrafo del Reglamento. Estamos pensando en casos como, por ejemplo: el arqueo de un buque; la fijación de tripulaciones, y por lo tanto, la habilitación del buque; el numeral del buque, y por lo tanto, su equipo de amarre y fondeo; etc.

En general habrá que prestar una atención especial al hecho posible de que al modificar alguna de las características técnicas del buque, pudiera suceder la coincidencia de un salto discontinuo en algunos de los reglamentos de aplicación introduciendo un salto a veces no aceptable en los criterios de explotación del buque. Las aplicaciones de discontinuidad más importantes hacen referencia a los reglamentos y reglas de los aspectos que regulan el arqueo, la fijación de tripulaciones, los reglamentos de paso por canales, los que limitan el tamaño para entradas en puertos, etc. Un caso sugerente de la incidencia de tales consideraciones podría venir a cuento al recordar que 32,24 m. es la máxima manga para el paso por el Canal de Panamá y lo que supondría de catastrófico plantear variaciones, por motivos del coste, de la manga del buque, sin tener en cuenta la visión global del proyecto.

Al definir las características técnicas de los equipos e instalaciones de un buque es también preciso recordar el dimensionamiento escalonado de las prestaciones de los

mismos. Podría suceder que una vez determinada la potencia eléctrica instalada a bordo, la modificación de las características de potencia de algún elemento consumidor, instalación frigorífica, por ejemplo, arrastrara la necesidad de modificación de la potencia instalada, elemento muy importante en la elaboración del presupuesto. Posiblemente el caso más característico de crecimiento discontinuo de la gama de prestaciones podría ser el caso de la definición de la potencia de propulsión instalada, BHP, cuya modificación, por alteración de algún parámetro que la afectara, podría obligar a un salto discreto de la potencia, y por lo tanto del coste.

Simplemente a efectos de toma de contacto con un supuesto real hemos recogido, de la publicación del suplemento “listado de motores marinos” del nº 800 de *Ingeniería Naval*, la evolución, a saltos, de la potencia, en KW, de una serie de motores fabricados en un astillero público español, todos ellos del mismo tipo y mismas r.p.m.

Tabla 10 – Motores marinos. Pesos unitarios

TIPO	NºCILINDROS	KW	Δ KW %	Kg/BHP
S60MC	4L	8.160		24,55
S60MC	5L	10.200	25	22,95
S60MC	6L	12.240	20	22,24
S60MC	7L	14.280	17	21,69
S60MC	8L	16.320	14	21,13

La Tabla 10 podría ilustrar sobre la evolución discreta de la gama de potencias para motores *similares* y la consecuente modificación importante en costes, aún cuando el diferencial de potencia a establecer entre buque *similar* y *proyecto* fuera pequeño, por incidir esta modificación de potencia en un cambio discreto de la gama de fabricación de esa serie de motores. También requiere consideración especial la evolución del peso de la unidad de potencia, pues su evolución podría ser un reflejo bastante fiable de la evolución del coste de dichos motores, de acuerdo con el aforismo que más adelante se utilizará de que, en un buque, *lo que pesa, cuesta*.

H. Schneekluth & al. (1998) aportan un enfoque de interés para la aproximación entre el coste del equipo propulsivo y los requerimientos del proyecto, en las

circunstancias derivadas por la discontinuidad en la gama de fabricación de los motores, y en relación al número de cilindros. De hecho constituye una práctica habitual la realización del ajuste de la potencia instalada en relación a la determinación del número de cilindros del motor, pues la fijación previa del tipo de motor puede ser un requerimiento previo al ajuste definitivo de la potencia. Pero con el mismo espíritu restrictivo que estos autores asignan al criterio de evolución descendente del coste unitario de la potencia instalada, estas estimaciones tienen una aplicación adecuada cuando se utilizan en un proceso de comparación, entre los requerimientos de potencia, entre buques similares.

La inquietud por desarrollar fórmulas que vincularan características básicas del proyecto de un buque con el coste del mismo ha constituido un enfoque recurrente en determinadas especialidades de la ingeniería naval. En realidad, con estos procedimientos no se pretende sustituir el procedimiento *normal* del cálculo de presupuesto del buque, pero constituyen intentos interesantes para buscar esa primera aproximación al coste de un buque. Sin embargo, el verdadero interés de este tipo de aplicaciones consiste en conocer la tendencia y el orden de afectación que un cambio de los parámetros técnicos del buque puede generar en el coste del buque, y en general, estos procedimientos sólo permiten cuantificar el coste de un buque cuando se esté haciendo referencia a un buque del que se disponga buena información de *su* buque *similar*, y del cual se tenga un conocimiento del coste, exhaustivo y actualizado.

Además, la utilización adecuada de las funciones de sensibilidad del coste, por modificación de parámetros, requiere la agrupación de los costes en grandes masas de elementos del coste, con el mismo criterio de agrupación que los estudiosos de este tema han realizado. Adicionalmente, será conveniente disponer de agrupaciones de los costes con mayor nivel de desagregación, pues el empeño principal para la estimación del coste ocasionado por la transformación será delimitar y cuantificar los grupos de elementos del coste afectados por un cambio en uno de los parámetros o características básicas del buque.

Con el propósito de hacer más gráfico el comentario anterior, aunque sin ser exhaustivos con el detalle, sirva como referencia algunas de las incidencias que se transfieren al buque de proyecto, y a su coste, cuando en el buque similar se modifica, pongamos por caso, la velocidad del buque.

Un aumento en la velocidad del buque induciría a:

- Mayor potencia del M.P.
- Mayor potencia de los equipos auxiliares del M.P.
- Mayor tamaño de hélice, línea de ejes, reductor, etc.
- Mayor potencia del servomotor.
- Mayor tamaño de mecha timón, timón, chumaceras, cojinetes, etc.
- Posiblemente, mayor potencia de grupos auxiliares.
- En general, mayor número de horas-persona de ajuste, tubería, y otros gremios en general.
- Etc.

Por esto, el desglose de la matriz del coste del buque similar deberá posibilitar la identificación del coste de estos elementos del coste afectados.

En el empeño recurrente por desarrollar fórmulas que vincularan características básicas del proyecto de un buque con el coste del mismo, una práctica característica utilizada ha sido la de identificar *coste del buque* con el criterio matizado de *peso del buque* que, en versión todavía más directa, viene a suponer que lo que pesa, cuesta. Sería obvio insistir en las limitaciones de estas matizaciones, y conviene recordar el tratamiento separado que, en otras partes de este trabajo, se ha asignado al coste de las partidas que llamaremos más inmateriales del coste del buque, y su lugar en el libro estándar de conceptos del coste.

El tratamiento habitual que se ha asignado en este tipo de trabajos a la división del buque, en cuanto a elementos del coste, ha sido:

- Casco
- Equipo y habilitación
- Maquinaria

y respecto a estos tres macroelementos del coste, si bien existe una mayor dispersión de la clasificación del coste, se da una relativa adscripción al formato que hemos presentado en el soporte del presupuesto consistente en:

- Materiales
- Mano de obra
- Subcontratación

- Otros gastos de fabricación
- Gastos de venta
- Gastos de estructura

Por ello, la utilización, siempre matizada, de este procedimiento para el cálculo del presupuesto de un buque requerirá la conversión de la matriz del coste de los buques, B_p y B_s , a un formato que priorice estas agrupaciones del coste, y donde se ha mantenido especial interés en respetar el encabezamiento horizontal como clasificación de los costes. Un esquema adecuado, podría ser el representado en la Tabla 11.

Tabla 11 – Esquema de la matriz del coste

	Mat.	M.O.	Subc.	O.G.F	G.V.	G.Estr.	Total
Casco							
Equipo y habilitación							
Maquinaria							
Total							

Los métodos cuantitativos que se utilizarán en este capítulo tienen el propósito de conocer cuál es la incidencia económica que la modificación de los parámetros principales tiene en la estructura del coste de un buque, y pretenden, consecuentemente, establecer la manera de relacionar parámetros técnicos del buque con el coste.

Pero, a pesar de que la mayoría de los autores que tratan de la división del peso de los elementos que constituyen el peso en rosca (excepción de los consumos,...) de un buque lo hacen utilizando esta misma clasificación de agrupamientos del peso en esos tres grupos, no existe evidencia de que siempre se les asigne los mismos contenidos. Al objeto de tratar de fijar el alcance de los mismos, se recoge el contenido de estas tres divisiones con el criterio de R. Alvariño & al. (1997), donde utilizaremos la voz “casco”, en lugar de “elemento de la estructura”, que ellos utilizan, y mantendremos la expresión “elementos de equipo y habilitación”, como acepción de “armamento”.

- CASCO:
 - Fondos y dobles fondos (incluye pozos de sentinas)
 - Mamparos transversales

- Mamparos longitudinales
- Tanques estructurales
- Cubiertas intermedias
- Bloque de popa (incluye codaste y arbotantes)
- Bloque de proa (incluye caja de cadenas y escobenes)
- Forro exterior (incluye quillas de balance)
- Cubierta superior
- Toldilla
- Ciudadela
- Castillo
- Plataformas
- Brazolas de escotilla de bodegas de carga
- Troncos de acceso
- Cajas de tomas de mar
- Amuradas
- Cubiertas de habilitación
- Mamparos exteriores de habilitación
- Guardacalor
- Mamparos interiores de acero
- Chimenea
- Casetas de chigres, de frigorígenos, etc.

- EQUIPO Y HABILITACIÓN

- Elementos de madera del casco
- Protección anticorrosiva y cementados
- Equipo de amarre y fondeo
- Equipo de navegación
- Equipo de gobierno
- Equipo de salvamento y contra incendios
- Almacenamiento o contención y manipulación de la carga
- Acondicionamiento de bodegas y tanques de carga
- Cierres diversos y accesorios

- Habilitación

- MAQUINARIA

- Maquinaria propulsora
- Línea de ejes, reductores, chumaceras y bocinas
- Hélices
- Sistema de combustible
- Sistema de aceite
- Sistema de aire comprimido de arranque y de control
- Sistemas de refrigeración, incluye generador de agua dulce
- Sistema de generación de vapor principal
- Sistema de generación de vapor auxiliar
- Sistema de generación de agua caliente
- Grupos electrógenos principales
- Grupos de socorro, de puerto y de emergencia
- Sistema de lastre
- Sistema de sentinas
- Sistema de baldeo y contra-incendios
- Sistema sanitario de alimentación y descargas
- Sistemas de telemando en Cámara de Máquinas
- Exhaustación en Cámara de Máquinas
- Pisos y tecles en Cámara de Máquinas
- Ventilación mecánica de la Cámara de Máquinas
- Pañoles y talleres en Cámara de Máquinas
- Aparatos de desmontaje en Cámara de Máquinas
- Cuadros eléctricos principales y secundarios
- Generadores acoplados a líneas de ejes
- Transformadores
- Baterías y grupos convertidores
- Aparatos de alumbrado (excepto habilitación)

2.5.1. DISTRIBUCIÓN DEL PESO DE UN BUQUE. COMPONENTES DEL COSTE

En un importante empeño por estimar el coste preliminar de un buque, J. Carreyette & al. realizan, para un determinado tipo de *astillero* y para un determinado *período*, la estimación del coste de los diferentes elementos que forman parte del coste total del buque.

Su empeño se centra en tratar de elaborar el coste del buque con la información básica disponible en la fase previa a la definición completa del proyecto del buque. En una secuencia lógica de fijación de parámetros en la fase del anteproyecto, una vez fijado el peso muerto, *TPM*, se determinan *L*, *B*, *D*, y *T*, y el coeficiente de bloque, *C_b*. Posterior y simultáneamente, y una vez fijada la velocidad del buque, *V*, se estima la potencia propulsiva, *BHP* del buque, y se procede a estimar los diferentes grupos de pesos que completan la *rosca* del buque.

Al objeto de estudiar de manera separada el *coste* de los diferentes elementos, se mantiene la misma tradición en muchos autores en subdividir la estructura del coste del buque en los mismos grupos que los utilizados para dividir su *peso*:

- Casco de acero
 - Materiales
 - Mano de obra
- Equipo y habilitación
 - Materiales
 - Mano de obra
- Maquinaria
 - Materiales
 - Mano de obra

En general, los trabajos destinados a establecer criterios de comparación de costes de construcción de buques tienen establecidas algunas restricciones, de las cuales las más importantes son:

- En el presupuesto se asume que el peso total del buque queda dividido en el peso de las tres partidas anteriores, de manera que el desplazamiento en rosca

del buque equivale a la suma de esos tres pesos, pues para la elaboración de este procedimiento parten del criterio de que todo lo que pesa, cuesta.

- El coste completo del buque deberá incluir las subcontratas realizadas como coste del propio astillero.
- El buque en cuestión será lo que podría entenderse como buque “básico”. Esto supondría una propulsión de una única línea de ejes, hélice fija, sin equipos especiales, etc. El coste de las instalaciones especiales deberá ser considerado separadamente, si bien algunos autores dan unas referencias válidas para estudiar su coste en relación con determinados parámetros básicos.
- Finalmente, este procedimiento no incluye partidas del coste que podrían clasificarse como *servicios varios*, y que agruparían partidas como remolques, botadura, pruebas, ensayos, proyecto, gastos financieros, seguros etc.

El alcance de estas restricciones tiene total vigencia cuando la aplicación que se pretende va dirigida a la obtención del coste total del buque. Sin embargo, estas restricciones pierden su importancia cuando el objetivo que se pretende con este sistema de elaboración del coste preliminar es la *comparación, o extrapolación del coste* de alguno de los elementos del coste del buque objeto del *proyecto*, cuando se conoce bien su coste en el buque *similar*.

Continuando con el enunciado de que lo que pesa, cuesta, la primera aproximación al conocimiento del coste de un buque consiste en la estimación del peso de las distintas familias de elementos que constituyen el peso del buque. R. Munro-Smith (1975/1998), en el desarrollo del proyecto de un buque, plantea la manera de calcular el peso del mismo, siguiendo una clasificación, muy generalizada en otros autores, y que consiste en establecer el peso en rosca del buque como la suma de tres partidas diferenciadas. Para ello plantea la ecuación del peso del buque en rosca, del modo siguiente:

$$W_{LS} = S + WO + M$$

donde:

W_{LS} = Peso del buque en rosca

S = Peso del acero, con fundición y forja

W_O = Peso del equipo y habilitación

M = Peso de la maquinaria

H. Schneekluth & al. (1998) plantean una ecuación algo más compleja para determinar lo que llaman la ecuación de desplazamiento del buque, según la siguiente expresión:

$$\Delta = \Delta_L + W_{dw} = (W_{StR} + W_{StAD} + W_o + W_M + W_R) + W_{dw}$$

donde:

Δ_L = Desplazamiento en rosca

W_{dw} = Peso muerto

W_{StR} = Peso del acero del casco

W_{StAD} = Peso de acero de la superestructura y casetas

W_o = Peso del equipo y habilitación

W_M = Peso de la maquinaria (Planta propulsora)

W_R = Margen del peso

En general, las expresiones de cálculo de los diferentes grupos de pesos, que utilizaremos para *inferir diferencias en coste*, por *diferencias en peso*, son complejas y dependientes de muchos coeficientes específicos, que guardarán relación con las características generales del buque. Por eso, para este propósito, no es preciso conocer en detalle los coeficientes de las fórmulas que se utilizarán, por cuanto que, sin conocerlos, se puede suponer que, habida cuenta de la similitud entre buque proyecto y buque similar, los coeficientes estarán en los dos lados de la ecuación de comparación, y por lo tanto desaparecerán al simplificar.

2.5.1.1. CASCO

El coste del casco constituye uno de los elementos más importantes del coste de un buque. Por ello, la mayor parte de la bibliografía dirigida a estudiar el coste de un

buque hace una referencia muy extensa al coste del casco. Además, la mayor incidencia en el coste del casco viene fundamentalmente definida por el peso del mismo. Por esta circunstancia, la mayoría de los autores que tratan de establecer un procedimiento para el cálculo del coste de un casco centran una atención especial en el método de obtención del peso del casco de un buque que, como resulta casi obvio recordar, constituye un enfoque compartido con la ingeniería de proyecto. Sin embargo, el enfoque que se aplica en el estudio del peso del casco de un buque, desde el enfoque de realización del presupuesto, no persigue tanto el conocimiento exacto del peso, sino los mecanismos de variación del mismo, por comparación, al variar los parámetros básicos entre los que se denominarán buque similar y buque de proyecto.

2.5.1.1.1. PESO

Una de las primeras aproximaciones para la obtención del peso de acero la realiza R. Munro-Smith que utiliza la hipótesis de que el peso del buque tiene una relación directa con el Numeral Cúbico del buque, a través de un parámetro específico, C , para cada tipo de buque. Lo expresa del modo siguiente:

$$W = C \frac{LBD}{10}$$

Obviamente, la validez de aplicación de esta fórmula, a efectos de comparación, queda restringida a su uso en buques similares y en estrechas bandas de variación de sus dimensiones principales.

Para la obtención del peso bruto del acero utilizado en la construcción, *invoiced weight*, este autor considera que habría que incrementar su peso en un ocho por ciento (8%), pero que actualizado a mejores programas de utilización de material, actualmente podría reducirse.

La primera aplicación para la estimación del peso de acero de un nuevo proyecto, p , con las limitaciones de similitud adecuadas, conocido el peso y características del buque similar, s , sería:

$$W_p = W_s \frac{L_p B_p D_p}{L_s B_s D_s} = \frac{N_p}{N_s} W_s ,$$

donde N_p y N_s , son los respectivos numerales cúbicos de los buques de proyecto y similar.

Debido a que la incidencia en el peso de acero por la modificación de estos tres parámetros principales del buque no es homogénea (se insistirá en esto más adelante), este autor propone que en el caso de que el buque de proyecto y el buque similar no sean expansión homotética, realmente casi nunca lo será, un tratamiento conveniente para la extrapolación podría consistir en estimar el peso del buque homotético, utilizando como factor de homotecia la relación de esloras de ambos buques, y posteriormente realizar las correcciones en el peso debido a los ajustes a realizar en los otros dos parámetros, manga y puntal, por otros procedimientos de ajuste.

Para realizar el ajuste del peso de acero, por variación de los parámetros lineales, L, B, D , Munro-Smith estima que las incidencias relativas atribuidas a cada uno de estos parámetros varían en la proporción del 85%, 55%, y 30%, respectivamente.

Siendo esto así, el incremento de peso de acero por modificación de sus parámetros se podría estimar de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\Delta W = W_s \frac{0,85}{L_s} (L_p - L_s) + W_s \frac{0,55}{B_s} (B_p - B_s) + W_s \frac{0,30}{D_s} (D_p - D_s) ,$$

la cual confirma el generalizado conocimiento de que el incremento de la eslora de un buque penaliza el peso de acero, y por lo tanto el coste del buque, en mayor medida que la modificación en la misma proporción de la manga, o del puntal. Sobre este tema se basan algunos de los trabajos realizados por Fisher y otros autores. Concretamente, en el trabajo de K. V. Fisher (1973) se encuentran tabulados similares coeficientes de influencia a los utilizados por Munro-Smith, pero ajustados a las características de otros buques concretos. De hecho, la suma de estos coeficientes, σ , llamado “factor de escala del peso de acero” resulta muy bajo respecto a los que utilizan otros autores, que habitualmente supera la cifra de tres.

Para el cálculo del peso de acero de un petrolero grande, con el mismo alcance de las limitaciones de estos métodos, fundamentalmente válidos para la comparación entre buques similares, de características próximas, tanto Schneekluth como Munro-Smith proponen la utilización de la fórmula de Sato, según la siguiente expresión:

$$10^5 W_s = \left(\frac{C_b}{0,80} \right)^{1/3} \left(5,11 L^{3,3} \frac{B}{D} + 2,56 L^2 (B+D)^2 \right)$$

cuya aplicación principal se centra en el propósito de comparación de pesos, entre buque presupuesto y buque similar.

Análogamente, y con las mismas limitaciones anteriores, para la estimación del peso neto del acero de un bulk carrier, cuya eslora esté comprendida entre los 75 y 225 m., propone la utilización de la fórmula de Murray, según la siguiente expresión:

$$W_s = 26,6 \times 10^{-3} L^{1,65} \frac{\left(B+D+\frac{H}{2} \right) (0,5 C_b + 0,4)}{0,8}$$

donde introduce, también, el calado, H , del buque.

En general, y por ser tan importante en el coste de un buque el coste del casco, y de sus dos componentes principales, mano de obra y acero, vinculadas ambas al peso del casco, las fórmulas que determinan el peso del acero de un casco han sido tratadas por muchos autores.

H. Schneekluth & al. (1998) proponen diversas fórmulas para el cálculo del peso de acero de un buque. Algunas son de su propia elaboración, pero otras son referencias que ellos mismos hacen de otros autores.

Una aplicación válida es la propuesta que Schneekluth & al. denominan como método de los coeficientes. Su enunciado más general es:

$$W_{st} = L^a \cdot B^b \cdot D^c \cdot C_{bd} \cdot e$$

y donde los coeficientes $a-e$ son constantes e iguales para buques similares, y se obtienen de una manera empírica, por acumulación de datos históricos de construcción de determinados tipos de buques, y donde sin perjuicio significativo se podría prescindir de la incidencia del coeficiente de bloque.

Una aplicación más evolucionada y específica, que estos mismos autores incorporan para el cálculo del peso de acero de un buque contenedor, es la fórmula de D. Miller (1968) según la cual:

$$W_{st}=0,000435(L \cdot B \cdot D)^{0,9} \times \left(0,675 + \frac{C_b}{2}\right) \times \left[0,00585 \left(\left(\frac{L}{D}\right) - 8,3\right)^{1,8} + 0,939\right]$$

de manera que el cálculo del peso de acero del buque de proyecto, W_{sp} , conocido el peso de acero del buque similar, W_{st} , podría obtenerse fácilmente cuidando previamente que se haga para buques con alcances similares de elementos incorporados.

Para buques mercantes de carga convencionales, D.G.M. Watson & A.W. Gilfillan (1977) proponen la fórmula según la cual, el peso de acero del casco sería:

$$W_{st}=C_{b^{2/3}} \cdot \frac{1}{6} L \cdot B \cdot D^{0,72} \cdot \left[0,002 \left(\frac{L}{D}\right)^2 + 1\right],$$

y para el mismo tipo de buques, H. Kerlen (1985) propone la siguiente expresión:

$$W_{st}=0,0832 \cdot X \cdot e^{-5,73 X \cdot 10^{-7}}, \text{ donde } X = \frac{1}{12} L^{2pp} \cdot B \cdot C_{b^{1/3}}$$

Para calcular el peso de acero del casco de petroleros, la fórmula de Det Norske Veritas tiene la siguiente expresión:

$$W_{st}=\Delta \left[\alpha_L + \alpha_T \left(1,009 - 0,004 \cdot \left(\frac{L}{B} \right) \right) \cdot 0,06 \cdot \left(28,7 - \left(\frac{L}{D} \right) \right) \right]$$

donde los coeficientes α_L y α_T , tienen complejas expresiones según el tamaño de cada buque en concreto.

Más recientemente, Harvald & Jensen (1992) obtienen una propuesta de cálculo que pretende recoger las experiencias de los buques construidos en astilleros de Dinamarca, principalmente durante el período 1980/1990. El esfuerzo es muy meritorio y centra su máximo interés en el objetivo de calcular con precisión, que los autores estiman de un 10%, el peso de acero de diversos tipos de buques. Sin embargo, por la estructura que tiene la expresión que ellos calculan, el propósito de uso a efectos de comparación queda reducido, por cuanto que en su definición no entran apenas, aislados, los parámetros básicos.

$$W_{St} = (L \cdot B \cdot D_A) \cdot C_S$$

donde: $C_S = C_{S0} + 0,064 e^{-(0,5u + 0,1u^2,45)}$

$$u = \log_{10}(\Delta / 100t)$$

$D_A =$ Puntal corregido por superestructuras

C_{S0} (t/m^3) depende del tipo de buque, según los valores siguientes:

- Remolcadores	0,0892
- Mercantes (1 cubierta)	0,0700
- Mercantes (2 cubiertas)	0,0760
- Mercantes (3 cubiertas)	0,0820
- Bulk carriers	0,0700
- Petroleros	0,0752
- VLCC	0,0645

El método directamente utilizado por Schneekluth para el cálculo del peso de acero del casco de buques de carga seca constituye una aportación de mucho interés para el desarrollo del proyecto de un buque, y tiene además un interés especial para el propósito de comparación de pesos entre buque proyecto y buque similar. Además, el

procedimiento que propone constituye una buena base para la utilización en la comparación de los pesos de algunos de los *elementos parciales* del buque.

El método de Schneekluth centra el cálculo del peso de acero del casco, sin superestructuras, entre otros factores, en el volumen bajo cubierta, ∇_U , y un coeficiente volumétrico de peso, $C_1[t/m^3]$.

La expresión que utiliza es la siguiente:

$$W_{StR} = \nabla_U \cdot C_1 \cdot \left[1 + 0,033 \left(\frac{L}{D} - 12 \right) \right] \cdot \left[1 + 0,06 \left(n - \frac{D}{4n} \right) \right] \cdot \left[1 + 0,05 \left(1,85 - \frac{B}{D} \right) \right] \cdot \left[1 + 0,2 \left(\frac{T}{D} - 0,85 \right) \right] \cdot \left[0,92 + (1 - C_{BD})^2 \right] \cdot \left[1 + 0,75 C_{BD} (C_M - 0,98) \right],$$

donde $C_{BD} \approx C_B + C_4 \frac{D-T}{T} (1 - C_B)$, y C_4 toma distintos valores según sean las formas del buque.

Esta expresión es válida para buques, en un intervalo de esloras determinado,

donde se da una relación, $\frac{L}{D} \geq 9$. En estas circunstancias, y para buques mercantes convencionales, con esloras comprendidas entre 60 y 180 m., el valor del coeficiente volumétrico de peso es:

$$C_1 = 0,103 \left[1 + 17 \left(\frac{L}{1000} - 0,11 \right)^2 \right]$$

Adicionalmente, Schneekluth da distintos valores al coeficiente C_1 , en función del tipo de buque e intervalos de eslora, L .

Para evaluar el peso adicional de algunos componentes optativos del casco, y que suponen alteraciones del proyecto del buque de proyecto respecto al similar, el método llamado de Schneekluth aporta una información de interés especial.

Algunas de estas variaciones son:

- Peso del bulbo: El peso adicional del bulbo de un buque podría estimarse, en primera aproximación, entre un 0,4 y 0,7% del peso del casco, ó $0,4t/m^3$, en función del volumen del bulbo.
- Altura del doble fondo: Cuando se aumenta la altura del doble fondo, respecto a la reglamentaria, según el GL., el peso del acero se incrementa en $0,1t/m^3$, debido al mayor volumen en los tanques del doble fondo.
- Reforzamiento contra la corrosión: Plantea la posible reducción del peso de acero de un casco, en el caso de incluirse en el proyecto un sistema eficaz de anticorrosión. Podría suponer una reducción del 3 al 5% del peso de acero.
- Utilización de aluminio en las superestructuras: La reducción en peso puede ser del orden del 50% respecto al equivalente en acero.
- Etc.

Resulta evidente que estas referencias no agotan la casuística que Schneekluth y otros autores proponen, pero su incorporación en este punto tiene el propósito de recordar cuál es la metodología práctica a utilizar en casos similares.

Podrían aportarse más expresiones formuladas por otros autores o extraídas de los Reglamentos de las Sociedades de Clasificación que trataran de estimar el peso del casco de los distintos tipos de buques, pero el objetivo que se persigue en este trabajo no es tanto la búsqueda exhaustiva de formulaciones, más próximas a la ingeniería de proyectos, sino la conveniencia de entrever, en este tipo de expresiones, los criterios de comparación de pesos, y por ende de costes, entre dos buques similares.

2.5.1.1.2. MANO DE OBRA

Para el cálculo del número de horas-persona necesarias para la construcción del casco de acero de un buque mercante, J. Carreyete (1977) obtiene la siguiente expresión:

$$K = R_h C_b \left(\frac{W_s}{L} \right)^{1/3}$$

donde,

R_h = Horas-persona, por tonelada neta de acero

C_b = Coeficiente de bloque

W_s = Peso neto de acero, en toneladas

L = Lpp, en metros

K = Un valor prácticamente constante, para un determinado astillero, en un período determinado.

Una vez establecido el valor de K , para ese astillero, el cálculo de las horas-persona, H , necesarias para la construcción de un determinado casco, sería:

$$H = R_h W_s = \frac{K W_s^{2/3} L^{1/3}}{C_b}$$

donde aplicando el coste-hora del astillero se podría deducir el coste de la mano de obra para la construcción del casco de un buque.

Por aplicación de esta expresión se podría calcular el número de horas-persona necesarias para construir el casco de un buque, en un determinado astillero, cuando se conocen, con fiabilidad, las utilizadas en ese mismo astillero para un buque similar, si las tecnologías o eficiencias de ese astillero se mantienen en un nivel constante.

Utilizando los subíndices s (*similar* y conocido) y p (*proyecto* y desconocido) se obtiene la siguiente expresión para el cálculo de las horas-persona necesarias para la construcción del casco de acero de un determinado proyecto:

$$H_p = H_s \left(\frac{W_{sp}}{W_{ss}} \right)^{2/3} \left(\frac{L_p}{L_s} \right)^{1/3} \frac{C_{bs}}{C_{bp}}$$

Esta expresión, enunciada en su formato literal, vendría a introducir el concepto de que el número de horas-persona necesarias para la elaboración del casco de acero de un buque varía con el exponente 2/3, de la relación entre los pesos de acero, y con el exponente 1/3, de la relación entre las esloras de los buques, y linealmente, en relación inversa, a los coeficientes de bloque.

Sin embargo, quedaría fuera del objeto de esta aplicación la pretensión de determinar ningún coste a través de fórmulas similares.

H. Benford (1984) utiliza una fórmula más simplificada para estimar el número de horas-persona necesarias para la construcción del casco de acero del buque. Lo hace de acuerdo a la siguiente expresión:

$$H = C (W_s)^a$$

donde:

H = Horas-persona para la construcción del casco

C = Coeficiente que varía con el tipo de buque

W_s = Peso neto de acero

a = Exponente que varía aproximadamente entre 0,8 y 0,9

2.5.1.1.3. COSTE DE MATERIALES

Siguiendo con el método de J. Carreyette (1977) se pretende estimar la tendencia y evolución del coste de los materiales cuando se modifican los parámetros entre buque similar y buque de proyecto.

Para calcular el coste de los tres elementos de materiales: acero, equipo y habilitación, y maquinaria, J. Carreyette lo hace del modo siguiente:

$$Coste = \alpha X^n$$

donde X representa la característica básica del elemento, que aunque fundamentalmente será el peso del elemento, bien podría representar en otros casos la potencia, para el caso de la maquinaria, etc., y donde han encontrado diferentes valores para n , en función que la aplicación se pretenda para:

Acero:	1.0
Equipo y habilitación:	0,95
Maquinaria:	0,82

El sentido económico de estos exponentes viene a significar que los incrementos de coste de los materiales tienen una tendencia a decrecer conforme crece el tamaño del elemento, pero con una relativa moderación (n , siempre menor que la unidad, pero bastante próximo). La excepción a un exponente menor que la unidad se centra en el coste del acero, donde no resulta razonable suponer mejoras en los costes unitarios de material, salvo que se interpreten como tales las mejores condiciones de compra por mayores volúmenes de las mismas.

2.5.1.2. EQUIPO Y HABILITACIÓN

El epígrafe correspondiente al coste del equipo y habilitación de un buque, debido a la complejidad y especialización creciente de los buques, es cada vez más importante. Sucede, además, que la especialización de un buque lo hace, en general, muy diferente de otro tipo de buque. Por esto, más que para el casco, e incluso que para la maquinaria, los criterios de aproximación del coste para extrapolar del buque similar al buque presupuesto deberán basarse en buques con *instalaciones* realmente similares en funcionalidad, y por supuesto, en tecnología. Por esta razón, el desglose de la matriz del coste del buque base, o similar, deberá estar suficientemente desarrollada en codificación, para posibilitar la comparación, si ambos buques tienen instalaciones similares, o dirigir el presupuesto de las instalaciones especiales al esquema que llamaremos base cero.

El subíndice que utilizaremos en referencia al equipo y habilitación será o , en la acepción de la voz inglesa “outfit”, utilizada en la bibliografía general.

2.5.1.2.1. PESO

Al objeto de estimar el peso del equipo y habilitación, W_o , Munro-Smith supone que la relación de pesos de este grupo, entre buque de proyecto y buque similar, están en la misma relación que el producto de la eslora por la manga. Se podría establecer esta relación a través de la siguiente expresión:

$$W_{O_p} = W_{O_s} \frac{L_p B_p}{L_s B_s}$$

Esta expresión pretende recoger el criterio de que, para pequeñas modificaciones en los parámetros principales de un buque, el peso/coste de la acomodación y equipo no se ve afectado por el puntal, y tiene prácticamente un valor constante por superficie de cubierta.

2.5.1.2.2. MANO DE OBRA

Continuando el desarrollo del método de Carreyette, y persiguiendo el objetivo de encontrar a través de un algoritmo la fórmula que identificara el coste de otros elementos del buque, con alguno de sus parámetros básicos, podría obtenerse para el coste de la mano de obra del armamento, la expresión siguiente:

$$H_o = C W_o^{2/3}$$

donde,

H_o = Número total de horas-persona de armamento, suponiendo no haya subcontratación

C = Coeficiente estimado para tipo de buque y astillero

W_o = Peso del equipo y habilitación en toneladas

que en determinadas circunstancias podría expresar, a través de la utilización de la siguiente expresión, la relación del coste de esta partida para el proyecto de un buque, tomando como base la información disponible del buque similar:

$$H_{0p} = H_{0s} \left(\frac{W_{0p}}{W_{0s}} \right)^{2/3}$$

Conviene tener en cuenta que la evolución del coste de la mano de obra del equipo y habilitación está afecto al exponente 2/3, del mismo modo que el obtenido para el cálculo de las horas-persona necesarias para la construcción del casco de acero.

2.5.1.2.3. COSTE DE MATERIALES

Como corresponde a esta gama de elementos del epígrafe de armamento, dentro del planteamiento general establecido para estudiar la variación del coste de los mismos, por la modificación de los parámetros básicos del buque, el exponente de la ecuación será menor que la unidad. Este comportamiento se debe fundamentalmente a la componente de *producto elaborado* de estos elementos que, al incluir en su fabricación tanto mano de obra como materiales, originan menores costes unitarios al aumentar la potencia o tamaño de los equipos.

La fórmula que relaciona el coste de estos materiales o equipos, con su tamaño o potencia, es:

$$Coste = \alpha X^n ,$$

donde el coeficiente asignado es: $n = 0,95$

Por lo tanto, la comparación de costes de los elementos de coste o equipos, entre buque similar y de proyecto, se hará usando la siguiente expresión:

$$C_{oP} = C_{oS} \left(\frac{W_{oP}}{W_{oS}} \right)^{0,95}$$

2.5.1.3. MAQUINARIA

Para asignar el coste de la maquinaria, o para comparar el coste de la maquinaria entre dos buques similares, se procede de manera similar a las utilizadas para calcular el coste del casco, o del armamento.

2.5.1.3.1. PESO

Un supuesto frecuente de modificación de parámetros técnicos del buque es el cambio de velocidad, lo cual inducirá una modificación de la potencia instalada en el mismo y, consecuentemente, una alteración del coste.

Para la comparación de la modificación de pesos/potencia/coste de la maquinaria, ocasionados por cambio de la velocidad del buque, Munro-Smith utiliza criterios de comparación basados en propuestas de varios autores de entre las cuales destaca la derivada de aplicar la muy conocida fórmula del Almirantazgo, y cuya expresión es:

$$A_c = \frac{\Delta^{2/3} V^3}{P}$$

y que ha sido profusamente utilizada en la profesión como fórmula de primera aproximación.

Por medio de esta fórmula podremos obtener la potencia del buque de proyecto, en relación a la potencia del buque similar, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$P_p = P_s \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^3$$

Resultaría innecesario recordar el carácter de primera aproximación, respecto a exigencias habituales de “proyectos” de esta expresión, habida cuenta que entre las simplificaciones se asume el mantenimiento del coeficiente de bloque y de la eslora, la incidencia en el peso muerto, etc., obviando una definición más ajustada del proyecto.

2.5.1.3.2. MANO DE OBRA

Análogamente, el cálculo de las horas-persona necesarias para la instalación de maquinaria se deduce de la siguiente expresión:

$$H_M = FP^{0,82}$$

donde

H_M = Número total de horas-persona necesarias para la instalación de la maquinaria, suponiendo no haya subcontratación

F = Coeficiente estimado, para tipo de buque y astillero

P = Potencia propulsiva en H.P (BHP)

Como en casos anteriores, para la comparación de costes de este epígrafe se podría utilizar la fórmula siguiente:

$$H_{MP} = H_{MS} \left(\frac{P_p}{P_s} \right)^{0,82}$$

Si la comparación de costes se hubiera realizado no en función de las potencias de ambos buques, sino de los pesos de sus respectivas maquinarias, la expresión a utilizar sería:

$$H_M = F' W_M^{0,676}$$

donde W_M = Peso de la maquinaria.

Esta expresión, donde el exponente es menor que en la referencia a la potencia, vendría a confirmar el hecho del menor peso unitario en la maquinaria en general, al aumentar la potencia de la misma.

2.5.1.3.3. COSTE DE MATERIALES

De manera análoga a como se ha realizado para el estudio del coste de los materiales, tanto para el casco como para el equipo y habilitación de un buque, la fórmula que relaciona el coste de los materiales, cuando se modifica la potencia de propulsión de un buque, es:

$$\text{Coste} = \alpha X^n, \text{ donde el coeficiente asignado es: } n = 0,82,$$

por lo que $C_M = KP^{0,82}$.

La expresión que relacionaría el coste de la maquinaria, entre buque similar y buque de proyecto, en función de la relación de las potencias instaladas, sería:

$$C_{Mp} = C_{Ms} \left(\frac{P_{Mp}}{P_{Ms}} \right)^{0,82}$$

2.5.1.4. COSTE TOTAL

Finalmente, como aglomerado de los aspectos parciales hasta aquí estudiados, se puede realizar la formulación del algoritmo representativo del *coste total del buque* con una expresión que sume las distintas partidas de costes parciales obtenidas en los apartados anteriores. Esta expresión es la siguiente:

$$C_s = A \frac{W_s^{2/3} L^{1/3}}{C_b} + BW_s + CW_{0^{2/3}} + DW_{0^{0,95}} + EP^{0,82} + FP^{0,82}$$

Sin embargo, para la aplicación que se pretende en este apartado no se le asigna utilidad, debido a la dificultad de obtención y mantenimiento al día de los coeficientes a utilizar, que en realidad suponen la condensación de muchos de los epígrafes de la cuenta de explotación, y de la estructura de organización, del astillero constructor.

La utilización fiable de estos procedimientos abreviados requiere, además, una puesta en escena excepcionalmente bien cuidada. Requiere el compromiso serio de la empresa para conciliar los procedimientos de la contabilidad analítica y general, y la incorporación de los departamentos técnico, de aprovisionamientos y de producción al proceso de elaboración de información conforme al documento soporte del presupuesto, y en general, la colaboración de toda la organización del astillero. Un plazo *razonable* para la fijación de los coeficientes necesarios, tras la investigación y seguimiento que ello requiere, debería establecerse en no menos de cuatro/ cinco años.

La estimación del coste de agrupaciones de elementos del coste, cuando se conoce la matriz del coste del buque similar, en el formato adecuado para costes y presupuesto, tiene una *mejora de fiabilidad* debido a la peculiar característica de los exponentes, todos ellos menores que la unidad. Esta circunstancia tiende a disminuir la incidencia en el coste de los *errores* que se pudieran cometer, en los procedimientos de estimación de pesos, horas-persona o potencias, para el cálculo del coste.

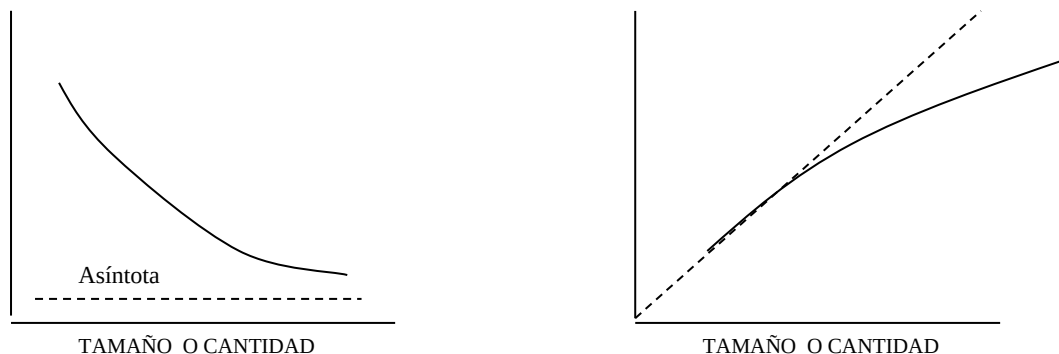
En la Tabla 12 se establecen, para determinados márgenes de error en la estimación de parámetros, el error en el cálculo del coste según cuál sea el exponente que afecte al parámetro sobre el que se comete el error.

Tabla 12 – Incidencia de los errores en el coste

Error en parámetro	10%	10%	5%	5%
Exponente	2/3	1/3	2/3	1/3
Incidencia en coste	6,5%	3,2%	3,3%	1,6%

De la constatación de que todos los exponentes que se utilizan para el cálculo de los costes son menores que la unidad se confirma, para todos los elementos de coste, que conforme va creciendo el tamaño del buque, los costes unitarios decrecen, según se recoge en el Gráfico 5.

Gráfico 5. Relación tamaño buque/coste unitario



Todas las expresiones que se han incorporado en este capítulo tienen interés y aplicación para el proyecto de elaborar el presupuesto de un buque por el método de deducir el coste del mismo, cuando se dispone información suficiente del buque similar.

Tienen, además, especial interés para el estudioso del tema, por la circunstancia de que su obtención, y actualización, requiere unas habilidades investigadoras muy especiales, y complementarias al campo de la actividad *habitual* del ingeniero naval. Un hecho significativo a destacar es la aparente pérdida de la *ecuación de dimensiones* de estas expresiones, por cuanto que los coeficientes utilizados, que no son adimensionales, son los que mayormente agrupan el sentido económico de las expresiones. Sin embargo, a los efectos que en este trabajo se pretenden, la utilidad de las mismas tiene pleno vigor para extrapolar las partidas de coste de un buque similar, *s*, a un nuevo proyecto, *p*, por cuanto que en la comparación, el valor preciso y actualizado de los coeficientes se reduce, al suponerlos iguales para buque de proyecto y buque similar.

2.5.2. OTROS EQUIPOS

El procedimiento utilizado se basa en la definición de un buque *simple*, sin equipos o instalaciones especiales. Sin embargo, para algunos equipos especiales, J. Carrayette ha encontrado determinadas expresiones de interés, pues relacionan el coste de algunas instalaciones con algunas de las características técnicas del proyecto. Para calcular el coste de equipos no incluidos en el buque *similar* (s), formula lo que podría entenderse como ecuación de dimensiones de la función coste, respecto a algún parámetro de esos equipos. No obstante, donde realmente tienen validez este tipo de formulaciones es en la comparación de costes entre buque similar y de proyecto.

Las principales instalaciones estudiadas son las que se recogen en los apartados siguientes.

2.5.2.1. HÉLICE DE PASO REGULABLE/ FIJA

El incremento del coste de la maquinaria por la instalación de una línea de ejes con hélice de paso regulable está en relación con el par torsor en el eje, según se recoge en la siguiente expresión:

$$\delta C_p = K Q_0^{1/2}$$

donde,

$$\delta C_p = \text{Diferencia del coste entre fija y variable}$$

$$Q_0 = \text{Par torsor en el eje} \propto \frac{BHP}{r.p.m.}$$

2.5.2.2. DOS LÍNEAS DE EJES/ UNA LÍNEA DE EJES

La sustitución de una única línea de ejes, por dos líneas de ejes, supone un encarecimiento principalmente centrado en el coste de la maquinaria. J. Carrayette considera que el encarecimiento ocasionado por este cambio en el coste de la

maquinaria se sitúa entre un 10% y un 15%, pero no aporta ninguna relación entre este incremento del coste de la maquinaria y algún parámetro técnico del buque, por lo que debido a esta circunstancia, y al tiempo transcurrido desde su estudio, esta referencia habrá que tomarla con mucha cautela.

2.5.2.3. HÉLICES TRANSVERSALES

El *buque básico* para el que J. Carreyete y otros autores tratan de formular un procedimiento de cálculo del coste de construcción, en función de determinados parámetros básicos, no incluye este tipo de instalaciones, por lo que la estimación de su coste se deberá realizar de modo separado. No obstante, en el proyecto de estimar el coste de una instalación de hélice transversal para un buque de proyecto, cuando se dispone de información del buque similar, la relación de costes podrá deducirse por aplicación de la siguiente expresión:

$$C_p = A + BT$$

donde :

A y B = Coeficientes

T = Empuje

2.5.2.4. ESTABILIZADORES

La relación entre el coste del equipo de estabilización y el desplazamiento del buque se establece por la siguiente expresión:

$$C_{ST} = K\Delta^{3/4}$$

donde:

C_{ST} = Coste del estabilizador

Δ = Desplazamiento

2.5.3. MODIFICACIÓN LINEAL DE LA ESLORA, MANGA Y PUNTAL

Un autor clásico en trabajos de evaluación del coste de un buque, y del coste de explotación del mismo, por modificación de los principales parámetros técnicos, es K.W. Fisher.

K.W. Fisher (1972/1974) estudia la influencia que tiene en el peso, y en el coste de construcción de un buque, la modificación de los parámetros básicos del proyecto. De manera más particular, realiza aplicaciones concretas para el caso de dos buques tipo, un mineralero de 148.000 TPM y un petrolero de 253.000 TPM. Estudia la incidencia en los incrementos del coste y peso del buque y/o sus elementos principales, casco, maquinaria y armamento, cuando se incrementan en 1 % los parámetros básicos de eslora, manga, puntal, coeficiente de bloque y velocidad de servicio. El trabajo se basa en un exhaustivo conocimiento del proyecto y de la estructura de costes de los buques base, y toda la aplicación es únicamente válida para pequeñas modificaciones de esos buques modelos.

Resulta además de sumo interés no sólo la formulación del trabajo, sino las discusiones técnicas llevadas a cabo en Canberra y Londres por los profesores e ingenieros J.F.C. Conn, S. Sato, P.M. Swift, Koehi Ota, W.J. Rourke, A.R. Asquith, D.G.M. Watson, K.J. Rawson, E.V. Telfer, T.R. Farrell, B. Rapo, M. Chilton, y I.L. Buxton. Posiblemente, entre todos ellos consiguieron el debate más popularizado de la ingeniería naval en este tipo de asuntos.

La asignación inicial de pesos, expresados en porcentajes, para ambos buques se recoge en la Tabla 13, utilizando un formato ya conocido, habida cuenta que para el cálculo del peso total del buque en rosca se utilizan las mismas agrupaciones de peso que J. Carreyette y otros autores, es decir, subdividen el peso total en: Acero, *S*; Maquinaria, *M*; y Equipo y habilitación, *O*.

Tabla 13 – Estructura del peso

PESO %	ore	tnkr
Acero	81	74
Equipo y habilitación	8	5
Maquinaria	6	4
Fuel	5	17
TOTAL	100	100

Con la misma nomenclatura que la utilizada por K.W. Fisher, el valor de la variación de F , entendido como el coste, el peso, o una función básica del proyecto, puede ser estimado por la siguiente expresión:

$$F_2 \approx F_1 + (P_2 - P_1) \frac{\partial(F)}{\partial(P)},$$

donde P es uno de los parámetros básicos del proyecto.

La incidencia en el peso del buque en rosca que se originaría al modificar en el proyecto básico L , B , D , y C_B , sería:

$$W_L \approx W'_L + aL \cdot \frac{\partial(W_L)}{\partial(L)} + bB \cdot \frac{\partial(W_L)}{\partial(B)} + cD \cdot \frac{\partial(W_L)}{\partial(D)} + dC_B \cdot \frac{\partial(W_L)}{\partial(C_B)},$$

donde los coeficientes a , b , c , d , representan los porcentajes de variación de cada parámetro básico, y donde las derivadas parciales se calcularán según el procedimiento que se verá a continuación.

La ecuación del peso del buque se plantea del modo siguiente:

$$\Delta = W_L + W_D = L \times B \times T \times C_B$$

$$W_D = W_C + W_F + W_W + W_{FR}$$

$$W_L = (W_S + W_M + W_O)(1+m),$$

donde m es el margen, que para los buques que se están estudiando es el 2,54 % para el mineralero y el 2,43 % para el petrolero, y los subíndices D, C, F, W, FR , representan, respectivamente, el peso muerto; la carga que transporta el buque; el fuel consumido por viaje; el agua y otros consumos por viaje; y la reserva de fuel.

En este estudio se consideran la eslora, la manga, el puntal, el coeficiente de bloque y la velocidad de servicio como *parámetros principales*.

Se utiliza la tilde (') para identificar los valores del buque conocido, y no se utiliza tilde para los correspondientes al buque de proyecto.

Para el cálculo de las derivadas parciales del desplazamiento, Δ , respecto a L, B, D , y C_B , representado por (-) en cada caso, supuesta una relación constante entre calado y puntal, se utiliza:

$$\frac{\partial(\Delta)}{\partial(-)} \approx \frac{\Delta'}{(-)'},$$

y la ecuación diferencial del peso en rosca del buque, respecto a los parámetros principales sería:

$$\frac{\partial(W_L)}{\partial(-)} = \left[\frac{W'_S}{(-)'} a_S + \frac{W'_M}{(-)'} a_M + \frac{W'_O}{(-)'} a_O \right] (1+m)$$

De manera similar a lo planteado en la ecuación de pesos, se plantea la ecuación del coste total del buque de acuerdo a la expresión siguiente:

$$Q_T = (Q_S + Q_M + Q_O) (1 + q_0)$$

donde q_0 representa, aproximadamente, el 18,8 % para el bulk carrier y el 20% para el petrolero, y donde derivando respecto a los parámetros principales se obtiene:

$$\frac{\partial(Q_T)}{\partial(-)} = \left[\frac{Q'_S}{(-)}, a_S + \frac{Q'_M}{(-)}, b_M + \frac{Q'_O}{(-)}, a_O \right] (1 + q_O),$$

donde puede apreciarse que los coeficientes a_S , y a_O se mantienen en las ecuaciones de peso y coste, lo que viene a confirmar que también para este autor mantiene vigencia en este trabajo la expresión: *lo que pesa, cuesta*.

Planteadas de este modo las ecuaciones de peso y coste, la parte elaborada de este trabajo consiste en la determinación de los coeficientes a y b , con sus correspondientes subíndices, de manera que una vez conocidos éstos, la proyección, tanto del peso como del coste del nuevo buque, sea una predicción razonable, para buques, insísimos, similares.

A este respecto, K.W. Fisher elabora, para determinados rangos de los parámetros principales, y de acuerdo también a determinadas relaciones L/B , L/T , y para distintos tipos de buques, bulk carriers y petroleros, en este caso, y según sea la propulsión, diesel o vapor, unas tablas donde se recogen estos coeficientes a_S . La validez de los coeficientes que obtiene queda limitada a que las variaciones de los parámetros del proyecto no excedan del 10%.

La incidencia que estas relaciones tienen en los coeficientes a_S han sido estudiados para los siguientes intervalos:

$\frac{L}{B}$	:	5,0	a	7,0
$\frac{L}{D}$	:	10,0	a	14,0
C_B	:	0,78	a	0,87
L	:	220	a	360 m. (Bulk carriers)
L	:	250	a	420 m. (Petroleros)

Para el caso concreto de los dos buques, objeto de aplicación en este trabajo, los coeficientes obtenidos son los que se reflejan en la Tabla 14.

Tabla 14 – Coeficientes del peso y derivadas del coste

Parámetro	L	B	D	C_b	V
a_s (ore)	1,42	0,90	0,72	0,34	0,0
a_s (tanker)	1,65	0,87	0,78	0,35	0,0
a_M (steam)	0,35	0,26	0,0	0,09	1,23
a_M (diesel)	0,87	0,65	0,0	0,22	3,04
a_O (ore)	0,75	0,75	0,0	0,0	0,0
a_O (tanker)	0,25	0,17	0,08	0,03	0,0
a_p	1,00	0,75	0,0	0,25	3,50
b_M (steam)	0,55	0,41	0,0	0,14	1,92
b_M (diesel)	0,93	0,70	0,0	0,23	3,25

Este trabajo confirma una apreciación generalizada en la ingeniería naval de que el parámetro lineal que mejor comportamiento tiene en la estructura del peso (¿coste?) del casco es el puntal (a_s (ore)= 0,72 y a_s (tanker)= 0,78).

También confirma la hipótesis, ampliamente generalizada, de que “la eslora es lo más caro” (a_s (ore)=1,42 y a_s (tanker)=1,65).

Haciendo sólo referencia al peso del acero para esos dos buques, obtiene los siguientes incrementos para el peso del acero al aumentar 1% los siguiente parámetros:

<u>Incremento 1% para</u>	<u>Incr. peso de acero petrolero</u>	<u>Incr. peso de acero mineralero</u>
Eslora	1,65 %	1,42 %
Manga	0,87 %	0,90 %
Puntal	0,78 %	0,72 %

que en expresión literal significa que un incremento del 1% en la eslora de ambos buques representa un incremento del 1,65 % y del 1,42 %, respectivamente, del peso del acero de cada buque, mientras que un incremento del 1 % en el puntal de cada uno de

esos buques, representaría un incremento del 0,78 % y 0,72 % del peso de acero de cada buque.

Este comportamiento de la variación relativa del peso de la estructura de acero del casco de un buque, al modificar cada uno de los principales parámetros técnicos del mismo, coincide con una apreciación muy básica de la ingeniería naval, al considerar el casco de un buque, respecto a su dimensionamiento estructural, como una *viga especial*, en las secuencias simplificadas siguientes:

- Eslora $\Rightarrow$ Momento flector $\Rightarrow$ Longitud de la viga $\Rightarrow \propto L^2$
- Manga $\Rightarrow$ Momento flector $\Rightarrow$ Ancho de viga (ala) $\Rightarrow \propto B$
- Puntal $\Rightarrow$ Momento flector $\Rightarrow$ Alto de viga (alma) $\Rightarrow \propto H^{-2}$

Una manera frecuente de expresar el mismo criterio de que la eslora es más cara que la manga, o de enunciar algunas de las aplicaciones deducibles del trabajo de K.V. Fisher, viene a decir que otro factor que incide de manera directa en la reducción

del coste de acero de un buque es la relación entre la eslora y la manga del buque, $\frac{L}{B}$.

R. Alvariño & al. (1997), buscando criterios de optimización del coste de la construcción de un buque, consideran que incluso compensando la mayor potencia necesaria para la propulsión, a la misma velocidad, una disminución de ese coeficiente supone economías del coste de la construcción, en detrimento, claro está, de los costes futuros de explotación. En sus propias palabras, cuando el astillero tenga opción respecto a la fijación de estos parámetros, “la tendencia de éstos (los astilleros) es construir buques cortos, que resultan más competitivos, aún sabiendo que consumirán más combustible en su explotación”. En sentido parecido se pronunciarán cuando más adelante hagamos referencia a la incidencia que el C_B tiene en el coste del casco.

Para estudiar las diferencias de costes ocasionadas por la modificación de parámetros podría utilizarse un método combinado de los resultados obtenidos por J. Carreyete y K.W. Fisher. Aplicando los coeficientes obtenidos por K.W. Fisher en la ecuación que hemos deducido previamente del estudio general de J. Carreyete (1977),

$$H_p = H_s \left(\frac{W_{Sp}}{W_{Ss}} \right)^{2/3} \left(\frac{L_p}{L_s} \right)^{1/3} \frac{C_{bs}}{C_{bp}}$$

y aplicando, por ejemplo, un incremento de eslora del 5%, al casco del mineralero de 148.000 TPM, obtenemos, para el número de horas-persona necesarias para la construcción del casco de acero, un incremento del 6,4 % respecto a las necesarias en el buque base o similar,

$$H_p = H_s (1,071)^{2/3} (1,05)^{1/3} = 1,064 H_s$$

donde se ha mantenido constante, a estos efectos, el coeficiente de bloque.

Haciendo referencia a la incidencia no solamente en el peso de los tres grandes grupos de elementos del peso en rosca de un buque, sino también a la incidencia que la modificación de los parámetros principales tienen en el *coste* de los mismos, resulta de mucha aplicación la utilización de los coeficientes *a* y *b* que hemos recogido en la Tabla 14 del trabajo de K.W. Fisher.

Las aplicaciones prácticas de modificación del coste al modificar L, B, D, dejando para más adelante las modificaciones del C_B y la velocidad de servicio, V, podrían expresarse del modo siguiente:

$$\frac{\partial(Q_T)}{\partial(L)} = \left(a_s \frac{Q'_s}{L'} + b_M \frac{Q'_M}{L'} + a_O \frac{Q'_O}{L'} \right) (1 + q_o)$$

que aplicadas respecto a L, B y D, para el petrolero de referencia, nos darían las siguientes expresiones:

$$\frac{\partial(Q_T)}{\partial(L)} = \left(1,65 \frac{Q'_s}{L'} + 0,55 \frac{Q'_M}{L'} + 0,25 \frac{Q'_O}{L'} \right) (1 + q_o)$$

$$\frac{\partial(Q_T)}{\partial(B)} = \left(0,87 \frac{Q'_s}{B'} + 0,41 \frac{Q'_M}{B'} + 0,17 \frac{Q'_O}{B'} \right) (1 + q_o)$$

$$\frac{\partial(Q_T)}{\partial(D)} = \left(0,78 \frac{Q'_S}{D'} + 0,08 \frac{Q'_O}{D'} \right) (1+q_o)$$

en las que se puede apreciar las diferentes ponderaciones que ejercen cada uno de los tres parámetros en los costes del casco, maquinaria y equipo, y habilitación.

2.5.4. MODIFICACIÓN DEL COEFICIENTE DE BLOQUE

La expresión en que se relacionan las horas-persona necesarias para la construcción del casco de acero de un buque en relación al peso del casco y a determinados parámetros del mismo es:

$$H = R_h W_s = \frac{KW_s^{2/3} L^{1/3}}{C_b}$$

donde se aprecia que un mayor coeficiente de bloque disminuye el número de las horas necesarias para la construcción del casco.

La incidencia del coeficiente de bloque en el coste de construcción del buque fue, según R. Alvariño & al., (1997) lo que determinó que “ en los años anteriores a la crisis del petróleo, se introdujo el concepto de buque sobrepropulsado (overdriven). Este era un tipo de buque cuyo coeficiente de bloque tenía un valor superior al que le correspondía respecto a su eslora”. El abandono de una política de precios baratos del petróleo reabrió el debate del proyecto del buque y de la aplicación del proceso de optimización del buque y de su explotación, combinando criterios económicos y parámetros técnicos del proyecto.

En el estudio de K.W. Fisher, al tratar de la incidencia en el coste de construcción por modificación de los parámetros básicos, se incluyó el C_B como un parámetro básico. De manera análoga a como hemos visto la incidencia que tiene la modificación de eslora, manga o puntal en el peso de acero de un buque, podemos tratar

de valorar la incidencia que una modificación del coeficiente de bloque tiene tanto para la modificación del peso de acero del casco, como del coste del buque.

De la expresión general que se obtiene por derivación de la ecuación del coste respecto a los parámetros principales, obtenemos, respecto al coeficiente de bloque, la siguiente expresión:

$$\frac{\partial(Q_T)}{\partial(C_B)} = \left[\frac{Q'_S}{(C_B)'} a_S + \frac{Q'_M}{(C_B)'} b_M + \frac{Q'_O}{(C_B)'} a_O \right] (1 + q_O)$$

Los coeficientes a_S , b_M , están recogidos en los gráficos del trabajo de K.W. Fisher para la generalidad de los tipos de buques estudiados, y proyectados con la relación de parámetros que anteriormente hemos apuntado. Se puede observar que el coeficiente a_O toma valor cero, lo cual tiene el sentido económico de confirmar que una pequeña variación del coeficiente de bloque no tiene efectos económicos en el coste del equipo y habilitación del buque, como, lógicamente, no debe sorprender.

Haciendo referencia a la modificación del peso del casco del petrolero del ejemplo, para L, B, y D constantes, e incrementando el coeficiente de bloque en uno por ciento (1%), planteamos la siguiente ecuación:

$$\Delta W_S = \Delta C_B' \frac{\partial W_S}{\partial C_B} = \Delta C_B' a_S \frac{W'_S}{C_B} = 128 \text{ T.}$$

Realizada la misma aplicación para el bulk carrier del ejemplo, obtenemos un incremento del peso del acero , $\Delta W_S = 79,9 \text{ T}$

De la aplicación realizada se desprende la utilidad para estimar las repercusiones en el presupuesto de construcción de un buque al cambiar el coeficiente de bloque. Siguiendo con el caso del petrolero, se observa que para un incremento del 1% de cada uno de los parámetros básicos, el que mejor comportamiento económico tiene es el incremento del C_B . De hecho, al C_B le corresponde un coeficiente de ponderación del 0,35, frente a 1,65 para L, o un 0,87 para B, e incluso un 0,78 para D. Además,

sucede que desde el punto de vista de la productividad, en horas-persona, el coeficiente de bloque resulta ser el factor más conveniente para el astillero. No sorprende por lo tanto que, al margen de los criterios económicos de explotación del buque (a mayor C_B , mayor consumo), los astilleros que hubieran podido imponer sus criterios hayan construido buques con muy altos coeficientes de bloque, máxime cuando, en términos de comparación de los “criterios de mérito”, el coste de combustible ha tenido tanto incremento.

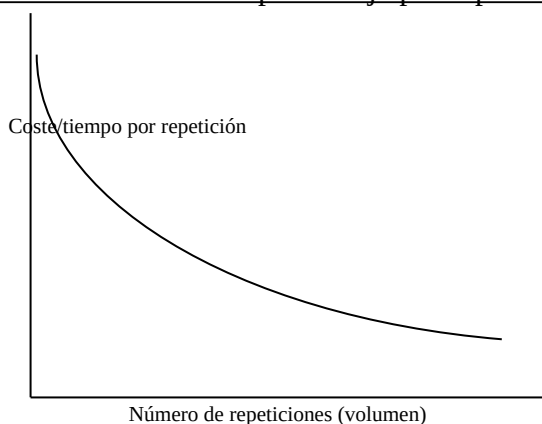
2.6. REPETICIÓN DE BUQUES

Es sabido que las personas y las organizaciones adquieren destreza con la repetición de las tareas y, por lo tanto, en la repetición de buques se debería de aplicar la influencia beneficiosa del “aprendizaje” por repetición (distinto de la teoría general de aprendizaje de la empresa). Esta influencia beneficiosa del aprendizaje por la repetición se aplicó, inicialmente, al ahorro de mano de obra, pero en realidad su influencia se extiende al coste de muchos materiales y equipos.

J. Heizer & al (2001) estudian lo que denominan *curvas de aprendizaje* y su aplicación a diferentes tipos de empresas. Una manera gráfica de entender la incidencia de la repetición en el coste de producción unitario es la que reflejan en el Gráfico 6.

En este gráfico se aprecia la evolución descendente del número de horas-persona necesarias para la producción repetitiva de un equipo, con el aumento de la repetición, pero se puede también observar que el ahorro decrece con la repetición.

Gráfico 6 – Curva de aprendizaje por repetición



Esta evolución decreciente del coste del equipo con la repetición podría constituir la base del establecimiento de una estrategia empresarial diferenciadora, pero salvadas algunas excepciones, la aplicación a la industria de la construcción naval civil, no ha sido demasiado exitosa.

H. Schneekluth & al. (1998) sugieren que la repetición de buques se considere como un caso especial de optimización. Si bien no aportan datos cuantitativos de las economías que se logran, enuncian algunas de las ventajas de la repetición de buques.

Además de la reducción de costes, el astillero estará en condiciones de mayor competitividad, pues podrá ofertar plazos de entrega más cortos, podrá tener una base más fiable en la definición de las características técnicas del buque a incorporar en el contrato, y podrá tener un conocimiento más exacto del coste.

H. Benford (1984) hace referencia a la estimación del ahorro originado en la construcción de buques idénticos establecida por J. C. Couch (1964). Según este autor, la incidencia principal del ahorro se basa en la no afectación de las partidas de coste no repetitivas, tales como ingeniería, gastos del contrato, disminución de errores en la producción, acortamiento del plazo de entrega, etc.

La ecuación general propuesta por Couch es:

$$\bar{Y} = \frac{C}{N^X}$$

donde:

$\bar{Y}$ = Coste medio *acumulado*

C = Coste de construcción del primer buque

N = Número de buques iguales

X = Exponente, que varía con los beneficios relativos que se obtienen de la producción en serie

Planteado el problema de este modo, la dificultad se centra en determinar el valor del exponente X .

H. Benford (1962) obtuvo para una serie de buques de carga general construidos en los Estados Unidos un valor medio de $X=0,10$. Pero la validez de este planteamiento no se basa en la pretensión de *conocer* de manera general un único valor de X , válido para todos los períodos, para todos los tipos de buques, y para todos los astilleros. No sería lógico suponer que el valor de X , determinado para un astillero en concreto y para un tipo de buque determinado, tenga validez para otro astillero, otro tipo de buque, y otro período, por cuanto que la variación de tales circunstancias acarrearía modificaciones en la estructura de la matriz del coste del buque, debido entre otras razones a la evolución de la contribución del coste de la mano de obra al coste total,

pues parece obvio suponer que en el aprendizaje de un astillero, respecto al proceso productivo, son más vistosas las economías logradas a través de la reducción de la mano de obra, que las debidas a la reducción de costes de materiales y equipos. No obstante, la disminución de coste de los equipos puede tener una reducción sensible, a través del mecanismo de la *negociación* por la repetición del número de equipos iguales, sobre los que se deben suponer, o pretender, los mismos criterios de reducción de costes que para el buque, con todas las matizaciones pertinentes.

La fórmula expuesta por Couch tiene unas características tales que, como recoge Bendford, incluye el hecho de que se *produce el mismo porcentaje de reducción cada vez que se dobla el número de unidades construidas*. Esto quiere decir que si se logra una economía del 10% en el costo unitario al pasar a construir dos buques en lugar de uno, se podría esperar otro ahorro del 10% cuando se pasara de construir dos, a cuatro, o cuando se pasara de cuatro a ocho unidades.

Esta característica puede apreciarse en la siguiente ecuación:

$$\bar{Y}_a = \frac{A}{a^x}$$

$$\bar{Y}_{2a} = \frac{A}{(2a)^x} \quad \Rightarrow \quad \frac{\bar{Y}_{2a}}{\bar{Y}_a} = \frac{1}{2^x}$$

Diversos autores han elaborado teorías respecto al modelo previsto por Couch. E. B. Cochrane (1977) encontró que, dentro de la teoría general de Couch, el ahorro es inferior cuando se pasa de un buque a dos buques, pero que el ahorro es superior cuando se pasa de dos a cuatro, si bien la fórmula puede volver a tener validez cuando se pasa a construir un mayor número de buques. Una manera de plantearse el caso concreto deberá basarse en la investigación interna de cada astillero, para cada caso, asumiendo la evidencia, muchas veces contrastada, de que la realidad en la repetición de buques no suele ser tal, sino que al buque pretendidamente repetido se le suelen asignar cambios que desvirtúan gran parte de las hipótesis de ahorro.

Recientemente, y haciendo referencia a estructuras de producción en cualquier rama de actividad, Heizer & Render (2001) definen y aplican el concepto de curvas de aprendizaje estableciendo la ecuación siguiente:

$$TL^n = \text{Tiempo necesario para la } n^{\text{ésima}} \text{ unidad}$$

donde,

T = Coste o tiempo de la primera unidad

L = Tasa de la curva de aprendizaje

n = Número de veces que T se duplica

Una aplicación concreta de esta fórmula lleva al enunciado de que si la tasa de aprendizaje para un determinado proceso fuera del 90%, el número de horas necesarias para producir la octava unidad, si la primera costó 100 horas, sería:

$$T_8 = 100 (0,90)^3 = 73 \text{ horas}$$

Una acepción práctica de la tasa de aprendizaje se puede entender al decir que una tasa de aprendizaje del 90% significa que se produce una disminución del 10% en el tiempo, cada vez que se duplica el número de aplicaciones.

El mismo autor introduce la fórmula que llama del planteamiento logarítmico, utilizando la siguiente expresión:

$$T_N = T_1 (N^b)$$

donde:

T_N = tiempo para producir la unidad N

T_1 = tiempo para producir la primera unidad

$b = (\log \text{ de la tasa de aprendizaje} / \log 2)$

Haciendo una aplicación numérica al volumen de horas-persona necesarias para la construcción del cuarto buque de una serie, cuyo primer buque necesitara 150.000 horas-persona, si la tasa de aprendizaje, en los términos ya definidos, fuera de un 85% las horas-persona necesarias serían:

$$T_4 = 150.000 \times 4^{\log 0,85 / \log 2} = 108.000 \text{ horas-persona,}$$

que podría sugerir que la tasa de aprendizaje aplicada crea expectativas demasiado optimistas. Para $L = 0,90$, el resultado hubiera sido de 122.000 horas persona.

Conviene recordar que el mantenimiento de los parámetros de las curvas de aprendizaje requiere el mantenimiento de los procesos y métodos de producción. Podría decirse de otra manera al remarcar que un cambio del sistema productivo rompe la estabilidad de las curvas de aprendizaje. Además, la obtención de las tasas de aprendizaje para un astillero determinado, y un tipo específico de buque, requiere la acumulación sistematizada de los costes de las experiencias extrapolables anteriores. Nuevamente conviene recordar la necesidad de estructurar la información del coste de los buques con los soportes adecuados.

Sucede también, que a pesar del compromiso contractual de repetición, se introducen, con posterioridad al contrato, *pequeñas* modificaciones de mejora del buque, pero que en realidad causan una importante perturbación en los procedimientos, aprovisionamientos, etc., de manera que no solamente originan la anulación de muchas de las ventajas de la repetición, sino que constituyen, además, fuente de numerosos *errores*. (Durante años he mantenido en mi despacho una magnífica pieza de latón grabada con el nombre, nº de construcción y puerto de registro del buque, industrialmente inutilizada por la circunstancia derivada del cambio del puerto de matrícula del buque quinto de una serie de cinco barcos contratada para su registro en el puerto de Reykjavik, pero que sin considerarse vinculado a la repetición, se cambió, a última hora, por otro puerto de matrícula).

Otra circunstancia que incide en la evolución de las curvas de aprendizaje es la incidencia que en el número de horas-persona aplicadas a la construcción de un buque tienen los sistemas de establecimiento de primas salariales. Resulta fácil de comprender que cuando se han negociado tiempos para la realización de cualquier tarea, no resulta fácil renegociarlos en función del número de repeticiones. Por esta circunstancia, se produce un bloqueo de la curva de aprendizaje que en general, no sigue la trayectoria teórica que cabría asignarle.

Una experiencia práctica de la que hemos obtenido información es la realizada con la construcción de una serie de 40 unidades de buques pesqueros arrastreros, contruidos para Marruecos, entre 1987 y 1991.

Se trata de buques de prestaciones muy básicas y preparados para la pesca de cefalópodo, y cuyas características básicas son:

- Eslora total: 37 m.
- Manga: 8,30 m.
- Potencia: 1.000 BHP

El número de horas-persona aplicadas a los primeros 5 buques (50.000 horas-persona de media) se redujo en un 20% para las siguientes 5 unidades, pero a partir de ese punto el astillero no constató avances en la construcción repetitiva de los buques siguientes.

Un comportamiento con tales resultados debería servir de base para el debate de las circunstancias en que se podría plantear una estrategia empresarial basada en la repetición de buques.

Podría decirse que no existen razones conceptuales para que la mejora de eficiencia que el aprendizaje por repetición induce en otras áreas industriales no sirva para la construcción naval. La pretensión de creerse diferentes al resto de los procesos industriales no debe alimentar la creencia de que no es posible ser más eficiente. Posiblemente, el beneficio obtenible de la repetición de buques deberá basar su estrategia en:

- Una predisposición entre astillero y armador para debatir, con criterio de optimización, el proyecto del buque y la cuantificación de las economías de la repetición.
- La definición de las cláusulas contractuales que definieran las penalizaciones derivadas del no cumplimiento de la repetición.
- Un debate sostenido de las políticas de remuneración por incentivos.
- Un desarrollo de los sistemas analíticos de costes.
- Un rigor en la imputación de costes y mantenimiento de los históricos del coste.

Sería obvio decir que estos comportamientos se dan en muchos procesos industriales que han obtenido de la repetición de unidades unos resultados económicos evidentes. Una reflexión oportuna del contenido económico real de las curvas de aprendizaje, y de las condiciones en que se debiera enmarcar la repetición de buques, podría conducir a la decisión *estratégica* que pudiera suponer la especialización de un

determinado astillero en un determinado buque. Por la importancia que este planteamiento supone no debería minimizarse el asunto como tema de reflexión *teórica* y de *vieja concepción*. Casi todas las estrategias empresariales sólo han sido fantasía y utopía, para los que no supieron o pudieron implantarlas.

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3. PRESUPUESTO POR DESGLOSE DE LAS PARTIDAS CONSTITUYENTES

3.1. INTRODUCCIÓN

La manera ordinaria de confeccionar el presupuesto de un buque será por simple *adición* de todas las partidas de sus elementos de coste. Esto quiere decir que no pretendemos sustituir el procedimiento habitual de sumar un largo listado de componentes del coste, sino elaborar un debate sobre los aspectos teóricos y prácticos de cómo hacer más útil el presupuesto de construcción de un buque.

Una decisión prioritaria que se plantea en este contexto es la formulación de los elementos del coste del buque de acuerdo a las fuentes de información más adecuadas disponibles en la empresa, pero sucederá sin embargo que la elaboración con método, siguiendo un determinado modelo para la realización del presupuesto, requerirá, previamente, crear las bases metodológicas necesarias.

En general, los contenidos económicos del coste de un buque están recogidos y *comprometidos* en los documentos contractuales habituales, que definirán el tamaño o dimensionamiento de los equipos, las marcas de esos equipos, las condiciones técnicas de velocidad, peso muerto, etc., pero otros muchos de los elementos del coste no tendrán su reflejo directo en los documentos contractuales, sino que serán el resultado de la eficiencia organizativa de la empresa, manifestada en cuestiones tales como su productividad, el nivel salarial, los medios materiales de que dispone el astillero, el entorno de subcontratación, etc., cuyo conocimiento deberá estar disponible para la elaboración del proyecto del presupuesto por la acumulación organizada del *coste histórico* de los elementos del coste de otros buques, a los que frecuentemente se les podrá asignar la característica de similares, con todas las matizaciones pertinentes para este propósito.

Los documentos básicos para la confección del presupuesto serán el anteproyecto y/o el diseño básico, que a juicio de F. Martínez de Castro (2002) son la clave del conocimiento económico y técnico del producto que estamos ofertando y constituyen la fase con mayor repercusión económica del proyecto. Sin embargo, para la formulación del presupuesto de un buque, es preciso asignar también una influencia en

el coste a otros elementos, que habitualmente estarán afectados por los contenidos del contrato, por las incidencias externas, que algunas veces se llamarán geopolíticas y que tanta influencia podrían tener, por ejemplo, en el coste del dinero o de la garantía otorgada al buque, y también a la difícil predicción de la evolución del coste de los elementos internos de la empresa, sobre los cuales la misma no tiene una total capacidad de influencia, aunque sí de gestión.

Todos estos elementos de incertidumbre que influyen en el conocimiento de la configuración del coste de tantos elementos, combinados o aislados, podrían tratarse en un contexto metodológico que se definiría como de *decisiones inteligentes*.

3.2. DECISIONES INTELIGENTES

La toma de decisión en el momento de evaluar el comportamiento futuro de una variable de coste se desarrolla con un grado importante de *incertidumbre*. Podría alegarse que se debiera trabajar el proyecto del presupuesto de un buque de manera que se minimizaran los riesgos de la evaluación, pero en definitiva, siempre subyacerá una componente importante de riesgo que no podrá cubrirse incluso con un pretendido coste de la información perfecta, en parte debido a imponderables futuros del azar, en parte por la falta de tiempo para trabajar el tema, pero fundamentalmente, por la propia esencia de los grados de libertad de los acontecimientos futuros.

La ejecución del presupuesto de un buque es una toma continuada de decisiones entre las alternativas posibles y en este sentido la toma de decisiones constituye una habilidad fundamental que se puede aprender.

J. S. Hammond & al. (2000), introducen el tema de las decisiones inteligentes y aportan lo que llaman un método para la toma de buenas decisiones. Una premisa elemental deberá basarse en la imposibilidad de tomar decisiones del coste futuro de elementos con *datos exactos*. En este sentido la evaluación del intervalo de variabilidad, el rango para cada variable, habrá que establecerlo sobre *datos casi exactos*, algunas veces, o datos muy inciertos, en otras ocasiones. Las escalas de apreciación serán numéricas, algunas veces, pero podrán tener características intangibles en otras ocasiones como el buen renombre comercial de algunas marcas, o de ciertos proveedores o subcontratas.

J-M. Lévy- Leblond, (2002), haciendo referencia al *intervalo de confianza* al gestionar la *inexactitud*, cifra como objetivo el establecimiento de un margen, o intervalo, cuando evidentemente la exactitud total es inalcanzable.

La buena realización del presupuesto requiere aprovechar al máximo la *información disponible*. Ésta es una cuestión que afecta a la estructura organizativa del propio astillero, pues la fuente más importante de información estará siempre en los históricos de la propia empresa y en sus propios procedimientos. Sin embargo, esta información no surgirá sino cuando se trabaje con método, al objeto de hacer que la empresa *aprenda*. Sucederá también que parte de la información requerida esté disponible a través de juicios o *informes de expertos*. Parece razonable suponer que

determinados análisis de coyuntura, de evolución del coste del dinero, de estrategias laborales y sindicales, y otras muchas, requieran un juicio especializado, y en este sentido el astillero deberá tratar de mantener personal especializado en el debate de estos asuntos.

Desarrollando más el procedimiento inteligente de toma de decisiones, Hammond & al., (2000) reabren el debate entre “buena decisión, malas consecuencias” y “mala decisión, buenas consecuencias”. La realidad futura será cambiante, la que sea, pero el método para imaginarla deberá ser riguroso. No se trata de apostar, de “acertar” en un escenario esperpéntico de posibilidades, ni de hacer diana en una alternativa no prevista, sino de establecer un debate razonado entre las alternativas posibles y jerarquizadas, en escenarios sobre los que se vierta el estado actual del conocimiento de esa materia. En realidad, el cumplimiento de un presupuesto, es decir, la satisfacción del proyecto de un presupuesto no consistirá en acertar, por casualidad, sino en utilizar *escenarios* compatibles con el estado de conocimiento de las cosas y con unos perfiles de riesgo asumidos, bien entendido que cuando hay incertidumbre en una toma de decisión no se puede garantizar el mejor resultado, aún cuando se tome la mejor decisión. Por evidente, no es necesario insistir en el supuesto contrario.

Una toma de decisión inteligente será relativa, ya que deberá tratar de establecer estados comparativos entre las distintas alternativas. Para el caso de decisiones concatenadas en que las variables no sean muchas, el árbol de decisión ha sido, lo es, un procedimiento muy utilizado. En versión simplificada, se podría decir que un árbol de decisión combina, en relación causa-efecto, los estados de incertidumbre que la naturaleza de los hechos impone, con una serie de decisiones, en inicio, volitivas. Es una herramienta muy valiosa para decisiones con relativamente pocas alternativas de incertidumbre, o todavía mejor, para estados de incertidumbre segmentados a los que se afecta, después, de un valor cuantitativo para cada segmento, pero el procedimiento pierde “manejabilidad” cuando como en el caso de un buque, tanto los estados de naturaleza como las incertidumbres son tantas y tan dispersas. No obstante, el procedimiento de elaboración del árbol de decisión aporta una metodología siempre válida para la toma de decisiones, entre otras razones porque en el mecanismo interno de su estructuración recurre a elaboraciones correspondientes a otras áreas del conocimiento, la lógica, la estadística, el debate interno en la empresa, la utilización del

“zoom” para la disección de las incertidumbres en sus componentes básicos, la consulta a especialistas, etc.

Para el caso concreto de la elaboración del presupuesto de construcción de un buque se pretende un planteamiento más potente para la toma de decisiones, máxime cuando al enfrentarse al objetivo principal de estimar un intervalo del valor del presupuesto se está, casi siempre, haciendo referencia a aspectos del coste expresamente cuantificados en unidades dinerarias. Junto a la mecánica de la elaboración lógica de los árboles de decisión se deberán ir introduciendo aspectos más vinculados al perfil de riesgo que se quiera asumir, e ir estimando los estadísticos que recojan mejor el futuro comportamiento de la incertidumbre.

Por concluir con algunas de las recomendaciones de Hammond & al. (2000), recogemos algunos de los necesarios estados de alerta, para “no concentrarse en lo negativo,... no falsear las probabilidades al calcular el riesgo,... no omitir una incertidumbre significativa,... evitar un optimismo necio,... no evitar tomar decisiones arriesgadas porque sean complejas,...” y aunque sea en otras palabras, tratar de adecuar el nivel del riesgo a la tolerancia de la empresa, o de su sector.

3.3. ANÁLISIS DEL RIESGO

Es sabido que cada uno de los factores constitutivos del coste es una variable aleatoria, y la aproximación a la fijación de su coste futuro deberá contemplarse desde esta característica de aleatoriedad.

Un método habitual que en el tratamiento del análisis del riesgo ha sido utilizado con profusión, siguiendo la *teoría de la decisión*, podría basarse en el método de los árboles de decisión, que se elaboran según un esquema ramificado y de múltiple repetición. Sin embargo, al ser el proceso del presupuesto tan largo, tan poco segmentado y tan complejo, la ramificación debería ser tan profusa que la carga informativa de cada una de las ramas tendría muy poca aplicación.

Un método más potente de aplicación para un proyecto tan complejo como la elaboración del presupuesto de un buque podría basarse en el desarrollo que R.Vinader (1974) hace del método que David B. Hertz (1964 y 1968) propone, y que combina la *teoría de la decisión* junto a la técnica de *simulación*. En síntesis, dicho método consiste en fijar el campo de variabilidad de cada una de las variables o elementos del coste y simular la combinación de las *series de azar* de todas las variables o elementos, según un procedimiento aleatorio.

Debe entenderse que la remisión a estas series de azar no tiene el objeto de introducir una mayor dispersión o incertidumbre a los intervalos de confianza establecidos para cada una de las variables o elementos del coste, sino que lo que simulan es la *repetición*, hasta el límite que sea necesario, de los diferentes estados de naturaleza posibles, siempre dentro de los límites establecidos y de la función de densidad probabilística que para cada variable o elemento del coste se ha definido. Resulta evidente que la componente de la incertidumbre del numeral que el procedimiento aplica a cada variable o elemento del coste está predeterminada en la decisión de asignar, a cada variable o elemento del coste, el estadístico que mejor se supone que lo representará respecto a su evolución futura, y no en la repetición metodológica de los distintos presupuestos que se realizan por este procedimiento, lo cual no hace sino disminuir el error, o aumentar la fiabilidad del intervalo, cuantas más veces se repita el experimento.

El proceso deberá ser ejecutado reiterativamente hasta que la aportación de la última serie de presupuestos no produzca modificación apreciable en la curva de la función de distribución del presupuesto, o dicho de manera diferente, hasta que la sensibilidad de la función de distribución del coste total sea irrelevante a la aplicación aditiva de una nueva serie.

En la aplicación del modelo que más adelante se realizará, la simulación se practicará hasta la repetición de 20 cálculos representativos de 20 situaciones aleatorias. A los efectos de verificación de la suficiencia de estas 20 repeticiones, en la Tabla 15 se recoge la evolución de los parámetros de la media y desviación típica representativos de la distribución asumida como hipótesis y la distribución obtenida por la repetición aleatoria del experimento, para el caso de dos variables concretas, A y B, analizadas, lo cual confirma la suficiencia del número de experimentos.

Tabla 15 – Pruebas de hipótesis

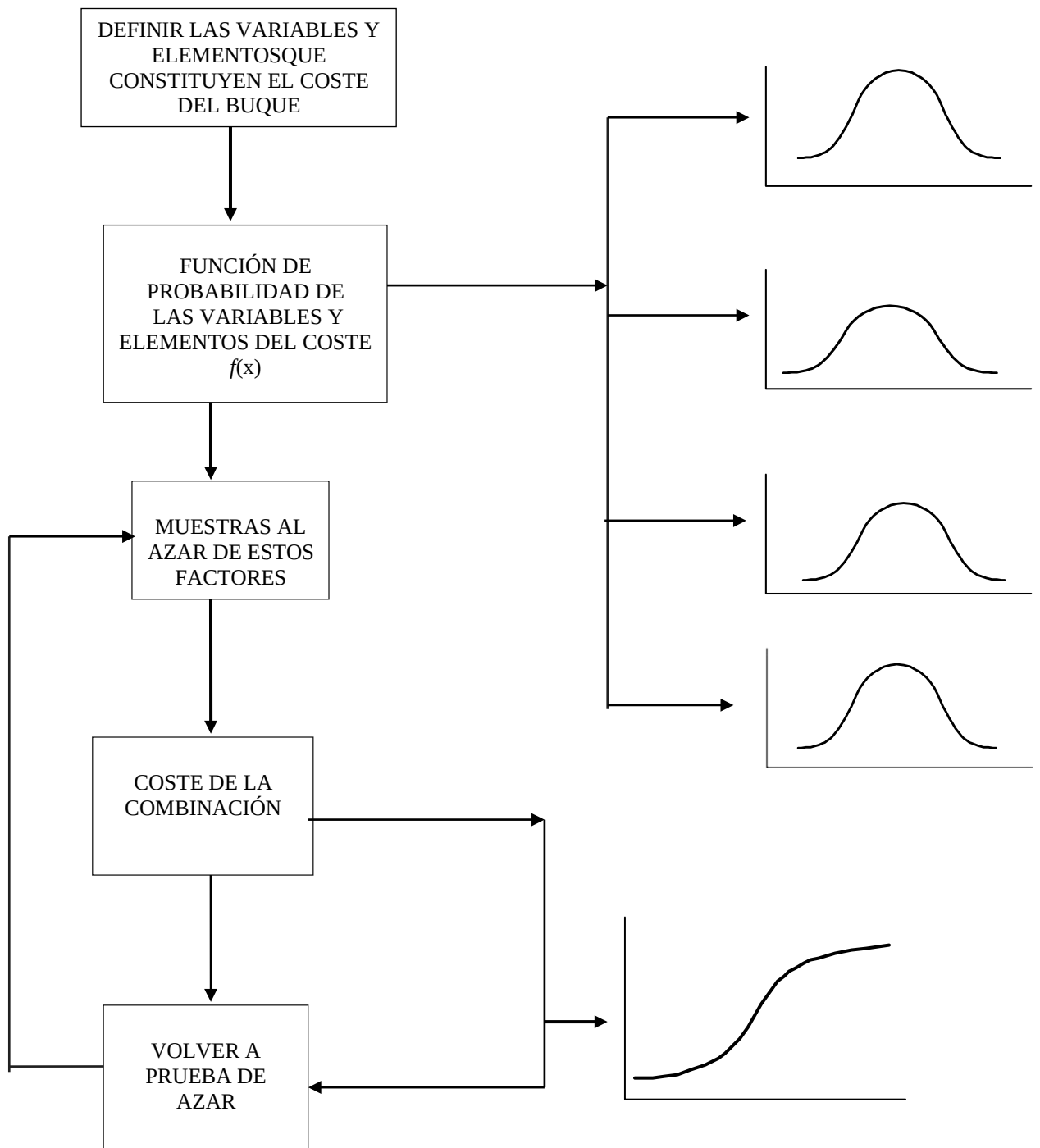
		HIPÓTESIS	RESULTADO
VARIABLE: A	Media, μ	207,476	207,864
	Desviación Típica, σ	3,439	3,365
VARIABLE: B	Media, μ	105,647	105,646
	Desviación Típica, σ	0,526	0,531

Además, la utilización de la teoría del riesgo, por el tratamiento que hace del manejo de *datos inexactos*, incorpora una sana reflexión, al asignar al proyecto del presupuesto la idea de intervalo, y hace por ello evidente que la mejor respuesta al proyecto del presupuesto es una *respuesta matizada y acotada*, en contraste con una respuesta *demasiado precisa*, que al enunciarla con tanta concreción podría crear la falsa expectativa de que el coste futuro del buque es bien conocido y seguro, con una precisión que en realidad ningún método tiene.

Aplicando el método que D. Hertz propone se puede elaborar el esquema siguiente, que queda reflejado en el Gráfico 7:

1. Definir las diferentes variables y elementos que configuran el coste del buque.

Gráfico 7 - Esquema secuencial de aplicación del análisis del riesgo



2. Aproximar, para cada una de estas variables y elementos del coste, el intervalo de confianza, y la previsión estimada de sus respectivas funciones de densidad o probabilidad, y de distribución.
3. Generar series de números al azar para aplicar a cada variable y elemento del coste.
4. Calcular los acumulados de coste para las distintas series de azar.
5. Elaborar y representar la función de densidad y la función de distribución del coste.

El resultado será la obtención matizada y acotada de las funciones de densidad y distribución del presupuesto del coste de construcción del buque, como una combinación probabilística, dependiente de todos los factores constitutivos del coste, en la que el procedimiento ha eliminado los casos más extremos de las combinaciones (el maxi-max y el mini-min), por corresponderles una prácticamente nula probabilidad de confirmación real. Esta información debería ser el soporte imprescindible para la toma de decisión de formalización del precio de venta, que como resulta obvio resaltar, se elabora de acuerdo a otros tipos de considerandos. (No hay más necio que el que confunde valor y precio).

3.4. DEFINICIÓN DE LOS DIFERENTES FACTORES QUE CONSTITUYEN EL COSTE DEL BUQUE

La elaboración de un modelo para la elaboración del presupuesto de un buque y su aplicación real al caso de un buque concreto, requiere la implantación metodológica de las pautas necesarias para identificar y utilizar los diversos soportes que informan de la estructura de los elementos y las variables del coste.

En general, la información básica que determinará los diferentes factores que constituyen el coste de un buque y la estructura del presupuesto de construcción del mismo, vendrá recogida en los documentos y procedimientos siguientes:

- Especificación estándar/ Libro estándar de los conceptos del coste
- Contrato estándar
- Concepción constructiva del buque

Al objeto de elaborar la teoría y práctica de la elaboración del presupuesto se desarrollan simultáneamente los enunciados teóricos del proyecto del presupuesto y la aplicación de un caso concreto para la elaboración del presupuesto de un buque.

Para la aplicación se ha elegido un buque construido en un astillero español , en el año 2000, y del que por gentileza del mismo se dispone de exhaustiva información del coste. Se trata de un buque arrastrero congelador para pesca pelágica, que constituye un hito especial en la construcción de buques pesqueros, por cuanto que la especialidad de arrastre para pesca pelágica tiene características novedosas, y por el hecho, además, de que al entregarse el buque, con su eslora de 140 m., constituyera, en opinión del constructor, el barco de pesca más grande del mundo. Como identificación a “tipo de barco”, podría decirse que se trata de un buque, mitad pesquero, mitad mercante frigorífico.

La definición del proyecto está recogida, según transcripción realizada por el propio astillero, en el Anexo 2, y de aquí en adelante, al hacer referencia a ese buque, convencionalmente, se le denominará *ITSASO*.

Las características principales del buque son:

Tipo de buque	Arrastrero congelador
Eslora total	142,30 m.
Manga de trazado	18,70 m.

Puntal cubierta superior	8,88 m.
Peso muerto	9.119 T.M.
Arqueo	9.298 G.T.
Potencia propulsora	7.352 KW.
Velocidad en pruebas	17,00 nudos
Dotación	54 tripulantes
Capacidad de bodegas	11.320 m3
Clasificación	+ 100 A1 STERN TRAWLER +LMC, UMS, SCM+ RMC (-25°C)

Al objeto de conocer la estructura del coste de este buque hemos procedido a la elaboración del presupuesto que hemos llamado de valor actual, PVA, tomando la información de la estructura del coste del buque que nos ha sido facilitada por el astillero constructor.

El proceso de elaboración de la matriz del coste del *ITSASO*, en su formato de dos dígitos, ha constituido un laborioso proceso de adaptación al “soporte del presupuesto” que se ha definido en el Capítulo 1 de este trabajo.

En concreto, y en lo referente al formato del soporte del coste del buque, el astillero utiliza un código del libro de conceptos del buque en tres y un dígitos, y como encabezamiento de las columnas que definen la clasificación de los gastos utiliza un soporte de diez columnas, entre principales y auxiliares.

Llegados a este punto podría ser conveniente recordar lo ya apuntado en el Capítulo 1 al hacer referencia a los distintos soportes del libro de conceptos o libro de conceptos del coste, en el sentido de no sacralizar el debate de las alternativas posibles de este soporte. En el caso concreto del utilizado por este astillero no ponemos ninguna objeción al mismo, simplemente constatamos que es diferente al nuestro.

Posteriormente se ha seguido el siguiente proceso de adecuación:

- Respecto a las filas de los elementos:
 - Se ha identificado para cada elemento del coste, formulado inicialmente en tres dígitos, su correspondiente en dos o cuatro dígitos, en el formato soporte del presupuesto recogido en el Anexo 1.

- Respecto a los encabezamientos de la clasificación del gasto, además de los correspondientes a materiales, mano de obra y subcontratación, se han utilizado los definidos en el Anexo 1:

- Otros gastos de fabricación
- Gastos de venta o comerciales
- Gastos de estructura

En la estructura de costes del astillero constructor las partidas de gastos se imputan a través del coste de la hora-persona, tanto propia como subcontratada. Hemos preferido hacer la conversión al modelo que enunciamos como “soporte del presupuesto”, por cuanto que la alternativa de aglutinar en el coste de la hora-persona tanto el coste directo del personal involucrado como toda la carga de indirectos, constituye una ocultación importante en la estructura del coste y es contraria a la práctica habitual de la contabilidad y a los criterios de auditoría. Esta práctica de aglutinar en el coste hora el coste de la estructura del astillero priva a la gestión del presupuesto de la alternativa de reflexionar sobre la estructura de costes de la empresa y del buque, excepto el recurso evidente de acceso a la contabilidad general, y diluye por otra parte una dinámica de aprendizaje en la que se debiera pretender que la responsabilidad del coste de las fases intermedias de la construcción del buque fueran asumidas por las instancias jerárquicas a quienes se les asigna la responsabilidad de dirigirlos, y el procedimiento de agrupar todos los gastos de estructura en el coste de la hora-persona lo confunde todo.

Para la aplicación del modelo del presupuesto al caso del buque *ITSASO* se tomará la matriz del coste del buque PVA, al que se aplicará la metodología de adecuarlo a futuro por las incidencias ocasionadas por el paso del tiempo y las incertidumbres de los supuestos técnicos del proyecto y de producción, así como de la evolución de los costes que inevitablemente le afectarán.

La matriz del presupuesto, PVA, del *ITSASO*, que se recoge en la Tabla 16, constituye la versión resumida a un dígito de la matriz del coste desarrollada a dos dígitos, y que figura como Anexo 3. En esta matriz hemos introducido un factor de distorsión al objeto de interponer un ligero velo en la estructura interna de los costes de ese astillero. Esta medida se ha tomado, además, por cuanto que la distorsión aplicada en nada empaña el carácter didáctico del modelo.

Tabla 16 – Matriz del Coste en un dígito

PRESUPUESTO								
	BUQUE XXX	COSTE DE MATERIALES	MANO DE OBRA	SUBCONTRATACIÓN	OTROS GASTOS DE FABRICACIÓN	GASTOS DE VENTA O COMERCIALES	GASTOS DE ESTRUCTURA	TOTAL
0	GENERAL							
1	CASCO							
2	CUBIERTA							
3	HABILITACIÓN							
4	MAQUINARIA							
5	SERVICIOS ELÉCTRICOS							
6	SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO PARA LA CARGA							
7	SISTEMA DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA CARGA							
	TOTAL (1 DÍGITO)							

PRESUPUESTO								
	BUQUE /TSASO	COSTE DE MATERIALES	MANO DE OBRA	SUBCONTRATACIÓN	OTROS GASTOS DE FABRICACIÓN	GASTOS DE VENTA O COMERCIALES	GASTOS DE ESTRUCTURA	TOTAL
0	GENERAL	190	911	313	2.741	1.154	2.876	8.185
1	CASCO	2.115	1.604	1.751	296			5.766
2	CUBIERTA	2.213	303	297	709			3.522
3	HABILITACIÓN	389	180	376	1.738			2.683
4	MAQUINARIA	5.788	510	606	279			7.183
5	SERVICIOS ELÉCTRICOS	715	34	47	1.164			1.960
6	SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO PARA LA CARGA	7.151	240	109	1.797			9.297
7	SISTEMA DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA CARGA	1.732	46	54	122			1.954
	TOTAL (1 DÍGITO)	20.293	3.828	3.553	8.846	1.154	2.876	40.550

3.4.1. ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR / LIBRO ESTÁNDAR DE LOS CONCEPTOS DEL COSTE

Por el tratamiento asignado en el Capítulo 1 la “especificación estándar” y el “libro estándar de los conceptos del coste”, podrían definirse como aquellos soportes que son asumidos por el astillero como modelos únicos para la elaboración de la especificación del buque y de su presupuesto. Este propósito podría parecer, al inicio, una pretensión exagerada, por cuanto que el origen de la especificación contractual pudiera venir definida, en muchas ocasiones, en formatos muy diferentes al establecido por el propio astillero. Como se recoge en el Capítulo 1, habrá que adoptar un método de reversión de la especificación, siempre al mismo formato. Esta reversión no hace referencia a los aspectos literarios de la misma sino a su contenido técnico- económico, y su soporte será el índice de la especificación estándar.

Para la elaboración del soporte del presupuesto de construcción del buque se utilizará una definición coincidente con el libro estándar de los conceptos del coste del buque, que hemos elaborado tomando el soporte básico del modelo que SENER nos ha

facilitado. Al objeto de adecuarlo al propósito de este proyecto se ha enfatizado en una mayor identificación con los criterios contables recogidos en el Plan General de Contabilidad de las empresas constructoras, y más específicamente a las partidas que agrupamos en el capítulo 0, llamado “GENERAL”.

El propósito de este formato es la definición de todos los elementos del coste del buque hasta el alcance del coste total o full cost, por lo que en los distintos elementos del coste se habrá incluido, además del llamado coste directo de fabricación, los costes indirectos de fabricación, los costes de venta y los costes de estructura.

Haciendo nuevamente referencia al capítulo 0, GENERAL, se ha realizado un tratamiento más actualizado en el soporte del presupuesto de construcción de un buque, cuyo desglose, en formato de dos dígitos es el siguiente:

- 1 INGENIERÍA
- 2 CLASIFICACIÓN Y REGLAMENTOS
- 3 PRUEBAS
- 4 ARMADOR Y ENTREGA
- 5 SERVICIOS AUXILIARES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN
- 6 OTROS COSTES GENERALES DEL BUQUE
- 7 GASTOS GENERALES DE ESTRUCTURA
- 09 MANO DE OBRA INDIRECTA

Este criterio de clasificación ha supuesto la elección entre distintas razones principales, de las que se destacan las siguientes:

- Asigna un tratamiento diferenciado a los costes indirectos, a los de venta y a los de estructura, sin incluirlos en un criterio de imputación proporcional a través de la mano de obra directa.
- Concentra todos estos costes en este capítulo 0, “GENERAL”, y proporciona un mejor conocimiento de la estructura del coste de la empresa, facilitando el debate sobre su competitividad.

El resto de los capítulos del presupuesto, desde el 1 al 7, recoge el contenido de lo que básicamente se denomina coste directo de fabricación. Para facilitar la lectura de

este trabajo, nuevamente repetimos el índice de los capítulos que constituyen el soporte del presupuesto, con el alcance de definición de un dígito:

8. GENERAL
9. CASCO
10. CUBIERTA
11. HABILITACIÓN
12. MAQUINARIA
13. SERVICIOS ELÉCTRICOS
14. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO PARA LA CARGA
15. SISTEMAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA CARGA

En el caso del *ITSASO*, se ha procedido a la reversión al formato del soporte del presupuesto que hemos elaborado y se ha dedicado una especial atención a la definición de algunos de los elementos más inmateriales del coste del buque y que hacen referencia a los gastos financieros, a las penalizaciones por incumplimiento del contrato, y a los gastos de garantía técnica post entrega, según se han incluido en el Anexo 3.

3.4.2. CONTRATO ESTÁNDAR

Del mismo modo que para la especificación estándar y el libro estándar de los conceptos del coste, definimos el contrato estándar como aquél que es asumido por el astillero como modelo único para la elaboración del presupuesto. Por las mismas razones que para la especificación estándar, habrá que adoptar un método de reversión siempre al mismo formato. Esta reversión no hace referencia a los aspectos literarios de la misma sino a su contenido técnico- económico.

El contrato de construcción de un buque es un contrato complejo y existe una práctica habitual de soportar el mismo en determinados formularios de contratos que han acreditado, a lo largo de los años, un buen funcionamiento.

Entre los diversos modelos de contratos de construcción de un buque, R. Alvariño & al. informan de algunos contratos-tipo, habituales, y destacan los siguientes:

- “Standard Shipbuilding Contract”, preparado por la Association of Western European Shipbuilders (AWES), 1972. (Este contrato ha sido modificado en Mayo de 1999).
- “British Shipbuilders shipbuilding Contract”, 1983.
- “Standard form of 7 October 1981 for contract for the building of Ships at Norwegian Shipbuilding Yards”, preparado por la Norwegian Shipowners Association and the Norwegian Shipbuilders Association, 1985.

La complejidad del contrato de construcción de un buque se explica, entre otras razones, por el *gran número de agentes* que intervienen en un proceso que no solamente trata, en aislado, de la construcción propiamente dicha, sino que combina la casuística de la intervención de muchos de los agentes que participan en el negocio futuro de la explotación del buque. De hecho, una práctica usual en el proyecto de invertir en la construcción de un buque importante combina los supuestos habituales de la construcción, con el adecuado soporte de la financiación y su aseguramiento, y con la explotación posterior del buque, muchas veces realizada por agentes diferentes al armador con quienes se establece acuerdos de hondo contenido. En este sentido, la complejidad del contrato viene condicionada por la intervención coordinada y/o subordinada de muchos agentes, que por la habitualidad de su denominación, también en inglés, los enunciamos en las dos lenguas:

- El armador: The owner
- El constructor: The builder
- El fletador: The charterer
- El banco financiador: The lender bank
- El asegurador: The issuer
- El banco depositario: The deposit bank.

Todos estos agentes suscriben una tupida malla de relaciones vinculadas que pueden dar lugar a las siguientes relaciones contractuales habituales:

- Contrato Marco: Master Agreement

- Contrato de Construcción: Shipbuilding Contract
- Contrato de Arrendamiento a Casco Desnudo: Bareboat Charter
- Contrato de Financiación: Financing Agreement
- Contrato de Préstamo a Plazo: Loan Agreement
- Contrato de Línea de Crédito: Term Facility Agreement
- Contrato de Depósito: Deposit Agreement and Deed of Charge, y
- Contrato de Asociación: Partnership Agreement

Ante semejante complejidad, no debe suponer extrañeza que muchas de las cláusulas otorgadas por el Astillero al Armador terminen cedidas a otros agentes que intervienen en el negocio, de modo que la eventual reclamación de daños o perjuicios acordados entre astillero y armador puede ser cedida a terceros, y por lo tanto reclamados por terceras personas, con criterios estrictamente jurídicos que podrían sorprender la buena fe del astillero en el desarrollo de las *conversaciones* mantenidas con el armador.

En este contexto, los contenidos que habitualmente deberían ser objeto de sistematización en relación al alcance económico del contrato de construcción de un buque y que, a juicio de S. Curtis & I. Garrard (2001), según recogemos del artículo de María Mateo, constituyen las *cláusulas clave*, podrían ser los siguientes:

- Responsabilidad del proyecto
 - Garantía del astillero
 - Condiciones legales implícitas
 - Garantía expresa
- Alcance del trabajo
- Precio
- Modificaciones
- Demoras permisibles y fecha de cancelación
- Fuerza mayor
- Garantías
- Entrega
- Incumplimientos por parte del comprador
- Incumplimientos por parte del constructor
- Resolución de disputas

- Mecanismo para dirimir las rápidamente
- Disputas de naturaleza técnica
- Resolución por arbitraje o tribunal

A juicio de estos autores, existe una mayor tradición en los astilleros de Japón y Corea en el uso de contratos redactados con articulado estándar que en el resto de los astilleros del mundo. En este sentido, en los astilleros japoneses y coreanos parece darse una práctica siempre recurrente en los formularios de contrato en lo referente a las cláusulas de subcontratación, fuerza mayor, responsabilidades del proyecto, insolvencia del constructor y garantías.

Es importante destacar que los contenidos económicos de estas cláusulas son, pueden ser, muy importantes. Adicionalmente, el procedimiento de evaluación de su contenido económico resulta de muy difícil estimación, por cuanto que cuando suceden, la incidencia que incorporan al coste es muy grande y la frecuencia con que se dan no resulta de fácil predicción. Constituye, en general, un debate entre lo catastrofista y lo infundadamente optimista. Una medida prudente en la elaboración del presupuesto de construcción de un buque consistirá en la inclusión, en el soporte del presupuesto, de los conceptos descritos, y en la cuantificación, generalista en algunas ocasiones, del alcance del coste inducido, en porcentaje sobre el coste total. En otras ocasiones la estimación podrá basarse en el conocimiento de los históricos del astillero para estos supuestos.

A juicio de S. Curtis & I. Garrard. (2001) la responsabilidad del proyecto constituye una consideración clave, pues la responsabilidad puede extenderse no solamente a los aspectos técnicos de la nueva construcción, sino también a los riesgos legales y financieros asociados a los defectos del proyecto, y no concluyen con la entrega y aceptación, o inicio de la actividad comercial del buque. Por esta razón, refiriéndose a los términos de garantía es conveniente concretar si el alcance de la misma se corresponde simplemente en cubrir el trabajo y los materiales empleados en la subsanación de errores durante un período, habitualmente de doce meses, o incluye, además, la pérdida o daño causado al comprador por ese motivo.

Una previsión razonable para el coste de las garantías a cubrir, según la práctica más convencional de asumir como coste de la garantía la reposición de los materiales dañados y la mano de obra correspondiente, podría estimarse entre un tres por ciento (3%) del coste del buque, cuando la garantía se pasa en el propio astillero constructor, y

un cinco por ciento (5%), cuando se acuerda que la garantía pueda ser pasada en el astillero que fije el armador, habitualmente, en otra zona geográfica, pero la dispersión habitual que se da en estas cifras suele ser realmente grande. Resulta evidente deducir que estos importes pueden verse protegidos si en las partidas subcontratadas, en general trabajos o instalaciones muy específicas, como por ejemplo aislamientos de frío, instalaciones frigoríficas y aire acondicionado, pintura, habilitación, etc, y además en el suministro de maquinaria principal, se ha tomado la precaución de trasladar y garantizar el cumplimiento de las mismas obligaciones de garantía al proveedor respectivo. Tal vez no resulte obvio recordar que se debe tomar la cautela de alargar el plazo de garantía otorgado por los proveedores y subcontratistas, habida cuenta que estos plazos de garantía deben cubrir el plazo de garantía dado por el astillero, que se inicia con la entrega del buque, y no con la fecha del suministro parcial de los equipos o las instalaciones al astillero.

Tampoco resulta ajeno al coste real de la garantía el articulado del contrato de construcción que hace referencia a la forma de pago. Existe una creencia habitual de considerar, como riesgo asimilado, la pretensión del armador de compensar la parte aplazada del pago con el coste de la garantía. Posiblemente esta pretensión del armador esté fundamentalmente “basada” en el debilitamiento, de hecho, de los mecanismos jurídicos contractuales con la distancia y el enmarañamiento de reclamaciones cruzadas entre las partes intervinientes en el contrato.

Si bien no se van a considerar como objeto específico de valoración en el presupuesto de construcción de un buque, es conveniente recordar, en la elaboración del contrato estándar de un astillero, las obligaciones económicas que podrían derivarse en áreas conexas con el criterio de garantía aquí comentado, y que conviene explicitar pues podrían constituir importantes costes del buque. A este respecto, estos mismos autores hacen constante referencia a las obligaciones que se podrían derivar de un contrato de construcción de un buque por las *condiciones legales implícitas* referentes a la calidad e idoneidad razonable de los materiales y métodos utilizados, pues “si las referidas condiciones no han sido expresa o implícitamente excluidas por el contrato, pueden aportar cierta protección al comprador en caso de que surjan defectos en el buque después de su entrega”.

Otra cautela que también se debe considerar es la relativa al término de *garantía expresa*. Podría suceder que “el comprador puede estar adecuadamente protegido, aunque no se haya incluido una cláusula expresa, si existe una garantía que cubra “el material empleado o el trabajo realizado”.

Resulta lógico suponer que estas cláusulas recobran su máxima importancia cuando coinciden las especiales, pero habituales circunstancias de que el proyecto del buque haya sido suministrado por el armador o un proyectista externo, y que el ámbito de la jurisdicción aplicable no sea la del Estado del astillero, en general mejor conocida, y sea de aplicación otra legislación.

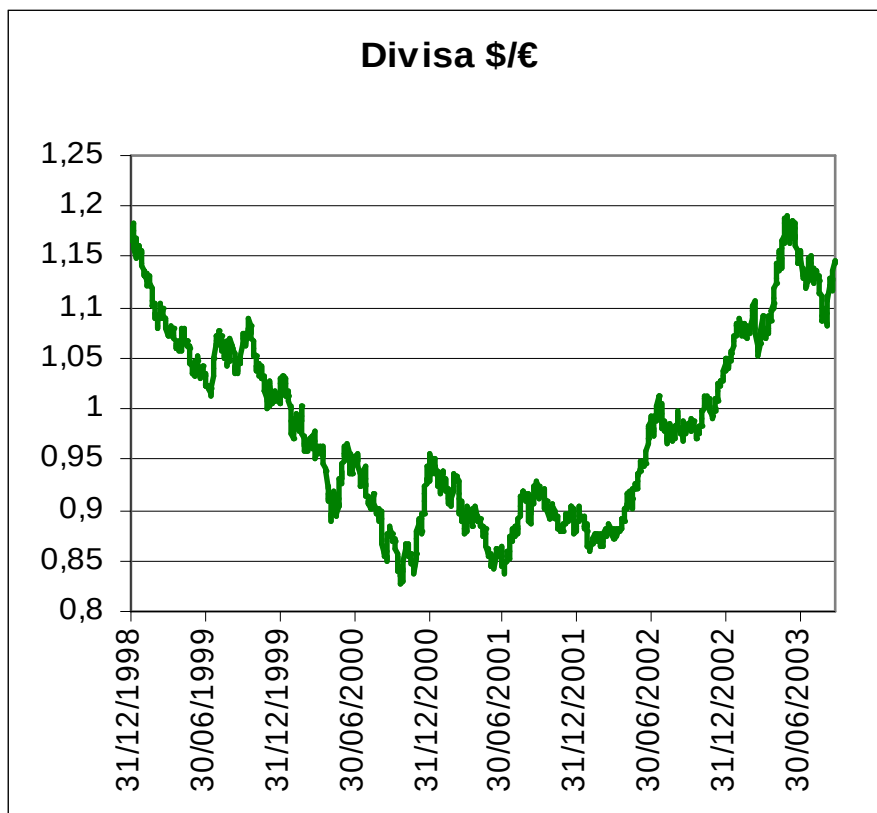
Suele suceder también que la fijación del *alcance del trabajo* no esté definitivamente aclarado por el contenido recogido en la especificación técnica del buque. En general deberá entenderse, incluso sin una referencia explícita, que el buque, “en el momento de su entrega, tenga una clasificación aceptada por las autoridades nacionales e internacionales, incluidas las del país del pabellón bajo el que va a operar el buque”.

Debido a la duración, en general grande, de la construcción de un buque, es práctica habitual que el *precio* que el armador paga por el buque se realice normalmente a plazos. En este sentido conviene concretar con precisión los momentos en que los pagos parciales deben producirse. “Los plazos están con frecuencia asociados con la finalización de etapas de la construcción y, en este caso, es fundamental que estas etapas queden definidas de forma precisa. No beneficia a ninguna de las partes, por ejemplo, que la fecha del pago de un plazo coincida con la “terminación del 50% del trabajo de acero estructural”. En general, será muy difícil ponerse de acuerdo sobre fórmulas de tan imprecisa verificación. En este sentido, podría ser conveniente que se pudiera requerir a un tercero para la emisión de los certificados acreditativos del cumplimiento de los hitos establecidos para los pagos parciales acordados.

En estrecha relación con el precio de venta y la fijación de los hitos característicos de los cobros parciales, deberá precisarse la *divisa* en que se formaliza el contrato. El establecimiento en el contrato de la divisa en que se formalizará el pago del buque introduce en el presupuesto un intervalo de incertidumbre que habrá que acotar. Afortunadamente, para los propósitos de este planteamiento, la introducción del euro en una amplia zona de Europa, e incluso la aceptación del euro como divisa de pago

internacional, introduce un elemento de simplificación. No obstante, con esta situación no se despejan todas las incertidumbres afectas a esta problemática. Efectivamente, las empresas de construcción naval operan en un vasto territorio, y los contratos en Europa, nominados en dólares, no son infrecuentes. Adicionalmente, el origen geográfico, o mejor dicho, el área económica de la que provienen muchos equipos de un buque, no son coincidentes con la divisa en que se ha podido firmar el contrato de construcción del buque. Esto significa la necesidad de establecer, en importes y fechas, los flujos dinerarios correspondientes en cada divisa, y asumir para estos flujos las coberturas necesarias. Una aproximación al estadístico que pudiera representar la previsible evolución de los costes por diferencias de cambio derivadas por las *fluctuaciones de paridad* de las divisas involucradas podría obtenerse de la evolución histórica de las mismas frente al Euro. Para el caso del Dólar, recogemos en el Gráfico 8 la evolución de su fluctuación desde enero de 1997 hasta fechas recientes según la hemos obtenido de una entidad de crédito, y que ha seguido creciendo, de manera que al redactarse este trabajo el cambio estaba en 1,27 dólares por cada euro.

Gráfico 8 – Evolución Dólar/Euro



De la observación del gráfico puede renovarse el criterio de incertidumbre del comportamiento de muchas de las variables del coste.

Sucede también que, durante la construcción del buque, el armador está facultado para solicitar *modificaciones* en el mismo, y esto puede originar alteraciones en su coste. En general habrá que tomar en el contrato determinadas precauciones para que el *resultado económico* de las modificaciones no resulten gravosas para el astillero. Incluso una *gestión* adecuada de la cuenta de modificaciones debería ser fuente generadora de resultados positivos para el astillero.

Para desarrollar una gestión eficaz de esta cuenta será conveniente establecer en el contrato ciertas cláusulas que hagan referencia a los *precios unitarios* de las unidades de obra que se apliquen a las modificaciones. Entre otros, podría hacerse referencia al coste de la hora-persona, incremento de coste aplicable sobre nuevos suministros del exterior, etc.

Otro aspecto importante a introducir en el contrato de construcción de un buque será el relativo a la fijación del modo de pago que estas modificaciones originan. La práctica habitual a este respecto suele estar establecida por un pago parcial, coincidente con las fechas de admisión/ejecución de la modificación, y el pago restante, diferido a la entrega del buque. Sin embargo, al margen del coste específico y del cobro de estas modificaciones es preciso concretar los riesgos que tales modificaciones pueden originar en la estructura del coste del buque.

En primer lugar es preciso tener siempre la *aceptación escrita* del representante del armador para dichos cambios. También sucederá que determinadas modificaciones supongan cambios en las características acordadas en el contrato, y se deberá por lo tanto aclarar que las responsabilidades del cambio son asumidas por quien las solicita, y esto requiere aclaraciones muy concretas y a veces técnicamente complejas, que en ocasiones guardan relación con los supuestos de la “responsabilidad del proyecto”, como se ha descrito anteriormente. Finalmente, algunas modificaciones condicionan tanto el importe de la financiación, como el cumplimiento del plazo de entrega, y estas circunstancias deberán ser especialmente acordadas y valoradas.

En el presupuesto de construcción del buque no se incluirá ningún coste relacionado con las modificaciones o extras del buque, pero en la imputación de costes

se asignarán los mismos a un concepto específico del libro de costes que se denominará “trabajos extras”, que al final se incorpora al coste final del buque “ *as built*”.

Un elemento importante en la estructura del coste de los elementos incorporados al presupuesto, a través del contrato de construcción del buque, lo constituyen los epígrafes de las *penalizaciones y plazo de entrega*, que podrían agrupar el contenido de las *demoras previsibles y fecha de cancelación*, y los *incumplimientos por parte del constructor*, incluidos en la relación de las cláusulas claves del contrato, según S. Curtis & I. Garrard (2001).

G. Polo (I.N. Mayo 2001) recoge los conceptos más habituales en las cláusulas de penalización de los contratos de construcción naval, y que son, a su juicio, los siguientes:

- Retraso en la entrega
- Velocidad
- Peso muerto
- Capacidad de bodegas o tanques
- Consumos

El alcance de estas partidas se ha incluido en el documento “soporte del presupuesto”, en el capítulo 0, GENERAL, en la cuenta 06, OTROS COSTES GENERALES DEL BUQUE, según se puede apreciar en el Anexo 1.

Habitualmente, la teorización y cuantificación del contenido económico de los perjuicios derivados de la aplicación de estas cláusulas se hace a *iniciativa* del armador, con el aparente propósito de compensar los hipotéticos daños en la estructura del coste de explotación de la empresa naviera, estableciendo, para ello, determinadas compensaciones económicas por lo que podría entenderse como lucro cesante o penalizaciones directas a la cuenta de explotación previsional que se pudiera elaborar para ese buque.

Sin embargo, desde el punto de vista de la estructura del coste del buque, para el constructor, el enfoque podría ser complementado con la incidencia económica que algunas penalizaciones, fundamentalmente la derivada por el *retraso en la entrega*, tienen para el astillero.

El contrato de construcción de un buque deberá establecer una *fecha de entrega* del buque, las *demoras permisibles* y la *fecha de cancelación*. Por la incidencia

económica que podría originar la demora en la entrega del buque es preciso concretar el alcance de las demoras permisibles que habitualmente son las originadas por *causas de fuerza mayor* o por *incumplimientos del armador*.

Por su posible excepcional importancia conviene recordar que la demora en la entrega del buque puede acarrear inconvenientes muy graves para el armador, y que si esta demora supusiera, por ejemplo, la entrega del buque en distinto año fiscal podría suponer un incremento brusco de la responsabilidad del astillero, por cuanto que podría verse afectada la capacidad de los inversores para beneficiarse de las ventajas que podría suponer la amortización acelerada, entre otras posibilidades.

Las causas de fuerza mayor en la construcción de un buque, así como en general para la construcción de bienes de equipo de tan larga duración, tienen una especial relevancia. El contrato de construcción del buque debe establecer “que en caso de demora por causa de fuerza mayor se prolongará la fecha contractual de entrega”. No obstante será difícil eludir que “esta prórroga está sujeta a un “límite” que permite al armador rescindir el contrato si se excede de la fecha especificada”. Habitualmente el debate técnico en el cómputo del plazo de la *prórroga* de la fecha contractual de entrega se centra, según opinión de S. Curtis & I. Garrard (2001), en el debate de si las posibles causas de fuerza mayor afectan al *camino crítico* de la construcción, y añaden que “en particular, los acontecimientos que se consideran de fuerza mayor y todos los requisitos de notificación para reclamar fuerza mayor deben definirse con la mayor precisión posible para evitar los considerables costos que pueden generar disputas de este tipo”.

Una cuestión pertinente al objeto de tratar de presupuestar el coste de las indemnizaciones por retraso en la entrega del buque es la elaboración de las causas que motivan la entrega del mismo. Una creencia habitual, en el momento de la firma del contrato de construcción de un buque, se basa en el hecho, no siempre cierto, de que el armador tiene urgencia en la pronta entrega del buque, incluso incluyendo en el contrato cláusulas de *premios por adelanto* en la entrega. Sucede, sin embargo, que determinadas coyunturas de mercado pueden hacer conveniente para el armador la demora en la entrega del buque, y no es difícil suponer los muchos argumentos disponibles para retrasar la aceptación del buque, en un proceso inacabable de pruebas *no totalmente satisfactorias*.

También el armador podrá ser el responsable de la demora en la entrega del buque, e incluso más, si incumple lo que podría considerarse como su principal obligación, cual es el pago de las cantidades adeudadas al astillero. Esto podría dar lugar a que el astillero, además de poder rescindir el contrato no estuviera obligado a devolver los importes cobrados, e incluso tuviera derecho a recibir los pagos pendientes. Pero la práctica más doméstica de esta cláusula podría estar en relación con las responsabilidades del armador en la entrega de equipos, a veces suministrados directamente por él, o por la demora en la aceptación de decisiones que le son pertinentes y que generan atrasos constantes en la construcción.

Otro elemento importante del coste de un buque es el que hace referencia a las *garantías para la financiación durante el período de construcción*, como expresión bien diferente al concepto de garantía anteriormente utilizado, y que estaba fundamentalmente vinculado al concepto de garantía técnica. A este respecto, en el artículo “la incidencia de los retrasos en la construcción naval”, G. Polo & C. Fernández (I.N. Oct. 2001) matizan que el coste de la garantía de entrega se ve multiplicado por las demoras en la entrega del buque, dado que “un astillero que se haya visto precisado a cubrir con garantías de devolución (*refund guarantees*) sus obligaciones de devolver, en caso de incumplimiento de contrato, las cantidades percibidas a cuenta del precio del buque durante el período de construcción, puede llegar a tener que garantizar hasta el 80% del precio del buque, lo que para un retraso como el considerado anteriormente puede representar un coste adicional del orden del 0,1 al 0,2% del precio del buque”.

En el artículo “Garantías para la financiación de buques” de G. Polo (2002), se recoge que el objeto de las garantías de devolución (*refund guarantees*) consiste en “afianzar las obligaciones del astillero de devolución al armador o a su banco financiador, de las cantidades percibidas a cuenta del precio de venta de un buque, en caso de que la entrega de éste no sea posible por causas imputables al constructor”

Estas garantías, según se pueda recoger en el contrato de construcción, podrán ser bancarias, y suele ser práctica habitual en España que la banca, para emitir estas garantías, exija, en contragarantía, el afianzamiento del Fondo Patrimonial de Garantías (FPG) de PYMAR.

En relación a la catalogación del riesgo que la cobertura de devolución supone, en el artículo antes referenciado G. Polo opina que “en todo caso, se trata de una

garantía de riesgo relativamente pequeño, es decir, muy segura para el garante. En nuestro país, durante los últimos diez años, se ha producido la ejecución de un número muy reducido de garantías de este tipo”

Otra garantía que el astillero deberá otorgar al armador es la que hace referencia a la “obligación del astillero de terminar y entregar el buque de acuerdo con las condiciones técnicas contenidas en el contrato de construcción, cuando por causas imputables al mismo no sea posible cumplir con tal obligación”.

Esta cláusula de garantía tiene otras alternativas de materializarse, pues a juicio de G. Polo & C. Fernández podría suceder que la garantía de terminar y entregar el buque pudiera ser sustituida por una garantía de entrega por otro astillero, o que “el astillero haya convenido con el armador la cobertura de una única garantía de terminación (*performance bond*), cuyo importe no tiene, en principio, porqué sobrepasar el 30%, aproximadamente, del precio del buque”. Estas garantías de entrega no son concedidas por los bancos, y “en España solamente el FPG de PYMAR las concede, y ello basándose en que se trata de un fondo creado por numerosos astilleros que se comprometen a terminar el buque y entregarlo a su armador, bien en el propio astillero que no ha podido terminarlo, bien en otro, al que sería remolcado”.

En cualquiera de los casos, a los efectos del presupuesto, se trata de un elemento del coste.

En la elaboración del presupuesto del buque habrá que incluir el coste estimado originado por la *demora en la entrega* del buque, y que tomando las hipótesis de G. Polo (I.N. Mayo 2001), se estimarán en el coste de la indemnización a satisfacer al armador según la cláusula contractual acordada, que suponemos elaborada como una compensación al coste del dinero inmovilizado durante el período de demora en la entrega. Fijado el coste del dinero a aplicar sólo resta estimar el período de demora, y asignar a ese intervalo de tiempo una distribución probabilística adecuada.

En el referido artículo sobre “la incidencia de los retrasos en la construcción naval”, G. Polo & C. Fernández analizan las demoras en las entregas de 152 buques realizadas por 14 astilleros durante los años 1997, 1998 y 1999. El retraso medio que encontraron en la entrega de estos buques fue de 101 días, que según estos autores representa una demora media del 20,6% respecto al plazo de contrato, que como media es 490 días. La distribución de los retrasos incurridos tiene a su juicio la siguiente

distribución: “... solamente en dos de los catorce astilleros el retraso medio fue inferior al 10% del plazo de construcción, en más de la mitad -es decir, en ocho astilleros- el retraso medio estuvo comprendido entre el 10% y el 20%, en dos el tiempo medio de más invertido resultó entre el 20% y el 25% y en los dos restantes la demora en la entrega fue superior al 50% del período de construcción de los buques”.

El tratamiento estadístico de estas demoras reales, habida cuenta que las muestras son independientes (el retraso en la entrega en un astillero no depende del retraso en la entrega en otro astillero), implica que las covarianzas sean cero, y por lo tanto, la varianza se reduce a una ponderación de las varianzas tomadas como el punto medio de cada intervalo.

La fijación de los puntos medios de cada intervalo lo establecemos del modo siguiente:

- Para 2 astilleros: (0%, 10 %) = 25 días
- Para 8 astilleros: (10%, 20%) = 74 días
- Para 2 astilleros: (20%, 25%) = 110 días
- Para 2 astilleros: (50%) = 245 días

Ello conduce a una aproximación según una distribución normal de media, la media muestral, 101 días, y cuya varianza se deduce de la siguiente expresión:

$$\sigma^2 = \left(\frac{2}{14}\right)^2 25^2 + \left(\frac{8}{14}\right)^2 74^2 + \left(\frac{2}{14}\right)^2 110^2 + \left(\frac{2}{14}\right)^2 245^2 = 3272,78$$

que corresponde a una desviación típica de 57,21 días, equivalente a 0,117 PE en términos de porcentaje sobre el plazo de entrega, donde PE representa el plazo estimado de entrega de un buque.

Por lo tanto, el estadístico que representa el comportamiento de las demoras en la entrega de los buques, según el estudio realizado, es una distribución Normal (101; 57,21), y que, en las aplicaciones que de aquí en adelante se realizarán, equivaldrá a suponer una distribución normal, N [0,206(PE), 0,117(PE)].

Resulta evidente que una tal demora en la entrega del buque acarrea para el astillero un incremento considerable de costes. Los autores del trabajo previamente

citado estiman que el incremento de coste inducido por los retrasos en la entrega del buque suponen “un encarecimiento sobre los costes presupuestados comprendido entre el 6,50 y el 11,25%”, y asignan este incremento de costes según el desglose siguiente:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------|
| - Mano de obra y costes generales | entre 1,50 y 5,00% |
| - Intereses intercalarios | entre 1,50 y 2,00% |
| - Garantías | entre 0,25 y 0,50% |
| - Penalizaciones | entre 2,00 y 2,50% |
| - Costes de oportunidad | alrededor de 0,75% |
| - Total encarecimiento | entre 6,50 y 11,25% |

Habida cuenta la situación real de retrasos en la entrega, parece razonable asumir en el presupuesto la incidencia en el coste por tal evidencia.

En el modelo de presupuesto que se desarrolla más adelante, el tratamiento presupuestario que se dará a los costes derivados de la aplicación de las cláusulas contractuales analizadas se establecerá de acuerdo a la siguiente clasificación:

- Costes debidos a demoras en la entrega y otras penalizaciones:
 - Demoras en la entrega (0630)
 - Penalización por incumplimiento de velocidad (0641)
 - Penalización por incumplimiento de peso muerto (0642)
 - Penalización por incumplimiento de capacidad de bodega o tanques (0643)
 - Penalización por incumplimiento de consumos (0644)
- Costes posteriores a la entrega
 - Garantía técnica (0650)

En el formato del soporte del presupuesto del Anexo 1, los costes indirectos ocasionados por las demoras en la entrega del buque *no* constituyen un elemento diferenciado del coste. En realidad, un alargamiento en el plazo de construcción de un buque determinado no debería forzosamente suponer la imputación inmediata de mayores costes generales al astillero, pues podría suceder que incluso con un funcionamiento correcto del astillero pudiera convenir el retraso voluntario en el avance de un buque por las mayores ventajas económicas que podrían derivarse al aplicar el potencial de obra a otro buque en construcción, o en reparación. Además, el proceso de seguimiento del coste/presupuesto, tanto durante la construcción como a la terminación

del buque, sería imposible de realizar, y recordamos que uno de los propósitos del presupuesto es la identificación de todos los elementos del presupuesto, con su coste. No obstante, es un hecho cierto que la demora en la entrega de un buque genera un incremento del coste del buque en prácticamente toda la estructura del coste del mismo, pues afecta a los “costes directos de fabricación” (incluso “mano de obra directa”, “subcontratas”, y “otros gastos de directos de fabricación”), afecta también a la partida denominada “otros gastos indirectos de fabricación” y a los llamados “gastos de estructura”. Las partidas que podrían asimilarse a este concepto son las relacionadas con lo que G. Polo & C. Fernández (I.N. Octubre 2001) llaman “desviaciones en mano de obra y costes generales” y “costes extraordinarios”.

En ese trabajo los autores, al objeto de determinar el coste imputable a desviaciones en mano de obra y costes generales, originados por las demoras, suponen lo que llaman “ la ficción de realizar la imputación del coste estándar en dos fases, la primera por el porcentaje correspondiente a la mano de obra directa y la segunda por el porcentaje de los costes generales” y llaman coste estándar a la suma de las dos componentes. Consideran, además, que “en este sentido, conviene tener clara la proporción del coste estándar debida a la mano de obra directa y la debida a los costes generales. Dicha proporción puede variar dentro de límites relativamente amplios, pero una cifra razonable para la mano de obra puede estar comprendida entre el 60 y el 75% del coste estándar”.

Esta ficción, como ellos la definen, supone un planteamiento común y muy razonable para analizar la incidencia de los retrasos en la entrega en el coste, asignando los desvíos a lo que denominan desvíos en cantidad, técnicos, y desvíos en precio, económicos. Sin embargo, debido a la conveniencia de conciliar el soporte del presupuesto con los criterios contables, en este modelo se opta por la clara separación del coste de la mano de obra directa y los gastos aquí llamados generales. De esta manera, los incrementos en coste originados por las demoras son asumidos por el estadístico (la función de probabilidad) que se asigne para determinar el intervalo de variación tanto para el coste de la hora-persona, como del número total de horas-persona que se presupuesten.

Análogamente, estos autores definen una serie de costes extraordinarios “...que se producen como consecuencia de la falta de entrega del buque dentro de las fechas

previstas...”. Incluyen una relación de elementos del coste casi coincidente con el soporte del libro de conceptos de coste, e imputan como coste extraordinario de la demora los incrementos en coste que se producen, entre otros, en lo que definen como *incremento de los costes normales y los costes propios de los retrasos*.

En el modelo de presupuesto que estamos elaborando no se ha establecido ninguna cuenta específica de coste para el incremento de los llamados costes normales (materiales, equipos, instalaciones, mano de obra directa, costes generales, costes financieros, intereses, garantías, seguros, etc.), pues la imputación del incremento de sus respectivos costes se incluye en el intervalo de variación que el estadístico del coste les asigna en el presupuesto.

Respecto a los costes propios ocasionados por los retrasos en la entrega del buque, el soporte del presupuesto recoge únicamente las *penalizaciones devengadas* a favor del armador (cuenta 0630) por el retraso en la entrega del buque, y que por lo tanto serán objeto de evaluación.

Dentro de la relación de costes debidos a “demoras en la entrega y otras penalizaciones”, vamos a tratar del alcance de los elementos de coste cuyo origen viene establecido, habitualmente, por el incumplimiento de algunos de los condicionamientos del contrato y que se recogen bajo el epígrafe de costes debidos a penalizaciones.

En este epígrafe los elementos de coste más representativos a incluir según G. Polo, “La importancia de las cláusulas de penalización en los contratos de construcción naval” (I.N. Mayo 2001), y que se han enunciado con anterioridad, son la velocidad, el peso muerto, la capacidad de bodegas o tanques, y los consumos.

La velocidad del buque constituye habitualmente causa de penalización en el contrato de un buque. Sucede además, que la velocidad establecida para un buque suele ser, traspasado un cierto límite, causa de rescisión del contrato. No avanzamos en el desarrollo de hipótesis tan catastrofista, pero debe considerarse, a efectos de imputación en el presupuesto, que existe un relativo riesgo de incurrir en penalizaciones por déficit de velocidad.

G. Polo (I.N. Mayo 2001) estima que una penalización habitual en los contratos de construcción naval es de 0,1% del valor del buque por cada décima de nudo de desviación negativa en la velocidad. No obstante, a pesar de ser habitual esta manera de fijar la penalización por incumplimiento de la velocidad, en el artículo referenciado,

G. Polo considera que el perjuicio real, infringido al armador en la *explotación* del buque, es superior al 1% del precio del buque, por cada décima de nudo de incumplimiento de velocidad.

No resulta difícil de entender que los perjuicios ocasionados en la explotación del buque, según este autor, suponen para muchos tipos de buques implicaciones debidas a :

- Incremento de coste resultante del mayor tiempo de navegación.
- Aumento de consumo de combustible.
- Reducción de la carga útil del buque, al necesitar más peso de combustible, para la misma autonomía, si el buque transporta cargas con un elevado factor de estiba.
- Incumplimiento de horarios de llegada del buque a puerto, o llegada en horas intempestivas.

A los efectos de asignar un coste en el presupuesto a la penalización originada por el déficit de velocidad convendrá determinar el estadístico que lo represente, estableciendo la desviación de la velocidad como una función de distribución normal.

En el establecimiento del modelo hemos optado por asignar una distribución normal que asigne una seguridad del 95% a un intervalo de velocidad que suponemos menor de 0,8 nudos, además de la franquicia establecida.

Planteamos esta condición del modo siguiente:

$$P(0 \leq X \leq 0,8) = 95\%$$

$$\mu = \frac{0+0,8}{2} = 0,40 \quad \text{nudos}$$

En la distribución normal tipificada, $Z_{0,475} = 1,96$

de donde:

$$\sigma = \frac{X - \mu}{Z} = \frac{0,8 - 0,4}{1,96} \approx 0,20 \quad \text{nudos}$$

Por lo tanto, el estadístico que aproxima el comportamiento de las desviaciones de la velocidad del buque, según las hipótesis anteriores, será una distribución normal, $N(0,40; 0,20)$, en nudos.

Para el cálculo de la penalización estableceremos la misma por un importe equivalente al 0,1% del precio de venta, PV, por cada décima de nudo de desviación negativa.

Pudiera convenir recordar aquí que la fijación de la velocidad en el contrato de construcción de un buque requiere una definición técnica muy matizada, por cuanto que es preciso concretar las condiciones del casco, las condiciones del estado de la mar, las condiciones de desplazamiento y trimado del buque, el porcentaje de la máxima potencia continua para la que se calcula, el procedimiento de cálculo en el canal de experiencias para las condiciones de velocidad pactadas, etc. Además podría suceder que el contrato previera bonificaciones por exceso de velocidad real respecto a lo contractual. En el modelo del presupuesto, no se incluye el tratamiento de las hipotéticas bonificaciones para la mejora de las prestaciones de velocidad del buque.

La penalización por *peso muerto* debe recogerse, con precisión, también, en el contrato y presupuesto de un buque. Incluso constituye con la velocidad la causa principal de rescisión de contrato, si las diferencias superan la franquicia establecida.

Para la cuantificación de las penalizaciones ocasionadas por la desviación en el peso muerto del buque asumimos, para su valoración en el modelo del presupuesto, que las mismas se establecen como un $x\%$, por cada 1 % del desvío, estableciéndose para el mismo un intervalo del 3% del peso muerto establecido en el contrato, para un nivel de confianza que hemos supuesto del 95%.

Análogamente, establecemos las condiciones de la penalización para:

- Capacidad de bodegas o tanques
- Consumos
- Garantía técnica,

estableciendo las hipótesis de los intervalos, el importe de las penalizaciones unitarias, y los niveles de confianza para la predicción, según queda recogido en la Tabla 17.

Tabla 17 – Penalizaciones por incumplimiento de contrato

C	Penalización unitaria	Intervalo	Nivel de confianza
Demoras entrega	1% del PV, por cada 5% de demora en el PE		
Velocidad	0,1% del PV, por cada 0,1 nudo	(0 ; 0,8 nudos)	95%
Peso muerto	1% del PV, por cada 1% de TPM.	(0% ; 3% TPM.)	90%
Capacidad bodegas y tanques	1% del PV. por cada 1% de volumen	(0% ; 3% del volumen)	90%
Consumos	0,15% del PV, por cada 1% de incremento de consumo	(0%; 4% del consumo)	90%
Garantía técnica	2% al 6% del PV.		90%

Pero al margen de los aspectos más claramente cuantitativos, G. Polo & C. Fernández (2001) hacen una especial mención a la conveniencia de preocuparse de los aspectos *más cualitativos* de la problemática del encarecimiento del coste de construcción de un buque debido a las demoras y penalizaciones. De hecho aportan una interesante reflexión, para la resolución de este importante incremento en los costes, basada en la conveniencia de :

- Dedicar mayores esfuerzos a la mejora de la gestión del proyecto.
- Promover una mayor colaboración de la industria auxiliar.
- Impulsar la clarificación del papel del propio armador, el cual tiene, “durante el proceso productivo una influencia importantísima en la consecución del objetivo del plazo, y por supuesto, del coste”.

La incidencia que estos factores tienen en el coste del buque es tan importante que estos autores concluyen, a este respecto, enunciando que “las consecuencias económicas del incumplimiento de los plazos de entrega deberían mover a los responsables de nuestros astilleros a abordar este problema como uno de los

fundamentales para solucionar, en la medida de lo posible, la actual crisis de beneficios del sector”

Para la determinación de los estadísticos que hemos incorporado al modelo del presupuesto de construcción de un buque, hemos realizado, con la misma metodología que hemos supuesto para el cálculo de la penalización por incumplimiento de la velocidad del buque, los cálculos correspondientes a las hipótesis anteriormente enunciadas, y hemos obtenido los resultados que se recogen en la Tabla 18:

Tabla 18 – Funciones de probabilidad del coste de las penalizaciones

CONCEPTO	DISTRIBUCIÓN
DEMORAS ENTREGA	N [0,206(PE); 0,117(PE)]
VELOCIDAD	N (0,40 ; 0,20)
PESO MUERTO	N [0,015(TPM) ; 0,018(TPM)]
CAPACIDAD DE BODEGAS Y TANQUES	N [0,015(CB.) ; 0,018(CB)]
CONSUMOS	N [0,02(C) ; 0,024(C)]
GARANTÍA TÉCNICA	N [0,04(PV) ; 0,012(PV)]

En la aplicación que se realice para cada buque habrá que incorporar en el soporte del presupuesto los elementos de coste que sean pertinentes, y sucederá, en determinadas ocasiones, que algunas de las penalizaciones aquí enunciadas sean excluyentes de las otras. En la aplicación sobre el *ITSASO* excluirémos la relativa a penalización por capacidad de bodegas y tanques, a favor de la penalización por diferencias de peso muerto.

Continuando con la descripción de las que a juicio de S. Curtis & I. Garrard (2001) constituyen las cláusulas claves del contrato, conviene recordar que otra práctica habitual a introducir en el formulario del contrato estándar de un astillero es la relativa a la *cláusula de arbitraje*. En general, podrá considerarse la alternativa de cuando menos dos tipos de arbitraje. Uno que haga referencia a *disputas de naturaleza técnica*, y que habitualmente suelen someterse a la sociedad de clasificación u otro organismo experto, mutuamente acordado, y otro que proponga la resolución de disputa a través de la resolución por *arbitraje o tribunal*. Cualquiera de los procedimientos puede ser considerado válido, y la elección podría muy bien justificarse por el nivel de

operatividad de cada una de las alternativas en cada circunstancia de tiempo y lugar. En general deberá primar la alternativa que presuponga una solución eficaz de la disputa, tanto en tiempo como en coste. No es momento de pronunciarse sobre las distintas alternativas de arbitraje, pero sí de pronunciarse respecto a la conveniencia de la inclusión de una de ellas. Tampoco resulta baladí el pronunciarse, de manera clara, respecto a quién debe pagar los gastos ocasionados para la resolución de disputas.

3.4.3. CONCEPCIÓN CONSTRUCTIVA DEL BUQUE Y PARÁMETROS DE PRODUCTIVIDAD

Cuando se definen la especificación estándar del buque y el libro estándar de los conceptos del coste no se pretende prejuzgar el *método constructivo* del buque y, mucho menos, definir los aspectos *estratégicos* del astillero respecto a determinadas políticas de *integración vertical* de la producción. Ni siquiera se pretende la elección del *grado de síntesis* más conveniente para el astillero que pudieran establecerse en función de las diferentes alternativas basadas en una incidencia más o menos importante de la subcontratación.

El soporte del presupuesto de construcción de un buque debe forzosamente supeditarse al método de construcción del astillero y se deberá, por lo tanto, adecuar este soporte a las características de cada astillero.

Para programar la producción del buque, y de sus elementos parciales de coste será preciso adecuar los desgloses estructurales de estos elementos atendiendo principalmente a los siguientes criterios:

- Producción propia/ subcontratación
- Esquema constructivo

La incidencia de los criterios de adecuación del soporte del presupuesto al modelo de producción del astillero es posiblemente relevante para la casi totalidad de los elementos que constituyen el buque, pero el debate tiene más razón al hacer referencia a la construcción del CASCO del buque.

En el soporte del presupuesto del buque (Anexo 1), en la codificación extendida de dos dígitos se han asignado los códigos 01, 02,...,18, para los elementos del casco en que este se subdivide, tales como bloque de proa, bloque de popa, mamparos, etc., y se han utilizado otros códigos de cuatro dígitos, para los elementos en que estos se descomponen, a su vez.

La posibilidad de hacer válida una tal clasificación, a efectos de conseguir la adecuada imputación de los costes de esos elementos resulta, en general, difícil. Las dificultades podrían derivarse de las siguientes circunstancias:

- Imprecisa definición de los elementos y dificultad de asignar imputación del coste de la mano de obra y de los materiales, cuando menos auxiliares, a esos elementos.
- Dificultad de asignar imputación del coste a los elementos de unión o ensamblaje, y en general, a los servicios auxiliares en la manipulación de esos elementos.

Por estas circunstancias y por la importancia que tiene el coste del casco en la estructura del coste del buque, en el formato de dos dígitos del presupuesto hemos introducido, con el código 19, CASCO, el elemento único que constituye, a efectos del coste, el coste del casco, como alternativa válida a utilizar al desglose que se introduce en el soporte del presupuesto. Esta alternativa, que hemos llamado de síntesis, conduce a la identificación del elemento 19 con el más global 1, CASCO, en código de un dígito.

En la aplicación que hemos realizado del modelo de la elaboración del presupuesto, para el buque *ITSASO*, hemos seguido el criterio de agrupar en la cuenta 19 todo el coste del casco del buque.

La dificultad real de adecuar el soporte del presupuesto a la concepción constructiva es realmente importante. N. Rodríguez López, (I.N. Septiembre 2002), haciendo referencia al criterio de construcción integrada, la define como “un proceso real de reingeniería, basado en técnicas de ingenierías recurrentes y con el objetivo de hacer cada trabajo a tiempo, ni antes ni después, de acuerdo con una estrategia de construcción establecida previamente”. Basa el criterio de reingeniería en el objetivo, más allá de un proceso constructivo, que crea y refuerza una estructura de organización y comunicación diferentes, entre los distintos departamentos del astillero. Basa el concepto de Construcción integrada en lo que llama los tres pilares siguientes:

- Ruptura de la secuencia tradicional en la ejecución de los trabajos. Desaparece según este criterio la secuencia tradicional de casco y armamento, por ejemplo, y se divide el buque en partes o productos intermedios, que reciben cada uno de ellos la consideración de producto terminado.
- Adecuación del proyecto al sistema productivo. Los planos ya no se conciben por sistema, sino que se orientan a espacios geográficos del buque.
- Progresión simultánea de los trabajos de casco, armamento y pintado. Los bloques y los módulos se llevan a la grada con un nivel de acabado casi completo.

No cabe duda de la validez de estos criterios a la hora planificar y realizar la construcción de un buque. Sin embargo, se podría plantear la duda de cómo aplicar este procedimiento al elaborar el presupuesto y, consecuentemente, al realizar el control presupuestario. A este respecto debe nuevamente diferenciarse el objetivo del presupuesto que, en una de sus acepciones, consiste en estimar el coste final del buque con mucha antelación y poca información, de otro objetivo, distinto, de estrategia de producción, para hacer que el coste del buque sea menor.

El desglose de los elementos del coste como soporte del presupuesto del buque debe atender a la premisa, bien conocida pero frecuentemente olvidada, de que no se debe presupuestar por separado aquellos elementos de los cuales el sistema organizativo del astillero no sea capaz de identificar su coste, una vez realizado el elemento en cuestión.

No obstante, y esa ha sido la razón de incorporar, según la manera extendida, un determinado desglose a los elementos que constituyen el coste del casco del buque, el soporte del presupuesto, adecuado al sistema de producción de cada astillero, deberá recoger un desglose del buque adecuado a su esquema de producción, tratando de imputar a cada uno de esos elementos, considerados “producto terminado”, la misma consistencia que se aplica para el presupuesto de un buque.

En realidad la elección de un sistema de mucho desglose de elementos del coste del buque, o un sistema de imputación de pocos elementos, es la anticipación del debate del método para estimar el grado de avance de la construcción del buque y la presunción de obtenerla con mejor fiabilidad en un proceso de análisis de muchos, o de menos subconjuntos.

Incluso es posible asignar estrategias distintas a la fase de elaboración del primer presupuesto de aproximación, al que pudiera aplicarse en la fase de construcción y de su subsiguiente control presupuestario.

Uno de los factores que incide de manera importante en el coste de un buque es el que se deriva de la *productividad* del propio astillero, y es notorio que la determinación en el presupuesto de las horas necesarias para la construcción y la fijación del plazo de entrega constituye un elemento de riesgo importante.

La referencia a productividad, en la versión más adscrita a los criterios de producción, que se utiliza en la confección del presupuesto, está limitada a la constatación, mejor, previsión futurible del numeral real de los parámetros habituales en el astillero para medir, por ejemplo, el número de horas-persona necesarias para la construcción del casco de acero de un buque, o las horas de montaje necesarias para la instalación de determinada maquinaria de cubierta, etc.

En este sentido, no se están prejuzgando en la elaboración del presupuesto de un buque las alternativas del modo de producción ni de organización del astillero. En tal hipótesis, en la elaboración del presupuesto de construcción de un buque se establecerán los estándares habituales de productividad, y se asignará a estos estándares un campo de variación según sea la distribución histórica de la fluctuación de los parámetros de productividad.

Una distribución razonable de la fluctuación de los parámetros de productividad podría estimarse con una distribución normal de media igual a la estimación histórica, o más reciente, del parámetro, y cuya desviación típica fuera tal que el 90% de las probabilidades reales de cumplirse estuvieran comprendidas en una banda del +/-8%, salvo mejor criterio basado en la experiencia del propio astillero.

En la aplicación del modelo para el buque *ITSASO*, en el Capítulo 4, vamos a introducir esas hipótesis. Semejante planteamiento puede expresarse del modo siguiente:

$$P(\mu - 8\% \mu \leq X \leq \mu + 8\% \mu) = 90\%$$

Habida cuenta que:

$$Z_{0,45} = 1,65$$

Se desprende de:

$$Z = \frac{(X - \mu)}{\sigma} \Rightarrow \sigma = \frac{(X - \mu)}{Z} = \frac{(1,08\mu - \mu)}{Z} = \frac{0,08\mu}{1,65} \approx 0,0485\mu$$

por lo que la distribución que pretendería asignar un intervalo válido al comportamiento de la productividad del astillero, sería: $N(\mu, 0,0485\mu)$.

Sin embargo parece evidente suponer que en la estrategia de mantenimiento o mejora de la competitividad de un astillero, un criterio razonable no debe ser el que se desprenda de la constatación de los hechos históricos, asumidos éstos como premisas inmutables, sino que el desarrollo y viabilidad futura de la empresa dependerá de la estrategia que la misma adopte. En este sentido parece razonable conocer determinadas pautas de evolución de los astilleros más importantes del mundo, pues salvo pequeños o especiales nichos de mercado, las pautas generales de evolución de la construcción naval vendrán acuñadas por las actuaciones de estos.

En general, para la elaboración del presupuesto de construcción de un buque se ha tratado de desarrollar unas técnicas para extrapolar en el buque proyecto los criterios de coste de las partidas equivalentes en el buque llamado *similar*. Es decir, se ha procedido a presupuestar el coste de un buque nuevo, que tiene algunas diferencias con el buque similar, pero no se ha considerado la incidencia de un *escenario cambiante* en la propia estructura u organización del astillero constructor. Cambiaba el buque, pero no cambiaba el escenario.

Sin embargo la influencia que tiene el escenario a la hora de configurar la estructura del coste de un buque es muy importante, y posiblemente el factor competitivo mundial no se basa tanto en la especialización en el tipo e ingeniería de un buque, sino más bien, en el *diseño y proyecto del propio astillero*.

En este sentido, F. Martínez Castro (I.N Octubre 2002), en la misma línea que T. Lamb (2001) y N. Rodríguez López, (I.N. Septiembre 2002), incorpora nuevas acepciones al criterio de productividad, habitualmente utilizado en relación a la competencia del departamento de producción, y plantea determinadas reflexiones sobre la necesidad de elevar el rango de las decisiones estratégicas del astillero para mejorar su productividad.

Tratando de identificar algunas “claves para el nuevo cambio” estudia la evolución que han tenido en la estructura del coste de un buque los elementos tradicionales de coste, siguiendo la evolución habida en los años 1990/2000, y que según la Tabla 7 del Capítulo 2 resume las evoluciones siguientes: el coste de la ingeniería ha subido, en ese período, de un 5%, al 8%; la mano de obra directa, propia del astillero, ha bajado del 33%, al 14%, mientras que la mano de obra directa subcontratada se ha incrementado, pasando de un 4%, en 1990, a un 16%, en 2000; finalmente, la incidencia de los materiales en el coste ha pasado de un 52% a un 56%, durante ese período.

Una transformación tan importante en la estructura media del coste de construcción de un buque, que se concreta de manera sensible en la mayor contribución de la subcontratación, sugiere en el autor una reflexión según la cual “el objetivo ha pasado de la Productividad al Coste total” y propone las necesarias actuaciones, para esta década, en los siguientes ámbitos de actuación del astillero:

1. INGENIERÍA: La necesidad de fabricar buques cada vez más especializados y de mayor nivel tecnológico, requiere una adecuación en la ingeniería para “desarrollar un número mayor de proyectos, a la vez, más sofisticados y cada vez en un plazo más reducido, siendo éste un punto clave para la consecución de algunos contratos”. Algunas de las actuaciones que propone son:
 - Reforzar el equipo técnico de la ingeniería para dar mejor respuesta a las demandas comerciales; a la elaboración/ subcontratación del diseño básico; a mantener el control de los proyectos; y a asegurar que el diseño de detalle esté de acuerdo con la estrategia constructiva.
 - Implantar, de manera generalizada las herramientas de diseño CAD de última generación, capaces de hacer un desarrollo integral del acero y armamento, *por zonas*.
 - Subcontratar, por zonas, gran parte del diseño básico, y mantener la mayor aproximación, comunicación electrónica y coordinación, entre la ingeniería propia y la subcontratada.
 - Estudiar las rutas principales de los servicios, como estudio previo para la coordinación adecuada de los elementos de armamento en cada zona del buque.

2. **PRODUCCIÓN:** Las actuaciones en el área de producción centran su mayor interés en el cambio que han ocasionado las tendencias hacia una mayor subcontratación, tratando de elaborar renovados propósitos de un beneficio mutuo de astillero y subcontratista. Algunas de las actuaciones que propone son:
- Realizar planes de formación para el personal propio y subcontratado, para generar, en el menor tiempo posible, nuevos profesionales dentro del sector naval.
 - Evitar la dispersión de responsabilidades, contratando trabajos lo más completos posibles a un mismo subcontratista, evitando entregas sucesivas de un subcontratista a otro, pues en las fronteras siempre termina quedando la responsabilidad en el astillero, y desarrollar métodos de control y coordinación entre astillero y subcontratistas.
 - Aumentar la participación de la industria auxiliar preferente para favorecer su especialización y la concertación de acuerdos marco preferentes.
 - Involucrar al subcontratista en el proyecto y su coste, añadiríamos nosotros, como es práctica habitual en la industria del automóvil.
3. **MATERIALES:** En añadidura a las prácticas habituales de estandarización, de acuerdos marco con determinados proveedores, y de compras conjuntas, etc. propone las actuaciones siguientes:
- Comprar paquetes integrados de suministro que permitan concentrar la responsabilidad y eviten problemas de coordinación.
 - Involucrar a determinados suministradores desde la fase de oferta del contrato, haciéndoles partícipes del coste de dicha oferta y del cumplimiento de las condiciones de coste, plazo y calidad.
4. **ORGANIZACIÓN:** Es un área especialmente sensible en la evolución “de la Productividad al Coste total” y algunas de las actuaciones principales recomendadas por el autor son:
- La gestión de proyectos, donde 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.

- La organización por zonas, con los criterios generales habituales de este procedimiento.

En el estudio de T. Lamb se analizan cuáles son las características que hacen de un astillero, un astillero de primera clase: *World-Class Shipbuilder*.

Superando lo que habitualmente ha sido una práctica de clasificación, casi exclusivamente compuesta por los aspectos más materiales de la estructura económica del astillero, el *balance*, la búsqueda de los criterios que hacen más productivo al astillero son los *métodos de racionalización* del mismo en torno a una filosofía de "*Lean Manufacturing*" o más concretamente, "*Lean Shipbuilding*".

Lean shipbuilding es una filosofía, un conjunto de principios generales en la empresa que supone un nivel de gestión en la misma capaz de analizar el flujo de valor que se genera desde la incorporación al proyecto de la materia prima hasta la entrega del buque al cliente.

Según explica T. Lamb (2001), los principios del "lean manufacturing" nacieron del mundo del automóvil y más concretamente del Toyota Production System (TPS). Tras años de "prueba y error" en las plantas de fabricación de Toyota, descubrieron que se puede obtener simultáneamente alta calidad, bajo coste y entrega "just-in-time" al acortar los flujos de producción eliminando los desechos o los procesos "basura". De esta forma nació el "Lean Manufacturing" como una filosofía basada principalmente en dos principios básicos: El "Jidoka" (consiguiendo fabricar con calidad de forma que los trabajadores no estén atados a las máquinas sino siempre añadiendo valor a las operaciones) y el "Just in Time" (la cantidad precisa de la pieza precisa, en el sitio preciso y en el momento preciso).

El principal objetivo del "Lean Manufacturing" es conseguir el producto con la mejor calidad, el menor coste y en el menor tiempo posible, eliminando de todo el proceso, desde el inicio hasta la entrega al cliente, cualquier posible causa de "desechos o basuras". En la industria del automóvil, este concepto ha conseguido reducir en cerca de un 50% las horas de ingeniería, las horas-persona de fabricación, el espacio necesario de planta, la inversión en maquinaria y el tiempo de desarrollo de nuevos productos. Asimismo, consigue mejorar el ambiente de trabajo y de toma de decisiones en todos los sentidos.

Hay muchas acciones de cambio que se pueden y se deben acometer en los astilleros, pero una de las que ayudaría, y mucho, es la implantación en los astilleros de los principios básicos del “lean manufacturing”, de lo que llamaremos “lean shipbuilding”. Se estima, según este autor, que en una sincera revisión de procedimientos, las productividades podrían mejorar en, al menos, un 50% y los tiempos de fabricación de los buques se podrían acortar casi a la mitad. Los astilleros que consigan estos logros serán aquellos que podrán mejorar sus perspectivas de futuro.

El desafío que a nivel mundial se plantea a los astilleros que pretenden mantenerse es muy duro y deberán esforzarse en alcanzar productividades próximas a las veinte horas-persona por cada tonelada de registro bruto compensado (20 HM/CGT), que es un índice próximo al de los astilleros japoneses o coreanos, para buques que denominaremos grandes, y poco sofisticados. De hecho, la evolución que en los últimos años está teniendo la productividad media de los astilleros está variando de manera muy sensible, y muestra de ello es que las horas-persona empleadas en la construcción de un petrolero de 250.000 DWT se han reducido en un 42% en el intervalo 1975 a 1993.

Un *World-Class Shipbuilder* es a juicio de T. Lamb, un astillero cuya organización se centre en dar un *servicio* excelente con la mayor *calidad y fiabilidad*, basándose en un continuo proceso de *aprendizaje* e innovación. Dicho de otro modo, y en un lenguaje más próximo al utilizado en un astillero, esto supondría:

- Obtener unos rendimientos de elevados estándares
- Cubrir las necesidades del cliente con alta rentabilidad
- Trabajar maximizando la productividad
- Ser internacionalmente competitivo
- Trabajar con excelencia en la organización del trabajo y las tareas
- Enfocar el trabajo en las principales competencias
- Mejorar de forma continua
- Diseñar y fabricar con alta calidad, desde el principio
- Trabajar con organizaciones eficaces de estructuras planas
- Reconocer que la involucración y compromiso de los empleados es clave para el éxito

También según este mismo autor, un astillero se puede considerar *world-class* siempre que:

- Compita
- Trabaje con plazos de entrega cortos
- Tenga una cartera de pedidos de al menos dos años de trabajo
- Sea un líder de reconocido prestigio en desarrollo, diseño y construcción de buques
- Tenga una elevada reputación en la calidad de sus productos
- Esté al día en las nuevas tecnologías y prácticas de astilleros a nivel mundial
- Continuamente mejore su eficacia.

En el debate de cuáles debieran ser las prácticas a realizar por los astilleros *World-Class*, T. Lamb establece el interés en las siguientes prioridades:

- Metodología de Gestión, “zone construction”, y
- Técnicas de armamento avanzado, “advanced outfitting”.

Una concepción constructiva importante para aumentar la productividad de los astilleros ha consistido en la elección del principio de construcción según los criterios de “*Zone Construction/ Block Construction*” como alternativas del “por Zona en lugar del por Sistema”, o “*Product-oriented* en lugar de *System-oriented*”.

Los beneficios estimados para el método de *Construcción por Zonas* suponen:

- Una importante reducción de las cargas de trabajo tanto en tamaño como en amplitud, debido a un enfoque centrado por zonas en lugar de en todo el buque o en grandes partes de él.
- Un nivel de trabajo en el que un individuo se encuentra más capacitado para entender y gestionar.
- La colaboración de todos los departamentos a prestar mayor atención a la coordinación y a la planificación en la que están involucrados.
- Forzar al departamento de producción a jugar un papel activo desde el principio del desarrollo de los productos.
- Promover la creación de equipos multi-disciplinarios.
- Producir desde la Ingeniería la documentación técnica que apoya la construcción por zonas.

- Generar la elaboración de un calendario más realista y fiable.
- Mejorar la planificación general del astillero debido a una pronta y mayor involucración de todos los departamentos.
- Promover una mayor colaboración entre ingeniería de proyecto y planificación.

Otra práctica que ha supuesto un incremento importante de la productividad en la construcción de buques, tiene una cierta analogía con los métodos mineros de explotación de algunas minas que, por sus especiales circunstancias, se denominan de explotación a *cielo abierto*. Algunos astilleros han introducido, dentro de los procedimientos llamados como "Advanced Outfitting" o armamento avanzado, el procedimiento llamado "Blue Sky", que consiste en avanzar en la construcción del buque antes de cubrir determinadas zonas del mismo, con su correspondiente cubierta superior. Esta práctica ha conseguido, según T. Lamb (2001), en el astillero Thyssen Shipyard, en Alemania, una economía del 30% en las horas empleadas para la instalación en cámara de máquinas.

Los objetivos principales del "Armamento Avanzado" son:

- Minimizar el armamento a bordo.
- Reducir el tiempo de armamento.
- Simplificar todos los aspectos referentes a la planificación del armamento.
- Maximizar la utilización de grúas.
- Mejorar la calidad del trabajo, la comodidad, la productividad y la seguridad del trabajador.

Los beneficios obtenidos de esta práctica de "Armamento Avanzado" son:

- Reducir/eliminar parte del personal indirecto y de estructura.
- Mejorar el acceso de los trabajadores y del material, la ventilación y la iluminación.
- Reducir/eliminar andamiajes.
- Reducir/eliminar servicios a bordo.
- Mejorar la disponibilidad de las herramientas y equipamiento.

Todas estas actuaciones suponen una mejora en la productividad del astillero, y lo hacen, por lo tanto, más competitivo. Pero la *medición de esta competitividad*

adquiere nuevas referencias, no tanto basadas en las *características del buque*, sino fundamentalmente basadas en algunos de los aspectos *organizativos del astillero*.

Como resultado de la utilización de determinados coeficientes cualitativos, a veces, y más cuantitativos, otras veces, T. Lamb desarrolla en 1988 una ecuación para estimar *la productividad* de diversos astilleros, basándose más en las características del astillero que en las del buque construido, si bien previamente los cataloga por tamaños. Obtiene la siguiente expresión:

$$MH/CGT = 28'75 \times TE^{0'557} \times BP^{-3'607},$$

donde TE es el número total de *empleados* en el astillero, y BP (Best Practices Level) es un *indicador de la tecnología* que utiliza el astillero según se evalúa en el Estudio de Auditoria Tecnológica.

Más adelante, en 2001, y utilizando una mayor información, obtuvo, para tratar de estimar la productividad de diversos astilleros, el resultado siguiente:

$$MH/CGT = 3302 \times TE^{0'24} \times BP^{-4'73}$$

El comportamiento de estas expresiones para estimar la productividad de un astillero, en horas-persona por cada tonelada de registro compensado (MH/CGT), en función de esas dos variables, tiene su reflejo en la Tabla 19, donde se comparan las productividades actuales reales (MH/CGT) y las derivadas de la aplicación de las respectivas ecuaciones propuestas los años 1998 y 2001.

Tabla 19 – Predicciones de productividad

Estado	Actual	1998	2001
JAPÓN	6'3	4'5	8'7
JAPÓN	10'1	5'6	9'7
COREA	31'9	37	30'4
COREA	26'0	21'7	24'1
USA	50'9	32,5	57'9
USA	42'5	21'9	41'2

Se puede apreciar que la estimación que se obtiene de la aplicación de la expresión de 2001, pronostica resultados medios muy próximos a la realidad

De manera similar a como hemos matizado en el Capítulo 2 la validez de las fórmulas que parecen sintetizar el comportamiento de las variables económicas en el cálculo del presupuesto de construcción de un buque, queremos recordar el carácter de validez *sectorial* que pueden tener estas expresiones de cálculo de la productividad, pero que constituyen elementos insuficientes para la aproximación al presupuesto de *un* buque. Una evidencia de esta apreciación podría desprenderse, directamente, de la distorsión que produce el propio cálculo de las CGT, que como bien se conoce obedece a valoraciones *discretas* realizadas a diferentes *tipos* de buques, basadas en su complejidad y tamaño. Una prueba más de que la aplicación de estas expresiones no es adecuada para el uso concreto del presupuesto de un buque la hemos obtenido estudiando la serie de las productividades que este autor asigna a la construcción de diez tipos de buques, y en los resultados de productividad, medidos por tonelada de acero MH/ST.WT, o por MH/CGT.

Para el primero de los indicadores hemos obtenido una media de 32,4 MH/ST.WT, pero la desviación típica de la población, 15 MH/ST.WT, es muy grande.

Para el segundo de los indicadores hemos obtenido una media de 27,6 MH/GT, pero la desviación típica de la población, 7 MH/GT, es excesiva para que se pueda utilizar como soporte de una buena predicción.

Posteriormente, e incluyendo en el cálculo de la productividad nuevos parámetros específicos del astillero, algunos de los cuales no se han definido previamente, la fórmula por la que obtiene el número de horas-persona por cada CGT es la siguiente:

$$MH/CGT = 111 TE^{0'27} BPL^{-3'0} PR^{0'6} DP^{0'4} VI^{-0'66} ST^{-0'08}$$

donde:

TE: Número total de empleados en el astillero

PR: Producción/ Total de empleados.

DP: Efecto del objetivo dual.

VI: Integración vertical.

ST: Número de buques entregados al año.

Se desprende de la ecuación que la productividad se determina no en función de las características del buque, sino de acuerdo a los criterios más estratégicos del astillero, si bien es cierto que el tipo de buque, en su definición general y tamaño, está previamente incorporado a la filosofía del astillero. Esta concepción del estudio de la productividad del astillero abre excelentes posibilidades al debate estratégico de la construcción naval, en las políticas industriales de los Gobiernos y de los sectores empresariales.

3.4.4. AGRUPACIONES POR FAMILIAS DE LOS ELEMENTOS DEL COSTE

Uno de los propósitos de esta tesis consiste en diferenciar y agrupar en *familias* los elementos del coste de construcción de un buque.

Hemos concebido el buque como un artefacto compuesto por muchos elementos del coste, según la clasificación que hemos realizado de los mismos en el libro estándar de los conceptos del coste, y que junto a la clasificación de los gastos, de acuerdo a criterios generalmente aceptados por los criterios de auditoría, conforman lo que hemos denominado el “soporte del presupuesto”, según se recoge en el Anexo1.

Los elementos del coste que figuran en la relación del libro estándar de los conceptos del coste tienen, respecto a su coste, un grado muy importante de aleatoriedad o incertidumbre, por lo que el tratamiento que hemos dado a estos elementos del coste coincide con lo que en técnica estadística denominaremos variables estadísticas. No obstante esta definición, resulta evidente que algunos de los elementos del coste, considerados variables estadísticas, tienen un comportamiento económico que depende del comportamiento de otras variables económicas más elementales (o menos elaboradas), de las que muchas veces dependen en mayor o menor grado. Asumiendo esto como cierto, vamos a considerar que la evolución del coste de determinados elementos del coste tiene, directamente, el comportamiento de una variable aleatoria y que, otras veces, el comportamiento económico de otros de los elementos del coste sigue las pautas aleatorias de esas variables económicas que hemos llamado más elementales.

La idea básica que nos anima a estudiar la evolución de los costes de determinadas variables que inciden en el coste de los elementos del coste de un buque es la certeza de que su evolución en el tiempo no sigue un determinado y único patrón, cual pudiera ser asimilable, por ejemplo, al IPC general durante ese período de tiempo. Optamos, más bien, por suponer que cada una de las variables económicas que analizaremos tendrá, en el tiempo, una evolución diferenciada del resto de las variables.

Por esta circunstancia, hemos estudiado el comportamiento de 21 variables aleatorias del coste, que hemos llamado familias de los elementos del coste y hemos desarrollado en el Anexo 4, “imputación por familia y tiempo de los conceptos de coste”, (T+F), una aplicación de cómo se podría incorporar la característica de *pertenencia* de cada elemento del coste a una determinada familia.

Al objeto de buscar pautas de comportamiento similares, respecto al estadístico que mejor pueda, primero acotar el intervalo, y asignar después la ley de variación del coste de esa variable, agrupamos los elementos del coste en las asociaciones siguientes:

- Costes derivados del coste de materiales
- Costes derivados del coste de la mano de obra propia
- Costes de los servicios de las empresas de subcontratación
- Costes de suministros (energía, agua,..)
- Costes financieros
- Costes derivados de la productividad propia del astillero

Asignaremos cada elemento del coste recogido en el libro estándar de los conceptos del coste a una u otra de estas familias, tratando de identificar, para cada elemento, el *estadístico* que mejor lo represente.

Adicionalmente, el coste de algunos elementos del coste viene previamente establecido por la definición cuantitativa del volumen de “producto” a utilizar. Una referencia concreta a este supuesto es la doble incertidumbre en la determinación del coste del casco de un buque, entendido éste como el coste resultante influenciado por el número de toneladas brutas de acero necesarias y el número de horas-persona a utilizar. En general, esta y otras precisiones vendrán vinculadas a diversas metodologías usuales para la determinación de sus respectivos valores y estarán sometidas a intervalos de variación que, para los propósitos que se contemplan en este apartado, se llamarán

parámetros técnicos del coste, y su incidencia en el coste vendrá condicionada por el estudio de lo que llamamos:

- Costes derivados de la fijación de los parámetros técnicos del coste.

Al agrupar los elementos del coste en diferentes familias se pretende, principalmente, encontrar para cada una de ellas una ley de variación del coste esperado, afectado por el *diferimiento* en el tiempo, y consecuentemente, por las *incertidumbres en la evolución prevista de los costes*.

El estudio sistemático de la incidencia que el paso del tiempo pueda representar en la evolución de los costes de esas variables se realiza tomando como soporte del conocimiento histórico las *series temporales* de esas variables, que hemos recogido en el Anexo 7.

3.5. SERIES TEMPORALES

Una especialidad de la econometría consiste en proyectar a futuro comportamientos económicos basados en la información precedente. Esta especialidad da origen al tratamiento sistematizado de lo que se llaman *series temporales*, que consisten en listados de datos de distintas variables económicas ordenados cronológicamente. De hecho, el tratamiento de las series temporales pretende soportar la expectativa de futuro en el conocimiento de lo acontecido en el pasado. Pero para la proyección a futuro del conocimiento de lo pasado se requiere de un proceso de acumulación fidedigna de los hechos que de verdad configuraron la historia pasada, de modo que la legitimidad del soporte histórico de los datos utilizados no pueda identificarse con aquella, casi maldición política, de que “no hay nada tan incierto, como el pasado”. En forma positiva, el conocimiento de la evolución de la información pasada es imprescindible y, casi, el único soporte para proyectar el futuro.

El objetivo que se pretende podría darse por resumido con las palabras de A. Webster (2000), al decir que “la importancia de poder pronosticar el futuro, con algún grado de exactitud, es inapreciable”.

En el fondo, esta metodología puede provocar una especie de escepticismo si previamente no se asume que la alternativa a no trabajar este asunto introduce mayor inexactitud y plantea el debate acerca de si se puede asumir, como *paradigma* de las ciencias económicas y/o sociales, la creencia de que el (¿único?) soporte de conocimiento del *futuro* está en el conocimiento de lo *histórico*. En realidad, este debate sería difícil aislarlo de una valoración según la cual se prefiere una metodología con posibles errores, si se aplica buen método, que el riesgo de los aciertos, si son fruto de la casualidad. Seguramente el primer camino conduce al aprendizaje, y el segundo no es interesante.

Sucede además, que la aplicación de esta metodología constituye una práctica habitual en unos determinados ámbitos de actuación empresarial y es, por el contrario, una excepción en otros campos.

En general, el manejo de series temporales tiene su máxima aplicación en aplicaciones macroeconómicas, como corresponde al estudio de la evolución del IPC y otros indicadores, pero tiene también acreditada su validez en el ámbito de muchas

actuaciones en el mundo empresarial. No es sorprendente que en muchos negocios se gaste mucho esfuerzo y tiempo persiguiendo pronósticos “exactos” de las tendencias comerciales y las evoluciones futuras.

Incluso con anterioridad o simultaneidad a su utilización en las ciencias económicas, otras ciencias, como la biología, la ingeniería, etc., han hecho uso de las series temporales, si bien la diferencia conceptual más notoria entre las diversas aplicaciones radica en el carácter de estacionariedad de las series utilizadas en unas u otras disciplinas. En ingeniería, las series temporales que se utilizan casi siempre son estacionarias al tener un entorno determinista (tienen una evolución en torno a una media constante y no se separan de ella de forma drástica en observaciones aisladas), mientras que casi nunca lo son en economía.

Para la aplicación que se pretende en este trabajo se va proceder a identificar la evolución de determinadas series temporales, explicativas de la evolución de los costes de los elementos o variables del coste, de determinados bienes o servicios, y asimilarlos, en su evolución, con los costes o números índice de las variables que podrían condicionar, a futuro, el coste del buque.

Una serie temporal es una recopilación de datos para una variable o conjunto de variables durante un determinado período. En general, las fuentes de información podrán estar en la propia empresa, pero la búsqueda sistemática de información de la evolución temporal de las variables del coste podrán encontrarse publicadas, muchas veces en soporte informático, por internet, en el *ine*, *eustat*, o en otros centros de información estadística o sectorial como las Cámaras de Comercio, las Agrupaciones Patronales, etc., entre otras.

Las herramientas a utilizar en el manejo de series temporales son muchas. Desde el modelo de proyección intuitivo hasta modelos excepcionalmente complejos.

En el primero de los sentidos, se puede plantear que, cuando se observa la gráfica de cualquier serie temporal, a menudo se podría ser capaz de hacer una predicción del valor inmediatamente posterior que tomará la serie. Podría servir de referencia la forma general que presente la gráfica de la variable a la que se refiera y, siguiendo esta evolución, el valor por el que se podría “apostar” podría estar en un intervalo relativamente próximo al valor que efectivamente tomará la serie en el siguiente período.

Ahora bien, si se valorasen los efectos que en la práctica podría tener una u otra predicción, seguramente no se debería cometer la imprudencia de dejar el futuro de un proyecto en manos de una mera especulación. Sería mucho más razonable que se realizara esa predicción a partir de algún criterio estadístico que permitiera conocer las propiedades de esa estimación: intervalos de confianza, adaptabilidad de la serie a las innovaciones o shocks, que son la fuente de estocasticidad de la serie, etc.

Otra alternativa válida a utilizar en predicción podría ser lo que en determinadas circunstancias constituyera una *convicción firme* de quien elaborara el presupuesto, en la creencia de que la evolución futura del coste de un elemento del coste, o de una variable del coste, estuviera *garantizada* en un valor concreto o en un intervalo muy acotado, de acuerdo a *conocimientos sectoriales* especiales, o a *información privilegiada*, o a *criterio de experto*, pero en general esta práctica no debiera ser muy utilizada como alternativa que sustituyera el procedimiento. Una aproximación a la utilidad del juicio de experto podría consistir en la plasmación del conocimiento que el mismo tiene en el diseño del *escenario* posible, para *acotar* mejor el intervalo de la incertidumbre sobre el que realizar la *simulación*.

Restringiendo el uso de estos métodos, que podríamos denominar métodos de proyección intuitivo, y de la información privilegiada, existen muchas técnicas para el trabajo con series temporales que permiten fundamentar estadísticamente el tipo de resultados que aquí interesan. Se puede optar desde una primera aproximación basada en la utilización de las rectas de regresión, hasta la metodología de los modelos ARIMA propuesta por Box & Jenkins (1970), y que actualizada y técnicamente bien soportada en aplicaciones informáticas en uso, son actualmente de preferente utilización.

En general, las series temporales que se analizarán son complejas y todas ellas tendrán los menos uno de los siguientes componentes:

- *Componente ciclo-tendencia*: Es el comportamiento sistemático de la serie de frecuencia mayor a la anual, es decir, su estructura se replica o se completa en un período superior al año. Se suele hablar de la existencia de un ciclo económico de entre 5 y 8 años, pero solamente como característica de habitualidad.
- *Estacionalidad*: Es el comportamiento sistemático de la serie que se repite con una frecuencia menor a la anual (trimestral, mensual,...).

- *Componente irregular*: Es la parte aleatoria o estocástica de la serie, y que por tanto no es sistemática, sino que responde a shocks imprevisibles como guerras, golpes de Estado, tendencias internacionales del ciclo económico, desastres naturales, etc. No obstante, la serie va recogiendo la incidencia que estos acontecimientos tienen, pues los sucesos diarios de todos ellos van depositando, a modo de una leve influencia de todos los días, lo que se podrían considerar acontecimientos similares y que con carácter de globalización están sucediendo.

El objetivo perseguido por la división en componentes de la serie es estimar estos componentes por medio de una serie de *filtros* aplicados sobre la serie. Estos filtros realizan una media ponderada cada cierto número de períodos de tiempo: una media ponderada de los 12 primeros meses sería el primer valor de la serie filtrada, la misma media ponderada sobre los doce meses siguientes es el segundo valor, y así sucesivamente. De esta forma se obtiene una serie *más lisa*, más suave, y de ahí proviene el concepto de *alisamiento*, en referencia al componente estacional. Aplicando sucesivos filtros de medias móviles se alisa aún más la serie hasta obtener una aproximación al componente ciclo-tendencia.

En realidad, el alcance general que se podría obtener con esta metodología es más extenso de lo que aquí se explica, pues podría aplicarse a ámbitos de interacción entre muchas variables económicas, pero para el objetivo del cálculo de las predicciones de las variables que determinan el coste de la construcción de un buque la metodología anterior, basada en la aplicación de filtros de medias móviles, no sería la más apropiada. De hecho este tipo de análisis aplicando filtros de medias móviles a la serie original se realiza, sobre todo, en el análisis de coyuntura en economía, donde se interrelacionan muchas variables.

Dado que el objetivo de este trabajo se concreta en la predicción a corto-medio plazo de una serie de variables (variable vs. tiempo), esta metodología resultaría demasiado extensa, en el sentido de que no toda la información que se obtendría de ella sería necesaria. Una aplicación de los supuestos que se podría pretender, con la aplicación extensa de esta metodología, podría ser, a modo de ejemplo, el estudio de la incidencia de los tipos de interés con el coste del acero. Nosotros renunciamos a tales pretensiones, y tratamos de explicar la evolución del coste del acero con el tiempo.

3.5.1. MODELO ARIMA

Una alternativa para realizar este trabajo es el empleo de un modelo econométrico de *regresión* en el que la *variable dependiente*, la serie original, es *explicada* por la variable *tiempo*. Como se comentará más adelante los resultados obtenidos con este método pueden ser claramente mejorados por el empleo de un modelo ARIMA.

La técnica elegida para el objetivo aquí perseguido se basa en los modelos ARIMA. Estos modelos, como se ha dicho anteriormente, han sido desarrollados tomando como base la teorización elaborada por Box & Jenkins (1970).

Para la aplicación de estos modelos sólo se necesita disponer de datos de la variable a analizar, de forma que se ignoran los efectos que otras variables pueden tener sobre ésta. Esto se debe a que no se pretende explicar los determinantes de la serie a estudiar, como en el caso de un modelo econométrico de regresión, sino que el objetivo es detectar la estructura inherente a la serie que genera los datos.

A través de los modelos ARIMA se puede aproximar con eficiencia un modelo de tamaño finito y además, por su estructura flexible y su fácil adaptación al comportamiento de la serie, permite obtener la información necesaria para realizar una *predicción* a medio-corto plazo, como es el caso que aquí interesa.

Las fases en que se expondrá la utilización de los modelos ARIMA serán las siguientes:

- Presentación de los modelos ARIMA
- Extensión al caso de series estacionales
- Estacionariedad de la serie
- Identificación del modelo ARMA
- Diagnóstico de los residuos
- Estimación y predicción

3.5.1.1. PRESENTACIÓN DE LOS MODELOS ARIMA

Todas las series temporales económicas muestran un patrón de comportamiento, generalmente *estocástico*, a lo largo del tiempo. Esto supone que el comportamiento de la serie a lo largo del tiempo no es perfectamente determinista, sistemático o regular, sino que su estructura característica o fundamental se ve afectada por determinados shocks aleatorios o impredecibles, exógenos a la propia serie.

Con el objetivo de modelar el comportamiento característico o fundamental de la serie, los modelos ARIMA recogen por medio de expresiones polinómicas la dependencia y regularidad de los datos de la propia serie, a lo largo del tiempo.

Este polinomio consta de dos componentes:

- Parte autorregresiva (AR). Su estructura es tal que la serie se replica a sí misma a partir de ponderaciones de los valores pasados (retardos de la serie). La ecuación siguiente muestra un ejemplo de un proceso autorregresivo de orden 2, AR(2), donde las ponderación de los retardos, uno y dos períodos, hacia atrás, son 0,6 y 0,4.

$$y_t = 0,6 y_{t-1} + 0,4 y_{t-2} .$$

- Parte de medias móviles, *moving average*, (MA). Son retardos de un *ruido blanco*, entendiéndose como ruido blanco un proceso estocástico (o sucesión de variables aleatorias) con “media igual a cero, varianza constante y donde los valores que toma el ruido blanco son independientes entre sí”. Esta circunstancia de independencia de los valores que toma el ruido blanco implica que las covarianzas de los valores del proceso del ruido blanco, entre dos períodos de tiempo cualesquiera, sean nulas. La expresión siguiente muestra un ejemplo de una serie y , que sigue el proceso de una media móvil de orden 2, MA(2), donde las ponderaciones de los dos valores precedentes al período actual t son 0,4 y 0,2.

$$y_t = a_t + 0,4 a_{t-1} + 0,2 a_{t-2} ,$$

por lo que la serie inicial, teniendo en consideración la incidencia de una parte autorregresiva, y otra de medias móviles (AR+MA), podría expresarse del modo siguiente:

$$y_t = 0,6 y_{t-1} + 0,4 y_{t-2} + a_t + 0,4 a_{t-1} + 0,2 a_{t-2}$$

Analíticamente la covarianza entre dos valores separados k períodos se obtiene como la esperanza matemática, o valor medio, del producto de cada uno de los valores que toma la serie en cada período, menos la media de la serie:

$$\text{cov}(y_t, y_{t-k}) = \frac{1}{T} E(y_t - \bar{y})(y_{t-k} - \bar{y})$$

, donde $\bar{y}$ es la media muestral de la serie y T es el número de observaciones. Por su parte la varianza es la covarianza entre dos valores separados cero períodos ($k=0$), por lo tanto, es la covarianza de un valor consigo mismo:

$$\text{var}(y_t) = \frac{1}{T} E(y_t - \bar{y})^2$$

Resulta útil observar que las ponderaciones se pueden interpretar en términos de derivadas. Cada ponderación no es más que la derivada de la serie original respecto al retardo que acompaña dicha ponderación. En el caso del proceso AR(2) anterior, se

tiene que: $\frac{\partial y_t}{\partial y_{t-1}} = 0.6$, lo que significa que un aumento unitario en el valor del período predecesor al actual, provoca un aumento de 0.6 unidades en el valor que tome la serie en el período actual.

Las siguientes ecuaciones representan dos formas de expresar un modelo ARMA(p,q) para la serie y , en forma extendida y compacta:

$$\begin{aligned} y_t &= \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} - a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \\ (1 + \phi_1 B + \phi_2 B^2 + \dots + \phi_p B^p) y_t &= (1 + \theta_1 B + \theta_2 B^2 + \dots + \theta_q B^q) a_t \\ \Phi(B) y_t &= \Theta(B) a_t \end{aligned}$$

donde a_t es un ruido blanco y B es el operador de retardos que actúa de la siguiente manera: $B^j y_t = y_{t-j}$ (el exponente de B , indica cuántos períodos se retrocede), p es el orden (número de retardos) de la parte autorregresiva y q es el orden de la parte de medias móviles. Ambos órdenes, p y q , se determinan a partir del análisis de los correlogramas de la serie, y de este modo tendremos caracterizada una primera aproximación a los modelos ARIMA a partir de su componente AR(p)-MA(q).

Basándose en estas expresiones, que representan el modelo de la serie, replicaremos la evolución de los datos para obtener una predicción de éstos, varios períodos hacia adelante.

El término **I**, dentro de la estructura AR-I-MA, se denomina *orden de integración*. Para conocer su significado es necesario definir previamente un *proceso estacionario*. Una serie temporal es estacionaria cuando los momentos de primer orden (media) y de segundo orden (varianza y covarianzas) son invariantes en el tiempo. Esta característica de no variación en el tiempo de los momentos de primer y segundo orden es importante, ya que *sólo los procesos estacionarios se pueden representar de la forma AR(p)-MA(q)* que se ha descrito.

Aunque en la práctica casi ninguna serie temporal económica es estacionaria, esto no supone una restricción insalvable ya que prácticamente, cualquiera de estas series se puede transformar en estacionaria tomando *diferencias* a la serie original. El término -I- es el orden de integración que recoge, precisamente, esta circunstancia, indicando el número de diferencias que se han de tomar para convertir la serie en estacionaria.

$$y_t - y_{t-1} = y_t - B y_t = \Delta y_t \quad \text{es la serie en primeras diferencias.}$$

$$\Delta y_t - \Delta B y_t = \Delta^2 y_t, \quad \text{es la serie en segundas diferencias.}$$

Como se explica a continuación, en ocasiones, para corregir la dependencia que provoca la *estacionalidad* de la serie, es necesario tomar diferencias estacionales, de orden 12 ó 4, dependiendo de que la serie sea mensual o trimestral.

Las diferencias estacionales de primer y segundo orden, respectivamente, serían:

$$\Delta^s y_t = y_t - B^s y_t = y_t - y_{t-s} \quad ;$$

$$(\Delta^s)^2 y_t = \Delta^s y_t - \Delta B^s y_t,$$

donde $s = 12$ ó 4 según sea la serie mensual o trimestral.

3.5.1.2. TEOREMA DE WOLD

El teorema de Wold es el fundamento teórico de la representación de una serie temporal de acuerdo a la estructura ARIMA. El teorema establece que si z_t es un proceso estocástico estacionario sin componente determinista, z_t se puede expresar como la siguiente media móvil de orden infinito, donde Ψ_i son las ponderaciones:

$$z_t = a_t + \Psi_1 a_{t-1} + \Psi_2 a_{t-2} + \Psi_3 a_{t-3} + \dots =$$

$$= \sum_{j=0}^{\infty} \Psi_j a_{t-j} = \sum_{j=0}^{\infty} \Psi_j B^j a_t = \Psi(B) a_t$$

donde a_t es un proceso de ruido blanco con varianza σ_a^2 , y donde el operador de retardos, $\Psi(B)$ es tal que:

1. $\Psi_j \rightarrow 0$ cuando $j \rightarrow \infty$, es decir, la influencia de cada período en el siguiente es menor cuanto más alejados están los períodos.
2. $\sum_{j=0}^{\infty} |\Psi_j| < \infty$, supone que el polinomio $\Psi(B)$, esto es, la suma de las infinitas ponderaciones converge a un valor finito.

La ecuación anterior muestra un proceso de una media móvil de orden infinito que se puede aproximar por un modelo de orden finito, de la forma AR(p)-MA(q). En este modelo se podrá determinar sus parámetros, estimarlos, y hacer predicción.

3.5.1.3. EXTENSIÓN AL CASO DE SERIES ESTACIONALES

Dado que las series temporales empleadas son de frecuencia inferior a un año, mensuales en su mayoría y algunas trimestrales, ocurre que las observaciones, además de estar relacionadas por períodos no estacionales, podrán estar también relacionadas por las observaciones de períodos estacionales, esto es, aquéllas que están separadas por $s = 12$ ó 4 períodos, según la serie sea mensual o trimestral. En este caso, el modelo ARIMA $(p,d,q) (P,D,Q)$, donde con minúsculas representamos la parte regular, y con mayúsculas, la parte estacional, es de la forma:

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^s)\Delta^d\Delta_s^D y_t = \theta_0 + \theta_q(B)\Theta_Q(B^s) \quad (a),$$

donde $\Phi_P(B^s)$ y $\Theta_Q(B^s)$ son los polinomios de retardos estacionales de orden P y Q , que en forma extendida se expresan como sigue:

$$\begin{aligned}\Phi_P(B^s)y_t &= \Phi_1 y_{t-12} + \Phi_2 y_{t-24} + \dots + \Phi_P y_{t-12 \times P} \\ \Theta_Q(B^s)a_t &= \Theta_1 a_{t-12} + \Theta_2 a_{t-24} + \dots + \Theta_Q a_{t-12 \times Q}\end{aligned}$$

Esto implica que la estructura de la serie y se puede representar a partir de los polinomios presentes en esta expresión y que se desglosan a continuación. Tomando $d=D=1$, esto es, tomando una diferencia en la parte regular, $d=1$, y una diferencia en la parte estacional, $D=1$, como suele ser habitual, obtenemos:

$$\begin{aligned}y_t^i &= (\phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p}) + (\Phi_1 y_{t-s} + \Phi_2 y_{t-2s} + \dots + \Phi_P y_{t-Ps}) + \\ &(-\theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}) + (-\Theta_1 a_{t-s} - \Theta_2 a_{t-2s} - \dots - \Theta_Q a_{t-sQ})\end{aligned}$$

donde y_t^i es la serie original una vez tomadas las diferencias necesarias, y s es la periodicidad ($s = 12$ en series mensuales, y 4 en series trimestrales).

En la expresión (a), Δ^d y Δ_s^D representan el número de diferencias de primer orden y de orden s , respectivamente, necesarias para obtener la estacionariedad de la serie. Para el caso frecuente en que $d=1$, $\Delta^d = y_t - y_{t-1}$, y para $D=1$, $\Delta_s^D = y_t - y_{t-s}$.

3.5.1.4. ESTACIONARIEDAD DE LA SERIE

Como ya se ha hecho referencia, para poder aplicar la teoría estadística en procesos estocásticos siguiendo los modelos ARIMA, es preciso que la serie sea estacionaria.

En primer lugar es necesario observar la varianza de la serie, ya que en caso de que la amplitud de ésta aumente a lo largo del tiempo la serie no será estacionaria en *varianza*, pues dependerá del tiempo.

En este caso, podría recurrirse a la aplicación del algoritmo de Box &

Cox, de acuerdo a la siguiente transformación: $y_t^{**} = \frac{y_t^\lambda - 1}{\lambda}$.

En las series temporales utilizadas en este proyecto se ha conseguido la estacionariedad en varianza de las series, transformando las series a escala logarítmica, lo cual equivale a la aplicación particular del algoritmo de Box & Cox, para $\lambda=0$.

Análogamente, para obtener la estacionariedad en *media*, se tomará el número de diferencias necesarias. Dentro de la estructura ARIMA, el término **I** (*d*, *D*), recoge el número de diferencias regulares, *d*, y de diferencias estacionales, *D*, necesarias para obtener la estacionariedad en media.

Una vez transformada la serie original en estacionaria, se procederá a la identificación del modelo AR-MA que recoja la estructura de la serie transformada. La representación gráfica de los *correlogramas*, será la herramienta estadística que permitirá determinar los órdenes de *p* y de *q*.

Los correlogramas representan los coeficientes de *correlación* y los coeficientes de *correlación parcial* entre 1, 2, 3,... períodos de tiempo. El primero de ellos, denominado FAC, , *función de autocorrelación*, recoge el grado de correlación o relación conjunta, entre 2, 3, 4,... períodos de tiempo. El segundo correlograma, denominado FACP, *función de autocorrelación parcial*, recoge la misma característica de la serie pero elimina el efecto de los períodos intermedios.

El cálculo y representación de los correlogramas, así como el resto de operaciones necesarias para la elección, estimación y predicción a partir de un modelo

ARIMA, se ha realizado utilizando diferentes funciones programadas en la aplicación R de software libre, habitualmente utilizado en el análisis de series temporales.

3.5.1.5. IDENTIFICACIÓN DEL MODELO ARIMA

Los parámetros que se deberán elegir para tener caracterizado el modelo ARIMA son tres: el orden de la parte autorregresiva (p), el orden de la parte de medias móviles (q), y el orden integración (d). Este último ha sido discutido anteriormente por lo que ahora veremos cuál es la metodología a seguir para elegir los dos primeros parámetros una vez que tenemos la serie transformada en estacionaria.

Para entender intuitivamente la estrategia seguida en el diseño de estos modelos reformulamos un modelo ARMA para una serie y , estacionaria, de la siguiente forma:

$$y_t = \underbrace{\varphi_1 y_{t-1} + \dots + \varphi_p y_{t-p}}_{\text{parte sistemática (conocido)}} - \underbrace{\theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q}}_{\text{innovaci\`o}} + a_t$$

En esta expresión se distingue un *comportamiento sistemático* que es función del pasado y por tanto predecible, y una *parte aleatoria* que es impredecible. La metodología propuesta para la identificación del modelo ARIMA adecuado para la serie consiste en tomar el número de retardos p y q suficientes para que la innovación tenga las propiedades de un ruido blanco. De esta forma, a pesar de que no podamos predecir este componente aleatorio, sí se logrará que la predicción tenga unas propiedades deseables. Esto supondrá que la media de la parte impredecible o innovación sea nula e independiente del tiempo (ruido blanco), y la caracterizaremos por su varianza, que será constante.

Para determinar los parámetros p y q nos ayudaremos de dos gráficos: uno de la función de autocorrelación (FAC) y otro de la función de autocorrelación parcial (FACP). La FAC muestra los coeficientes de correlación muestrales entre los datos separados 1, 2, 3,... períodos, mientras que la FACP recoge los coeficientes de autocorrelación parcial entre los mismos períodos. Se diferencia de la primera en que elimina en el cálculo de la autocorrelación entre el período i y otro posterior j la

influencia que los períodos intermedios tienen sobre j . Ambos gráficos han sido obtenidos por la correspondiente aplicación del programa R .

La identificación del modelo parte de dos resultados estadísticos recogidos en A. Novales (2000):

- La FAC de un proceso autorregresivo de orden p , $AR(p)$, *decae* exponencialmente a cero, mientras que la FACP se *trunca*, esto es, toma valores por debajo de las bandas de significatividad después de la p -ésima autocorrelación parcial.
- La FAC de una media móvil de orden q , $MA(q)$, se trunca a partir del retardo q , mientras que la FACP decae exponencialmente.

Para el caso de un proceso $ARMA(p,q)$, con p y q distintos de cero, ambas funciones decaerán exponencialmente y no podremos determinar en una primera etapa a partir de qué retardo se truncan. La estrategia en este caso consiste en comenzar definiendo el $ARMA$ de menor orden, $ARMA(1,1)$. Si el verdadero modelo de la serie incluye algún retardo más en la parte AR o MA el modelo $ARMA(1,1)$ no será el correcto y no se obtendrán unos residuos con las propiedades de un ruido blanco. Esto se deberá a no haber recogido todo el comportamiento sistemático de la serie y en consecuencia este comportamiento sistemático aparecerá en los residuos. De hecho, estos residuos tendrán la estructura de un $ARMA$ con el mismo orden que el número de retardos omitidos en la primera especificación.

El siguiente paso consiste en corregir el modelo $ARMA(1,1)$ añadiéndole los parámetros que sugieran las funciones FAC y $FACP$ de los residuos. Este proceso se repite hasta que los residuos sean ruido blanco, momento en el que obtendremos que todos los valores de la FAC y $FACP$ de los residuos estén entre las bandas de significatividad.

3.5.1.6. DIAGNÓSTICO DE LOS RESIDUOS

Hemos visto cómo el modelo $ARIMA$ adecuado para una serie es aquél en el que las innovaciones son un ruido blanco. Por lo tanto, un análisis de las características de los residuos obtenidos con el modelo nos permitirá juzgar si el modelo escogido se

adapta a la estructura de la serie. Dados los valores de la muestra, los residuos se computan como la diferencia entre el valor muestral y el valor que se obtendría para estos períodos con los parámetros estimados del modelo. Estos valores son proporcionados también por el propio programa *R*.

Tal y como sugieren Aznar & Trívez (1993), este análisis será realizado verificando que los valores de la FAC y FACP de los residuos estén entre las bandas de significatividad definidas como $\pm 1.96/\sqrt{T}$, dado un nivel de confianza del 95% y donde T es el número de observaciones.

Por último, dado que el componente de la innovación es la única fuente de aleatoriedad en el modelo de la serie, podemos conocer la distribución de la serie analizando la distribución de los propios residuos. Considerando los dos primeros teoremas fundamentales de la teoría de la probabilidad: La Ley de los Grandes Números y el Teorema Central del Límite, podemos suponer que estos residuos, y con ello las series analizadas, siguen una distribución Normal. Su media es la misma que los residuos y que hemos caracterizado como nula y su varianza es la estimada en los residuos obtenidos.

La Ley de los Grandes Números establece que la frecuencia relativa de los resultados de un proceso aleatorio tiende a estabilizarse en un cierto número que es, precisamente, la probabilidad, cuando dicho proceso se realiza un número suficientemente elevado de veces. El Teorema Central del Límite, por su parte, demuestra que si tenemos un número suficientemente grande de variables independientes y todas ellas siguen un mismo modelo de distribución, la suma de ellas se distribuye según una distribución Normal. Este resultado ocurre independientemente del modelo de distribución seguido por la muestra.

Para definir los parámetros de la distribución Normal en un período futuro, es decir, para una predicción condicionada a la información muestral hasta el período T , la

distribución de $\tilde{Y}_{T+k}$ está caracterizada como $N(\tilde{Y}_{T+k}, \text{var}(e_{T+k}))$, donde e_{T+k} es el error de la predicción $\tilde{Y}_{T+k}$, para el período $T+k$.

3.5.1.7. ESTIMACIÓN Y PREDICCIÓN

Una vez aceptado un modelo ARIMA como proceso generador de la serie, puede emplearse el modelo para realizar predicciones. Previamente será necesario estimar los parámetros del modelo, es decir, los coeficientes y la varianza de la innovación.

El método de estimación empleado en el programa *R* es el de *máxima verosimilitud*, cuyos estimadores cumplen las propiedades asintóticas óptimas, tal y como describen Aznar & Trívez (1993).

Una vez estimado el modelo la predicción es una réplica de su estructura para valores futuros. De la teoría estadística se conoce que la predicción óptima, entendida como aquélla que minimiza la suma de los errores de predicción al cuadrado, es la esperanza matemática del valor de la serie dentro de k períodos condicionado a la información disponible hasta el momento de hacer la predicción, t . Esto se expresa de la siguiente forma:

$$\tilde{Y}_{t+k|t} = E(Y_{t+k} / Y_1, \dots, Y_t)$$

Para calcular esta esperanza condicionada, el programa *R* considera las siguientes dos situaciones:

- La esperanza condicional de un valor pasado de la serie, es decir, perteneciente a la muestra, es el propio valor observado. Así la predicción de la parte autorregresiva referida a valores muestrales es el propio valor muestral. A su vez, la predicción de la parte de medias móviles referida a períodos muestrales es el residuo, calculado como la diferencia entre el valor observado y el estimado.
- La esperanza condicional para los valores futuros de la serie es su predicción óptima. Esto es lo que obliga a realizar el cálculo de la predicción de modo recurrente, ya que para predecir, pongamos por caso, el valor de la parte autorregresiva en $T+2$, es necesario conocer la predicción en $T+1$. Para las predicciones futuras de la media móvil esto no será necesario ya que al ser ruido blanco su esperanza será cero.

Éstas son las dos reglas necesarias para predecir, una vez estimado el modelo. Dado que este método recurrente resulta un trabajo laborioso para predicciones lejanas, se emplea el programa *R* para realizar todas estas operaciones.

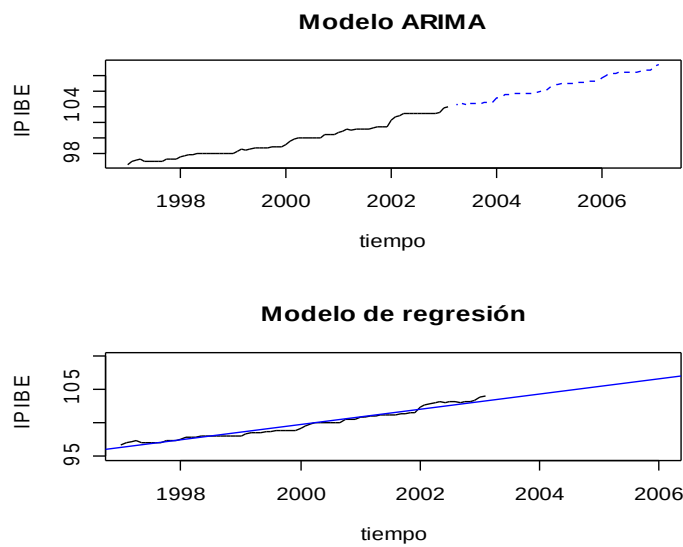
3.5.2. DISCUSIÓN DEL ANÁLISIS ARIMA FRENTE AL ANÁLISIS DE REGRESIÓN

En la introducción del estudio de las series temporales se ha hecho referencia a la posibilidad de realizar un análisis econométrico *regresando* la serie original respecto al tiempo. Vamos a presentar una aplicación de este análisis comparándolo con el análisis ARIMA para la serie temporal denominada *IPIBE*. Esta serie recoge la evolución del precio de bienes de equipo mecánico y maquinaria empleados en la construcción durante período 1997-2003 según estadística del *ine*

En el Gráfico 9 la primera figura muestra el resultado del análisis ARIMA y su proyección hasta el año 2006. En la segunda hemos representado la recta de regresión, en la que las predicciones no son más que la extensión de esta recta hacia el futuro de

acuerdo a la siguiente ecuación de regresión estimada: $\hat{y}_t = 96.12 + 0.09t$. De la comparación de ambos gráficos se desprende que la predicción por punto en el análisis ARIMA es una traza que fluctúa alrededor de la recta de regresión, luego en este sentido obtenemos una predicción por punto más precisa, dado que incorpora la dinámica de los últimos períodos de la serie.

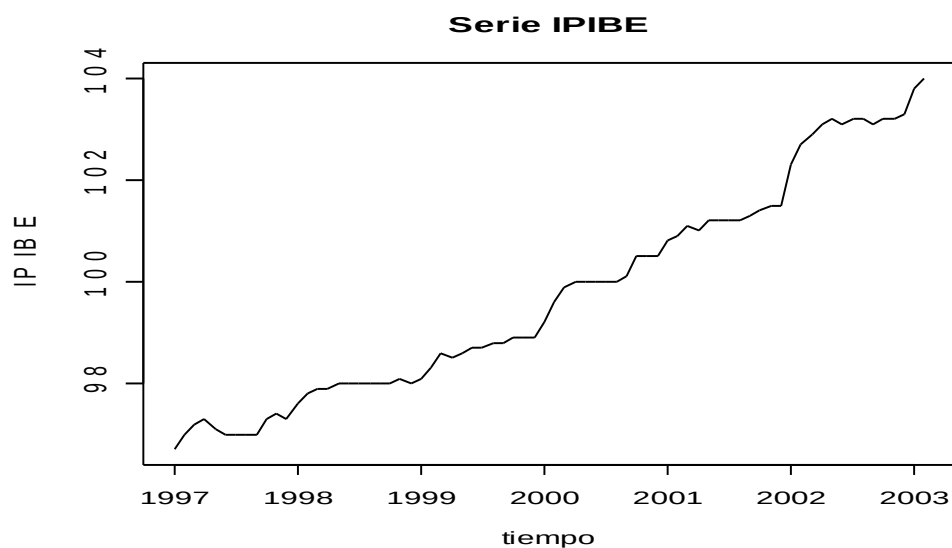
Gráfico 9 –Modelo ARIMA y modelo de regresión



3.5.3. ANÁLISIS DE LA SERIE *IPIBE*: CASO PRÁCTICO

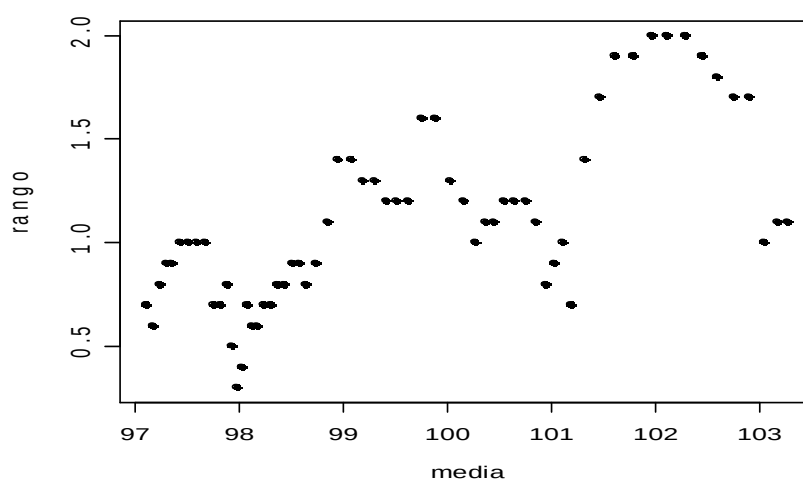
Con el objeto de ilustrar lo expuesto hasta aquí, a continuación se muestra un caso práctico realizado con la serie que hemos llamado *IPIBE*. Esta serie recoge la evolución mensual de los precios de bienes de equipo en el período 1997-2003, según estadística del *ine*. La serie inicial sobre la que se trabaja es la que recoge el Gráfico 10:

Gráfico 10 –Históricos serie *IPIBE*



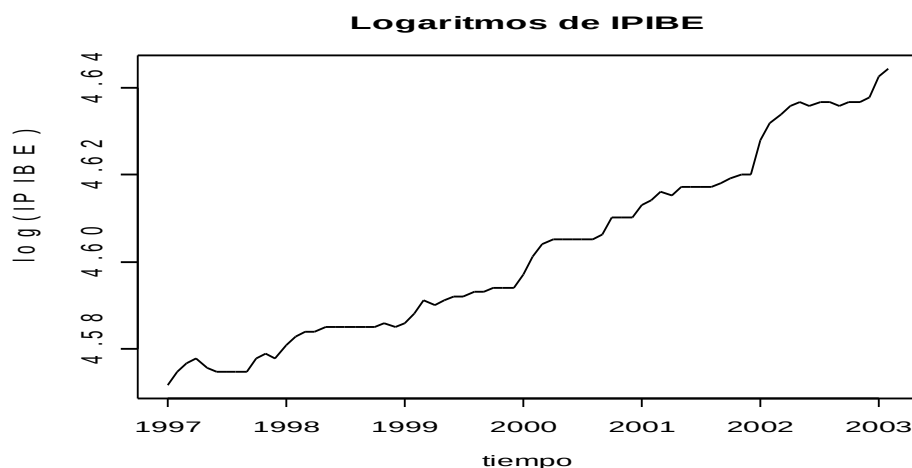
Se observa que a lo largo de todo el período la serie fluctúa en torno a una pendiente creciente. Aparentemente, la variabilidad de la serie respecto del nivel medio en cada tramo es estable. El Gráfico 11, “media-rango”, que hemos calculado con la aplicación *R*, sugiere una *ligera* relación creciente entre la media y la varianza. Debido a esta circunstancia se modificará la escala de la serie, tomando logaritmos.

Gráfico 11 – Serie IPIBE. Diagrama Media-Rango



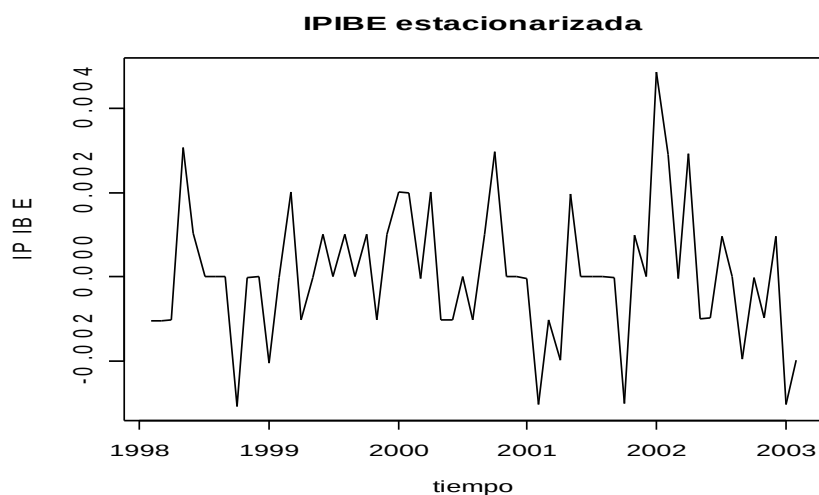
La serie transformada por la escala logarítmica (Gráfico 12) presenta una homogeneización de la varianza de la serie. En este caso, este hecho no se manifiesta con mucha intensidad, como se puede deducir a la vista de la suave relación que el gráfico media-rango establece entre ambas medidas, media y rango.

Gráfico 12 – Serie IPIBE. Escala logarítmica



A continuación se toma una diferencia de primer orden sobre la serie en logaritmos para estabilizar la media. Dado que se trata del análisis de una serie mensual, el comportamiento sistemático relacionado con la estacionalidad de la serie lo transformamos tomando una diferencia de orden doce. De esta forma, como se ve en la figura del Gráfico 13 proporcionado por R, se obtiene una serie estacionaria (media y varianza constantes) a la que se puede ajustar un modelo ARIMA.

Gráfico 13 – Serie IPIBE estacionarizada



Para determinar los parámetros: p , P , q , Q , nos ayudaremos de los correlogramas de la función de autocorrelación (FAC) y de la función de autocorrelación parcial (FACP). Para ello, recordando lo anteriormente expuesto, debemos tener en cuenta que:

- La FAC de un proceso autorregresivo de orden “ p ”, $AR(p)$, decae exponencialmente a cero, mientras que la FACP se trunca, esto es, toma

valores por debajo de las bandas de significatividad después de la “p-ésima” autocorrelación parcial.

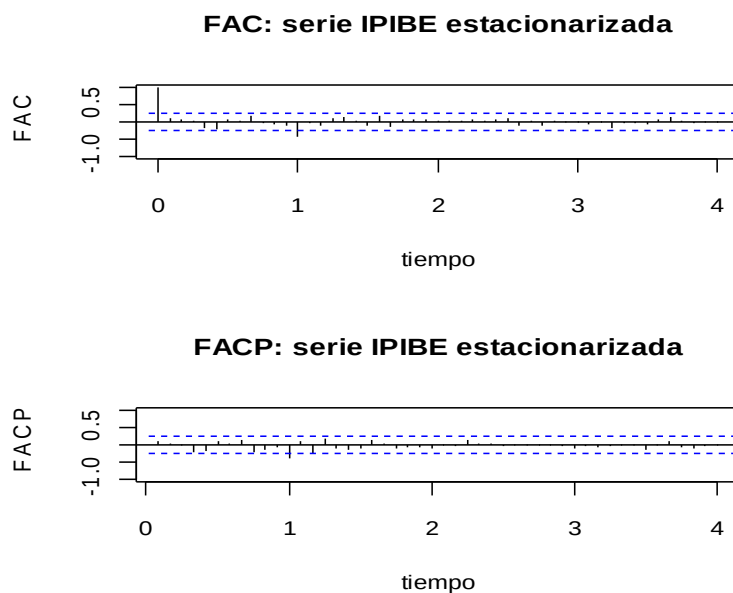
- La FAC de una media móvil de orden “q”, MA(q), se trunca a partir del retardo “q”, mientras que la FACP decae exponencialmente.

Para la serie *IPIBE* estacionarizada, los correlogramas FAC y FACP aparecen representadas en el apartado siguiente. En la FAC, el primer valor es la autocorrelación de orden cero, correlación de un período consigo mismo, y siempre será uno. En la FACP la primera autocorrelación parcial es la de un período con el inmediatamente anterior, generalmente distinta de uno.

3.5.3.1. CORRELOGRAMAS

La determinación de los órdenes (p,d,q)(P,D,Q) del modelo ARIMA la obtenemos a partir del conocimiento de los correlogramas. Los correlogramas obtenidos para la serie *IPIBE*, estacionarizada,, son los que se representan en el Gráfico 14.

Gráfico 14 –Serie *IPIBE*. Correlogramas



En el caso de la serie que estamos analizando, el resultado obtenido es el modelo ARIMA (0,1,0)(0,1,1), de acuerdo a los razonamientos que se exponen a continuación.

Del análisis de estos correlogramas se desprende la dificultad de asignar de manera definitiva el orden de Q, habida cuenta que la elección de la alternativa entre los posibles órdenes, 0 y 1 sólo ha sido validada tras el análisis de los residuos. Del análisis de los residuos para ambos órdenes, hemos optado por el orden **1**, ARIMA(0,1,0)(0,1,**1**) como el más adecuado.

Por lo tanto, tras haber tomado una diferencia estacional a la serie, ARIMA(0,1,0)(0,**1**,1), y tras la discusión comentada entre los modelos propuestos anteriormente, se ha optado por una estructura en la parte estacional de la forma ARIMA(0,1,0)(**0**,**1**,**1**).

Una vez tomada una diferencia regular, ARIMA(0,**1**,0)(0,1,1), las correlaciones referentes a la parte regular de la serie, en particular las primeras correlaciones, se encuentran dentro de las bandas de significatividad. De modo que no será necesario recoger retardos autorregresivos o de medias móviles en la parte regular, ARIMA(**0**,1,**0**)(0,1,1).

Los residuos del modelo finalmente elegido, según la aplicación R, y sus correspondientes correlogramas son los representados en los Gráficos 15 y 16.

Gráfico 15 – Serie IPIBE. Residuos

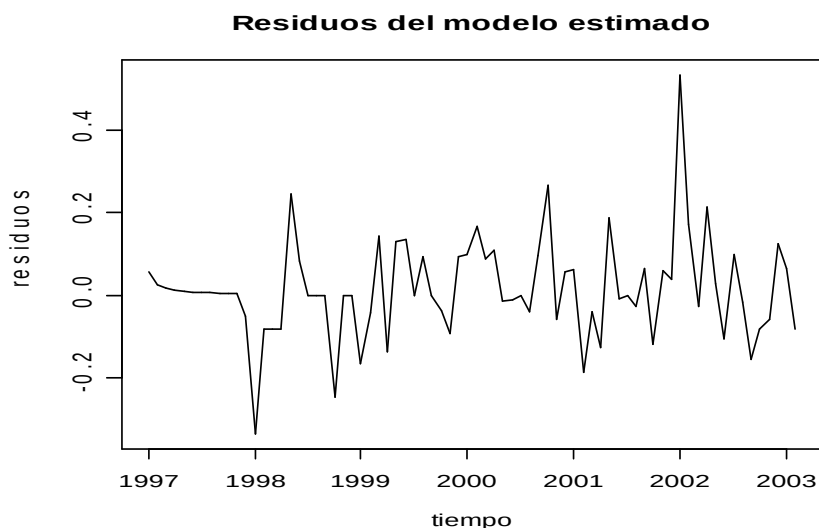
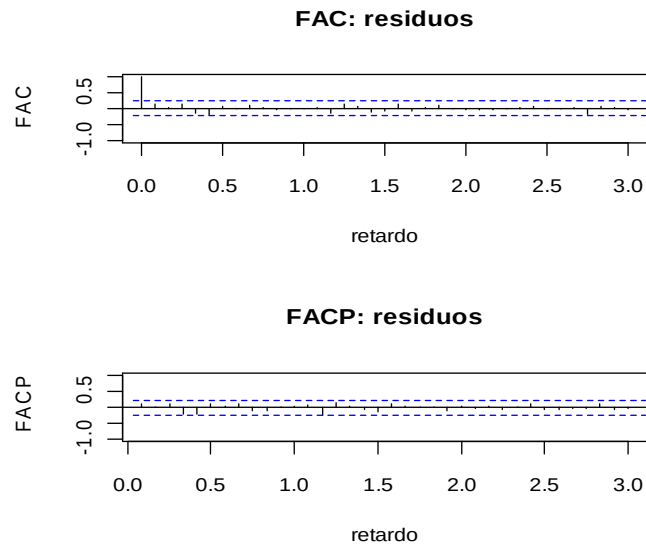


Gráfico 16 – Serie IPIBE. Correlogramas de los residuos



Se puede observar que los correlogramas de los residuos (diferencia entre el valor estimado y el valor muestral) proporcionados por R , muestran todos sus valores entre las bandas de significatividad, tal y como ocurre en el caso de un ruido blanco. Esto confirma la validez del modelo $ARIMA(0,1,0)(0,1,1)$ para la serie IPIBE analizada.

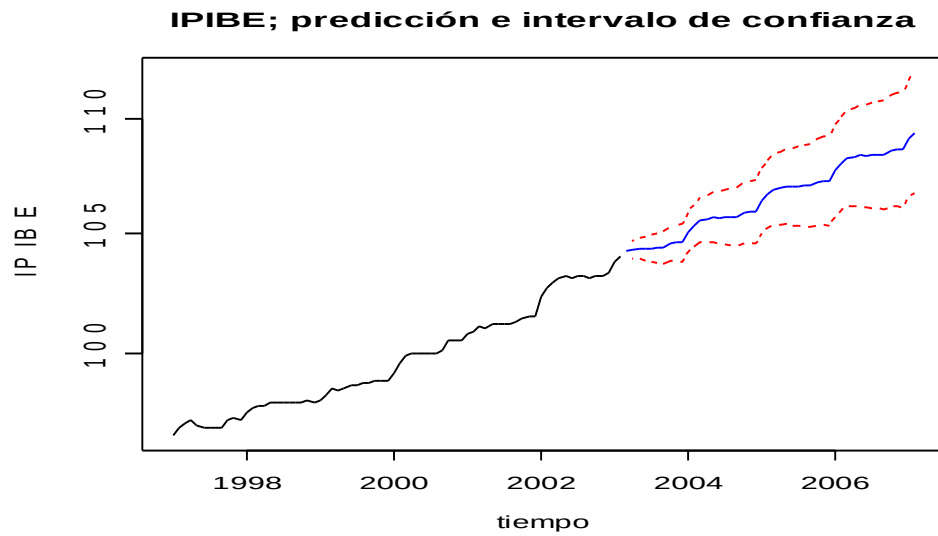
3.5.3.2. REPRESENTACIÓN DE LA SERIE IPIBE

Interpretando los resultados para el objetivo de este análisis se deduce que la distribución de la predicción $\tilde{Y}_{T+k}$, condicionada a la información disponible hasta T , será:

$$Normal\left(\tilde{Y}_{T+k}, \text{var}(e_{T+k})\right),$$

es decir, una distribución Normal donde la media es la predicción óptima y la varianza la de los residuos. Finalmente, el Gráfico 17 representa estos resultados como la evolución esperada de la serie, acotada por los correspondientes intervalos de confianza, varios períodos hacia adelante.

Gráfico 17 – Serie IPIBE. Predicción (Gráfico)



En la Tabla 20 se presentan los valores de las predicciones por punto, junto con sus desviaciones típicas.

Tabla 20 – Serie IPIBE. Predicción (Tabla)

Período	Predicción	Desviación típica
Marzo 2003	104.22713	1.00125347
Abril	104.276122	1.00177313
Mayo	104.352201	1.00217207
Junio	104.327094	1.00250851
Julio	104.355624	1.00280501
Agosto	104.369806	1.00307315
Setiembre	104.380771	1.00331979
Octubre	104.546304	1.00354941
Noviembre	104.591348	1.00376512
Diciembre	104.597272	1.00396919
Enero 2004	105.0513	1.00416333
Febrero	105.318683	1.00434786
Marzo	105.548693	1.00463156
Abril	105.598306	1.00489897
Mayo	105.67535	1.00515262
Junio	105.649925	1.00539443
Julio	105.678816	1.00562595
Agosto	105.693177	1.00584838
Setiembre	105.704281	1.00606272
Octubre	105.871914	1.00626981
Noviembre	105.917529	1.00647033
Diciembre	105.923528	1.00666487
Enero 2005	106.383312	1.00685395
Febrero	106.654086	1.00703615

3.5.4. SERIES ANALIZADAS: PREDICCIÓN

En el ejemplo analizado de la serie IPIBE se observa que el objetivo finalista de análisis de una serie temporal por el modelo ARIMA conduce a una versión cuyo soporte matemático está recogido en una función de densidad que se corresponde con una distribución NORMAL de media y desviación típica conocidas y variables con el tiempo.

El paso siguiente consiste en identificar y estudiar las distintas variables que pueden afectar al coste de los distintos elementos del coste constitutivo del presupuesto de construcción de un buque, y tabularla según se recoge en la Tabla 21.

Una vez obtenida esta tabla, su utilización en el modelo del cálculo del presupuesto de construcción de un buque queda accesible, al sustituir en el modelo este estadístico especialmente calculado como función de probabilidad o densidad de la evolución de los elementos de coste que se estudia, y que se utilizará en cada caso como: Dist. Nor.($\mu=xx ; \sigma=yy$)

Las series temporales, que hemos considerado vinculadas a los elementos de coste que constituyen el coste total del buque, y que por lo tanto hemos estudiado, han sido las siguientes:

- INE (Series base 1975 (100,00) y siguientes).
 - Metalurgia: MET
 - Industria de la construcción de maquinaria y equipo mecánico: INCOM
 - Fabricación de maquinaria y material eléctrico: FABMAT
 - Coste salarial por trabajador y mes (coste salarial total) en metalurgia: CSTMM
 - Coste salarial por trabajador y mes (coste salarial total) en la industria de la construcción de maquinaria y equipo mecánico: CSTMICMEM
 - Coste salarial por trabajador y mes (coste salarial total) en fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo: CSTFPMEME
 - Índice de precios industriales para bienes de equipo: IPIBE
 - Índice de precios industriales para la energía: IPIE
 - Índice de precios al consumo (1993M01-2001M12): IPC
 - Índice de precios de la madera (1995M01-2002M11): MAD

- Cámaras de Comercio (Los índices son elaborados conjuntamente por los Departamentos de Estudios de AFM, ANDIMA Y SERCOBE), base Septiembre 1974 (100,00)
 - Mano de obra: MO
 - Energía: E
 - Perfil estructural: PE
 - Chapa gruesa general: CGG
 - Chapa gruesa fábrica: CGF
 - Pieza hierro fundido: PHF
 - Tubo sin soldadura: TSS
 - Pieza de acero moldeado: PAM
 - Pieza de acero forjado: PAF
 - Acero para ejes: AE
 - Electrodo soldadura eléctrica: ESE

En el Anexo 7, “soporte histórico de las series temporales” recogemos los datos históricos que hemos utilizado como soporte para las predicciones a realizar, y los hemos agrupado conforme su identificación con los materiales, la mano de obra sea propia o subcontratada, los suministros de energía, o la fabricación de bienes de equipo.

De todas estas series obtenemos las Tablas 21 A a 21 E, que recogen por columnas las series, y en el tiempo la evolución de sus medias y desviaciones típicas, según el formato : Dist. Nor.($\mu=xx;\sigma=yy$) que aplicaremos en el modelo según la adscripción de los elementos a las distintas familias del coste.

Tabla 21 A – Predicción de la evolución de las variables de los elementos del coste

	MET		INCOM		FABMAT		CSTMM		CSTMICMEM	
	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV
ene-02	95,00	0,00	103,00	0,00	100,60	0,00	1843,79	0,00	1544,09	0,00
feb-02	95,10	0,00	103,40	0,00	100,60	0,00	1843,79	0,00	1544,09	0,00
mar-02	96,10	0,00	103,70	0,00	100,30	0,00	1843,79	0,00	1544,09	0,00
abr-02	96,10	0,00	103,80	0,00	100,40	0,00	1843,79	0,00	1544,09	0,00
may-02	96,90	0,00	103,70	0,00	100,60	0,00	1915,00	0,00	1701,15	0,00
jun-02	96,80	0,00	103,90	0,00	100,40	0,00	1915,00	0,00	1701,15	0,00
jul-02	96,00	0,00	103,70	0,00	100,50	0,00	1915,00	0,00	1701,15	0,00
ago-02	96,40	0,00	103,80	0,00	100,30	0,00	1915,00	0,00	1701,15	0,00
sep-02	95,60	0,00	103,70	0,00	100,20	0,00	1943,73	0,00	1703,18	0,00
oct-02	95,10	0,00	103,80	0,00	100,20	0,00	1943,73	0,00	1703,18	0,00
nov-02	95,70	0,00	103,80	0,00	100,20	0,00	1943,73	0,00	1703,18	0,00
dic-02	96,10	0,00	103,90	0,00	100,20	0,00	1943,73	0,00	1703,18	0,00
ene-03	96,40	0,00	104,20	0,00	100,40	0,00	2185,10	54,02	1793,69	50,12
feb-03	96,70	0,00	104,70	0,00	100,70	0,00	2185,10	54,02	1793,69	50,12
mar-03	97,00	0,97	104,99	0,22	100,78	0,35	2185,10	54,02	1793,69	50,12
abr-03	96,87	1,60	105,09	0,32	100,83	0,52	2185,10	54,02	1793,69	50,12
may-03	97,42	2,27	105,16	0,40	100,91	0,67	1883,30	57,08	1647,61	53,50
jun-03	97,28	2,88	105,22	0,46	100,94	0,81	1883,30	57,08	1647,61	53,50
jul-03	97,54	3,46	105,19	0,52	101,01	0,95	1883,30	57,08	1647,61	53,50
ago-03	97,65	3,99	105,26	0,57	101,03	1,09	1883,30	57,08	1647,61	53,50
sep-03	97,74	4,49	105,26	0,61	101,17	1,22	1950,39	59,98	1802,84	56,57
oct-03	97,24	4,95	105,32	0,65	101,19	1,36	1950,39	59,98	1802,84	56,57
nov-03	96,93	5,38	105,34	0,69	101,30	1,49	1950,39	59,98	1802,84	56,57
dic-03	96,52	5,79	105,36	0,73	101,34	1,62	1950,39	59,98	1802,84	56,57
ene-04	96,95	6,17	105,95	0,77	101,37	1,75	1979,88	62,74	1831,12	59,48
feb-04	97,34	6,53	106,36	0,80	101,60	1,88	1979,88	62,74	1831,12	59,48
mar-04	97,70	6,93	106,64	0,86	101,70	2,03	1979,88	62,74	1831,12	59,48
abr-04	97,61	7,31	106,75	0,91	101,77	2,18	1979,88	62,74	1831,12	59,48
may-04	98,18	7,70	106,82	0,96	101,87	2,32	2223,92	88,36	1871,47	97,57
jun-04	98,06	8,07	106,87	1,01	101,92	2,47	2223,92	88,36	1871,47	97,57
jul-04	98,33	8,43	106,84	1,06	102,00	2,61	2223,92	88,36	1871,47	97,57
ago-04	98,45	8,78	106,92	1,10	102,04	2,75	2223,92	88,36	1871,47	97,57
sep-04	98,55	9,12	106,92	1,15	102,20	2,90	1922,12	94,44	1772,52	105,98
oct-04	98,05	9,45	106,97	1,19	102,23	3,04	1922,12	94,44	1772,52	105,98
nov-04	97,74	9,77	107,00	1,23	102,35	3,18	1922,12	94,44	1772,52	105,98
dic-04	97,33	10,08	107,01	1,26	102,40	3,32	1922,12	94,44	1772,52	105,98
ene-05	97,77	10,38	107,60	1,30	102,45	3,46	1989,22	100,16	1925,92	113,03
feb-05	98,15	10,67	108,01	1,34	102,69	3,59	1989,22	100,16	1925,92	113,03
mar-05	98,52	10,99	108,29	1,39	102,81	3,74	1989,22	100,16	1925,92	113,03
abr-05	98,42	11,31	108,40	1,44	102,88	3,89	1989,22	100,16	1925,92	113,03
may-05	98,99	11,63	108,47	1,50	102,99	4,04	2018,71	105,57	1980,44	119,66
jun-05	98,88	11,95	108,52	1,54	103,05	4,18	2018,71	105,57	1980,44	119,66
jul-05	99,15	12,27	108,50	1,59	103,15	4,33	2018,71	105,57	1980,44	119,66
ago-05	99,26	12,58	108,57	1,64	103,19	4,47	2018,71	105,57	1980,44	119,66
sep-05	99,36	12,88	108,57	1,68	103,36	4,62	2262,75	130,75	1970,63	160,85
oct-05	98,87	13,18	108,62	1,73	103,40	4,76	2262,75	130,75	1970,63	160,85
nov-05	98,56	13,47	108,65	1,77	103,53	4,90	2262,75	130,75	1970,63	160,85
dic-05	98,15	13,76	108,67	1,81	103,59	5,04	2262,75	130,75	1970,63	160,85
ene-06	98,58	14,04	109,25	1,85	103,64	5,19	1960,95	139,38	1918,80	174,40
feb-06	98,97	14,32	109,67	1,89	103,89	5,32	1960,95	139,38	1918,80	174,40
mar-06	99,33	14,62	109,95	1,95	104,01	5,47	1960,95	139,38	1918,80	174,40
abr-06	99,24	14,92	110,06	2,00	104,09	5,62	1960,95	139,38	1918,80	174,40
may-06	99,81	15,23	110,13	2,06	104,21	5,77	2028,04	147,51	2070,38	185,26
jun-06	99,69	15,53	110,18	2,11	104,27	5,91	2028,04	147,51	2070,38	185,26
jul-06	99,96	15,83	110,15	2,16	104,37	6,06	2028,04	147,51	2070,38	185,26
ago-06	100,08	16,13	110,22	2,21	104,42	6,20	2028,04	147,51	2070,38	185,26
sep-06	100,18	16,43	110,23	2,26	104,59	6,35	2057,53	155,22	2151,14	195,52
oct-06	99,68	16,72	110,28	2,30	104,64	6,49	2057,53	155,22	2151,14	195,52
nov-06	99,38	17,01	110,31	2,35	104,77	6,63	2057,53	155,22	2151,14	195,52
dic-06	98,96	17,29	110,32	2,40	104,83	6,77	2057,53	155,22	2151,14	195,52

Tabla 21 B - Predicción de la evolución de las variables de los elementos del coste

	CSTFPMEME		IPIE		IPIBE		MO	
	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV
ene-02	1311,47	0,00	94,40	0,00	102,30	0,00	181,78	0,00
feb-02	1311,47	0,00	94,30	0,00	102,70	0,00	182,55	0,00
mar-02	1311,47	0,00	95,40	0,00	102,90	0,00	186,86	0,00
abr-02	1311,47	0,00	97,40	0,00	103,10	0,00	187,67	0,00
may-02	1442,40	0,00	97,60	0,00	103,20	0,00	188,25	0,00
jun-02	1442,40	0,00	96,10	0,00	103,10	0,00	190,02	0,00
jul-02	1442,40	0,00	95,70	0,00	103,20	0,00	190,48	0,00
ago-02	1442,40	0,00	96,70	0,00	103,20	0,00	191,71	0,00
sep-02	1435,02	0,00	98,60	0,00	103,10	0,00	192,10	0,00
oct-02	1435,02	0,00	100,00	0,00	103,20	0,00	192,10	0,00
nov-02	1435,02	0,00	97,30	0,00	103,20	0,00	192,10	0,00
dic-02	1435,02	0,00	97,70	0,00	103,30	0,00	193,36	0,00
ene-03	1661,62	1,05	101,40	0,00	103,80	0,00	195,40	0,00
feb-03	1661,62	1,05	102,70	0,00	104,00	0,00	199,27	0,00
mar-03	1661,62	1,05	102,62	1,02	104,23	1,00	199,27	0,00
abr-03	1661,62	1,05	102,62	1,04	104,28	1,00	199,84	0,90
may-03	1394,16	1,06	102,62	1,05	104,35	1,00	200,17	1,28
jun-03	1394,16	1,06	102,62	1,06	104,33	1,00	200,55	1,57
jul-03	1394,16	1,06	102,62	1,06	104,36	1,00	200,88	1,81
ago-03	1394,16	1,06	102,62	1,07	104,37	1,00	201,17	2,02
sep-03	1537,05	1,06	102,62	1,08	104,38	1,00	201,44	2,22
oct-03	1537,05	1,06	102,62	1,08	104,55	1,00	201,55	2,39
nov-03	1537,05	1,06	102,62	1,09	104,59	1,00	201,58	2,56
dic-03	1537,05	1,06	102,62	1,09	104,60	1,00	201,82	2,71
ene-04	1511,13	1,07	102,62	1,10	105,05	1,00	204,24	2,86
feb-04	1511,13	1,07	102,62	1,10	105,32	1,00	205,65	3,00
mar-04	1511,13	1,07	102,62	1,11	105,55	1,00	206,58	3,13
abr-04	1511,13	1,07	102,62	1,11	105,60	1,00	207,15	3,29
may-04	1755,02	1,10	102,62	1,12	105,68	1,01	207,48	3,44
jun-04	1755,02	1,10	102,62	1,12	105,65	1,01	207,86	3,58
jul-04	1755,02	1,10	102,62	1,13	105,68	1,01	208,19	3,72
ago-04	1755,02	1,10	102,62	1,13	105,69	1,01	208,48	3,85
sep-04	1472,53	1,11	102,62	1,13	105,70	1,01	208,75	3,98
oct-04	1472,53	1,11	102,62	1,14	105,87	1,01	208,86	4,11
nov-04	1472,53	1,11	102,62	1,14	105,92	1,01	208,89	4,23
dic-04	1472,53	1,11	102,62	1,14	105,92	1,01	209,13	4,35
ene-05	1623,45	1,13	102,62	1,15	106,38	1,01	211,55	4,46
feb-05	1623,45	1,13	102,62	1,15	106,65	1,01	212,96	4,57
mar-05	1623,45	1,13	102,62	1,16	106,89	1,01	213,89	4,68
abr-05	1623,45	1,13	102,62	1,16	106,94	1,01	214,46	4,81
may-05	1596,08	1,14	102,62	1,16	107,02	1,01	214,79	4,93
jun-05	1596,08	1,14	102,62	1,17	106,99	1,01	215,17	5,05
jul-05	1596,08	1,14	102,62	1,17	107,02	1,01	215,50	5,17
ago-05	1596,08	1,14	102,62	1,17	107,03	1,01	215,79	5,29
sep-05	1853,68	1,17	102,62	1,18	107,04	1,01	216,06	5,40
oct-05	1853,68	1,17	102,62	1,18	107,21	1,01	216,17	5,51
nov-05	1853,68	1,17	102,62	1,18	107,26	1,01	216,20	5,62
dic-05	1853,68	1,17	102,62	1,18	107,27	1,01	216,43	5,73
ene-06	1555,30	1,19	102,62	1,19	107,73	1,01	218,86	5,84
feb-06	1555,30	1,19	102,62	1,19	108,01	1,01	220,27	5,94
mar-06	1555,30	1,19	102,62	1,19	108,24	1,01	221,20	6,04
abr-06	1555,30	1,19	102,62	1,20	108,29	1,01	221,77	6,16
may-06	1714,71	1,20	102,62	1,20	108,37	1,01	222,09	6,27
jun-06	1714,71	1,20	102,62	1,20	108,35	1,01	222,48	6,39
jul-06	1714,71	1,20	102,62	1,20	108,38	1,01	222,81	6,50
ago-06	1714,71	1,20	102,62	1,21	108,39	1,01	223,10	6,61
sep-06	1685,80	1,22	102,62	1,21	108,40	1,01	223,37	6,72
oct-06	1685,80	1,22	102,62	1,21	108,57	1,01	223,48	6,82
nov-06	1685,80	1,22	102,62	1,22	108,62	1,01	223,51	6,93
dic-06	1685,80	1,22	102,62	1,22	108,63	1,01	223,74	7,03

Tabla 21 C - Predicción de la evolución de las variables de los elementos del coste

	E		PE		CGG		CGF	
	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV
ene-02	146,50	0,00	130,18	0,00	110,62	0,00	102,48	0,00
feb-02	145,44	0,00	131,81	0,00	110,62	0,00	102,48	0,00
mar-02	151,75	0,00	131,92	0,00	110,62	0,00	102,48	0,00
abr-02	160,31	0,00	131,61	0,00	110,62	0,00	102,48	0,00
may-02	166,55	0,00	133,67	0,00	110,62	0,00	104,47	0,00
jun-02	160,07	0,00	133,67	0,00	110,62	0,00	104,47	0,00
jul-02	159,00	0,00	133,67	0,00	110,62	0,00	104,47	0,00
ago-02	153,43	0,00	133,67	0,00	110,62	0,00	104,47	0,00
sep-02	148,20	0,00	133,67	0,00	110,62	0,00	104,47	0,00
oct-02	148,62	0,00	133,67	0,00	110,62	0,00	104,47	0,00
nov-02	147,39	0,00	132,56	0,00	110,62	0,00	104,47	0,00
dic-02	147,09	0,00	133,79	0,00	110,62	0,00	104,47	0,00
ene-03	148,44	0,00	135,75	0,00	110,62	0,00	104,47	0,00
feb-03	151,03	0,00	134,17	0,00	110,62	0,00	104,47	0,00
mar-03	150,55	0,00	138,17	0,00	110,62	0,00	104,47	0,00
abr-03	150,33	1,02	138,61	1,01	110,62	1,00	104,47	0,92
may-03	150,33	1,03	138,61	1,02	110,62	1,00	104,47	1,24
jun-03	150,33	1,03	138,61	1,02	110,62	1,01	104,47	1,49
jul-03	150,33	1,04	138,61	1,03	110,62	1,01	104,47	1,70
ago-03	150,33	1,04	138,61	1,03	110,62	1,01	104,47	1,90
sep-03	150,33	1,05	138,61	1,03	110,62	1,01	104,47	2,07
oct-03	150,33	1,05	138,61	1,03	110,62	1,01	104,47	2,23
nov-03	150,33	1,06	138,61	1,04	110,62	1,01	104,47	2,38
dic-03	150,33	1,06	138,61	1,04	110,62	1,01	104,47	2,52
ene-04	150,33	1,06	138,61	1,04	110,62	1,01	104,47	2,65
feb-04	150,33	1,07	138,61	1,04	110,62	1,01	104,47	2,78
mar-04	150,33	1,07	138,61	1,05	110,62	1,01	104,47	2,90
abr-04	150,33	1,07	138,61	1,05	110,62	1,01	104,47	3,02
may-04	150,33	1,08	138,61	1,05	110,62	1,01	104,47	3,13
jun-04	150,33	1,08	138,61	1,05	110,62	1,01	104,47	3,24
jul-04	150,33	1,08	138,61	1,05	110,62	1,01	104,47	3,34
ago-04	150,33	1,08	138,61	1,05	110,62	1,01	104,47	3,44
sep-04	150,33	1,09	138,61	1,06	110,62	1,01	104,47	3,54
oct-04	150,33	1,09	138,61	1,06	110,62	1,01	104,47	3,64
nov-04	150,33	1,09	138,61	1,06	110,62	1,01	104,47	3,73
dic-04	150,33	1,10	138,61	1,06	110,62	1,01	104,47	3,82
ene-05	150,33	1,10	138,61	1,06	110,62	1,02	104,47	3,91
feb-05	150,33	1,10	138,61	1,06	110,62	1,02	104,47	4,00
mar-05	150,33	1,10	138,61	1,06	110,62	1,02	104,47	4,08
abr-05	150,33	1,10	138,61	1,07	110,62	1,02	104,47	4,17
may-05	150,33	1,11	138,61	1,07	110,62	1,02	104,47	4,25
jun-05	150,33	1,11	138,61	1,07	110,62	1,02	104,47	4,33
jul-05	150,33	1,11	138,61	1,07	110,62	1,02	104,47	4,41
ago-05	150,33	1,11	138,61	1,07	110,62	1,02	104,47	4,48
sep-05	150,33	1,11	138,61	1,07	110,62	1,02	104,47	4,56
oct-05	150,33	1,12	138,61	1,07	110,62	1,02	104,47	4,63
nov-05	150,33	1,12	138,61	1,08	110,62	1,02	104,47	4,71
dic-05	150,33	1,12	138,61	1,08	110,62	1,02	104,47	4,78
ene-06	150,33	1,12	138,61	1,08	110,62	1,02	104,47	4,85
feb-06	150,33	1,12	138,61	1,08	110,62	1,02	104,47	4,92
mar-06	150,33	1,13	138,61	1,08	110,62	1,02	104,47	4,99
abr-06	150,33	1,13	138,61	1,08	110,62	1,02	104,47	5,06
may-06	150,33	1,13	138,61	1,08	110,62	1,02	104,47	5,13
jun-06	150,33	1,13	138,61	1,08	110,62	1,02	104,47	5,19
jul-06	150,33	1,13	138,61	1,08	110,62	1,02	104,47	5,26
ago-06	150,33	1,14	138,61	1,09	110,62	1,02	104,47	5,33
sep-06	150,33	1,14	138,61	1,09	110,62	1,02	104,47	5,39
oct-06	150,33	1,14	138,61	1,09	110,62	1,02	104,47	5,45
nov-06	150,33	1,14	138,61	1,09	110,62	1,02	104,47	5,52
dic-06	150,33	1,14	138,61	1,09	110,62	1,02	104,47	5,58

Tabla 21 D - Predicción de la evolución de las variables de los elementos del coste

	PHF		TSS		PAM		PAF	
	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV
ene-02	142,01	0,00	125,66	0,00	150,87	0,00	131,09	0,00
feb-02	142,01	0,00	125,65	0,00	150,87	0,00	131,09	0,00
mar-02	142,01	0,00	125,56	0,00	150,87	0,00	131,09	0,00
abr-02	144,00	0,00	125,38	0,00	148,76	0,00	131,09	0,00
may-02	144,82	0,00	125,46	0,00	148,76	0,00	131,09	0,00
jun-02	144,82	0,00	125,43	0,00	148,76	0,00	131,09	0,00
jul-02	144,82	0,00	125,43	0,00	148,76	0,00	131,09	0,00
ago-02	144,82	0,00	125,42	0,00	148,76	0,00	131,09	0,00
sep-02	144,82	0,00	125,42	0,00	148,76	0,00	131,09	0,00
oct-02	144,82	0,00	125,34	0,00	148,76	0,00	131,09	0,00
nov-02	144,82	0,00	125,34	0,00	148,76	0,00	131,09	0,00
dic-02	144,82	0,00	125,30	0,00	148,76	0,00	131,09	0,00
ene-03	145,75	0,00	125,35	0,00	148,76	0,00	131,09	0,00
feb-03	145,75	0,00	125,19	0,00	148,76	0,00	131,09	0,00
mar-03	145,75	0,00	125,19	0,00	148,76	0,00	131,09	0,00
abr-03	145,75	1,35	125,19	0,97	147,60	0,76	131,09	0,75
may-03	145,75	1,83	125,19	1,37	147,60	1,05	131,09	1,07
jun-03	145,75	2,21	125,19	1,67	147,62	1,28	131,09	1,32
jul-03	145,75	2,53	125,19	1,93	147,68	1,47	131,09	1,53
ago-03	145,75	2,82	125,19	2,16	147,60	1,64	131,09	1,71
sep-03	145,75	3,08	125,19	2,36	147,60	1,79	131,09	1,88
oct-03	145,75	3,32	125,19	2,55	147,60	1,93	131,11	2,03
nov-03	145,75	3,54	125,19	2,73	147,62	2,06	131,11	2,17
dic-03	145,75	3,75	125,19	2,90	147,68	2,19	131,11	2,31
ene-04	145,75	3,95	125,19	3,05	148,87	2,30	131,19	2,43
feb-04	145,75	4,14	125,19	3,20	148,94	2,42	131,19	2,55
mar-04	145,75	4,32	125,19	3,34	149,01	2,52	131,19	2,66
abr-04	145,75	4,49	125,19	3,48	148,24	2,78	131,19	2,88
may-04	145,75	4,66	125,19	3,61	148,23	3,00	131,19	3,09
jun-04	145,75	4,82	125,19	3,74	148,26	3,21	131,19	3,28
jul-04	145,75	4,98	125,19	3,86	148,35	3,40	131,19	3,46
ago-04	145,75	5,13	125,19	3,98	148,24	3,59	131,19	3,64
sep-04	145,75	5,27	125,19	4,10	148,24	3,76	131,20	3,80
oct-04	145,75	5,42	125,19	4,21	148,24	3,93	131,21	3,96
nov-04	145,75	5,56	125,19	4,32	148,27	4,09	131,21	4,11
dic-04	145,75	5,69	125,19	4,42	148,35	4,25	131,21	4,26
ene-05	145,75	5,82	125,19	4,53	150,03	4,40	131,29	4,40
feb-05	145,75	5,95	125,19	4,63	150,13	4,54	131,29	4,54
mar-05	145,75	6,08	125,19	4,73	150,23	4,68	131,29	4,67
abr-05	145,75	6,21	125,19	4,83	149,62	4,90	131,30	4,89
may-05	145,75	6,33	125,19	4,92	149,61	5,10	131,30	5,10
jun-05	145,75	6,45	125,19	5,02	149,65	5,29	131,30	5,30
jul-05	145,75	6,57	125,19	5,11	149,75	5,48	131,30	5,49
ago-05	145,75	6,68	125,19	5,20	149,62	5,66	131,30	5,68
sep-05	145,75	6,79	125,19	5,29	149,62	5,84	131,30	5,86
oct-05	145,75	6,91	125,19	5,37	149,62	6,01	131,31	6,04
nov-05	145,75	7,02	125,19	5,46	149,66	6,17	131,31	6,21
dic-05	145,75	7,12	125,19	5,55	149,74	6,33	131,31	6,37
ene-06	145,75	7,23	125,19	5,63	151,63	6,49	131,39	6,53
feb-06	145,75	7,34	125,19	5,71	151,74	6,64	131,39	6,69
mar-06	145,75	7,44	125,19	5,79	151,85	6,79	131,39	6,85
abr-06	145,75	7,54	125,19	5,87	151,31	6,99	131,40	7,07
may-06	145,75	7,64	125,19	5,95	151,30	7,18	131,40	7,29
jun-06	145,75	7,74	125,19	6,03	151,34	7,37	131,40	7,51
jul-06	145,75	7,84	125,19	6,11	151,44	7,55	131,40	7,72
ago-06	145,75	7,94	125,19	6,18	151,31	7,73	131,40	7,92
sep-06	145,75	8,03	125,19	6,26	151,31	7,90	131,40	8,12
oct-06	145,75	8,13	125,19	6,33	151,31	8,07	131,41	8,31
nov-06	145,75	8,22	125,19	6,40	151,35	8,24	131,41	8,50
dic-06	145,75	8,31	125,19	6,48	151,44	8,40	131,41	8,69

Tabla 21 E - Predicción de la evolución de las variables de los elementos del coste

	AE		ESE		IPC		MAD	
	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV	MEDIA	DESV
ene-02	119,66	0,00	120,18	0,00	137,19	0,21	103,60	0,00
feb-02	119,66	0,00	120,18	0,00	137,51	0,37	104,00	0,00
mar-02	119,66	0,00	120,18	0,00	137,98	0,50	104,00	0,00
abr-02	119,66	0,00	120,18	0,00	138,57	0,61	104,10	0,00
may-02	119,66	0,00	120,18	0,00	138,93	0,70	104,10	0,00
jun-02	119,66	0,00	120,18	0,00	139,30	0,79	104,10	0,00
jul-02	119,66	0,00	120,18	0,00	139,74	0,87	104,20	0,00
ago-02	119,66	0,00	120,18	0,00	140,14	0,94	104,20	0,00
sep-02	119,66	0,00	120,18	0,00	140,28	1,01	104,30	0,00
oct-02	119,66	0,00	120,18	0,00	140,32	1,07	104,40	0,00
nov-02	119,66	0,00	120,18	0,00	140,36	1,13	104,40	0,00
dic-02	119,66	0,00	120,18	0,00	140,86	1,18	104,40	0,22
ene-03	119,66	0,00	120,18	0,00	141,05	1,28	104,98	0,35
feb-03	119,66	0,00	120,18	0,00	141,37	1,38	105,39	0,46
mar-03	119,66	0,00	120,18	0,00	141,84	1,48	105,53	0,55
abr-03	119,66	0,75	120,18	0,96	142,43	1,58	105,68	0,62
may-03	119,66	1,06	120,18	1,33	142,79	1,67	105,75	0,69
jun-03	119,66	1,29	120,18	1,62	143,16	1,76	105,82	0,75
jul-03	119,66	1,49	120,18	1,87	143,60	1,85	105,86	0,81
ago-03	119,66	1,67	120,18	2,08	144,01	1,93	105,86	0,86
sep-03	119,66	1,83	120,18	2,28	144,14	2,01	105,95	0,91
oct-03	119,66	1,98	120,18	2,46	144,18	2,08	106,14	0,96
nov-03	119,66	2,11	120,18	2,63	144,23	2,15	106,22	1,01
dic-03	119,66	2,24	120,18	2,79	144,73	2,22	106,24	1,07
ene-04	119,66	2,36	120,18	2,93	144,91	2,32	106,83	1,13
feb-04	119,66	2,48	120,18	3,08	145,23	2,43	107,24	1,19
mar-04	119,66	2,59	120,18	3,21	145,70	2,54	107,38	1,24
abr-04	119,66	2,69	120,18	3,34	146,29	2,64	107,53	1,30
may-04	119,66	2,80	120,18	3,47	146,65	2,75	107,60	1,35
jun-04	119,66	2,89	120,18	3,59	147,02	2,85	107,67	1,40
jul-04	119,66	2,99	120,18	3,71	147,46	2,94	107,71	1,45
ago-04	119,66	3,08	120,18	3,82	147,87	3,04	107,71	1,49
sep-04	119,66	3,17	120,18	3,93	148,01	3,13	107,80	1,54
oct-04	119,66	3,26	120,18	4,04	148,04	3,22	107,99	1,58
nov-04	119,66	3,34	120,18	4,14	148,09	3,30	108,07	1,62
dic-04	119,66	3,42	120,18	4,24	148,59	3,38	108,09	1,68
ene-05	119,66	3,51	120,18	4,34	148,78	3,49	108,68	1,73
feb-05	119,66	3,58	120,18	4,44	149,10	3,61	109,09	1,79
mar-05	119,66	3,66	120,18	4,54	149,56	3,73	109,23	1,84
abr-05	119,66	3,74	120,18	4,63	150,15	3,84	109,38	1,89
may-05	119,66	3,81	120,18	4,72	150,52	3,96	109,45	1,94
jun-05	119,66	3,88	120,18	4,81	150,89	4,07	109,53	1,99
jul-05	119,66	3,95	120,18	4,90	151,33	4,17	109,56	2,04
ago-05	119,66	4,02	120,18	4,98	151,73	4,28	109,56	2,09
sep-05	119,66	4,09	120,18	5,07	151,87	4,38	109,65	2,13
oct-05	119,66	4,16	120,18	5,15	151,91	4,48	109,84	2,18
nov-05	119,66	4,23	120,18	5,24	151,95	4,58	109,92	2,22
dic-05	119,66	4,29	120,18	5,32	152,45	4,67	109,94	2,28
ene-06	119,66	4,36	120,18	5,40	152,64	4,79	110,53	2,33
feb-06	119,66	4,42	120,18	5,47	152,96	4,92	110,94	2,39
mar-06	119,66	4,48	120,18	5,55	153,43	5,04	111,08	2,44
abr-06	119,66	4,55	120,18	5,63	154,02	5,17	111,23	2,49
may-06	119,66	4,61	120,18	5,70	154,38	5,29	111,30	2,54
jun-06	119,66	4,67	120,18	5,78	154,75	5,41	111,38	2,59
jul-06	119,66	4,73	120,18	5,85	155,19	5,53	111,41	2,64
ago-06	119,66	4,79	120,18	5,92	155,59	5,65	111,41	2,69
sep-06	119,66	4,84	120,18	6,00	155,73	5,76	111,50	2,74
oct-06	119,66	4,90	120,18	6,07	155,77	5,87	111,70	2,79
nov-06	119,66	4,96	120,18	6,14	155,81	5,98	111,77	2,83
dic-06	119,66	5,01	120,18	6,21	156,31	6,08	111,79	2,89

3.6. COSTES FINANCIEROS

En este concepto se agrupan los elementos del coste de un buque que tienen referencia directa con el *riesgo financiero* y no hemos incluido las referencias que, aún estando próximas, constituyen lo que podríamos denominar, *riesgo de mercado*. Incluso, hemos acotado el campo de aplicación del riesgo financiero haciendo únicamente mención a la financiación de un buque sin riesgo de cambio de divisa.

En el Anexo 1, “soporte del presupuesto en 4 dígitos” se han recogido los códigos de las cuentas correspondientes a los gastos financieros. Siguiendo una distinción entre gastos financieros, directamente imputables al buque, y gastos financieros, imputables a la estructura del astillero, se han identificado los elementos de coste siguientes:

- 0620: que agrupa los “intereses durante la construcción (supuesto pago cash escalonado a lo largo de la construcción)”, y
- 0750: que agrupa los “gastos financieros generales”.

Como sucede al delimitar muchos de los elementos del coste de un buque, no resulta fácil establecer con precisión las zonas fronterizas entre ambos conceptos de los gastos financieros. De hecho, se podría introducir un debate sobre la posibilidad de asignar distintos tipos de interés a la financiación de las diferentes partidas del activo, fijo y circulante, e incluso de las partidas que, como el leasing, parecen constituir elementos diferenciados de financiación. En el caso de la construcción de un buque, se podría entablar un debate respecto a la posibilidad de realizar un cálculo personalizado del coste de financiación del mismo, aplicando un interés marginal diferenciado a cada uno de los elementos del coste que se incorpora al buque, en función del momento de su incorporación, de las garantías reales que ese buque o elemento del coste pudiera trasladar a la entidad de crédito que lo financiara, de los avales que se le asignara, del pago diferido en la adquisición de ese elemento frente al descuento, por pronto pago, que se pudiera recibir, etc.

Otro planteamiento sería el que se derivara de la consideración de que, en el balance de una sociedad, el pasivo es el elemento de financiación del activo, visto, todo ello, con carácter de globalidad y estableciendo, por lo tanto, un único tipo de interés para el coste del dinero. En este sentido, parece razonable asumir que la estructura

financiera de un astillero podría suponerse como el resultado interrelacionado de toda su actividad y potencial de crédito, y este es el tratamiento que vamos a asignar al coste financiero de la construcción de un buque.

Por su relativa sencillez, y por ser la práctica más habitual en los astilleros, se ha mantenido, para la identificación de los gastos financieros, el sistema de clasificación antes señalado, consistente en diferenciar los “gastos financieros generales” (0750), de los gastos financieros imputables al buque, y clasificados como “intereses durante la construcción” (0620).

Esta clasificación en el modo de imputar los gastos financieros encuentra su soporte contable en la “clasificación de los costes” recogida en el Capítulo 1, y que incorpora el contenido económico de la cuenta “660: Gastos Financieros”, del grupo 6 del Plan General de Contabilidad, a :

- Coste directo de fabricación: Es la parte denominada “intereses durante la construcción” y constituye, por lo tanto, una parte del “coste de fabricación del buque”.
- Coste de estructura: Es la parte denominada “gastos financieros generales”, que, sin constituir parte del coste de fabricación del buque, constituye una parte del “coste total, o full cost, del buque”.

Sin pretender sustituir la función financiera de la Empresa, el coste de la financiación de un buque debe ser asumido en la fase presupuestaria por el departamento de presupuestos con una elaboración aproximada al coste final estimado de esa partida, de la misma manera que el peso definitivo del casco del buque será estimado, también, por el departamento de presupuestos, sin perjuicio de que la fijación definitiva en el proyecto la realice el departamento técnico.

Para determinar el “coste financiero directamente imputable al coste de fabricación del buque” en el “presupuesto del valor actual” (PVA), se tratará de establecer, en el tiempo, la masa dineraria que constituye la incorporación del coste durante el período de construcción del buque. Se establecen las siguientes premisas referentes a los criterios de imputación del coste:

- Se utilizará como criterio de imputación del coste la fecha de devengo, con criterio contable, al margen del esquema de pago.

- Se utilizará como fecha de valor actual, la que mejor represente el real conocimiento del coste de un elemento de coste, y que, en general, vendrá predeterminada por la característica del elemento en cuestión según las pautas siguientes:
 - Mano de obra propia, gastos de estructura, , con criterio de coste correspondiente al coste real y conocido a la fecha de elaboración del presupuesto.
 - Costes de energía, tasas, gastos generales, ... , también con criterio de coste correspondiente al coste real y conocido a la fecha de elaboración del presupuesto.
 - Material considerado como de almacén, incluso chapa, con el mismo criterio anterior.
 - Bienes de equipo e instalaciones especiales. Sucede que en la contratación de los bienes de equipo principales y de las instalaciones principales, es práctica habitual el conocimiento del coste de estos equipos o instalaciones a la fecha de la entrega. Podría suceder que en el momento de elaboración del presupuesto del buque se diera una de las siguientes circunstancias:
 - Se conociera la cotización a la fecha de entrega prevista, o
 - Se conociera el coste real de una entrega similar en una fecha próxima a la de elaboración del presupuesto.

De acuerdo a estos criterios de coste, se deberá confeccionar el calendario de imputación del coste según sea la secuencia de producción estimada, obteniéndose, para cada fecha, el acumulado de costes, y que para el caso del *ITSASO* se recogen, expresado el tiempo en meses y el coste acumulado en miles de euros, en la Tabla 22 y el Gráfico 18, según se desprende del cálculo realizado en el Capítulo 4.

En este gráfico puede apreciarse la evolución de la incorporación del coste en función del grado de avance de la construcción. Se puede observar que según las hipótesis utilizadas para determinar los criterios e hitos característicos de la construcción del buque, en el presupuesto del buque, en el momento de la entrega, se han imputado todos los costes previstos en el presupuesto PVA. No hemos incluido en el PVA los costes de la garantía técnica, los propios gastos financieros que estamos

ahora estimando y los elementos del coste que anteriormente hemos llamado más inmateriales del coste, y que fundamentalmente están compuestos por el coste de las penalizaciones.

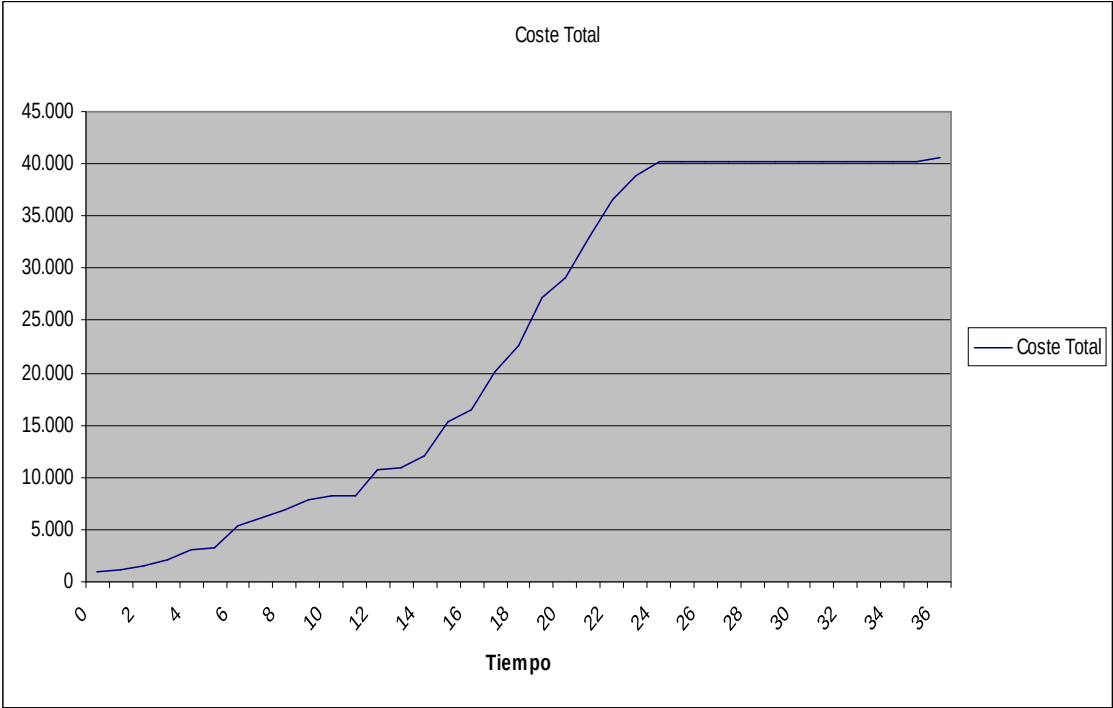
Tabla 22 – Evolución del coste. Buque *ITSASO* (Tabla)

TIEMPO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AC. COSTE	1.006	1.209	1.602	2.117	3.057	3.220	5.283	6.129	6.882	7.768	8.221	8.310	10.643

TIEMPO	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
AC. COSTE	10.861	12.096	15.350	16.459	20.078	22.605	27.125	29.038	32.965	36.585	38.816	40.220

TIEMPO	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
AC. COSTE	40.220	40.220	40.220	40.220	40.220	40.220	40.220	40.220	40.220	40.220	40.220	40.548

Gráfico 18 - Evolución del coste. Buque *ITSASO* (Gráfico)



También como aplicación válida para el caso del *ITSASO*, hemos obtenido la estructura del coste, según la clasificación del mismo realizada de acuerdo a las premisas del plan general de contabilidad, y de la clasificación de los costes recogida en el soporte del presupuesto, y hemos, además, analizado la evolución, en el tiempo de la construcción, de las distintas agrupaciones de costes que lo configuran. Los resultados, tanto de su estructura (coste y familia) como de su evolución en el tiempo, se recogen en los Gráficos 22 y 23 y 24 del Capítulo 4.

El conocimiento de la estructura del coste, y de su evolución, constituye una valiosa información, complementaria, para mejor tratar de entender las potenciales oportunidades de financiación disponibles, habitualmente, en el mercado.

Una alternativa posible para completar la evaluación de los gastos financieros podría contemplar el descuento del equivalente ingreso financiero por los cobros anticipados que realiza el armador. Por ser la casuística de la contratación tan amplia, no hemos considerado, en el modelo, el neto de tales importes, pudiéndose realizar con posterioridad este ajuste.

Los gráficos mencionados recogen el volumen de financiación de la construcción, a lo largo del tiempo, el cual será la base sobre la que se imputará el coste financiero de la cuenta 0620, “intereses durante la construcción”.

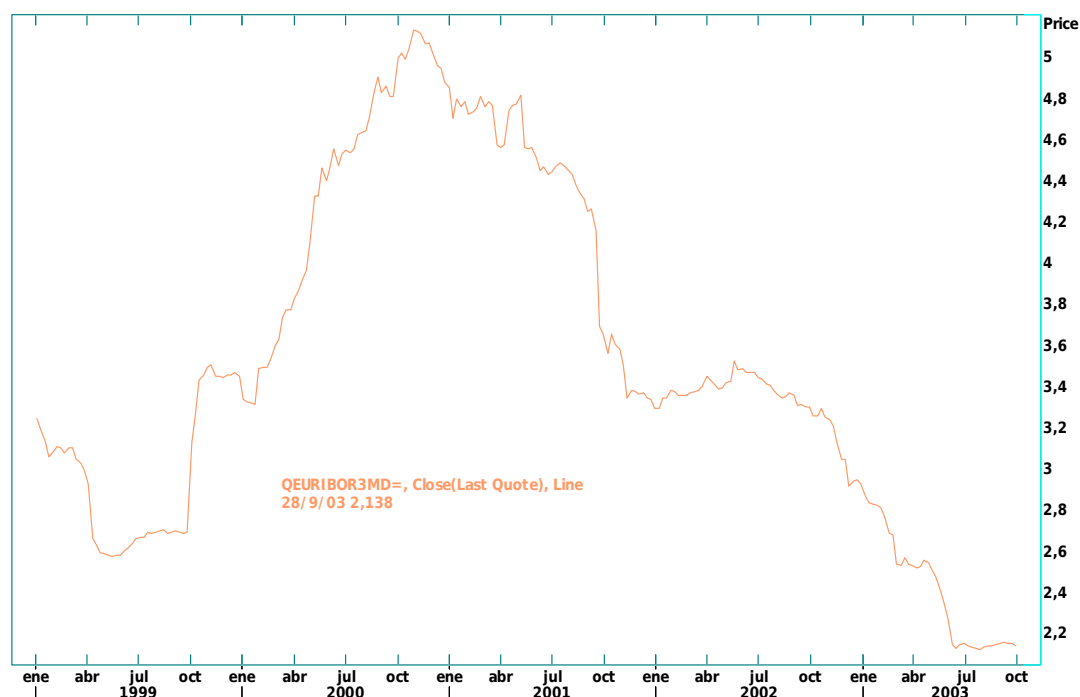
Otra cuestión diferente es la problemática de aplicar un coste a este montante de financiación, en un contexto general de incertidumbre que se deriva de la evolución, tan volátil, del histórico del EURIBOR a tres meses, según se desprende del Gráfico 19.

De esta evolución, y de la opinión generalizada en los ámbitos financieros, parece desprenderse que no sería razonable proyectar a futuro un coste tan bajo del Euribor a tres meses como el que hoy está en vigor.

La aproximación a los tipos de interés estimados a plazo (forward) constituye un debate complejo y muy tecnificado. Es, posiblemente, la variable del coste que más literatura genera y más modelos ofrece para proyectar estimaciones de coste a futuro.

Una circunstancia a tener en consideración en el planteamiento teórico de esta cuestión es la realidad, casi generalizada, de una falta casi total de autonomía financiera de los astilleros para desenvolverse en un escenario de posibilidades reales, originales y optativas, al tratar con sus proveedores financieros.

Gráfico 19 – Evolución de histórico del EURIBOR a tres meses



En general, las condiciones de financiación que muchos astilleros obtienen son *duras*, y casi siempre traducidas a un determinado interés, casi siempre *variable*, y a *cortos plazos*, y *renovable en condiciones*, casi siempre, *inciertas*.

El soporte básico en el procedimiento de determinación del coste del dinero toma arranque de la cotización de los *tipos de interés de contado*, medidos en tipo de interés simple anualizado hasta el plazo de año y en TIR a partir del plazo de año, (que calcula el pago anual de intereses y reinversión de los mismos), y que se conocen, y cotizan, en una fecha determinada, desde el tipo a un día hasta el tipo a 30 años.

De los tipos de interés de contado, por un sencillo cálculo financiero,

$(1+r_a)^X = (1+r_b)^M (1+r_c)^N$, se pueden obtener los *tipos de interés implícitos*. De esta manera, se puede calcular el “Tipo de Interés a tres meses”, dentro de tres, seis, nueve, etc. meses. Para un Tipo de Interés a tres meses, dentro de doce meses, se utilizará la expresión de $r(3, 15)$, y la obtención de su valor, a través del algoritmo expuesto, es relativamente sencillo.

Hemos supuesto que la contratación, para cubrir todo el período de construcción de un buque, en el mercado de tipos al contado, es un objetivo que habitualmente

desborda a las empresas del sector naval. Esta supuesta circunstancia de falta de solvencia, imposibilita la determinación “cierta” del tipo de interés aplicable, pues la contratación de un empréstito a tipos de interés de contado podría ser cerrada y firme.

La alternativa habitual que un astillero puede realizar para la aproximación al coste futuro del dinero consistiría en aplicar una tasa de interés que teniendo como base el EURIBOR a un determinado plazo, lo aumentara en un determinado porcentaje, normalmente alto, por las especiales circunstancias de riesgo del sector naval, en concepto de Margen de la Entidad Financiera. El riesgo de error que introduce tal planteamiento es evidente, pues la única certeza deducible de tal teorización es la total seguridad de que el comportamiento real del EURIBOR no va a ser el presupuestado, pues la realidad se manifestará siempre en un escenario diferente al de la fecha de la elaboración teórica del cálculo.

A una fecha determinada es posible obtener la cotización de la estructura de contado, a partir de esa fecha en adelante, hasta 30 años, en TAE. De la curva representativa de la estructura de contado podríamos obtener la curva de cupón cero, que presupone el pago de los intereses al final del período, y sin reinversión, y de manera más elaborada, obtendríamos la curva o tabla de los implícitos del EURIBOR a tres meses en cada fecha, según la Tabla 23.

Tabla 23 – Implícitos a tres meses

	Fechas	Tipo interés
Contado a 3 meses	15/11/02	3,050%
Implícitos a tres meses en cada fecha	15/12/02	2,940%
	15/03/03	2,855%
	15/06/03	2,895%
	15/09/03	3,020%
	15/12/03	3,215%
	15/03/04	3,410%
	15/06/04	3,605%
	15/09/04	3,775%
	15/12/04	3,945%
	15/03/05	4,055%
	15/06/05	4,150%

En la columna encabezada como tipo de interés se han recogido los valores estimados del EURIBOR a tres meses, en la fecha que se señala en la columna de fechas. El debate en torno a la volatilidad a asignar a las previsiones de futuro es la clave del proceso de aproximación al conocimiento del coste futuro del dinero.

A la hora de asignar un intervalo de volatilidad a los Tipos de Interés trimestrales se plantean distintas posibilidades: volatilidad historica, volatilidad implicita, volatilidad estimada...

A efectos de simplificar el cálculo, podría considerarse la volatilidad histórica, el 10%, como un buen estimador de la volatilidad futura.

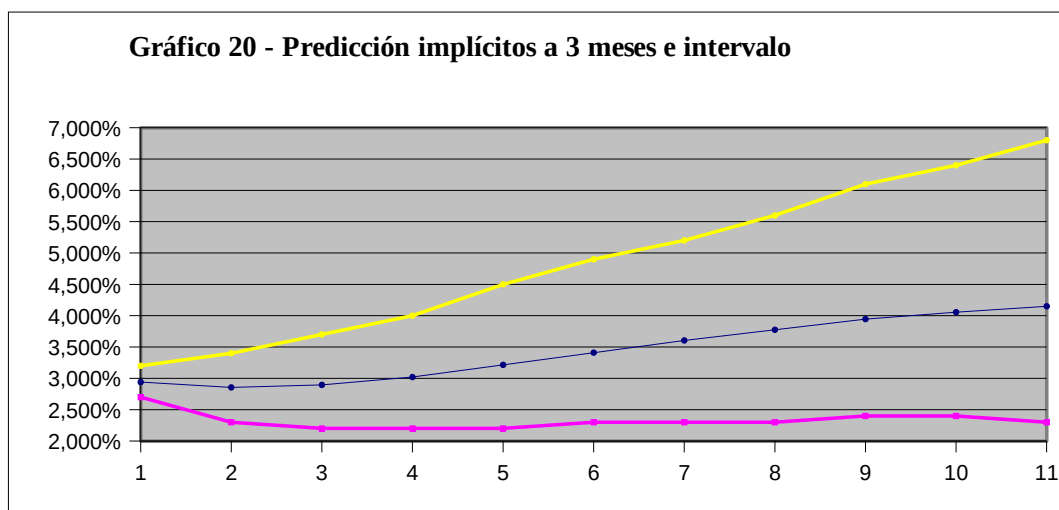
Para calcular la horquilla de tipos en la que puede oscilar cada uno de los implícitos trimestrales, incorporamos la tabla elaborada por una entidad financiera que ha generado, a través de un programa “Monte-Carlo”, 5000 escenarios para cada trimestre, tomando como Media el mismo tipo implícito y como volatilidad implícita la volatilidad histórica del 10%.

De cada uno de los histogramas resultantes se han desechado las colas, que suponen percentiles del 5% y del 95%, respectivamente.

El resultado es la Tabla 24 y el Gráfico 20.

Tabla 24 – Implícitos a tres meses e intervalo

	Fechas	Tipo interés	Horquilla	
Contado a 3 meses	15/11/02	3,050%	3,05%	
Implícitos a tres meses en cada fecha	15/12/02	2,940%	2,70%	3,20%
	15/03/03	2,855%	2,30%	3,40%
	15/06/03	2,895%	2,20%	3,70%
	15/09/03	3,020%	2,20%	4,00%
	15/12/03	3,215%	2,20%	4,50%
	15/03/04	3,410%	2,30%	4,90%
	15/06/04	3,605%	2,30%	5,20%
	15/09/04	3,775%	2,30%	5,60%
	15/12/04	3,945%	2,40%	6,10%
	15/03/05	4,055%	2,40%	6,40%
	15/06/05	4,150%	2,30%	6,80%



La línea central del Gráfico 20 representa el valor medio esperado del tipo de interés, y las líneas superior e inferior delimitan el ahorquillamiento esperado de este valor. Puede apreciarse que conforme transcurre el tiempo la amplitud del intervalo es mayor, como racionalmente se puede suponer, al aumentar la incertidumbre conforme pasa el tiempo.

Para continuar con el proceso, y estimar el coste del dinero invertido en la construcción del buque, de conformidad al mismo modelo de simulación que venimos aplicando, vamos a proceder a definir la evolución de este ahorquillamiento en términos asimilados a una distribución Normal para cada uno de los meses. A los valores del Euribor a tres meses, que obtenemos de la aplicación de los algoritmos de cálculo, les afectamos de un incremento del coste por considerar que sobre los tipos Euribor a tres meses, la entidad de crédito bien pudiera aplicar un margen del 2%, habidas las condiciones generales del sector.

El resultado obtenido lo recogemos en la Tabla 25 y el Gráfico 21.

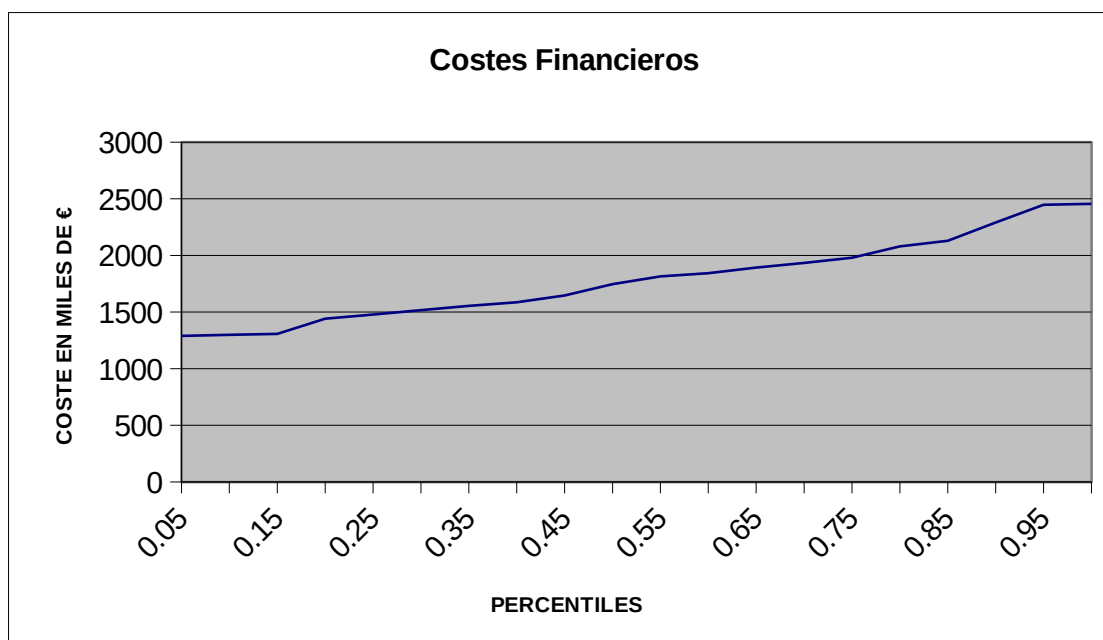
Esta tabla acota un intervalo de posibilidades racionales para los gastos financieros. Establece una probabilidad inferior al 5% de que los mismos sean inferiores a 1.289 miles de euros, y pretende asignar una certeza del 95% de que no superen los 2.455 miles de euros, todo ello, con una probabilidad previa que hemos establecido del 90%, y con las premisas de evolución de la tasa de interés, conforme a lo que previamente hemos estimado.

Tabla – 25 – Costes financieros. Buque *ITSASO* (Tabla)

Percentil	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
Gastos financieros	1289	1299	1307	1441	1477	1516	1554	1586	1646	1746

Percentil	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
Gastos financieros	1815	1842	1893	1934	1980	2080	2128	2290	2447	2455

Gráfico 21 - Costes financieros. Buque *ITSASO* (Gráfico)



3.7. DESVIACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS DEL COSTE

En este apartado se incluye el método a aplicar a la evaluación de los desvíos cuantitativos del cálculo de algunos parámetros técnicos, cuya obtención práctica se realiza en los astilleros por estos dos procedimientos principales:

- Fórmula empírica que pretende determinar la magnitud fundamental de la variable que prefija la característica principal de uno de los elementos del coste. Es el caso del número de toneladas de acero netas/ brutas obtenidas por aplicación de una fórmula adecuada para la estimación del peso de acero del casco de un buque.
- Acotación por ahorquillamiento del intervalo esperado. Es el caso habitual de acotar el número de horas-persona necesarias para la fabricación de cada tonelada neta de acero del casco de un buque.

Una manera habitual de plantear una aplicación del primer supuesto es la que algunos autores utilizan como definición margen de error de sus fórmulas en % de desviación entre resultado real e hipótesis de cálculo. Haciendo una referencia concreta, Harvald & Jensen (1992) asignan una precisión del 10% a la fórmula que utilizan para determinar el peso de acero neto de un buque de acuerdo a experiencias acumuladas en la construcción de muchos buques en Dinamarca.

Sin perjuicio de considerar que este margen de error es excesivo, si se dispusiera de un buque base próximo al buque proyecto, convendría acotar el sentido de esta apreciación. De lo que no cabe duda es que en términos estrictamente estadísticos, esta definición no pretende ser suficiente, por cuanto que el *corpus* de su aplicación seguramente ha sido limitado como para asignar, a esta expresión, pleno valor estadístico. Razonablemente, podríamos utilizar esta expresión afectada por los siguientes matices:

- Las desviaciones se dan en +/-
- La mayoría de las veces (90%?) se dan en ese intervalo
- La función de densidad no es uniforme en todo el intervalo.

Matizada así la asignación de la precisión de la fórmula conviene asignar las características del estadístico que pueda representar este intervalo de certidumbre.

Asumiendo que el estadístico que representa esta función es una distribución normal, se puede plantear:

$$P(\mu - 10\% \mu \leq X \leq \mu + 10\% \mu) = 90\%$$

Habida cuenta que: $Z_{0,450} = 1,645$

Se desprende de :

$$Z = \frac{(X - \mu)}{\sigma} \Rightarrow \sigma = \frac{(X - \mu)}{Z} = \frac{(1,1\mu - \mu)}{Z} = \frac{0,1\mu}{1,645} \approx 6,08\% \mu$$

Que para el caso concreto que se plantea supone decir que el estadístico que representa la asignación del peso del casco de acero de un buque cuyo peso de acero está calculado por el procedimiento de Harvald & Jensen, sigue una distribución normal que tiene como media μ , el valor obtenido de la aplicación de la fórmula, y que tiene como desviación típica σ , el 6,08% del peso así estimado. $N(\mu; 0,0608 \mu)$.

Aún cuando se trata del mismo supuesto, el dato con el que se elabora la magnitud de un parámetro técnico del coste viene definido por ahorquillamiento entre dos magnitudes. Para el caso de asignar una productividad entre 35/40 horas-persona, por cada tonelada de acero neto construido, en términos similares a los tratados en el supuesto anterior se podría asignar el estadístico correspondiente, del modo siguiente:

- Pretender que en el 95% de los casos la productividad esté dentro de ese intervalo (E_s para el extremo superior, y E_i para el extremo inferior del intervalo).
- Que el estadístico que represente el comportamiento real sea una distribución normal.

Se procederá del modo siguiente:

$$P(E_i \leq X \leq E_s) = 95\%$$

que para el caso que nos ocupa,

$$P(35 \leq X \leq 40) = 95\%$$

$$\mu = \frac{35 + 40}{2} = 37,5 \quad \text{Horas-persona/Tonelada}$$

$$Z_{0,4750}=1,96$$

de donde:

$$\sigma = \frac{X - \mu}{Z} = \frac{40 - 37,5}{1,96} \approx 1,28 \quad \text{Horas-persona/Tonelada}$$

Como aplicación de la casuística aplicada, al objeto de estimar el número de horas aplicadas en el presupuesto a la construcción del casco de acero de un buque, con estas premisas, sería:

- En el primer supuesto: $N(\mu ; 0,0608 \mu)$
- En el segundo supuesto: $N(37,5; 1,28)$

3.8. CONTROL PRESUPUESTARIO Y FORMULARIOS

El control del presupuesto pretende, simultáneamente, la determinación del grado de avance de la producción del buque, y pretende, además, el conocimiento de todas las imputaciones de coste realizadas y de las pendientes de realizar.

Un error frecuente en temas relacionados con el control del presupuesto es el que se pudiera derivar de la pretensión de considerar que el coste final del buque es el que se predetermina por su presupuesto inicial o, a veces, por su precio de venta, y que por tanto, el grado de avance es la aplicación simplista del algoritmo que relaciona, de manera proporcional, el coste incurrido con el coste total presupuestado, o con su precio de venta. El error de tal procedimiento es evidente.

Esta cuestión es de una excepcional importancia, pues el manejo inadecuado de estos criterios supone una ocultación del conocimiento real de la marcha económica del astillero. La importancia que el conocimiento del grado de avance tiene en la estructura económica de un astillero se debe fundamentalmente a los siguientes factores:

- El coste de la construcción de un buque representa una parte muy importante en el total de los gastos anuales de un astillero.
- Habitualmente la obra en curso, dos/tres buques, constituye un activo circulante muy importante.
- El plazo de construcción de un buque es largo.
- El proceso de construcción de un buque está sometido a muchas incertidumbres, no solamente técnicas, sino jurídicas, también.

En un escenario semejante, la determinación del valor de la obra ejecutada es importante y en este sentido tanto el Plan General de Contabilidad, las Normas de Adaptación a las Empresas Constructoras, y el Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas formulan directrices concretas respecto a cómo contabilizar correctamente el coste de la producción o los ingresos por obra ejecutada. Una prueba evidente de la importancia que la aplicación correcta de estas normas tiene en el resultado de explotación de un astillero podría desprenderse de las confidencias, seguramente muy similares, de las personas que en los diferentes astilleros mantienen el contacto profesional con los auditores externos. En lenguaje directo, podría decirse, sin

exageración, que la determinación del coste de la producción o los ingresos por obra ejecutada son los asuntos más complejos en la organización contable de un astillero.

Una referencia obligada para tratar estos asuntos es “la resolución de 9 de Mayo de 2000, del Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas, por la que se establecen criterios para la determinación del Coste de Producción”, (BOE núm. 141, de 13 de Junio de 2000).

De su contenido, extractamos, como brevísimo resumen:

“El coste de producción se determinará añadiendo al precio de adquisición de las materias primas, y otras materias consumibles, los costes directamente imputables al producto. También deberá añadirse la parte que razonablemente corresponda de los costes indirectamente imputables a los productos de que se trate, en la medida en que tales costes correspondan al período de fabricación.”

Otra referencia importante está constituida por “las normas de valoración” recogidas en la Quinta Parte de las “Normas de Adaptación del Plan General de Contabilidad. Empresas Constructoras”.

Del contenido de la norma 18 de esta “Parte”, “Ventas, ingresos por obra ejecutada y otros ingresos”, para las obras realizadas por encargo y con contrato, extractamos lo siguiente:

“Para la contabilización de las ventas o ingresos por obra ejecutada... se valorarán por el método del porcentaje de realización. Por este método se reconocerán los ingresos por obra ejecutada de acuerdo al grado de realización del contrato al final de cada período contable”.

La dificultad se plantea en la determinación del grado de realización, pues los ingresos que se deben computar se deberán realizar “en función de un porcentaje de los ingresos totales fijados en el contrato, porcentaje que se establece por la relación de entre los costes incurridos hasta la fecha y los costes totales previstos para la realización del contrato”.

Y de nuevo, la dificultad se plantea en la obtención del porcentaje de realización, que requiere de dos condiciones indispensables:

- “Que se cuente con los medios y el control para poder hacer estimaciones razonables y fiables de los presupuestos de los contratos, así como de los ingresos, costes y grado de terminación en un momento determinado;

- Que no existan riesgos anormales o extraordinarios en el desarrollo del proyecto, sin duda sobre la aceptabilidad del pedido o encargo por parte del cliente.”

Se deduce de lo anterior que la dificultad intrínseca para la asignación del coste de la producción o los ingresos por obra ejecutada está constituida por el difícil empeño de determinar el “porcentaje de realización” de la obra ejecutada. Podría entenderse como tal la relación de los siguientes criterios:

- Porcentaje de coste incurrido respecto a coste previsto total.
- Porcentaje de mano de obra directa incurrida respecto a mano de obra prevista total.
- Una razonable combinación entre ambos criterios.

El debate es de interés e ineludiblemente pasa por la estimación, posiblemente como factor más importante, de las horas-persona de mano de obra directa que faltan para la conclusión del buque, pero evidentemente, del coste pendiente para la terminación del buque.

Ya desde el Capítulo 1 de este trabajo, al estudiar la diferente estructura del coste en los distintos astilleros que analizamos introdujimos el criterio de no asignar mérito a ninguna de las concepciones estratégicas de los astilleros, cuando menos desde el propósito del presente trabajo. De hecho, hemos pretendido en la elaboración del modelo para la realización del presupuesto la validez del modelo para lo que se podría considerar cualquier artefacto o parte de ese artefacto, o cualquier gran reparación de un buque. Conceptualmente estamos en la aplicación del método general de la elaboración de un modelo para la realización del presupuesto de construcción de un buque. Lo que sucede es que las fuentes de información no están ahora constituidas por el conocimiento de los históricos del coste, horas-persona por tonelada de acero, pongamos por caso, sino por la acumulación de información más sutil, *guardada* en archivos más personales, a disposición de quien tiene un conocimiento tal vez más *práctico* de los procesos de producción y que constituye parte del conocimiento que la empresa, en general, tiene de sí misma.

Respecto al conocimiento que existe en las empresas somos partidarios de suponer que en general la empresa tiene un alto grado de conocimiento de sí misma. Cuestión diferente es el uso e incluso las posibilidades de acceso a ese conocimiento por

parte de algunos estamentos de la organización. Vienen, posiblemente a propósito, las referencias realizadas en páginas anteriores al empeño de instaurar en las empresas un modelo de *aprendizaje*. Por algunas experiencias profesionales que hemos acumulado, estamos suponiendo que el conocimiento del grado de avance de una obra de largo plazo de ejecución es un tema del que, en general, existe información suficiente en el propio astillero. La dificultad estriba en aproximar a los estamentos que redactan los informes de avance de obra las opiniones de las personas que tienen el conocimiento real del asunto. Se trata de crear una metodología para *preguntar a quien sabe*.

Sin que sirva de precedente de utilización de más argumentario personal, hemos vivido la experiencia de tratar de conocer las horas-persona necesarias para la terminación de los trabajos de tubería en un buque en construcción bastante avanzada. A la pregunta directa de cuántas horas faltan para terminar, la respuesta, inevitable además, era imposible de precisar. Sin embargo el recurso a preguntas tales como:

- ¿Qué porcentaje de trabajo habremos hecho?
- ¿Crees que estamos frenados por otros gremios?
- ¿Si mantenemos ocho equipos durante cuatro meses, crees que terminamos?
- ¿Cuánta gente necesitamos para terminar en tres meses y medio?
- ¿Qué falta de auxilios están demorando el avance?

facilita una respuesta más concreta.

Simples cuestionarios realizados a la *persona adecuada* pueden dar información de interés para determinar el grado de avance de la construcción de un buque, estableciendo criterios para asignar intervalos de confianza a las predicciones que se deberán realizar.

Un error frecuente en la determinación del grado de avance de una construcción es que la cadena jerárquica que solicita la información *condiciona* muchas veces la respuesta, creándose muchas veces complicidades de no querer anticipar los malos resultados hasta que la evidencia los haga imposibles de ocultar.

La respuesta matizada y concreta para conocer el grado de avance o de terminación de un buque requiere, en cada momento, la realización del presupuesto de construcción de la parte de buque que queda por realizar, y este presupuesto debe realizarse con la misma metodología que se utiliza para la realización del presupuesto inicial del buque.

CAPÍTULO 4

4. ELABORACIÓN DEL MODELO

4.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se pretende diseñar y aplicar, sobre un buque concreto, el modelo para la elaboración del presupuesto de construcción de un buque. A los efectos de ubicar la evolución de los costes en el tiempo se considera como fecha de elaboración del presupuesto de esta aplicación, NOVIEMBRE de 2002.

La aplicación se realiza sobre un soporte del libro estándar de los conceptos del coste elaborado con un grado de agregación de dos dígitos. El buque sobre el que se aplica el modelo es el que a estos efectos hemos denominado *ITSASO*, cuya especificación, abreviada, y redactada por el astillero constructor, está recogida en el Anexo 2.

El procedimiento que hemos utilizado consiste en el desarrollo de todos los pasos recogidos en la presentación del esquema que, basándose en la teoría de D. Hertz, son los siguientes:

1. Definir el presupuesto, que llamaremos “presupuesto de valor actual”, PVA, por considerar que las valoraciones introducidas corresponden a la situación del “conocimiento *actual*”, del momento en que se elabora el presupuesto, según el método que hemos llamado de “adición de los elementos constituyentes” y desarrollado en el Capítulo 3.
2. Establecer, para cada elemento del coste, una identificación del *momento* en el que se incorporará al coste del buque.
3. Asignar a cada elemento del coste su adscripción a una de las series temporales analizadas, y que llamaremos *familia*, cuya evolución de costes, a futuro, le sea más representativa, en función de su mayor identificación, con alguna de las 21 series temporales analizadas.
4. Establecer los intervalos de confianza para los supuestos *técnicos* del *proyecto* del buque y de *productividad* del astillero.
5. Crear el soporte informático de manera que por asignación de series de números de azar se puedan obtener cuantas combinaciones de presupuesto

sean necesarias para determinar la *función de distribución*, esperada, del presupuesto del buque, o de sus componentes principales.

6. Representar las funciones de distribución de los elementos del coste, y del coste del buque total.

4.2. PRESUPUESTO DE VALOR ACTUAL, PVA.

Para la elaboración del PVA, como en parte ya se ha recogido anteriormente, hemos partido del conocimiento profundo de la matriz del coste y del proyecto del buque *ITSASO*.

El astillero constructor nos ha facilitado la matriz del coste del buque, soportada en su soporte habitual, que nosotros hemos debido *traducir* y convertir a *nuestro* soporte estándar de los conceptos del coste, en un proceso que podríamos calificar como *laborioso*. Además, al objeto de realizar la aplicación del modelo, la conversión, inicialmente elaborada en soporte de cuatro dígitos, la hemos reflejado en formato de dos dígitos. Se ha elegido el formato de dos dígitos para la matriz del coste del *ITSASO*, por cuanto que, sin merma del planteamiento que el modelo persigue, supone una relativa simplificación al trabajar con una serie de 34 elementos del coste frente a la que se pudiera derivar de trabajar en formato de cuatro dígitos, es decir, con aproximadamente 650 elementos del coste. El resultado final de la adecuación a nuestro soporte estándar de los conceptos de coste está recogido en el Anexo 3.

En dicho anexo se puede apreciar que el valor PVA de este buque es de 40.550 miles de euros, pero esta cifra incorpora determinadas alteraciones que hemos practicado para ocultar el definitivo resultado económico que pudiera atribuirse a la construcción de dicho buque.

En la determinación del alcance del contenido de PVA, hemos optado por no incluir en el presupuesto algunos de los elementos del coste del capítulo 0, GENERAL, y que habitualmente son elementos del coste que se derivan del alcance de determinadas cláusulas del *contrato* de construcción del buque.

Los elementos del coste, del Grupo 06, no incorporados a este PVA, son los siguientes:

- 0620: Intereses durante la construcción
- 0630: Costes debidos a demoras en la entrega
- 0641: Costes debidos a penalización por velocidad
- 0642: Costes debidos a penalización por peso muerto
- 0643: Costes debidos a penalización por capacidad de bodegas y tanques
- 0644: Costes debidos a penalización por consumos

- 0650: Garantía técnica

En el Capítulo 3 hemos dedicado una atención especial a estos elementos del coste por considerar que en general no se les asigna una atención suficiente y que son, no obstante, una parte importante del coste, y además, un medidor muy valioso para conocer la eficiencia del astillero, por cuanto que, aunque no en su totalidad, sí constituyen una parte sensible del coste de la *no calidad* a la que hemos hecho referencia al hablar del coste de las ineficiencias.

Por ello, a estos elementos del coste les asignamos un tratamiento separado, aunque dentro de la misma metodología que para el resto de los demás elementos del coste, y completamos, al final, lo que llamaremos “Presupuesto del buque *ITSASO*”, incluyendo la totalidad de los elementos del coste del buque.

4.3. INCORPORACIÓN AL COSTE

Una precisión necesaria al realizar el presupuesto de construcción de un buque consiste en la definición del *momento* en que los distintos elementos del coste se *incorporan* al coste del buque. Esta cuestión plantea la necesidad de definir los criterios de imputación al coste de los distintos elementos del coste, en función de la *fecha valor* que se les asigne a cada uno de los elementos.

Para la determinación del momento y características del coste a imputar a cada uno de los elementos del coste, de acuerdo con los criterios de auditoría,, se seguirán los criterios siguientes:

- Se utilizará como criterio de imputación del coste la fecha de *devengo* con criterio contable, al margen del esquema de pago que se pudiera acordar con el proveedor.
- La fijación de los momentos de incorporación al coste se realizará en referencia a los *hitos* tradicionales, característicos de la construcción naval, firma de contrato, puesta de quilla, botadura y entrega, aún cuando pudiera ser muy razonable, para un astillero determinado, incorporarlos a procesos más *reales* de la construcción coincidente con el esquema constructivo que se utilice en ese astillero.
- Se utilizará como importe de la imputación el que mejor represente el conocimiento real del coste de un elemento del coste y que, en general, vendrá predeterminado por la característica del elemento en cuestión, según las pautas siguientes:
 - Mano de obra propia y subcontratada, gastos de estructura, ..., con criterio de coste correspondiente al coste real y conocido a la fecha de elaboración del presupuesto.
 - Costes de energía, tasas, gastos generales, ..., también con criterio de coste correspondiente al coste real y conocido a la fecha de elaboración del presupuesto.
 - Material considerado como de almacén, incluso chapa, con el mismo criterio anterior.
 - Bienes de equipo e instalaciones especiales. Sucede que en la contratación de los bienes de equipo principales y de las instalaciones

principales, es práctica habitual el conocimiento del coste de estos equipos o instalaciones a la fecha de la entrega. Podría suceder que en el momento de elaboración del presupuesto del buque se diera una de las siguientes circunstancias:

- Se conociera la cotización a la fecha de entrega prevista, o
- Se conociera el coste real de una entrega similar en una fecha próxima a la de elaboración del presupuesto.

En ambas hipótesis la corrección por tiempo diferido habría que realizarla de manera parcial.

Respecto a la fecha de adscripción al coste de los distintos elementos del coste del buque, se establecerá un *calendario* de incorporaciones al coste de los distintos elementos que lo configuran, que tendrá su soporte básico en el calendario de construcción que recoja la evolución de la construcción del buque, cuando menos referida a sus hitos más característicos.

Resulta por ello una cuestión relevante la fijación del calendario previsional de ejecución de la obra, que llamaremos calendario de construcción.

Para el buque *ITSASO* el calendario de construcción y de imputaciones al coste se establece de acuerdo al esquema siguiente:

- El plazo de construcción se estima sea de 24 meses.
- Adicionalmente, durante un período de 12 meses más, se devengarán costes que objetivamente constituyen parte del *full cost* o coste completo. Un ejemplo ilustrativo de estas partidas podría estar representado por el coste de la garantía técnica y el coste de las penalizaciones.

El calendario de construcción se planea conforme al esquema siguiente:

<u>Hito característico</u>	<u>Período estimado</u>
- Inicio de la construcción	0
- Puesta de quilla	3
- Botadura	15
- Entrega	24
- Final período garantía	36

Para la realización del modelo hemos proyectado un cuadro “tipo” en el que se establecen los *momentos* de incorporación al coste de los elementos del coste. Por coincidir con lo que hemos considerado un proceso lógico, hemos diseñado este cuadro con el propósito, también, de constituir el soporte de la asignación de la familia de costes a la que se adscribe cada elemento del coste.

El soporte que incorpora el *momento* de la imputación del coste T y la *familia* de adscripción de cada elemento del coste F lo hemos recogido en el Anexo 4, bajo la denominación: “Imputación, por familia y tiempo, de los conceptos del coste”, (T+F).

4.4. IMPUTACIÓN, POR FAMILIA DE COSTE, DE LOS ELEMENTOS DEL COSTE

Una vez elaborada la matriz del presupuesto de construcción de un buque, PVA, procede la *asignación* de los diferentes elementos que configuran el coste del buque a las diferentes familias en que se ha desglosado el espectro de los elementos del coste. Sucede además que la identificación de un determinado elemento de coste con alguna de las familias de referencia puede darse de manera amplia a través de su identificación con más de una única familia, por coincidir en la estructura del coste de ese elemento afinidades con varias de ellas. Como se ha descrito en el Capítulo 3, hemos seleccionado 21 series temporales que podrían constituir el soporte de las 21 familias de las variables o elementos del coste que se podrían utilizar como soporte de la adscripción de todos los elementos del coste.

No obstante, para la aplicación del modelo al caso concreto del *ITSASO* hemos seleccionado de entre las 21 familias estudiadas, 10 de ellas, por considerarlas representativas para esta aplicación, como las que mayor incidencia tienen en la evolución de costes de los elementos que integran el coste del buque. Las series, consideradas representativas en la aplicación práctica del modelo, son:

- MET : Metalurgia
- INCOM: Industria de la construcción de maquinaria y equipo mecánico
- FABMAT: Fabricación de maquinaria y material eléctrico
- IPIBE: Índice de precios industriales para bienes de equipo
- IPIE: Índice de precios industriales para la energía
- PAF: Pieza de acero forjado
- IPC: Índice de precios al consumo
- MAD: Madera

y para la mano de obra:

- CSTMM: Coste salarial por trabajador y mes (coste salarial total) en metalurgia
- CSTMICMEM: Coste salarial por trabajador y mes (coste salarial total) en la industria de la construcción de maquinaria y equipo mecánico

La información de las predicciones que hemos obtenido para estas 10 series temporales, incluidas previamente en las 21 series estudiadas, la agrupamos en las Tablas 26 A y B.

Tabla 26 A – Predicción para las series temporales más representativas

Tabla 26 B - Predicción para las series temporales más representativas

		MET			INCOM			FABMAT			CSTMM			CSTMICMEM		
		MEDIA		DESV	MEDIA		DESV	MEDIA		DESV	MEDIA		DESV	MEDIA		DESV
		IPR	IPR	IPR	IPR	IPR	IPR	IPR	IPR	IPR	IPR	IPR	IPR	IPR	IPR	
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0	ene-02	95.70	0.00	103.00	0.00	100.60	0.00	1843.70	0.00	1544.00	0.00					
1	feb-02	95.70	0.00	103.00	0.00	100.60	0.00	1843.70	0.00	1544.00	0.00					
2	ene-02	94.90	0.00	103.00	0.00	100.60	0.00	1843.70	0.00	1544.00	0.00					
3	feb-02	94.90	0.00	103.00	0.00	100.60	0.00	1843.70	0.00	1544.00	0.00					
4	mar-02	95.60	0.00	103.00	0.00	100.60	0.00	1843.70	0.00	1544.00	0.00					
5	abr-02	97.80	0.00	103.00	0.00	100.60	0.00	1843.70	0.00	1544.00	0.00					
6	may-02	97.80	0.00	103.00	0.00	100.60	0.00	1843.70	0.00	1544.00	0.00					
7	jun-02	96.60	0.00	103.00	0.00	100.60	0.00	1843.70	0.00	1544.00	0.00					
8	jul-02	96.60	0.00	103.00	0.00	100.60	0.00	1843.70	0.00	1544.00	0.00					
9	ago-02	95.50	0.00	103.00	0.00	100.60	0.00	1843.70	0.00	1544.00	0.00					
0	ago-02	96.60	0.00	103.00	0.00	100.20	0.00	1948.78	0.00	1703.18	0.00					
1	oct-02	100.00	0.00	103.00	0.00	100.20	0.00	1948.78	0.00	1703.18	0.00					
2	ene-03	97.80	0.00	103.00	0.00	100.20	0.00	2148.30	54.03	1703.40	50.00					
3	dic-03	97.80	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
4	ene-03	103.40	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
5	feb-03	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
6	mar-03	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
7	abr-03	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
8	may-03	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
9	jun-03	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
0	jul-03	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
1	ago-03	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
2	ago-03	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
3	sep-03	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
4	oct-03	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
5	ene-04	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
6	feb-04	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
7	mar-04	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
8	abr-04	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
9	may-04	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
0	jun-04	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
1	jul-04	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
2	ago-04	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
3	ago-04	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
4	sep-04	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
5	oct-04	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
6	ene-05	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
7	feb-05	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
8	mar-05	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
9	abr-05	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
0	may-05	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
1	jun-05	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
2	jul-05	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
3	ago-05	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
4	ago-05	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
5	sep-05	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
6	oct-05	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
7	ene-06	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
8	feb-06	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
9	mar-06	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
0	abr-06	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
1	may-06	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
2	jun-06	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
3	jul-06	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
4	ago-06	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
5	ago-06	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
6	sep-06	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
7	oct-06	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
8	nov-06	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					
9	dic-06	102.62	0.00	103.00	0.00	100.00	0.00	2148.30	54.02	1703.40	50.00					

Tabla 27 – Soporte de la imputación (T+F)

Sobre este soporte, para cada uno de los elementos del coste, XX, hemos procedido a volcar la información disponible respecto al momento de su incorporación al coste y respecto a la familia de elementos cuya evolución se supone más próxima. Para ello, hemos dividido el soporte de cada elemento del coste en nueve subconjuntos, completando la información, para todos los elementos del coste según consta en el Anexo 4.

Tabla 28 – 19. CASCO. Soporte de la imputación

252

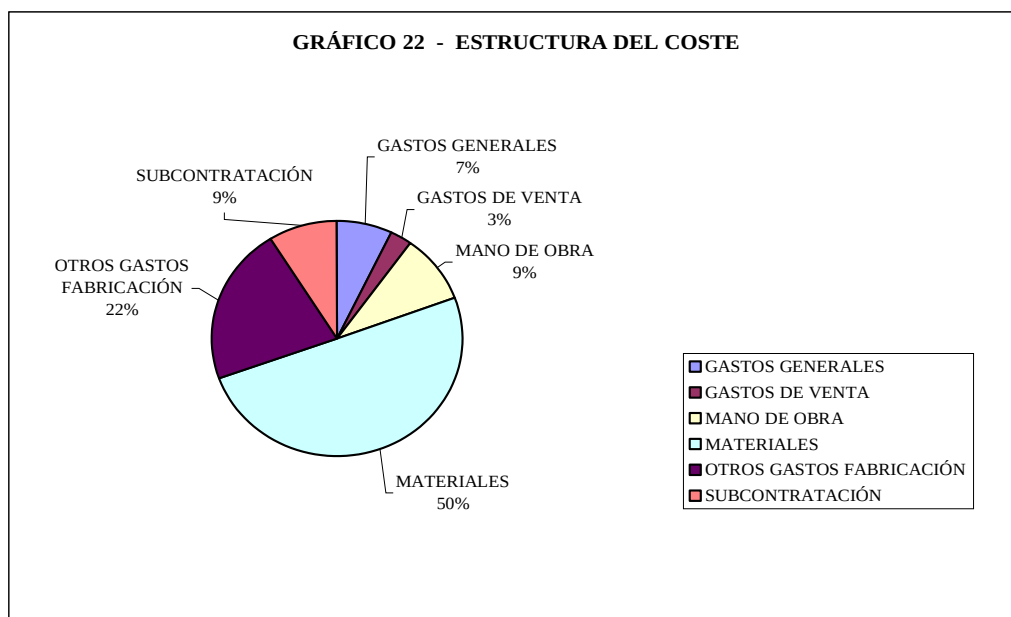
En la ejecución del modelo, la elaboración de los cuadros del Anexo 4 constituye el soporte documental de todas las aplicaciones y, en el caso concreto del *ITSASO*, viene soportado en una “tabla dinámica” muy extensa, realizada en EXCEL, y que contiene un conjunto de más de 2.200 líneas.

La tabla dinámica, que hemos proyectado y recogido en el Anexo 5, es el soporte de los datos *variables* del modelo y razonablemente, la confección de los cuadros (T+F), de los que se alimenta, se debe entender realizada en colaboración íntima con el Departamento de Producción del astillero, como conocedor de la planificación constructiva del buque.

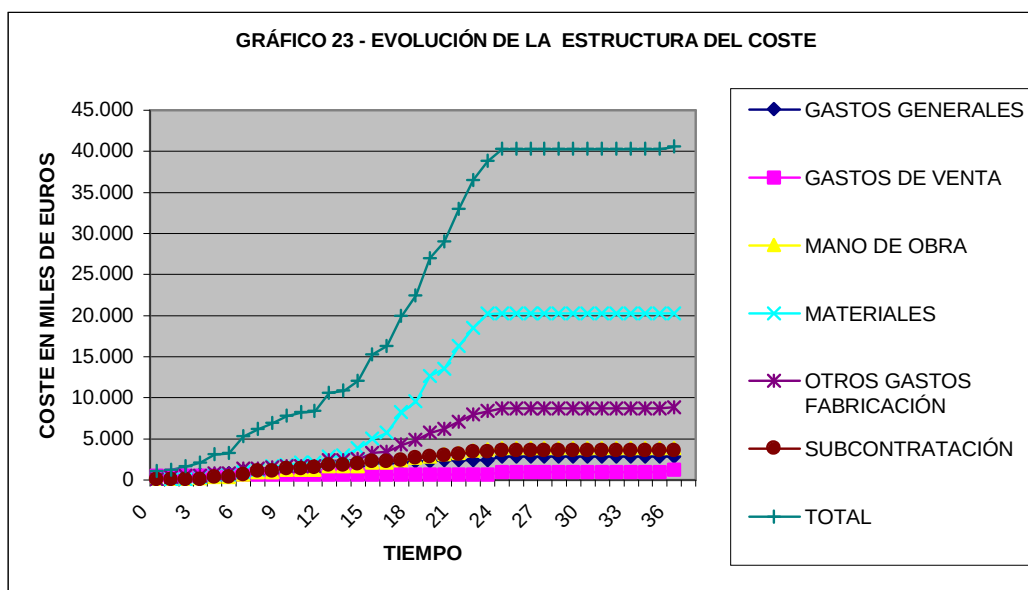
Una de las aplicaciones importantes que hemos obtenido de la utilización de las tablas dinámicas es el conocimiento de la configuración del coste del buque en relación a la asignación por familias y períodos de incorporación al coste, respecto a:

- Estructura del coste, por tipos del gasto
- Evolución de la estructura del coste
- Estructura del coste por familias

En relación a la estructura del coste del buque por tipos del gasto, respecto al presupuesto PVA obtenido como aplicación de las tablas dinámicas analizadas en el Anexo 5, el Gráfico 22 muestra la distribución para los seis grupos de gasto del soporte del presupuesto.

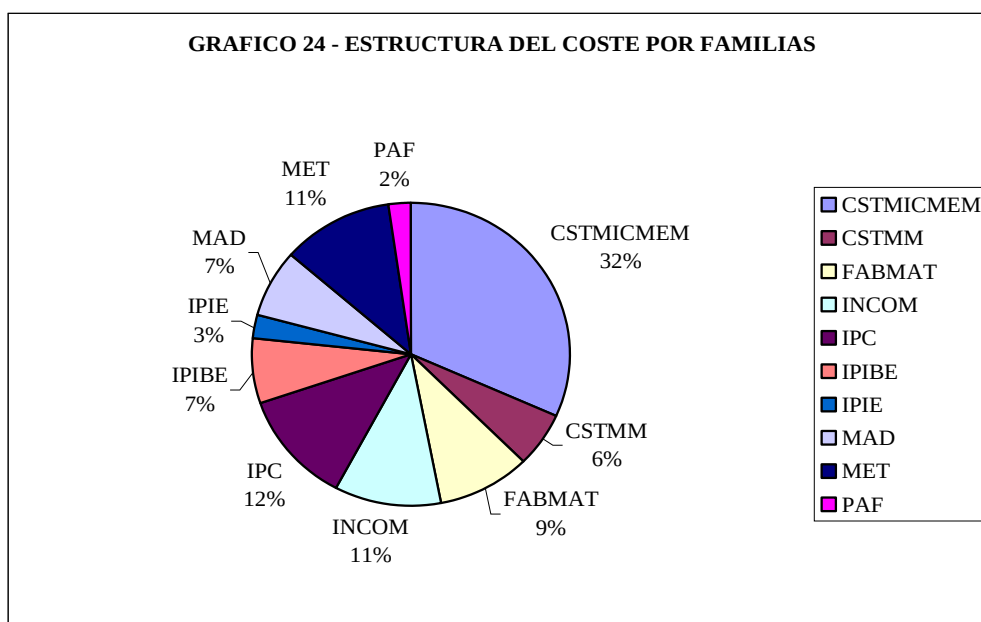


Respecto a la evolución en el tiempo de la estructura del coste para los seis grupos representativos del gasto, obtenemos el Gráfico 23.



El conocimiento de este gráfico es de gran importancia para la gestión del proyecto del presupuesto, y del astillero en general. Además constituye la base de la información necesaria para la determinación del volumen de financiación que la construcción del buque va a demandar y, por lo tanto, resulta el soporte imprescindible para la determinación de los gastos financieros como hemos anticipado y calculado en el Capítulo 3.

Finalmente, hemos estudiado la estructura del coste del buque *ITSASO* en función de las familias que hemos identificado como representativas de la evolución de los costes en el tiempo y que recogemos en el Gráfico 24.



4.5. ESTABLECIMIENTO DE LOS INTERVALOS DE CONFIANZA DE LOS SUPUESTOS TÉCNICOS

Al establecer los intervalos de confianza de los supuestos técnicos que se incorporan al presupuesto de construcción del buque será necesario establecer la manera de acotar el intervalo de incertidumbre de las variables aleatorias que representan el comportamiento de algunas de las variables técnicas del coste.

La referencia a número de horas-persona que la construcción de un buque necesita no se manifiesta en un astillero de una manera determinística incuestionable, sino que está sometida a fluctuaciones debido a muchas variables externas, y también a la evolución de la *productividad* propia del astillero.

En el Capítulo 3 hemos planteado que una distribución razonable de la fluctuación de los parámetros de productividad podría estimarse con una distribución normal de media igual a la estimación histórica, o más reciente, del parámetro, y cuyo intervalo fuera del +/- 10% de la media. Además, hemos supuesto que queríamos operar asignando a ese intervalo una certeza del 90%.

Sin embargo, en la aplicación del modelo vamos a utilizar un criterio más restrictivo, 8%, respecto al margen de error de las estimaciones que se utilicen para determinar la productividad del astillero.

Semejante planteamiento puede expresarse del modo siguiente:

$$P(\mu - 8\% \mu \leq X \leq \mu + 8\% \mu) = 90\%$$

Habida cuenta que:

$$Z_{0,45} = 1,65$$

Se desprende de:

$$Z = \frac{(X - \mu)}{\sigma} \Rightarrow \sigma = \frac{(X - \mu)}{Z} = \frac{(1,08 \mu - \mu)}{1,65} = \frac{0,08 \mu}{1,65} \approx 0,0485 \mu$$

por lo que la distribución que pretendiera asignar un intervalo válido al comportamiento de la productividad del astillero, sería: $N(\mu; 0,0485\mu)$.

De manera análoga a como lo hemos realizado para la mano de obra, corresponde estimar un intervalo, que consideremos aceptable, para la determinación del intervalo de confianza de las provisiones técnicas de cantidad en los gastos de materiales. En el desarrollo de la aplicación del *ITSASO* hemos planteado que los métodos de estimación de los pesos y potencias estimadas en el presupuesto PVA tienen una desviación de +/- 7%. Supondremos, además, que queremos garantizar este intervalo con una fiabilidad del 85 %.

$$P(\mu - 7\% \mu \leq X \leq \mu + 7\% \mu) = 85\%$$

Habida cuenta que: $Z_{0,425} = 1,44$
se desprende de:

$$Z = \frac{(X - \mu)}{\sigma} \Rightarrow \sigma = \frac{(X - \mu)}{Z} = \frac{(1,07 \mu - \mu)}{Z} = \frac{0,07 \mu}{1,44} \approx 0,0486 \mu$$

por lo que la distribución será: $N(\mu; 0,0486 \mu)$

Finalmente, para la determinación del intervalo y margen de seguridad que hemos aplicado al resto de los gastos, hemos estimado que estos gastos tienen en el presupuesto PVA una desviación de +/- 5%. Supondremos, además, que queremos garantizar este intervalo con una fiabilidad del 85 %.

$$P(\mu - 5\% \mu \leq X \leq \mu + 5\% \mu) = 85\%$$

Habida cuenta que: $Z_{0,425} = 1,44$
se desprende de:

$$Z = \frac{(X - \mu)}{\sigma} \Rightarrow \sigma = \frac{(X - \mu)}{Z} = \frac{(1,05 \mu - \mu)}{Z} = \frac{0,05 \mu}{1,44} \approx 0,0347 \mu$$

por lo que la distribución será: $N(\mu; 0,0347 \mu)$

Gráfico 25 – Proceso del modelo de simulación

4.6. SOPORTE DEL MÉTODO PARA LA SIMULACIÓN

La realización de la *simulación* de la incidencia que tienen tanto la *incertidumbre* de los supuestos *técnicos*, como la derivada por la afectación en el coste de los elementos del coste por el paso del *tiempo*, requiere el *diseño* de un soporte que permita la aplicación que se formula, teniendo como elemento básico el presupuesto PVA.

En la elaboración del diseño del soporte de la simulación hemos pretendido mantener el contacto *visual* de lo que informáticamente pudiera parecer innecesario. Lo hemos hecho así porque creemos que la realización del presupuesto, y su control, debe tener el viejo sabor de los papeles *usados*, casi en similitud con los informes de tesorería que los buenos directores financieros utilizan cuando la búsqueda diaria de los recursos financieros de la sociedad les hace *emborronar* sus previsiones de ingresos y gastos, que previamente han sido elaborados en un buen soporte informático.

Para facilitar el seguimiento del proceso de simulación que hemos diseñado recogemos en el Gráfico 25 el diagrama de flujos que hemos elaborado.

El soporte está diseñado como una aplicación personalizada para cada elemento del coste, de manera que como filas utiliza la clasificación que hemos realizado en los soportes (T+F), lo que supone que se ha fraccionado cada grupo de gasto de cada elemento del coste en $9 \times 6 = 54$ “partidas”, correspondientes a cada una de las 9 divisiones que para cada uno de los 6 grupos del gasto hemos realizado.

La Tabla 29 muestra el diseño del soporte utilizado para la aplicación del modelo de la simulación, en el que hemos “ocultado” muchas de sus columnas, para encajar el soporte en una única hoja de papel.

Respecto al encabezamiento horizontal del soporte, para cada concepto, en código de dos dígitos, hemos incluido las siguientes elaboraciones:

- En la primera columna se recoge el grupo del gasto a que pertenece: materiales, mano de obra, subcontratación, otros gastos de fabricación, gastos de venta, y finalmente, gastos de estructura.
- En la segunda columna se recoge el importe que en el PVA tiene esa partida, todo ello expresado en miles de euros.

Tabla 29 - Soporte de la simulación

- La tercera columna incorpora el porcentaje de participación del coste anterior en cada una de las particiones.
- La siguiente columna define el momento en que esa partición del elemento se incorpora al coste.
- La quinta define la *familia* del coste con la que se identifica la serie temporal que se define como más próxima en la evolución futura prevista de los costes.
- La sexta columna, cuyo encabezamiento dice “media”, representa el valor que el grupo de gasto de ese concepto tiene en PVA.
- La columna siguiente, cuyo encabezamiento dice “desv. serie” representa la desviación típica que tiene la serie temporal, representativa de la familia de costes, y cuyo cálculo ha sido realizado al aplicar los modelos ARIMA a las 21 series temporales estudiadas, y que hemos visto es variable y creciente conforme mayor es el tiempo de la predicción.
- Las 20 columnas siguientes recogen las otras tantas simulaciones de los números de azar, que con las denominaciones de “Azar1”, “Azar 2”,..., “Azar 20”, son el resultado de la aplicación de un mecanismo de generación de números de azar que constituyen la base de la simulación.
- La siguiente columna, “desv. téc.” recoge las desviaciones típicas de las funciones de distribución que se asignan a los intervalos de confianza para los supuestos *técnicos* del proyecto del buque, y de *productividad* del astillero por constituir los mismos fuente importante de incertidumbre en el presupuesto del buque.
- Las 20 columnas siguientes, “1”, “2”, ..., “20”, representan los valores del presupuesto que resultan de la aplicación del programa de simulación.
- Finalmente, las tres últimas columnas recogen la media, la varianza y la desviación típica de cada fila.

El resultado de la estimación del presupuesto para este elemento del coste es el que aparece en la parte inferior del cuadro, que con la denominación de “TOTAL”, incluye para cada una de las 20 realizaciones del presupuesto una suma que representa el valor en el presupuesto de cada uno de los resultados de la simulación.

En las últimas dos filas del soporte hemos ordenado los resultados de los 20 presupuestos aleatorios que hemos obtenido de acuerdo con la sucesión de las 20 divisiones de percentiles, 5%, 10%, 15%,..., 85%, 90%, 95%, y 100%.

De este modo obtenemos una sucesión ordenada y creciente de los 20 presupuestos de este elemento del coste que representa la *función de distribución* de la variable aleatoria, “presupuesto de un elemento de coste”, que permite dibujar la función de distribución del elemento del coste estudiado.

Hemos realizado la aplicación sobre los 34 elementos del coste definidos en la codificación a dos dígitos, que los hemos incorporado al Anexo 6. No obstante, incorporamos al texto, a modo de ejemplo, la aplicación realizada sobre el elemento del coste 19, CASCO, que se refleja en la Tabla 30, y que muestra, sin ocultar, todas las columnas del soporte.

Tabla 30 – Elemento del coste, 19, CASCO

Tabla 30 (Continuación)– Elemento del coste, 19, CASCO

Tabla 30 (Continuación)– Elemento del coste, 19, CASCO

Tabla 30 (Continuación)– Elemento del coste, 19, CASCO

Para la resolución del cálculo del presupuesto en cada una de las 20 simulaciones hemos utilizado diversas formulaciones para la programación del contenido de las cuadrículas de las columnas de la media, la desviación típica, y el resultado de la simulación.

La asignación del valor resultante de la fracción correspondiente a la fila “4”, pongamos por caso, del elemento de coste en estudio, derivado de la simulación, se obtiene mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Valor Resultante de la Simulación} = \text{SI}(((\$B\$3*\$C4)*\$AV4)=0;AB4;AB4*(\text{DISTR.NORM.INV}(H4;\$F4;((\$B\$3*\$C4)*\$AV4))/\$F4))$$

que calcula la función inversa de la Distribución Normal cuya media viene recogida en la celda “\$F4”, cuya desviación típica está recogida en la celda “\$G4” y donde “H4” es el número de azar que asigna el valor a la opción 4 del presupuesto, e incorpora además, la influencia de la desviación técnica \$B\$3.

El valor de la media formulada en la celda “\$F4” se calcula utilizando el siguiente código de aplicación EXCEL:

$$\text{Media “\$F4”} = \$B\$3*C4*(\text{BUSCARV}(D4;[\text{jja Series Sarriko.xls}] \text{Series Sarriko}'!\$A\$16:\$AT\$65;3;0)/[\text{jja Series Sarriko.xls}] \text{Series Sarriko}'!\$C\$16)$$

En esta formulación se hace mención a los soporte electrónicos que recogen la evolución de las series temporales utilizadas y las tablas de asignación de familias y tiempos para cada uno de los elementos del coste. Dichos soportes electrónicos se encuentran recogidos en los Anexos 3, 4 y 5.

Análogamente, para el cálculo de la desviación típica de la celda “\$G4”:

$$\text{Desviación Típica “\$G4”} = \text{SI}(\$B\$3*C5=0;0,00001;\text{SI}(\text{BUSCARV}(D5;[\text{jja Series Sarriko.xls}] \text{Series Sarriko}'!\$A\$16:\$AT\$65;4;0)=0;0,00001;$$

BUSCARV(D5;'[jja Series Sarriko.xls]Series Sarriko'!\$A\$16:\$AT\$65;4;0))
*\$B\$3*C5/'[jja Series Sarriko.xls]Series Sarriko'!\$C\$16)

La ejecución del modelo en EXCEL ha sido laboriosa por cuanto que la formulación del modelo en los términos que lo hemos descrito tiene, solamente para los casi 34 elementos del coste que hemos estudiado y recogido en el Anexo 6, una dimensión de 7,3 MB.

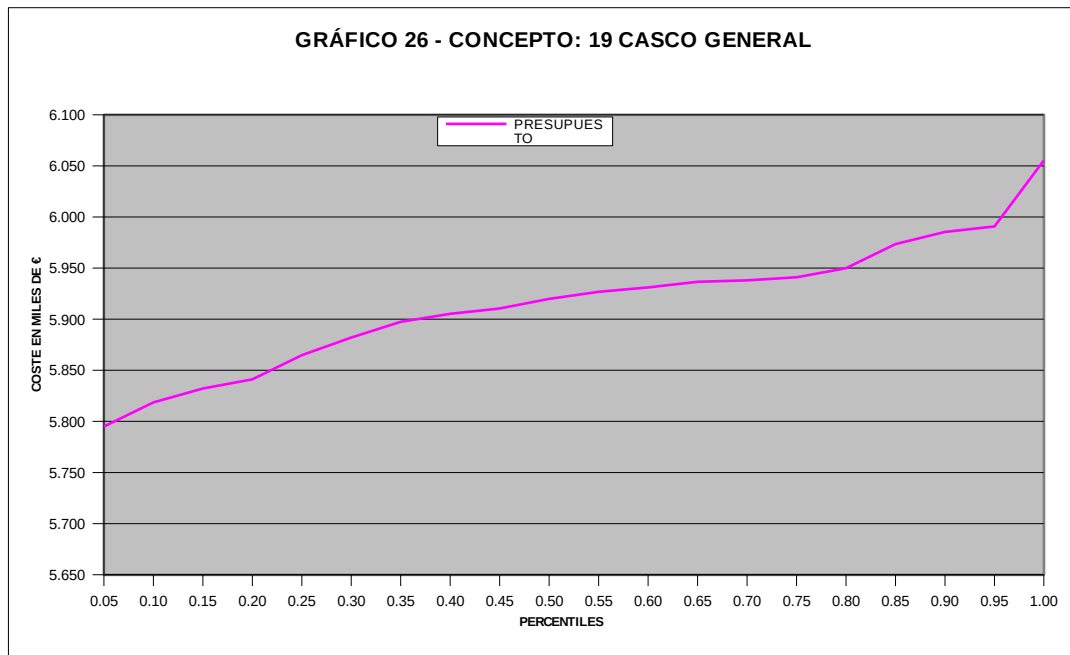
4.7 REPRESENTACIÓN DE LAS FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN

En el Gráfico 26 vamos a representar la función de distribución de la variable aleatoria “presupuesto de un elemento de coste”. Conviene recordar que esta función de distribución representa la integral de la función de densidad de esta variable aleatoria, que en el límite teórico de la repetición infinita del número de simulaciones estaría representada por una distribución normal. Anteriormente hemos verificado que la simulación realizada con 20 repeticiones tiene un grado de aproximación suficiente, pero ello no obsta para que en posibles futuras formulaciones el número de repeticiones pudiera ser mayor.

La función de distribución que hemos obtenido para cada uno de los conceptos del coste constituye una información que *da* una respuesta *matizada* a las incertidumbres que la realización del presupuesto plantea, en cuanto que teniendo en cuenta los intervalos posibles para cada una de las variables que inciden en el coste de cada elemento del coste, establece para cada uno de ellos un intervalo razonable donde se podría suponer se dará el verdadero valor del coste de ese elemento.

El Gráfico 26 reproduce la representación gráfica del presupuesto del elemento 19, en su forma compacta, CASCO.

Todos los gráficos representativos de las respectivas funciones de distribución de los conceptos del coste se recogen en el Anexo 6.



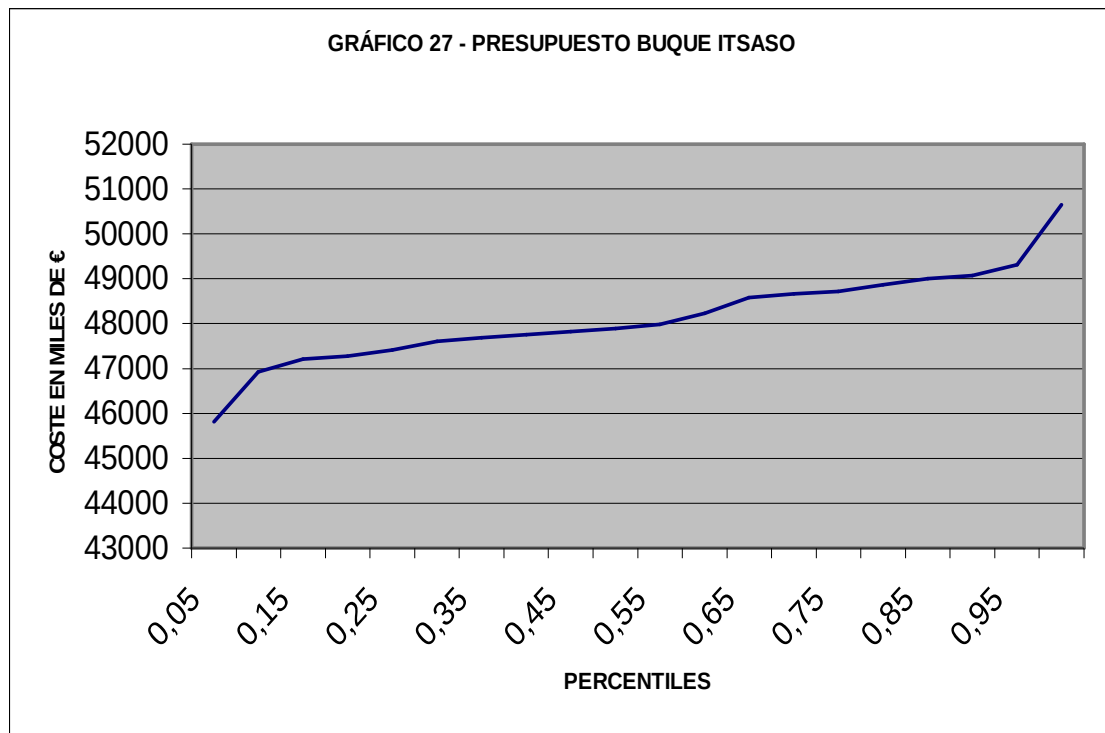
4.8. RESULTADO FINAL

Como resultado del cálculo del presupuesto para el buque, en su totalidad, hemos procedido a sumar, manteniendo el modo aleatorio, todos los elementos del coste obtenidos por la aplicación repetitiva del método de simulación.

Además hemos incluido el presupuesto que hemos elaborado de los elementos del coste del Grupo 06, que hemos llamado “menos materiales del coste” y que no están incorporados al PVA, por lo que el resultado final del presupuesto incluye la totalidad de los elementos del coste, que llamaremos “PRESUPUESTO DEL BUQUE *ITSASO*”, según recogemos en la Tabla 31 y el Gráfico 27.

Tabla 31 – Presupuesto buque *ITSASO*

TOTAL BUQUE	45811	46931	47212	47276	47418	47609	47684	47759	47828	47896	47980	48232	48585	48666	48720	48864	49003	49067	49307	50649
PERCENTIL	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00



De dicha tabla y gráfico podría deducirse cuáles podrían ser los niveles de riesgo que se asumen al confirmar el precio de venta del buque.

La formulación del presupuesto de construcción del buque a través del modelo de *simulación* que hemos aplicado proporciona una *matización* elaborada de los *riesgos* que las incertidumbres derivadas de la evolución por el paso del *tiempo* y por la fijación de los supuestos *técnicos* introducen en la elaboración del presupuesto, conforme con el propósito inicial de la realización de esta tesis.

CAPÍTULO 5.
RESUMEN Y CONCLUSIONES

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En este capítulo vamos a realizar el *resumen* del contenido de esta tesis y a enunciar las principales *conclusiones* que se desprenden de la elaboración de la misma.

Tanto el desarrollo del resumen, como el enunciado de las conclusiones, lo vamos a realizar en secuencia parecida a la que hemos utilizado para la redacción de la tesis y trataremos de señalar cuáles han sido los *aspectos teóricos* más sensibles, tanto desde la ingeniería como desde la econometría, e incluso desde una visión conjunta de ambas disciplinas.

En relación con los *aspectos empíricos* del proyecto, trataremos de informar sobre las metodologías y técnicas de análisis que hemos utilizado, y sobre los soportes documentales: libro de conceptos de SENER; especificación y estructura del coste del buque ITSASO, que nos ha servido de base para la aplicación del modelo; soporte estadístico del *ine* y de las Cámaras de Comercio de las series temporales analizadas y utilizadas, etc.

Destacaremos los *aspectos aplicativos* que podrían desprenderse de esta tesis por la potencial utilización del modelo como una elaboración reflexiva válida para su *aplicación en proyectos largos y complejos*; que puede resultar también útil para *otras ingenierías*; que, respecto a la construcción naval, es válida para su aplicación, con independencia del grado de *agregación* del buque y del grado de *integración* del astillero; y que constituye una herramienta para el *control presupuestario*.

También, trataremos de delimitar algunas *perspectivas de futuro* que se podrían animar desde la inmersión ilusionada en este proyecto y que, en general, tratarán sobre una propuesta de iniciar *líneas de estudio* sobre metodologías para utilizar en la elaboración del presupuesto, crear una *aplicación informática de gestión integral*, "Enterprise Resource Planning" (ERP) del presupuesto, *revitalizar* la función del que realiza el proyecto del presupuesto, y crear la ilusión de que el contenido de la problemática del presupuesto pudiera estimular la implantación de una *especialidad académica* en la misma Escuela de Ingenieros Navales.

5.1. RESUMEN

Uno de los objetivos que hemos pretendido con la realización de esta tesis ha sido la utilización, simultanea y conjunta, de conocimientos adquiridos, tanto en un proceso *académico*, de al menos dos especialidades, como en la práctica de la *gestión* de empresas. Por esto, al lector solamente familiarizado con la ingeniería naval podrán parecerle insuficientes las referencias a la ingeniería, y tal vez, alejadas de la especialidad de la profesión, las referencias a los aspectos contables y de simulación estadística que hemos utilizado. Probablemente, al especialista en temas de economía, en control de proyectos, o al director financiero de un astillero, le surgirá un sentimiento simétrico, al verificar que el tratamiento que se ha dado, pongamos por caso, a las series temporales, se ha hecho *siempre* desde los modelos ARIMA, y que las referencias al Plan General de Contabilidad han sido insuficientes, encontrando una excesiva definición en los aspectos tradicionalmente más vinculados a la ingeniería naval.

En dualidad similar, entre la alternativa, más *teórica*, y la más ajustada al mundo empresarial, que denominaremos más *práctica*, hemos tratado de conciliar ambas visiones, dando mayor realce al planteamiento teórico, algunas veces, y dando mayor realce a algunas adaptaciones prácticas, otras veces, como una alternativa para mantener el compromiso y equidistancia entre lo que a veces son dos polos irreductibles de la práctica de la profesión de *estar* en un proyecto, en que las *soluciones perfectas* tienen un *coste imperfecto*, para el objetivo final de la empresa.

Esta apreciación encierra, desde nuestro punto de vista, la respuesta al *aprendizaje* necesario en el oficio de desarrollar *proyectos* de presupuesto en un astillero. En la experiencia profesional que hemos adquirido hemos podido constatar que las personas que trabajan sobre la elaboración del presupuesto de un buque no son siempre *competentes* en todos los dominios que se requieren. Por ello, en algunos astilleros, de los que hemos recabado información de costes y de los soportes de presupuesto que utilizan, hemos encontrado exagerados obstáculos de acceso a su información, que nosotros creemos fundamentada en el insuficiente conocimiento de sus procedimientos, y que se protegen amparándose en enunciados de *confidencialidad*, que algunas veces, en realidad, ocultan incompetencia. En alguna otra ocasión, hemos encontrado una gran *competencia técnica* en quien elaboraba el presupuesto, pero un

uso insuficiente en el manejo de técnicas de simulación, de teorización sobre los aspectos más inmateriales del coste del buque, de fluidez en el conocimiento básico de las cláusulas contractuales, etc. Finalmente, hemos obtenido amplísima información en un astillero que *conoce sus procedimientos e históricos de coste*, y que nos ha brindado acceso a la información de los procesos y costes de los buques que construyen. Nuestro agradecimiento.

El desarrollo de un modelo para la elaboración del presupuesto de construcción de un buque pretende, entre otros objetivos, crear una tradición que asigne al presupuesto un *espacio* en la ingeniería naval. Para ello hemos desarrollado un *enfoque* especial que, tomando los conocimientos de las *ciencias nodrizas*, de las que se alimenta, las combine respecto al objetivo del presupuesto, de modo que las aportaciones desde las disciplinas de origen puedan incluso ser *revitalizadas*. Un caso pertinente pudiera ser la aportación que desde la *ingeniería de proyectos* se hace al proyecto del presupuesto. En el caso de la estimación, pongamos por caso, del peso del casco de un buque, en la ingeniería de proyectos se pretende, fundamentalmente, calcular su peso, para combinarlo en la ecuación del desplazamiento del buque. Sin embargo, en la utilización que hemos hecho de la expresiones y fórmulas que utiliza la ingeniería de proyectos, nosotros sólo hemos utilizado su aplicación para *comparar* pesos, más que para calcularlos, para, basándose en la comparación, *inferir* costes, o diferencias de coste.

En el Capítulo 1 hemos formulado la base material del *soporte del presupuesto*. La realización de este soporte ha sido imprescindible para incorporar mayor *complejidad*, posteriormente, para la elaboración de un modelo para desarrollar el presupuesto de un buque. Constituye el substrato del método. El resultado que hemos obtenido de la *utilización combinada* del libro estándar de los conceptos del coste y de la aplicación del plan contable de las empresas de construcción es el *soporte contable para la elaboración del presupuesto* de un buque, y que llamaremos *matriz del coste* de un determinado buque, una vez lo hayamos cumplimentado para esa aplicación en particular. Posiblemente, nada de lo que hemos hecho después tendría sentido sin esta primera aportación del soporte del presupuesto.

En la elaboración del soporte del presupuesto hemos incorporado conocimientos desde, por lo menos, dos áreas de conocimiento:

- La ingeniería, para redactar un proceso lógico de *destripar* el buque, con criterio de presupuesto.
- La contabilidad, para clasificar los gastos y su incorporación al coste.

Desde la ingeniería, para el establecimiento de los conceptos del coste, hemos analizado muchos libros de conceptos en uso en algunos astilleros y en algunas oficinas técnicas de proyectos navales, pero nos hemos decantado por el modelo de SENER por varias razones. En primer lugar, por el reconocimiento general que existe en el sector de construcción naval de su metodología de proyecto y porque, además, hemos obtenido su colaboración generosa, con la puesta a nuestra disposición del mismo. Adicionalmente, y esto es muy importante, porque además de utilizar los conceptos pertinentes a la definición de la especificación del buque, que suele ser lo habitual, introduce la definición y alcance del *libro estándar de los conceptos del coste* que, obviamente, supera el alcance de la especificación y es más adecuado a los propósitos del presupuesto por introducir el alcance del coste de algunas las partidas más inmateriales del coste del buque. Además, hemos valorado la posibilidad de *codificación* en uno, dos, tres o cuatro dígitos, lo que por la amplitud del sistema permite una *adecuación* a las especificidades de cada astillero, dentro de un diseño de *permanencia* en el tiempo.

No obstante, hemos introducido sensibles diferencias en el alcance y contenido de las partidas de elementos del coste que constituyen la parte *más inmaterial* del coste de un buque. En el capítulo 0, que se denomina “GENERAL”, hemos incluido la relación de elementos del coste cuyo contenido económico desborda la pretensión de la especificación del buque. Las referencias clave de este capítulo son los elementos del coste cuya definición viene referenciada por lo que habitualmente se entienden como “gastos generales” y por los elementos del coste derivados del contenido del *contrato* de construcción del buque, que generalmente hacen referencia a los costes incurridos por *penalizaciones*, tanto por *demoras* en la entrega, como por incumplimiento de algunas *cláusulas técnicas* del proyecto del buque.

En el proceso de fragmentar el coste total de un buque en costes parciales de sus componentes, hemos introducido la denominación de “*elementos del coste*”, como el subconjunto en que se divide, en el libro estándar de los conceptos del coste, el alcance del buque, a efectos de elaboración del presupuesto.

El resultado de la adecuación del libro estándar de los conceptos del coste a los objetivos pretendidos de este trabajo ha dado lugar a una clasificación de todos los elementos del coste en ocho grandes *capítulos*, que posibilita la definición del presupuesto/coste del buque en ocho sumandos, en la definición de un dígito. Hemos dividido cada uno de estos ocho capítulos en aproximadamente 60 *cuentas*, para los casi 60 elementos del coste en la definición de dos dígitos, y en más de 600 cuentas, representativas, cada una de ellas, de cada uno de los elementos de coste, en la versión de cuatro dígitos.

Los ocho capítulos que componen el libro estándar de los conceptos del coste son los siguientes:

16. GENERAL
17. CASCO
18. CUBIERTA
19. HABILITACIÓN
20. MAQUINARIA
21. SERVICIOS ELÉCTRICOS
22. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO PARA LA CARGA
23. SISTEMAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA CARGA

Desde la contabilidad, hemos clasificado los gastos y establecido el proceso de incorporación de los mismos a las respectivas clasificaciones del coste, según los criterios habituales del Plan General de Contabilidad y de la práctica de la auditoría, según recogemos en el Gráfico 2 del Capítulo 1.

La utilización de esta práctica contable coincidente con los usos habituales de las normas generales de auditoría no es cuestión baladí, por cuanto permite la identificación de la valoración de la obra en curso, y del beneficio o pérdida producido por la construcción, en cualquier momento, pero especialmente coincidiendo con las fechas de cierre de ejercicio.

El resultado de la adecuación de los criterios más de la ingeniería: especificación; de la contabilidad: clasificación del gasto; y mixto, desde la contabilidad y la ingeniería: el libro estándar de los conceptos del coste, ha sido la elaboración del “soporte del presupuesto”, según queda recogido en el Anexo 1, y que contiene las

bases necesarias para la *permanencia* del mismo durante importantes períodos de tiempo, debido a que incorpora:

- Un carácter *generalista* en el contenido y una complejidad, válidos para una amplia gama de buques.
- La apertura suficiente, en el método de codificación, para poderlo *personalizar* a conveniencia de una determinada especialización de un determinado astillero.
- La amplitud suficiente para albergar, tanto el *contenido* amplio de las *especificaciones* de los buques que se construyan, como la definición, primero, y la imputación, después, de todos los *elementos del coste*, del astillero y del propio buque, objeto del presupuesto.
- El nivel de clasificaciones suficientes para constituir la base estadística del aprendizaje y posibilitar el control presupuestario.

El soporte contable para la elaboración del presupuesto de un buque debe tener voluntad de *permanencia* para realmente constituir la base del aprendizaje y la posibilidad del mantenimiento de los históricos del coste, a través de su plasmación en términos que hemos llamado *matriz del coste*.

En la Tabla 6 del Capítulo 2 recogemos el soporte del presupuesto en formato de un dígito.

En el trabajo de campo que hemos realizado en busca de información pertinente para el desarrollo de este trabajo, hemos encontrado clara evidencia del deterioro del soporte de elaboración del presupuesto. Hemos constatado la *pérdida de validez* de los soportes del presupuesto de algunos de los buques construidos en un determinado astillero en los que se puede observar la *migración* de elementos del coste, de un código a otro, lo cual invalida cualquier propósito de comparación de costes entre buques que podrían ser similares, y anula el pretendido *conocimiento* de los *históricos* del coste.

Lamentablemente, esta pérdida de información es frecuente, y supone la pérdida de la posibilidad de mejorar en la técnica de elaboración del presupuesto, pero además hemos constatado que cuando esto ha sucedido, la Dirección de la empresa no incluía el presupuesto en sus objetivos *estratégicos* de gestión.

Esta circunstancia de insuficiente valoración de la aportación que la elaboración del presupuesto de construcción del buque tiene en el resultado de la empresa nos ha animado a estudiar el presupuesto como un *proyecto*, y hemos incorporado las referencias de algunos estudiosos del tema para proponer que la elaboración del presupuesto de construcción de un buque sea considerado como un proyecto, pues implica la realización y control coordinado de muchas acciones interrelacionadas, aunque diferenciadas, y que son todas ellas finitas, es decir que tienen comienzo y fin. En este sentido, una acepción razonable de la *competencia* del presupuesto es que, entre otras atribuciones, se le asigne la misión, no solamente de *predecir* el coste de un buque, sino que pretenda *configurarlo*. Para desarrollar el alcance competencial que el desarrollo del presupuesto como un proyecto requiere, se necesita la asignación, a este propósito, de una *dotación de medios y estatus*, posiblemente superior a lo que tradicionalmente se le asigna.

En relación con los escasos recursos que los astilleros dedican a la realización del presupuesto, y al carácter *estático* que se le asigna, sería conveniente reflexionar sobre la importancia que la confección del presupuesto tiene en la estructura organizativa del astillero, pues en general no sería exagerado decir que el presupuesto se *realiza mal* y posiblemente sea la práctica de la ingeniería en que se da mayor dispersión entre los diferentes equipos técnicos que los pudieran elaborar. Podríamos decir que hay mayor consenso técnico en la elaboración del proyecto de la hélice, o cualquier elemento “técnico” de un buque, que en la realización del presupuesto de ese buque.

Conocemos no obstante, y hemos analizado, la incidencia que la situación de *mercado*, tradicionalmente a la *baja* en este sector, tiene en la errónea creencia de que el conocimiento del coste es casi un factor superfluo, por cuanto que es el mercado quien exclusivamente fija el precio. A pesar de que hemos incorporado la estadística que recoge precios y costes recientes en la contratación de 45 buques entre los astilleros más importantes del mundo, y se confirma un volumen importante de pérdidas, de modo que en un cincuenta por ciento de los 45 buques analizados, el porcentaje de pérdida supera el 15% del llamado precio normal, o precio de coste, e incluso sucede, que en determinados casos, la pérdida llega a ser el 39%, la importancia del presupuesto no se debe *descuidar* o minimizar.

Otras características definitorias del presupuesto de construcción de un buque son su complejidad y su *incertidumbre*. Una *metodología* adecuada que este contexto exige es que el tratamiento de la incertidumbre se enfoque no como la búsqueda de un valor *determinado y concreto* del presupuesto, que pretenda sintetizar en una cifra única el coste que tendrá la construcción de un buque, sino que persiga la evaluación de una magnitud en lo que podría entenderse como el *espacio numérico* en el que se piensa se situará el verdadero valor del mismo, limitando la *inexactitud* en lo que llamaremos un *intervalo de confianza*. En este contexto de complejidad e incertidumbre hemos introducido técnicas de *análisis del riesgo* y de *simulación*, habitualmente no incorporadas al proceso de elaboración del presupuesto, que acotan el valor esperado del coste del buque en un intervalo de confianza. De otro modo, el enunciado del presupuesto, como la síntesis en torno a una *cifra mágica*, constituye la única *certeza* evidente de que esa cifra no será realidad y creará, por el contrario, la falsa expectativa de un *rigor* que en realidad no existe y que podría ser utilizada por la alta dirección de la empresa como coartada válida para aceptar o rechazar ofertas sin la herramienta adecuada para el debate.

Para concluir, hemos terminado el Capítulo 1 enunciando los dos modelos de desarrollo del presupuesto de construcción de un buque que desarrollamos en los capítulos siguientes.

En el primer modelo, que hemos llamado “presupuesto, sobre buque similar, por modificación de parámetros”, hemos elaborado los criterios para proyectar el presupuesto de un buque de proyecto, cuando se conoce la matriz del coste y el proyecto técnico de un buque que hemos llamado *similar*. La aplicación más habitual consistirá en proyectar el presupuesto del buque de proyecto, B_p , cuando se *modifiquen* los parámetros técnicos principales, L, B, D, C_B , etc. del buque que llamaremos similar, B_s .

En el segundo modelo, que hemos llamado “presupuesto por desglose de las partidas constituyentes”, hemos trabajado sobre el presupuesto a elaborar con criterio de presupuesto *base cero*, realizado sobre el soporte del presupuesto que hemos diseñado, con el conocimiento de los costes del momento de la elaboración del presupuesto, y que hemos llamado **presupuesto de valor actual**, PVA. Sobre el presupuesto PVA hemos

aplicado métodos de *simulación* para corregir desviaciones ocasionadas tanto por el cambio del coste originado por el paso del *tiempo*, como por los errores *técnicos* de *cantidad* y de *productividad* cometidos en la estimación de los recursos económicos necesarios para la construcción del buque.

En el Capítulo 2 hemos desarrollado el modelo que hemos llamado “presupuesto, sobre buque similar, por modificación de parámetros”. En síntesis, pretende la elaboración del presupuesto de un buque de proyecto, B_p , y su plasmación en su matriz del presupuesto, basándonos en el conocimiento técnico y de costes del buque, que hemos llamado similar, B_s , sobre el que hemos realizado determinadas modificaciones de los parámetros técnicos, para adecuarlo a las necesidades del proyecto.

Los requerimientos básicos para la utilización de un buque similar, como soporte del cálculo del presupuesto de un nuevo buque de proyecto, serán que se cumplan determinadas *condiciones de similitud*, y que se disponga de la información de costes, la *matriz del coste* del B_s , según se ha diseñado en el soporte del presupuesto.

Tradicionalmente, las primeras aproximaciones para el cálculo del presupuesto de construcción de un buque han estado vinculadas a la búsqueda de una fórmula polinómica que compendiará la *estructura* del coste del buque en sus componentes básicos de: ingeniería, mano de obra, materiales, y cargos directos, según la terminología que hemos recogido de diversos autores. Una conclusión que podemos obtener de tales trabajos es que, si bien constituyen la base de una buena información *sectorial*, nunca deben aplicarse como modelo de presupuesto. Es más, un modelo de presupuesto debe incorporar la noción de que el objeto sobre el que pueda operar no tiene por qué ser coincidente con la definición de un buque completo, sino que debe posibilitar la formulación del alcance del presupuesto de un *buque incompleto*; de un buque, sin casco; de un casco, sin armamento; o también, el de un buque iniciado y pendiente de terminar, pues esta última hipótesis constituye la base del planteamiento del *control presupuestario*, al vincular *grado de avance* con el presupuesto de lo que falta por construir, que a veces llamaremos *artefacto*.

En relación al conocimiento de la estructura sectorial de la industria de la construcción naval hemos analizado las cuentas de explotación de nueve astilleros

durante el período 1997/2001, pero hemos descartado la información de dos de ellos por no considerarla adecuada, por determinadas circunstancias, al objeto de la investigación que pretendíamos. De los siete astilleros validados, hemos obtenido unos resultados que muestran una extraordinaria *heterogeneidad* en la estructura interna de sus costes, pero no hemos pretendido realizar un *juicio de valor* de los resultados obtenidos, pues el trasfondo de lo que estos resultados indican es una diferente *estrategia* empresarial de cada astillero en torno a su integración, complementariedad con la industria de subcontratación, etc. Para focalizar la producción que realiza cada una de esas siete empresas, hemos identificado la producción realizada por cada uno de los astilleros, en cada año, con lo que podría ser un buque, que hemos llamado *buque virtual*, y también hemos calculado la estructura del coste del que podría considerarse buque virtual representativo de la producción total de los siete astilleros durante todo el período. Los resultados obtenidos asignan unos intervalos muy amplios en la estructura del coste de los artefactos que construyen y que, a modo de ejemplo, en lo que hace referencia al coste de la *mano de obra*, pasa a ser un 26,5% del coste total, en un astillero, y representa solamente un 8,6% del coste total, en otro astillero. Una conclusión evidente que se desprende de esta apreciación es que la dispersión en la estructura del coste de los *artefactos* que esos astilleros construyen, no se debe, ni a criterios de productividad, ni a razones de especialización en un tipo de buque determinado, sino que obedece a la elección de una *estrategia de organización*, tanto en lo que afecta a la política de *subcontratación* de personal y *grado de integración* del astillero, como de definición del *alcance de la contratación*.

Sucede habitualmente que, en el debate de la *optimización* económica del proyecto de un buque, resulta a veces difícil discernir el *pretendido* ámbito exclusivo de la ingeniería del proyecto, de la también ingeniería que pretende hacer un debate sistemático de la metodología de la optimización, considerando como factores a optimizar los llamados tradicionalmente *factores técnicos* y los que podrían llamarse *factores económicos*, que muchas veces constituyen un conflicto de intereses tanto para el proyecto económico de construcción de un buque, como para el proyecto económico de su explotación posterior.

Una conclusión pertinente a este debate, en los trabajos de optimización, es la necesidad de compatibilizar ambas iniciativas y propiciar el desarme *dogmático* entre la

dualidad *análisis vs practicismo*, optando, para la selección de las mejores alternativas, por la comparación de las mismas en términos *económicos*, y de comparación de flujos dinerarios, entre los valores actuales de la inversión y sus expectativas de recuperación.

La mayoría de los métodos de optimización pretenden establecer mejoras de las condiciones económicas de explotación del buque, modificando los parámetros básicos del buque similar, B_s , y la modificación de estos parámetros afecta al coste del buque de proyecto. En general, el debate de optimización se realiza a iniciativa del armador con el propósito de mejorar las expectativas de explotación del buque, pero habitualmente suele suceder, posiblemente de acuerdo a una norma no escrita, que de estos cambios se deriva un encarecimiento del coste de construcción del buque. Por esta circunstancia es conveniente la reflexión y el estudio, por parte de quien defiende los intereses económicos del astillero, de las alteraciones de coste que se originan por las modificaciones de las características del buque.

En general, el coste de un buque, y de los equipos que lo integran, tiene una determinada relación con el peso/potencia de los mismos, de manera que los autores que han tratado de aproximar, o calcular, el coste de los elementos de un buque lo han hecho sobre la hipótesis de que *lo que pesa, cuesta*. Este planteamiento tiene, obviamente, mayor virtualidad si en la definición del buque se toma la cautela de excluir de su coste los elementos más inmateriales del mismo, como son la ingeniería y, en general, muchos de los elementos del coste del capítulo 0, GENERAL, del libro estándar de los conceptos del coste.

Por ello, hemos dedicado una parte importante de este capítulo a la identificación de algunos métodos *cuantitativos* que valieran para vincular parámetros *técnicos* del buque con aspectos del *coste*, y lo hemos enfocado desde el propósito, no de interferir en la ingeniería de proyectos, determinando el peso o la potencia de los elementos, pongamos por caso, sino en la pretensión de buscar criterios de *comparación* entre los costes del buque similar y el buque de proyecto resultante de modificar algunos parámetros del primero.

El tratamiento habitual que la mayoría de los autores han asignado en este tipo de trabajos, a la división del buque, a efectos de pesos y costes, ha sido:

- Casco
- Equipo y habilitación

- Maquinaria

y respecto a estos tres macroelementos del coste, se ha subdividido el mismo en:

- Coste de mano de obra
- Coste de materiales

Debido a la importancia que tiene el CASCO en el coste de un buque, la mayoría de los trabajos analizados centran en el estudio del *peso* del casco su principal interés, al ser el peso del mismo el elemento clave para determinarlo.

Hemos analizado los trabajos de muchos autores, y en todos hemos encontrado referencias del peso de acero, vinculadas a una relación directa con los parámetros técnicos del buque, o con una combinación de estos parámetros. Los parámetros técnicos utilizados han sido siempre: L , B , D , H , y C_b , y las fórmulas de cálculo incorporan, además, unos determinados coeficientes de exclusiva aplicación para cada buque, en función de su tamaño y tipo de buque. Excepcionalmente utilizan también otros derivados de los parámetros técnicos, como el volumen bajo cubierta, ∇_u , un coeficiente volumétrico de peso, $C_1[t/m^3]$, etc.

Una evidencia que hemos podido extraer de estos trabajos es que existe una amplia representación de autores interesados en el cálculo del peso de acero del casco de un buque, y que la mayoría hacen de esto un *objetivo finalista*, no señalando excesivo interés en la aplicación de sus investigaciones al campo de la comparación de pesos/costes entre B_s y B_p , si bien esta comparación resulta una deducción lógica. De hecho, para el proyecto del presupuesto de construcción de un buque, la mayor utilidad de las expresiones de coste que obtienen está, no en el objetivo de determinar el coste del buque o de alguno de sus elementos característicos, sino en la posibilidad de *inferir*, por comparación, el coste en B_p , conocido el coste en B_s .

Sucede, además, que la *fiabilidad* de las expresiones que obtienen aumenta cuando se utilizan para comparar pesos entre buques similares, más que para calcularlos, directamente, como una fase del proyecto técnico. Esta mejora en la fiabilidad se basa en el hecho de que los complejos coeficientes que aparecen en las formulaciones son de difícil *actualización* para un determinado astillero, mientras que

para el supuesto de la comparación entre buques similares, estos coeficientes, por suponerlos iguales en ambos buques, se eliminan.

Otro supuesto de estudio es la estimación de la mano de obra necesaria. En general, las expresiones utilizadas confirman la existencia de una relación exponencial entre el número de horas-persona necesarias y el peso, o alguna otra característica técnica del buque.

Utilizaremos, como referencia, una de las más difundidas formulaciones para el cálculo de las horas-persona necesarias para la construcción del caso de un buque, según la siguiente expresión de Carreyete:

$$H = \frac{KW_s^{2/3}L^{1/3}}{C_b}$$

Esta expresión, y lo que sigue es válido para la mayoría de las formulaciones que este tipo de estudios obtiene, sugiere algunos comentarios de interés.

En primer lugar muestra la incidencia que, para la validez del cálculo que quisiéramos realizar, tiene el valor del coeficiente K , y la constatación de que este coeficiente se elimina cuando se trata de establecer una comparación.

El resultado de la comparación entre horas-persona, entre B_p y B_s , en aplicación de la expresión anterior, sería:

$$H_p = H_s \left(\frac{W_{sp}}{W_{ss}} \right)^{2/3} \left(\frac{L_p}{L_s} \right)^{1/3} \frac{C_{bs}}{C_{bp}}$$

donde se aprecia la eliminación del coeficiente K , cuya determinación y conocimiento sostenido en el tiempo es muy difícil, y que hemos supuesto constante para la comparación entre ambos buques.

En segundo lugar, propicia la constatación de que en casi todas las formulaciones de cálculo de costes vinculadas a pesos, potencias u otros parámetros técnicos del buque, los exponentes son siempre *menores* que la unidad. Esta circunstancia es significativa, pues confirma una *evolución* de los costes que decrece, en

términos unitarios, con el tamaño creciente de los buques o de sus elementos, y porque, además, amortigua el posible error inducido en el coste por el previo error en los procedimientos de estimación de pesos, potencias, u horas-persona, necesarias para el cálculo del coste.

El objetivo final del planteamiento de la búsqueda de formulaciones válidas para determinar mediante algoritmos el coste de construcción de un buque en las seis grandes masas de: casco, equipo y habilitación, y maquinaria, subdividido a su vez en coste de mano de obra y coste de materiales, es lo que se ha convenido en llamar la *ecuación del coste total del buque* según la siguiente expresión:

$$C_s = A \frac{W_s^{2/3} L^{1/3}}{C_b} + BW_s + CW_{0^{2/3}} + DW_{0^{0,95}} + EP^{0,82} + FP^{0,82}$$

Este procedimiento, tan abreviado para la estimación del coste de un buque, resulta, en la práctica, muy poco fiable, debido, entre otras muchas razones, a la dificultad de conocer y mantener actualizados los diferentes coeficientes de la fórmula, distintos, además, para cada astillero, tipo de buque y período. No obstante, con el alcance de muchas limitaciones, su utilización, para la comparación rápida de costes entre B_p y B_s , cuando se conocen los proyectos de ambos buques y la matriz del coste del buque similar, puede ser de relativa utilidad.

Adicionalmente, en ese tipo de estudios se incorporan formas abreviadas que plantean el cálculo del coste de algunos elementos característicos del buque, vinculando su coste con algún parámetro técnico de ese elemento. Hemos realizado las aplicaciones sobre los costes, o incrementos de coste, por la sustitución de una línea de ejes con hélice de paso fijo por una de paso regulable; por la instalación de hélices transversales; por la incorporación de estabilizadores, etc.

En relación a la incidencia que tiene en el coste de construcción de un buque la modificación de sus parámetros técnicos principales, L , B , D , C_b , y otros, hemos utilizado el muy importante trabajo realizado por Fisher, que tiene un alcance general válido para una amplia gama de buques, en función de la especialidad, tamaño, y de acuerdo también a determinadas relaciones, $L/B, L/T$, y que, además, hace un

estudio comparativo entre dos buques concretos: Un mineralero de 148.000 TPM, y un petrolero de 253.000 TPM, con distintos sistemas de propulsión. El estudio se centra en determinar la incidencia en los incrementos del coste y peso del buque, y/o sus elementos principales, casco, maquinaria y armamento, cuando se incrementan en 1 % los parámetros básicos de eslora, manga, puntal, coeficiente de bloque y velocidad de servicio. El trabajo se basa en un exhaustivo conocimiento del proyecto y de la estructura de costes de los buques base, y toda la aplicación es únicamente válida para pequeñas modificaciones de esos buques modelos.

El planteamiento teórico que sustenta este trabajo se realiza desde la premisa de la evolución *continua* de los costes, con las características básicas del proyecto, y excluye, por lo tanto, las referencias de *discontinuidad* en los buques que nosotros hemos llamado *paragraph*.

Con la misma nomenclatura a la utilizada por Fisher, el valor de la variación de F , entendido como el coste, el peso, o una función básica del proyecto, puede ser estimado por la siguiente expresión:

$$F_2 \approx F_1 + (P_2 - P_1) \frac{\partial(F)}{\partial(P)}$$

donde P es uno de los parámetros básicos del proyecto.

La incidencia en el peso del buque en rosca que se originaría al modificar en el proyecto básico L , B , D , y C_B , sería:

$$W_L \approx W'_L + aL \frac{\partial(W_L)}{\partial(L)} + bB \frac{\partial(W_L)}{\partial(B)} + cD \frac{\partial(W_L)}{\partial(D)} + dC_B \frac{\partial(W_L)}{\partial(C_B)}$$

donde los coeficientes a , b , c , d , representan los porcentajes de variación de cada parámetro básico.

Cabe destacar que al margen de la necesidad de adecuar los coeficientes a las prácticas de construcción actualizadas, la validez de este trabajo, y de otros trabajos similares, por su metodología, y por cuanto que se basan en los fundamentos generales

de la *física* y la *resistencia de materiales*, se mantienen vigentes durante largos períodos.

De hecho, el trabajo de Fisher demuestra y cuantifica los principales y más básicos supuestos del conocimiento de costes, desde la ingeniería, al confirmar que la eslora es la dimensión más cara del buque, y que el puntal resulta la más barata, obviamente considerando, solamente, criterios de construcción y no de explotación, y dentro de unos límites razonables.

Finalmente, hemos incluido en el Capítulo 2 unas referencias a la economía de costes que supone la *repetición* de buques. Hemos analizado los trabajos de distintos autores, y algunas experiencias profesionales, y hemos constatado que las economías reales que se producen en el sector de construcción naval no alcanzan los niveles que podrían considerarse posibles en otras especialidades industriales. No obstante creemos que la especialización y la repetición de buques iguales es una de las alternativas estratégicas de las empresas de construcción naval, aunque éste sea un tema muy manido.

En general, todos los estudios de ahorro generado por la repetición introducen la definición de lo que se llama la tasa de la *curva de aprendizaje*, y en general, también, suponen que se da el mismo ahorro en la mano de obra cada vez que se *duplica* la producción del número de unidades. La evidencia demuestra, no obstante, que el efecto beneficioso de la repetición se *agota* antes de lo que el planteamiento teórico presupone, y una parte importante de esta apreciación se basa en la circunstancia real del casi *imposible* mantenimiento del buque sin modificar, según la información concreta de un caso de construcción de 40 unidades de pesqueros de arrastre. El astillero constructor manifiesta que la influencia beneficiosa de la repetición prácticamente *cesó* a partir de la construcción del *décimo* barco.

Una reflexión que completa el planteamiento realizado a lo largo del Capítulo 1 de esta tesis reaparece cuando se plantea la posibilidad real de asignar criterios de reparto de gastos que no son repetitivos por la repetición de buques. El conocimiento de la matriz del coste de la primera o primeras unidades y el mantenimiento del soporte estándar del presupuesto serán los elementos clave para el conocimiento y configuración de los objetivos del presupuesto de los buques repetidos.

En el Capítulo 3 hemos desarrollado el modelo, que hemos llamado “presupuesto por desglose de las partidas constituyentes” y hemos trabajado sobre el presupuesto a elaborar con criterio de presupuesto *base cero*, realizado con el conocimiento de los costes actuales del momento de la elaboración y que hemos llamado presupuesto de *valor actual*, PVA, que hemos realizado sobre el soporte del presupuesto que hemos diseñado.

Hemos encuadrado el tratamiento de tantas incertidumbres como afectan al presupuesto de construcción de un buque, dentro de un contexto metodológico que hemos definido como de *decisiones inteligentes*. En este contexto hemos tratado de definir algunas de las premisas para la toma de *buenas decisiones*, ante la imposibilidad de tomar decisiones de costes futuros de los elementos del coste con *datos exactos*.

Hemos aplicado el tratamiento de la *incertidumbre* tanto a la ocasionada por el *paso del tiempo*, como a la ocasionada por las desviaciones originadas por el comportamiento de lo que hemos llamado *desviaciones técnicas* de los componentes de los elementos del coste. Para ello hemos realizado el cálculo del estadístico que mejor pudiera aproximar el comportamiento de algunas desviaciones técnicas como podrían ser, entre otras, las apreciaciones en *cantidad* de la utilización de las *horas-persona* y de los *materiales* presupuestados en función de los conocimientos que los departamentos de producción y de ingeniería de proyectos utilizan.

El procedimiento que hemos utilizado para tratar la incertidumbre se basa en el propósito de establecer intervalos de confianza para gestionar la inexactitud, a través del método del *análisis del riesgo* de Hertz, que combina la teoría de la *decisión* junto a la técnica de *simulación*. En síntesis, dicho método consiste en fijar el campo de variabilidad de cada una de las variables y elementos del coste y simular la combinación de las *series de azar* de todas las variables o elementos del coste, según un procedimiento *aleatorio* y *repetitivo* que pretenda reproducir los *estados de naturaleza* posibles.

La secuencia del proceso de simulación está caracterizada por el esquema siguiente:

6. Definir las diferentes variables y elementos que configuran el coste del buque.

7. Aproximar, para cada una de estas variables y elementos, el intervalo de confianza y la previsión estimada de sus respectivas funciones de densidad o probabilidad, y de distribución.
8. Generar series de números al azar para aplicar a cada variable y elemento del coste.
9. Calcular los acumulados de coste para las distintas series de azar.
10. Elaborar y representar la función de densidad y la función de distribución del coste.

De acuerdo con este esquema, el gráfico que representa el procedimiento de simulación es el Gráfico 7 del Capítulo 3.

Debe entenderse que la remisión a estas series de azar no tiene el objetivo de introducir una mayor dispersión o incertidumbre a los intervalos de confianza establecidos para cada una de las variables, sino que lo que simulan es la *repetición*, hasta el límite que sea necesario, de los diferentes estados de naturaleza posibles, siempre dentro de los límites y de los requerimientos que la función de densidad, que para cada elemento de coste se ha definido, establece. Resulta evidente que la componente de la incertidumbre del numeral que el procedimiento aplica a cada variable o elemento del coste está predeterminada en la propia decisión de asignar a cada variable o elemento del coste el estadístico que lo represente respecto a su evolución futura, y no en la repetición metodológica de los distintos presupuestos que se realizan por este procedimiento, lo cual no hace sino *disminuir* el error, o *aumentar* la fiabilidad del intervalo, cuantas más veces se repita la simulación .

Para combinar el desarrollo metodológico de este modelo, tanto en el Capítulo 3, como en el Capítulo 4, nos hemos apoyado en una aplicación real sobre un buque recientemente construido, que hemos denominado *ITSASO* del que hemos obtenido su presupuesto de valor actual, PVA, en función del conocimiento de su estructura del coste y del proyecto, facilitados por el astillero constructor.

La tarea de adecuación de la estructura del coste de este buque, cuya especificación originaria (Anexo 2) no coincide con la que nosotros hemos utilizado como especificación estándar, ha sido *laboriosa*. De hecho ha sido necesario traducir al soporte estándar del presupuesto toda la información que disponíamos del buque, para

poder desarrollar, en nuestro soporte, toda la aplicación del presupuesto por desglose de las partidas constituyentes.

En la Tabla 16 del Capítulo 3 recogemos la matriz de coste, PVA, del buque *ITSASO* en formato de un dígito, si bien la aplicación real la hemos desarrollado en soporte de dos dígitos.

Se puede apreciar en esta tabla que el valor VPA de este buque es de 40.550 miles de euros, pero esta cifra incorpora determinadas alteraciones que hemos practicado para ocultar el definitivo resultado económico que pudiera atribuirse a la construcción de dicho buque. Además, en esta cifra no se han incluido algunos de los elementos de coste del capítulo 0, GENERAL.

Efectivamente hemos excluido de este VPA el coste de los elementos del coste del grupo 06 que hacen referencia al coste de las penalizaciones por incumplimiento de algunas condiciones del contrato y al coste de la garantía técnica. Tampoco hemos introducido en el PVA el presupuesto de los costes financieros derivados de la construcción del buque.

Para la aplicación del modelo hemos asignado a estos elementos del coste un tratamiento diferenciado como más adelante veremos.

Tanto en el desarrollo teórico como en la aplicación del *ITSASO*, hemos procedido a desarrollar la *información básica* que determinará los diferentes factores que constituyen el coste de un buque. La estructura del presupuesto de construcción de un buque vendrá principalmente soportada por los documentos y procedimientos siguientes:

- Especificación estándar
- Contrato estándar
- Concepción constructiva del buque

De la **especificación estándar** hemos hecho referencia en el Capítulo 1, y le hemos asignado la importancia que merece porque constituye el soporte más importante de la determinación del coste del buque.

El contrato estándar lo hemos definido, en similitud con lo realizado para la especificación, como aquel contrato que es asumido por el astillero como *modelo único* para la elaboración del presupuesto. Por lo tanto, será necesario *traducirlo*, no en cuanto al contenido literario del mismo, sino en cuanto a su alcance *técnico-económico*.

En general, el contrato de construcción de un buque incorpora al coste del mismo el alcance, y a veces la definición, de muchos elementos del coste. Por ello es muy conveniente profundizar en el conocimiento de la estructura interna del contrato de construcción naval, y constituye una práctica habitual la utilización de determinados contratos-tipo que han sabido acreditar en el tiempo un comportamiento satisfactorio. Hemos incorporado la relación de los que pudieran ser más importantes.

Una circunstancia que define la importancia excepcional que tiene el contrato, y su complejidad, es la que se deriva de la intervención directa o comprometida posteriormente de un gran número de agentes que participan en el negocio marítimo que se desarrolla durante la construcción del buque y su explotación. Como muestra de la complejidad y número de los sujetos que pueden intervenir en la ejecución de un contrato hemos recogido, de un caso *real y reciente*, las figuras de los agentes siguientes:

- El armador: The owner
- El constructor: The builder
- El fletador: The charterer
- El banco financiador: The lender bank
- El asegurador: The issuer
- El banco depositario: The deposit bank.

Todos estos agentes suscriben una tupida malla de relaciones vinculadas que pueden dar lugar a las siguientes relaciones contractuales habituales:

- Contrato Marco: Master Agreement
- Contrato de Construcción: Shipbuilding Contract
- Contrato de Arrendamiento a Casco Desnudo: Bareboat Charter
- Contrato de Financiación: Financing Agreement
- Contrato de Préstamo a Plazo: Loan Agreement
- Contrato de Línea de Crédito: Term Facility Agreement
- Contrato de Depósito: Deposit Agreement and Deed of Charge, y
- Contrato de Asociación: Partnership Agreement

Ante semejante complejidad, no debe suponer extrañeza que muchas de las cláusulas otorgadas por el Astillero al Armador terminen *cedidas* a otros agentes que intervienen en el negocio, de modo que la eventual reclamación de daños o perjuicios,

muchas veces vinculados a las penalizaciones, acordados entre astillero y armador, puede ser cedida a terceros, y por lo tanto reclamada por terceras personas, con criterios estrictamente jurídicos, que podrían sorprender la buena fe del astillero en el desarrollo de las *conversaciones* mantenidas con el armador.

En el desarrollo teórico de algunas de las cláusulas que, teniendo su origen en el articulado del contrato, inciden en el coste del buque, hemos agrupado las mismas del modo siguiente:

- Costes debidos a demoras en la entrega y otras penalizaciones:
 - Demoras en la entrega (0630)
 - Penalización por incumplimiento de velocidad (0641)
 - Penalización por incumplimiento de peso muerto (0642)
 - Penalización por incumplimiento de capacidad de bodega o tanques (0643)
 - Penalización por incumplimiento de consumos (0644)
- Costes posteriores a la entrega:
 - Garantía técnica (0650)

donde la cifra recogida entre paréntesis representa el código de la cuenta del libro estándar de los conceptos del coste, en 4 dígitos.

Además del interés en la *teorización* en torno al coste importante de estos elementos del coste, hemos procedido en este capítulo a asignar *intervalos de confianza* para tratar de acotar los intervalos de incertidumbres en que estas variables aleatorias se moverán.

Para todos estos elementos del coste cuyo comportamiento se asimila al de una variable *aleatoria*, hemos establecido un procedimiento para asimilar la incertidumbre al comportamiento de una distribución normal.

Para estos seis elementos del coste que de manera particular están definidos en el contrato hemos establecido unas hipótesis de estimación de los intervalos razonables; de los importes unitarios de las penalizaciones, muchas veces referidas como porcentaje del precio de venta, PV; y de los niveles de confianza que se podría asignar a cada elemento del coste, según recogemos en la Tabla 17 del Capítulo 3.

Asimilando el comportamiento a la distribución normal *estándar* hemos obtenido también la Tabla 18 que recoge la función de densidad de estos seis elementos del coste, en función de las hipótesis que hemos previsto.

El coste que se podría derivar de la aplicación de estos supuestos lo hemos realizado en el Capítulo 4, para el *ITSASO* (hemos excluido el relativo a capacidad de bodegas y tanques), pero aquí conviene recordar la preocupación que debería existir por el montante de estos conceptos que, en el fondo, son el exponente de una parte importante del coste de las *ineficacias* de un astillero.

De entre las penalizaciones estudiadas, queremos hacer una mención especial a la que hemos llamado penalización por demoras en la *entrega*. La cuantificación de la misma la hemos realizado con los datos del trabajo realizado por Polo & Fernández respecto a las demoras reales en la entrega de 152 barcos construidos en España durante los años 1.997, 1.998 y 1.999. Hemos deducido que en los 14 astilleros estudiados, el retraso medio observado fue del 20,6% del plazo medio de entrega, con lo que esto puede suponer de incremento de costes, debido a las causas directas e indirectas. El estadístico que hemos obtenido del estudio de las demoras en la entrega de esos 152 buques lo hemos utilizado como soporte estadístico en la previsión del intervalo de demoras esperadas en la construcción de un buque, y lo hemos aplicado al buque *ITSASO*.

Al hacer referencia a la **concepción constructiva del buque**, hemos querido identificar la incidencia que la *organización* del astillero, en torno a un sistema u otro de construcción, tiene en la *productividad* del mismo. En el debate de cuáles debieran ser las prácticas a realizar por los astilleros *World-Class*, Lamb establece el interés en las siguientes prioridades:

- Metodología de Gestión: “Zone Construction”, y
- Técnicas de Armamento Avanzado: “Advanced Outfitting”.

De hecho, en el desafío por hacer más competitivos los astilleros, la implantación de los principios básicos del “lean shipbuilding” podría mejorar las productividades de manera que los tiempos de fabricación de los buques se podría acortar casi a la *mitad*, según Lamb.

Pero una cuestión que nos ha parecido importante destacar es la relación que determinados autores han formulado para tratar de identificar la productividad de la

construcción naval en términos de identificación de la misma, no con las características del buque, sino con los niveles, que hemos llamado más del *balance* y de la *organización* de los astilleros. Este es el sentido de alguna de las expresiones de productividad formulada en los términos siguientes:

$$MH/CGT=111 TE^{0'27} BPL^{-3'0} PR^{0'6} DP^{0'4} VI^{-0'66} ST^{-0'08}$$

donde:

TE: Número total de empleados en el astillero

PR: Producción/Total de empleados.

DP: Efecto del objetivo dual.

VI: Integración vertical.

ST: Número de buques entregados al año,

y donde BPL, el “best practices level”, es un indicador de la tecnología que utiliza el astillero según se evalúa en un estudio de *auditoría tecnológica*.

Otro de los propósitos que hemos perseguido en este mismo capítulo ha sido la **agrupación por familias** de los elementos del coste, pretendiendo encontrar en los mismos, en realidad, en los desgloses de cada elemento del coste en sus seis clasificaciones del gasto, agrupados en torno a una de las familias, pautas de comportamiento similares en cuanto a la *evolución* de sus costes con el *tiempo*.

Hemos seleccionado 21 variables que han constituido cabecera de otras tantas agrupaciones de familias por considerarlas representativas de la estructura del coste de un buque y, además, porque hemos encontrado larga y fiable información de la evolución de sus costes históricos en publicaciones del *ine* y de las Cámaras de Comercio, entre otras fuentes.

Del conocimiento de los históricos del coste de las 21 variables estudiadas se plantea el interesante debate de su *idoneidad* para proyectar conocimiento de su *previsible* evolución a futuro. En realidad este debate encierra la noción de si se puede asumir como *paradigma* de las ciencias económicas y/o sociales la creencia de que el (¿único?) soporte de *conocimiento del futuro* está en el *conocimiento de lo histórico*.

Sin ahondar demasiado en este debate, somos de la opinión, aunque con muchas matizaciones, de que la mayor *certeza* que podemos obtener del *previsible* comportamiento de los costes de muchos elementos de coste viene *informada* por sus comportamientos anteriores.

Ésta es la premisa fundamental para estudiar el comportamiento de las **series temporales** que hemos seleccionado. Sin enunciarlas todas, hemos pretendido que fueran el reflejo de la incidencia que algunos materiales (acero, equipos de maquinaria y material eléctrico, etc.) y la mano de obra (coste salarial en metalurgia, en la industria de la construcción de maquinaria y equipo mecánico, etc.) tienen en la estructura del coste del buque.

Una *metodología* adecuada para el estudio de las series temporales es la denominada como “modelos ARIMA” que analiza la parte *autorregresiva* (**AR**), la parte de *medias móviles* (“moving average”, **MA**) y el *grado de integración* de la serie (**I**). La aplicación sobre las 21 series se ha realizado utilizando el *programa R* de *software libre*, y el esquema secuencial del estudio de una serie temporal junto a algunas de las características necesarias se basa en:

- Debe tener un patrón de comportamiento *estocástico* a lo largo del tiempo.
- Se trata de la aplicación de un modelo econométrico de *regresión* en el que la variable dependiente, la serie original, es *explicada* por la variable *tiempo*.
- Se requiere transformar la serie en *estacionaria*: Esto significa que los momentos de primer orden (media) y de segundo orden (varianza y covarianzas) son invariantes en el tiempo.
- Prácticamente, cualquier serie económica se puede *transformar* en *estacionaria*, tomando *diferencias* a la serie original. El término *-I-* es el orden de integración que recoge, precisamente, esta circunstancia, indicando el número de diferencias que se han de tomar para convertir la serie en estacionaria.

El *objetivo final* del estudio de las series temporales consiste en realizar la *estimación y predicción* del comportamiento de la serie en el *futuro*. El modo en que hemos realizado la predicción del comportamiento de las series se basa en definir, a partir de la fecha en la que se *acaba* el conocimiento histórico de la serie, la estimación

de la evolución de su media y de su desviación típica, la cual, evidentemente, irá aumentando conforme pasa el tiempo.

Hemos realizado, como aplicación de la serie IPIBE (índice de precios industriales para bienes de equipo), la representación gráfica de su previsible evolución, según recogemos en el Gráfico 17 del Capítulo 3.

De manera similar hemos obtenido la predicción de las 21 series estudiadas, pero en la aplicación real que hemos hecho de las mismas sobre el ITSASO, en el Capítulo 4, solamente hemos utilizado 10 de las familias analizadas a través de este procedimiento.

Los resultados de la predicción de las 10 series utilizadas los hemos recogido en la Tablas 26 A y B de ese capítulo y son parte de las 21 series recogidas en las Tablas 21A a 21E del Capítulo 3.

También hemos dedicado una atención especial, en este capítulo, al estudio de los *gastos financieros* originados por la construcción de un buque. Hemos aplicado prácticamente la misma metodología que la utilizada para las series temporales, pero más adaptada a lo que es la práctica habitual en las entidades financieras (Programa Monte-Carlo). El cálculo de la tasa de interés que hemos aplicado ha consistido en la elevación del coste con un margen de intermediación del 2%, sobre las predicciones que hemos realizado para cada período, del coste del EURIBOR a tres meses.

Un *estimador* de aproximación del EURIBOR a tres meses, utilizado actualmente en el departamento de tesorería de alguna Entidad Financiera, al objeto de asignar intervalo para la *volatilidad histórica*, para plazos trimestrales, es el 10%, por lo que, a efectos de simplificar el cálculo, *podría considerarse la volatilidad histórica como el mejor estimador de la volatilidad anual futura*.

Para calcular la *horquilla* de tipos en la que puede oscilar cada uno de los implícitos trimestrales, incorporamos la tabla elaborada por una entidad financiera que ha generado, a través del programa “Monte-Carlo”, 5000 escenarios para cada trimestre, tomando como *media* el mismo tipo implícito y como volatilidad implícita la volatilidad histórica del 10%.

De cada uno de los histogramas resultantes se han desechado las colas, que suponen percentiles del 5% y del 95%, respectivamente.

El resultado es la Tabla 24 y el Gráfico 20 del Capítulo 3.

La línea central del Gráfico 20 representa el valor medio esperado del tipo de interés, y las líneas superior e inferior delimitan el ahorquillamiento esperado de este valor. Puede apreciarse que conforme transcurre el tiempo la amplitud del intervalo es mayor, como racionalmente se puede suponer, al aumentar la incertidumbre conforme pasa el tiempo.

La masa dineraria sobre la que hemos aplicado el tipo de interés así definido la hemos tomado de la evolución del acumulado mensual de los recursos involucrados en la construcción, que hemos obtenido de lo que hemos llamado “evolución de la estructura del coste” (Gráfico 23 del Capítulo 4).

Para la estimación de las desviaciones de los parámetros *técnicos* del coste, fundamentalmente las desviaciones en las estimaciones del *peso/potencia* de los materiales y equipos, y del número de *horas-persona* necesarias para la construcción, hemos procedido a acotar lo que hemos considerado intervalos razonables de error y a establecer los niveles de confianza que, en función del perfil de *riesgo*, cada empresa desee asumir.

El resultado de la estimación de las desviaciones que hemos introducido en la aplicación del *ITSASO* ha sido la que se deriva de su identificación con las siguientes distribuciones normales, según lo hemos calculado previamente:

- Número de horas-persona: $N(\mu, 0,0485\mu)$
- Estimación de pesos y potencias: $N(\mu, 0,0486\mu)$
- Estimación de otros gastos: $N(\mu, 0,0347\mu)$

Otro aspecto que hemos cuidado en la elaboración de este capítulo ha consistido en la adecuación del modelo para su eventual utilización como soporte de aplicaciones para la realización del presupuesto de *artefactos* que no se identificaran con un buque completo. Una de estas aplicaciones lógicas es la elaboración del presupuesto de la *parte* de buque que queda pendiente de realizar hasta su entrega y hasta el cumplimiento de todas las obligaciones contractuales. Este objetivo define el cometido del **control presupuestario**.

Las dificultades en el conocimiento del *grado de avance* de un buque, “en función de un porcentaje de los ingresos totales fijados en el contrato, porcentaje que se establece por la relación entre los costes incurridos hasta la fecha y los costes totales previstos para la realización del contrato”, se centran principalmente en determinar, en

primer lugar, el presupuesto de lo que *falta* por hacer para terminar el buque y, en segundo lugar, en utilizar de manera correcta los criterios de *imputación* del coste a la obra en curso.

La determinación del *valor de la obra ejecutada* debe realizarse de acuerdo a las directrices del Plan General de Contabilidad y, más en concreto, de las Normas de Adaptación a las Empresas Constructoras y, también, a las directrices del Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas.

En estrecha relación con el cometido de la realización del control presupuestario hemos incorporado dos reflexiones que queremos destacar.

Una se refiere a la *sinceridad* necesaria para contabilizar de manera correcta la obra en curso. Sabemos la incidencia económica que se produce en las cuentas de cierre de ejercicio de un astillero al realizar la formulación del grado de avance utilizando determinadas acepciones tentadoras que podría suministrar la ingeniería financiera, o el maquillaje de cuentas.

En segundo y último lugar, hemos pretendido impulsar la idea de que el *conocimiento* necesario para la formulación del grado de avance de un buque *existe* en la empresa. Otra cuestión diferente consiste en la *identificación* de los elementos de la estructura organizativa de la misma que son los *depositarios* de este conocimiento. En general, convendrá suponer que el conocimiento de la empresa en este dominio no guarda una estructura *jerárquica*. Un error frecuente en la determinación del grado de avance de una construcción es que la cadena jerárquica que solicita la información *condiciona* muchas veces la respuesta, creándose frecuentes complicidades al no querer anticipar unos resultados no satisfactorios, hasta que la evidencia los haga imposibles de ocultar.

En el Capítulo 4 hemos desarrollado la aplicación del modelo sobre el buque *ITSASO* y, a los efectos de ubicar la evolución de los costes en el *tiempo*, hemos considerado como fecha de elaboración del presupuesto de esta aplicación, NOVIEMBRE de 2002.

Para realizar esta aplicación hemos seguido los pasos recogidos en el Gráfico 25 del Capítulo 4, de acuerdo al esquema siguiente:

7. Definir el presupuesto, que llamaremos “presupuesto de valor actual”, PVA, por considerar que las valoraciones introducidas corresponden a la situación

del “conocimiento *actual*”, del momento en que se elabora el presupuesto, según el método que hemos llamado de “adición de los elementos constituyentes”, desarrollado en el Capítulo 3.

8. Establecer, para cada elemento del coste, una identificación del *momento* en el que se incorporará al coste del buque.
9. Asignar a cada elemento del coste su adscripción a una de las series temporales analizadas, y que llamaremos *familia*, cuya evolución de costes, a futuro, le sea más representativa, en función de su mayor identificación con alguna de las incorporadas en las 21 series temporales analizadas.
10. Establecer los intervalos de confianza para los supuestos *técnicos* del proyecto del buque y de *productividad* del astillero.
11. Crear el soporte informático de manera que, por asignación de series de números de azar, se puedan obtener cuantas combinaciones de presupuesto sean necesarias para determinar la *función de distribución*, esperada, del presupuesto del buque, o de sus componentes principales.
12. Representar las funciones de distribución de los elementos del coste y del coste del buque total.

Un elemento clave en la aplicación del modelo consiste en la elaboración de las tablas (T+F), Anexo 4, en las cuales incorporamos el conocimiento de *cuándo* se incorporan al coste los elementos del coste y a qué *familia* del coste conviene adscribir estos costes. Hemos realizado esta aplicación y, además, hemos ejecutado una serie dinámica, Anexo 5, que nos ha permitido extraer mucha información de la *estructura* del coste del buque, por familias del coste y por agrupaciones del tipo del gasto, y conocer, además, la *evolución* del coste durante el tiempo de construcción.

En el proceso de identificación de los estadísticos que mejor pudieran representar el comportamiento de las variables que hemos llamado técnicas, hemos utilizado un *criterio* que posiblemente pueda ser clasificado como de *riesgo* medio-alto, al asignar intervalos posiblemente *estrechos* en las bandas de incertidumbre que hemos aplicado para los intervalos del número de horas-persona y de las desviaciones del cálculo técnico de pesos/potencias. Las funciones de probabilidad que hemos utilizado en la aplicación han sido:

- Para la predicción del comportamiento de la productividad: $N(\mu; 0,0485\mu)$

- Para la predicción de los desvíos en cantidad: $N(\mu; 0,0486\mu)$
- Para la determinación del margen de seguridad del resto de los gastos: $N(\mu; 0,0347\mu)$

Conviene hacer notar que aunque los valores de las desviaciones típicas tienen en los tres casos valoraciones relativamente *próximas*, la *génesis* del planteamiento, para cada una de ellas, ha sido *diferente*.

En el proceso de selección de las variables que luego hemos utilizado como cabecera de las familias de adscripción de los diferentes elementos del coste hemos utilizado las series históricas del *ine*, en muchos casos, y también otras fuentes.

Conviene matizar que para la empresa que *aprende*, y que va acumulando experiencias en el manejo del conocimiento de cómo evolucionan algunas de estas variables, la utilización de sus *propias series temporales* podría resultar más ajustado a la realidad. Un caso oportuno podría ser la elaboración *propia* de los costes de la *mano de obra* del personal del astillero. Para este supuesto, es razonable suponer que la predicción que hubiéramos obtenido de aplicar la serie elaborada por la empresa, con sus propios datos históricos, sería más ajustada a la realidad, pues conceptualmente recogería la evolución siempre *creciente* de la media del coste, caso que no lo hace la variable CSTMICMEM que hemos utilizado, por serle de aplicación características de estacionalidad y coyuntura generales del sector, pero ajenas a la empresa. No obstante, con la *elección* de las series que hemos utilizado hemos pretendido una aproximación a las fuentes *metodológicas* más habituales. También hemos realizado la aplicación sobre aquellos elementos del coste del Grupo 06, no incorporados al PVA, y cuyo contenido hemos considerado más directamente vinculados a las definiciones del *contrato* de construcción del buque y a los *gastos financieros*.

En la elaboración del **soporte del método para la simulación** hemos tenido un especial interés en mantener el *contacto visual* con el mismo, explicitando muchas de las fases de la elaboración que un tratamiento estrictamente *informático* podría eludir.

El soporte está diseñado como una aplicación personalizada para cada elemento del coste, de manera que como filas utiliza la clasificación que hemos realizado en los soportes (T+F), lo que supone que se ha fraccionado cada grupo de gasto de cada elemento del coste en $9 \times 6 = 54$ partidas, correspondientes a cada una de las 9 divisiones que para cada uno de los 6 grupos del gasto hemos realizado.

El encabezamiento horizontal del soporte de la simulación, para cada uno de los conceptos del coste, incluye (ver Tabla 29 del Capítulo 4) 71 columnas para albergar, fundamentalmente, tanto a las series de azar como a los resultados, en dos series, tras aplicar tanto el estadístico elaborado para la adecuación del coste en función de la evolución de la familia de adscripción, como al aplicar las hipótesis de los intervalos técnicos.

Para el manejo de tan compleja información, vinculando los archivos con la información personalizada de cada elemento del coste y soportada en la tabla dinámica de más de 2.000 líneas, hemos realizado el programa de la aplicación con las limitaciones (aunque tiene la gran ventaja de su fácil difusión) de la hoja de cálculo EXCEL.

Sobre este soporte hemos realizado la aplicación para los 36 elementos del coste en dos dígitos, y hemos obtenido la *función de distribución* del presupuesto de todos estos elementos y la del *buque en su totalidad*, con el alcance de todos los elementos del coste del libro estándar de los elementos del coste, según recoge el soporte del presupuesto.

El **resultado final** consiste en la obtención *tabulada y gráfica* de la *expectativa* del presupuesto de construcción del buque, que en su elaboración asume todas las incertidumbres que se han enunciado y acotado, por las respectivas funciones de densidad que hemos supuesto para el desarrollo del *proyecto* del presupuesto. El presupuesto del buque *ITSASO* lo recogemos en la Tabla 31 y el Gráfico 27 del Capítulo 4.

La formulación del presupuesto de construcción del buque, a través del modelo de *simulación* que hemos elaborado y aplicado, proporciona una *matización* fundamentada de los *riesgos* que las incertidumbres derivadas de la evolución por el paso del *tiempo* y por la fijación de los supuestos *técnicos* introducen en la elaboración del presupuesto. Coincide con el propósito general de la tesis, que pretendía la “elaboración de un modelo para la realización del presupuesto de construcción de un buque. Análisis del Riesgo Económico”.

5.2. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que podrían desprenderse del presente trabajo son:

CAPÍTULO 1

1.1.- El presupuesto de construcción de un buque es un *proyecto* que se desarrolla durante un período de tiempo que se define como *ciclo vital* del proyecto, en el cual se planea y se incorpora el coste de los recursos utilizados en el cumplimiento de las *obligaciones contractuales* de construcción del mismo.

1.2.- El trabajo de la elaboración del presupuesto de un buque no ha acumulado una *especialización* importante de conocimiento en el ámbito del desarrollo profesional de la ingeniería naval. La elaboración del proyecto del presupuesto de un buque requiere la incorporación de nuevas tecnologías y especialidades, y ser el resultado de un enfoque *pluridisciplinar* al que se le asignen, en función de su importancia, mayores recursos y estatus en la organización del astillero.

Las áreas de conocimiento básicas para la elaboración del presupuesto de construcción de un buque son:

- La Ingeniería
- Las técnicas de simulación y estadística
- La contabilidad

1.3.- El elemento más necesario para la elaboración del presupuesto de construcción de un buque y para la acumulación metódica de los históricos de coste de un astillero es el *soporte contable para la elaboración del presupuesto*.

Para la elaboración de este soporte, las contribuciones principales que recibe, desde las distintas áreas de conocimiento, son:

- Desde la ingeniería: La especificación.
- Desde la contabilidad: La clasificación del gasto y su asignación a los diferentes soportes del coste.
- Desde la ingeniería y la contabilidad : El libro estándar de los conceptos del coste.

Además, el soporte contable para la elaboración del presupuesto de un buque debe combinar una capacidad de *adecuarse* a las necesidades del astillero, junto a una voluntad de *permanencia* en el tiempo, para realmente poder constituir la base del *aprendizaje* y del mantenimiento de los *históricos* del coste, a través de su formulación en términos que hemos llamado *matriz del coste*.

En este ámbito de permanencia y pertenencia al proceso de aprendizaje, el gerente del presupuesto tiene cuando menos las misiones de asumir determinadas responsabilidades. Deberá desarrollar un equipo, actuar como intermediario con los responsables de otros departamentos y dar cohesión al proyecto del presupuesto.

1.4.- El desarrollo del proyecto del presupuesto y el mantenimiento del soporte del mismo es una cuestión laboriosa que requiere la *implicación de la Dirección* de la sociedad. Efectivamente, la utilización y mantenimiento del soporte del presupuesto requiere una *disciplina* organizativa importante y el encuadre en un compromiso general de aprendizaje. La disciplina de *traducir la especificación* y el *contrato* de un buque, desde el formato en que habitualmente se recibe la solicitud de cotización de un buque, aunque sea en el mismo idioma, al lenguaje del soporte del presupuesto, requiere mucho esfuerzo. Por el conocimiento de los escasos recursos que los astilleros dedican a la realización del presupuesto, y por el carácter estático que se le asigna, sería conveniente reflexionar sobre la importancia que la confección del presupuesto tiene en la estructura organizativa del astillero, pues en general no sería exagerado decir que el presupuesto se *realiza mal* y que posiblemente sea la práctica de la *ingeniería* en que se da mayor *dispersión* entre los diferentes equipos técnicos que los pudieran elaborar. Podríamos decir que hay mayor consenso técnico en la elaboración del proyecto de la hélice, o de cualquier elemento “técnico” de un buque, que en la realización del presupuesto de ese buque.

1.5.- La *misión* del presupuesto no consiste simplemente en *anticipar* el coste futuro de la construcción de un buque, sino que debe tratar de *configurarlo*, incidiendo realmente en la estructura del coste. Podría decirse que este propósito se enmarca dentro de la concepción del presupuesto como un *proyecto*.

1.6.- Dado que algunas de las características definitorias del presupuesto de construcción de un buque son su *complejidad* y su *incertidumbre*, una conclusión *metodológica* que este contexto exige es que el tratamiento de la incertidumbre se

enfoque no como la búsqueda de un valor determinado y concreto, que pretenda sintetizar en una cifra el coste que tendrá la construcción de un buque, sino que se proceda a la evaluación de una magnitud en lo que podría entenderse como el *espacio numérico* en el que se piensa se situará el verdadero valor del mismo, limitando la *inexactitud* en lo que llamaremos un *intervalo de confianza*. En este contexto de complejidad e incertidumbre se deberán introducir técnicas de *simulación*, basadas en la estadística, habitualmente no incorporadas al proceso de elaboración del presupuesto.

CAPÍTULO 2

2.1.- La utilización como base del presupuesto de un buque de proyecto, B_p , de los conocimientos sobre otro buque similar, B_s , requiere que se cumplan determinadas condiciones de *similitud* entre los *buques y su entorno*. Requiere, además, el conocimiento exhaustivo del proyecto de ambos buques y de la matriz del coste de B_s .

2.2.- No existen referencias generales válidas para conocer la *estructura del coste* de un buque. La dispersión que hemos encontrado en el estudio comparativo de la estructura de costes de los buques que hemos llamado *virtuales*, en el conjunto de siete astilleros, es muy importante, y además encierran las actuaciones estratégicas que respecto al grado de integración vertical tiene cada uno de ellos. A efectos de crear amplitud de miras en el objeto de la elaboración del presupuesto, podría convenir se asignara al buque objeto del presupuesto la cualidad de *artefacto*, para no delimitar el alcance del objeto a presupuestar, que pudiera coincidir con un buque completo o, relativamente, muy incompleto.

2.3.- El debate de *optimización económica* de un buque debe ser una tarea *compartida* entre astillero y armador. Cuando se habla de optimización, habitualmente se podrá estar incidiendo en el coste de construcción del buque, y el astillero deberá estar capacitado para sugerir *alternativas* técnicas que coincidan con los intereses económicos del astillero. En general, para la selección de las mejores alternativas del proceso de optimización será necesario poder compararlas en términos económicos. Por ello es necesario, en el *ingeniero*, el conocimiento de la manera en que se *vinculan* al *coste* muchos de los *parámetros técnicos* del buque.

2.4.- La modificación *pequeña y continua* de algunos parámetros técnicos de un buque puede introducir saltos *importantes y discretos* en el coste de muchos de los elementos del coste de un buque. Sucede, también, que modificaciones pequeñas y continuas de alguno de los parámetros técnicos de un buque pueden *invalidar* la definición de un *proyecto* en esa zona sensible que afecta a las características *paragraph* de algunos buques.

2.5.- En los estudios genéricos de conocimiento del coste de un buque se siguen clasificaciones estándar de los elementos del mismo, agrupados en tres grandes familias: casco, equipo y habilitación, y maquinaria. El desglose de cada uno de estos macroelementos lo subdividen en: materiales y mano de obra. Este tipo de estudios son interesantes y fundamentalmente son válidos para su utilización en informes *sectoriales* generales. En nuestra opinión, su aplicación práctica es realmente interesante cuando se utilizan para la *comparación de costes* similares entre B_p y B_s .

2.6.- Sucede que muchos de los estudios realizados por diversos autores, en relación a la incidencia que determinados parámetros técnicos del buque tienen en el coste del mismo, han sido realizados hace mucho tiempo (década de los setenta) al amparo de las posibilidades de cálculo de los ordenadores de la época. Debido a que la incidencia que estos parámetros tienen se basan en principios próximos a los enunciados universales de la *física general*, muchos de los resultados obtenidos en ellos mantienen plena vigencia, sobre todo si su utilización se realiza para la *comparación* entre buques similares, más que para su cálculo original.

2.7.- Uno de los principios que incorporan estos trabajos viene recogido en la nemotécnica expresión de que *lo que pesa, cuesta*. Esta concepción incorpora un tratamiento especial a lo que hemos denominado elementos más *inmateriales* del coste, que en general son los que hemos recogido en el capítulo 0 del libro estándar de los conceptos del coste y, por lo tanto, del soporte del presupuesto.

2.8.- En la ecuación del coste total de un buque, como se deduce de los trabajos especializados, la mayoría de los componentes del coste tienen una formulación *exponencial*, cuyo exponente es siempre *menor que la unidad*. Esta característica del exponente confiere una importante *ventaja* a la *comparación* de la valoración entre elementos del coste de buques similares. Hemos elaborado una tabla indicativa que recoge la incidencia en el porcentaje del coste, ocasionada por diferentes porcentajes de error que se pudiera cometer al estimar determinados parámetros técnicos, según cuál sea el exponente de la función del componente de ese coste.

2.9.- La modificación de los parámetros lineales de un buque: eslora, manga y puntal, tiene significado económico diferente para cada uno de esos parámetros. Hemos recogido información pertinente para la comparación de la incidencia que en dos buques concretos, y en series de buques en general, tiene la modificación de estos parámetros

en el coste de construcción del buque. La *incidencia mayor* en el coste es la originada por la modificación de la *eslora*, y la menor incidencia corresponde a la modificación del puntal, con las limitaciones lógicas para estas modificaciones. En lenguaje más coloquial, la *eslora* es la dimensión más *cara* del buque.

2.10.- La *repetición de buques* introduce razones importantes en la reducción de los costes de construcción. No obstante el beneficio *real* en la construcción repetitiva de buques no alcanza el grado que el planteamiento *teórico* de la cuestión presupone. Las causas principales que invalidan parte de las economías esperadas de la repetición de buques están relacionadas con: a) Una *relajación* de las condiciones contractuales al ceder a las presiones del armador en introducir “pequeñas modificaciones” al contrato en los buques que debieran ser repetitivos, y b) Una política en el establecimiento de las *primas salariales*, que hace muy difícil la modificación adecuada de los *tiempos* concedidos para la realización de tareas repetitivas. No obstante, una buena gestión de las ventajas basadas en la repetición de buques podría constituir el soporte de una *estrategia* empresarial válida, muy a pesar de los múltiples intentos fallidos que el sector ha padecido.

CAPÍTULO 3

3.1.- La manera habitual en que debe realizarse el presupuesto de construcción de un buque es por *suma* del coste de los elementos del coste según se recoge en el soporte del presupuesto del Anexo 1. El contexto en que se deberá encuadrar la elaboración del presupuesto es el *espacio* conceptual que se denomina de las *decisiones inteligentes* y que se origina como respuesta al grado importante de *incertidumbre* de las variables del coste, ocasionadas tanto por los efectos del paso del *tiempo*, como por las desviaciones *técnicas* en la determinación de la cantidad de los recursos económicos (materiales y humanos) que se presupuestan.

La gestión de la *inexactitud* en la realización del presupuesto de construcción de un buque requiere la utilización de metodologías de *simulación* y de técnicas basadas en la *estadística*.

3.2.- Los elementos básicos que *comprometen el coste* de un buque son el proyecto (*especificación técnica*) y el *contrato*. Tanto la especificación técnica como el contrato deberán ser *traducidos* al lenguaje del “soporte del presupuesto” del astillero, incluso cuando estén escritos en el mismo idioma pero redactados en soportes técnicos diferentes a los utilizados por el astillero.

Posiblemente las *desviaciones* más importantes, en coste, se den en las partidas del *contrato* que hacen referencia a los costes incurridos por *penalizaciones*, de entre las que destacamos las ocasionadas por demoras en la entrega; las debidas a diferencias en velocidad, peso muerto, capacidad de bodegas y tanques, y por consumos; y las originadas por el coste de la *garantía técnica* del buque, que habitualmente tiene un plazo de vigencia de en torno a un año.

3.3.- Tomando como base los resultados obtenidos en los trabajos de determinados autores y otras valoraciones profesionales, hemos acotado los *intervalos* de las *desviaciones* esperadas en los conceptos que se incluyen en el capítulo de penalizaciones y gastos de garantía, y los hemos asimilado a comportamientos estadísticos recogidos por sus respectivas *funciones de distribución*, en las que hemos establecido sus parámetros básicos de media y desviación típica.

3.4.- La mayor expectativa de mejoras de productividad en un astillero radica en el estudio de la evolución de las diferentes alternativas de la estructura constructiva del

buque. De hecho hemos estudiado algunas de las formulaciones de productividad de los astilleros y hemos podido apreciar que en esas definiciones los parámetros de productividad dependen, más que de las características propias del buque que se construye, de la estructura de *organización* y *tamaño* del astillero y de lo que se llama auditoría tecnológica del propio astillero. El desafío de productividad es excepcionalmente importante y solamente los astilleros que se comprometan con los principios del “Lean Shipbuiding” conseguirán llegar a ser *astilleros de primera*, astilleros “world class”. Los que no lo consigan harán peligrar su supervivencia a medio plazo, en una industria tan competitiva.

3.5.- Los “costes de la no calidad” son muy importantes en un astillero. Siguiendo con el esquema de otros autores, hemos identificado la estructura del que se podría llamar *buque basura*, o *empresa fantasma*, de acuerdo a otro autor. El coste de la no calidad en el sector naval podría ser del orden del 20% al 30% del valor de sus ventas, y el 80% de los fallos que originan problemas de no calidad se deben al equipo directivo y solamente el 20% se deben a los operarios.

3.6.- La evolución previsible del coste de los elementos del coste, por el paso del tiempo, no debe realizarse asignando a todos ellos y/o a sus componentes la *misma* evolución. Se debe *asociar* cada elemento del coste a alguna de las variables que mejor le pueda representar respecto a su previsible evolución futura.

3.7.- Las variables de coste que pueden tener determinada influencia en la estructura del coste de un buque podrían acotarse entre diez y veinte. Nosotros hemos estudiado la evolución histórica y hemos realizado la predicción de 21 variables. No obstante, en la aplicación realizada sobre el buque *ITSASO* solamente hemos utilizado diez de ellas.

3.8.- El estudio de las series temporales constituye la base del conocimiento previsional de las variables que influyen en el coste de los elementos del coste de un buque. La *información básica* disponible es amplia: *ine*, Eustat, Cámaras de Comercio, etc., y la *metodología* que hemos utilizado es la que tiene su fundamento en los modelos ARIMA.

3.9.- La *predicción* del comportamiento que hemos obtenido del estudio de tantas variables arroja un comportamiento *moderado* en la evolución de las mismas. La razón fundamental de este comportamiento moderado se basa en que los últimos

períodos de los datos históricos analizados coinciden con períodos de baja *inflación*, fundamentalmente en relación a muchos productos industriales, que al proyectarlos hacia períodos ($T+n$) reproducen predicciones con diferencias ajustadas a esta circunstancia de baja inflación.

3.10.- El estudio de la previsión del importe de los *costes financieros* requiere una *definición* siempre problemática en su concepto. La variable de la que principalmente depende, el coste del dinero, constituye, casi con seguridad, la variable económica que más estudios provoca. Además, al margen del pretendido conocimiento de la evolución, pongamos por caso de uno de sus componentes básicos, el EURIBOR a tres meses, la estimación del *margen de intermediación* de las entidades financieras, que suele representar una parte importante del coste real del dinero, constituye una decisión compleja, pues este margen estará determinado, en parte, no solamente por el *riesgo* medio que se asigne al sector, sino por la estimación de solvencia del propio astillero y de las características concretas del *contrato* de construcción del buque.

Hemos tratado de determinar el coste del Euribor a tres meses de acuerdo a la metodología habitual utilizada en algunas de las entidades crediticias (Programa Monte-Carlo) y hemos estimado la evolución del valor *medio* esperado para el coste futuro del dinero y el *intervalo* (ahorquillamiento) esperado. No obstante, debido a la especificidad de esta variable del coste, y a pesar de haber realizado la predicción del coste del dinero según estimaciones mensuales, podría ser razonable, para un astillero, el *sustituir* el procedimiento de cálculo por un criterio, que en el texto del Capítulo 3 hemos llamado de *autoridad*, sustituyendo los *riesgos* derivados de la estimación por *cálculo* por los riesgos que el llamado criterio de *autoridad* podría transmitir para diseñar un escenario posible y acotar mejor el intervalo de la incertidumbre sobre el que realizar la simulación.

3.11.- La *estimación* de la desviación de los *parámetros técnicos* del coste es una cuestión que afecta de modo sensible al resultado del presupuesto. La metodología disponible para la predicción debe basarse en el conocimiento de los históricos del propio astillero, a los que se deberá asignar el intervalo de confianza compatible con el perfil de *conocimientos* de la empresa y de su perfil de *riesgo*. Para el caso de la estimación de los parámetros técnicos de *cantidad* (pesos, potencias, etc. de los elementos del coste), un criterio razonable consiste en la aplicación del intervalo de

seguridad que los *autores* de los procedimientos que se utilizan para estimarlos recomiendan. Para la estimación de los parámetros técnicos de *productividad*, la estimación de la media debe realizarse con el propósito compartido de utilizar la media histórica más reciente y verificada en un buque similar construido en el astillero y el establecimiento de cierta *mejora* en la productividad, influenciada por compromisos de mejora de la misma

Una metodología adecuada para el establecimiento del *intervalo* de la desviación de los parámetros técnicos del coste consiste en la identificación de las hipótesis del intervalo, y de su margen de seguridad que en términos generales habrá que establecer entre un 85% y un 95 %, con el comportamiento de la distribución *normal estándar*. El resultado de la previsión concluirá con la estimación de la distribución $N(\mu, \sigma)$.

3.12.- El control del presupuesto requiere la aplicación de *procedimientos* concretos, y no de simples *estimaciones* porcentuales. La *metodología* más válida es la que parte del supuesto de que para conocer el grado de avance de la construcción hay que realizar, imperativamente, el presupuesto del *artefacto* que queda pendiente de realizar. Una circunstancia que debilita la calidad del control presupuestario se debe a la jerarquización, tanto de los responsables en establecer el grado de avance de obra, como de quienes supuestamente tienen el conocimiento de los procesos y tiempos en la construcción del buque.

Otra cuestión pertinente para la elaboración del presupuesto, que determinará el grado de avance de un buque, consiste en la identificación de los escalones jerárquicos donde radica el conocimiento para la evaluación de la obra pendiente. Normalmente el conocimiento más ajustado a la realidad estará en los escalones intermedios y más próximos al contacto directo con el personal de producción, y la evaluación de las magnitudes de obra pendiente habrá que elaborarla a través de formularios, en general, sencillos.

CAPÍTULO 4

4.1.- Para la realización del modelo para la elaboración del presupuesto de construcción de un buque se debe definir el *momento* de la incorporación de los elementos del coste al coste (criterio de devengo), de acuerdo a determinados hitos característicos de la construcción, y el *alcance* del coste de los elementos del coste se debe valorar con criterio de *auditoría*. Adicionalmente, se debe incorporar cada componente de cada elemento del coste a su *familia* de costes respectiva, según hemos recogido en el modelo (T+F) del Anexo 4 y en las tablas dinámicas del Anexo 5.

4.2.- La elaboración del *soporte* del modelo de la *simulación* conviene realizarlo manteniendo un *contacto visual, tabulado y gráfico*, de los *resultados*, explicitando algunos de los pasos que el procedimiento informático podría ocultar. Una parte importante de la aplicación del modelo es que permite la identificación de la *sensibilidad* de los parámetros e intervalos que se aplican en el mismo.

4.3.- Un conocimiento de mucho interés que hemos obtenido del manejo de las tablas dinámicas ha consistido en la obtención de la *estructura del coste* por *familias*, la estructura del coste por agregación de los conceptos en que hemos clasificado el *gasto*, y el proceso temporal de *incorporación* del gasto al coste, para el total del buque y sus clasificaciones del gasto.

4.4.- En la aplicación del modelo de simulación para los elementos que hemos llamado más *inmateriales* del coste y vinculados fundamentalmente con el contenido del *contrato* (penalizaciones, gastos financieros y garantía técnica), los intervalos de confianza son, en general, mayores de lo que podría ser habitual en la estimación del intervalo en los elementos más materiales del coste, y la incidencia de los mismos en el coste total del buque puede ser importante.

4.5.- El resultado final de la elaboración del presupuesto del buque *ITSASO* lo hemos recogido como una *previsión cuantificada* en sus extremos más distantes (mín: 45.811 miles de € y máx: 50.649 miles de €) y *ordenada* en función de los respectivos percentiles de acuerdo a su *función de distribución*. Esta manera *matizada y acotada* de informar sobre el presupuesto de construcción de un buque aporta a la dirección general las bases de *conocimiento* necesarias para la *negociación* del contrato. Además, podría

constituir uno de los procedimientos más válidos en el empeño de *aprendizaje* de la empresa.

4.6.- Con la elaboración de esta tesis hemos pretendido orientar a la empresa en la senda del *aprendizaje* y contribuir al *debate* argumentado del *proyecto* del presupuesto, al tratar de establecer las *incertidumbres* que gravitan en el mismo y determinar los límites y la función de densidad de estas incertidumbres.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvariño, R. & al. (1997). *El proyecto básico del buque mercante*. Madrid: Fondo editorial de ingeniería naval. Colegio oficial de ingenieros navales.
- Aznar, A. & Trívez, F.J. (1993). *Métodos de predicción en Economía. II Análisis de Series Temporales*. Barcelona: Ariel.
- Benford, H. (1962). *General Cargo Ship Economics and Design*. Michigan: University of Michigan.
- Benford, H. (1983). *The Blacksmith Ship Economist*. Michigan: University of Michigan.
- Benford, H. (1983). *A Naval Architect's Introduction to Engineering Economics*. Michigan: University of Michigan.
- Benford, H. (1984). *Estimación de costes de construcción de buques: Revisión y comentario*. Madrid: Asociación de investigación naval española. (ASINAVE).
- Bernaldo de Quiros, F. & al. (1974). *Estadística y simulación aplicadas a la ingeniería civil*. Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid.
- Butler Halter, M. (2002). *Análisis Económico y Oportunidades para España en el Mercado de los Cruceros Turísticos*. Madrid: ETSIN.
- Carreyette, J. & Al. (1977). Preliminary Ship Cost Estimation. *Journal of the Royal Institution of Naval Architects. The Naval Architect*. 235-258.
- Casas Tejedor, J. (2002). Soñando futuro. Comentarios sobre el quinto informe de la Comisión sobre la situación de la construcción naval en el mundo. *Ingeniería Naval, año LXX, nº 796, Septiembre 2002*, 120-124.
- Cochrane, E.B. (1977). *The impact of Delay and disruption on Labor hours*. Private publication.
- Couch, J.C. (1964). The cost savings of multiple ship production. The University of Michigan: Universidad de Michigan.
- Comisión de las Comunidades Europeas. (2002). *Sexto informe de la Comisión al Consejo. Sobre la situación de la construcción naval en el mundo*. Bruselas: Comisión de las Comunidades Europeas.

- Curtis, S. & Garrard, I. (2001). Negociación de un contrato de nueva construcción naval. *Ingeniería Naval, Mayo 2001*, 85-87. (Resumen de María Mateo, en el Boletín informativo de ANAVE, N° 388, Marzo 2001).
- Dart, C.E. (1970). *Cost estimating- ship design and construction*. The University of Michigan. College of Engineering.
- Davidson Frame, J. (1999). *La dirección de proyectos en las organizaciones. Cómo utilizar bien el tiempo, las técnicas y la gente*. Barcelona: Granica.
- Diebold, F. X. (2001). *Elements of Forecasting*. Library of Congress, USA: South-Western.
- Drewy, H. P. (1973). Cost- the fundamental factor in any survey of shipbuilding. A breakdown and analysis of the components making up the price of a ship and the outside influences on these. *The Motor Ship, January*, 416-418.
- Editorial. Los astilleros europeos contra el enemigo interior. *Info Marine*, 89, Mayo 2003.
- Empresas Constructoras. Normas de adaptación del Plan General de Contabilidad*. (1995). Madrid: Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas.
- Fetchko, J.A. (1968). *Methods of estimating investment costs of ships*. The University of Michigan.
- Fisher, K.W. (1973). The Relative Costs of Ship Design Parameters. *Journal of the Royal Institution of Naval Architects. The Naval Architect, July*, 129-155.
- Gómez Cáceres, D & López Zaballo, J.M.(2002). *Riesgos Financieros y Operaciones Internacionales. Simulator Business Game*. Madrid: Esic Editorial.
- Guerrero Gómez, L. (1997). *Costes de calidad en una sociedad de inspección*. Madrid: Tesis doctoral. ETSIN.
- Hammond, J.S., Keeney, R.L. & Raiffa, H. (2002). *Decisiones Inteligentes. Guía práctica para tomar mejores decisiones*. Barcelona: Gestión 2000.
- Heizer, J & Render, B. (2001). *Dirección de la Producción. Decisiones Tácticas*. Madrid: Prentice Hall.
- Hertz, D. (1964). Risk Analysis in Capital Investment. *Harvard Business Review, Enero*.
- Hertz, D. (1968). Investment Policies that pay off. *Harvard Business Review, Enero*.

- Información Básica sobre la Evolución del Tráfico Marítimo y de la Construcción Naval Mundial, Junio 2002 (Extracto). *Ingeniería Naval*, año LXX, nº 798, Noviembre, 2002, 39-50.
- Ingeniería Naval. Suplemento al nº 800: Listado de motores marinos. Ingeniería Naval*, año LXXI, nº 800, Enero, 2003.
- Johnson, R.P. & Rumble, H.P. (1965). Weight, Cost and Design Characteristics of Tankers and Dry-Cargo Ships. *Marine Technology*, April, 148-173.
- Kenett, R.S. & Zacks, S. (1998). *Estadística industrial moderna. Diseño y control de la calidad y la confiabilidad*. Madrid: Thompson.
- KPMG Peat Marwick. (1996). *Investigación relativa a la capacidad de aprendizaje de las empresas españolas*. Bilbao: KPMG Peat Marwick.
- Lamb, T.(FL). (2001). *World -Class Shipbuilders: Their productivity and Use of Lean Manufacturing Principles*. Michigan: University of Michigan Transportation Research Institute.
- Lévy-Leblond, J-M. (2002). *Conceptos contrarios o el oficio del científico*. Barcelona: Tusquets Editores.
- Lewis, J.P. (2002). *WORKING TOGETHER. 12 Principles for Achieving Excellence in Managing Projects, Teams, and Organizations*. New York: McGraw-Hill.
- Martínez de Castro, F. (2002). Una Reflexión: De la Productividad al Coste Total. *Ingeniería Naval*, año LXX, nº 797, Octubre 2002, 115-121.
- Mayo, A. & Lank, E. (2002/1994). *Las Organizaciones que Aprenden (The Power of Learning). Una guía para ganar ventajas competitivas*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000, S.A.
- Miguélez García, F. (2002). Remodelación de factorías navales para adecuarlas a los nuevos criterios tecnológicos y de organización industrial. *Ingeniería Naval*, año LXX, nº 797, Octubre 2002, 103-110.
- Munro-Smith, R. (1975/1998). *Elements of ship design*. London: The Institute of Marine Engineers.
- Murphy, R.D., Sabat, D.J., & Taylor, R.J. (1965). Least Cost Ship Characteristics by Computer Techniques. *Marine Technology*, April, 174-202.
- Novales, A. (2000). *Econometría*. Madrid: Mc Graw Hill.

- Ostolaza, J.M. (1972). *Programación Lineal*. San Sebastián: Universidad de Deusto. Escuela Superior de Técnica Empresarial. (ESTE).
- Pérez, F. (Ed.). (2002). *Advanced Shipbuilding and Shipping-Competitive Ship Production*. 37th Wegemt Summer School, 11-15 November 2002. Madrid: ETSIN.
- Plan General de Contabilidad. Actualizado, Abril 2002*. (2002). Madrid: Pirámide.
- Polo, G. (2001). La importancia de las cláusulas de penalización en los contratos de construcción naval. *Ingeniería Naval*, Mayo 2001, 82-84.
- Polo, G. (2002). Garantías para la financiación de buques. In: A. Camarero, P. Pery & G. Polo (Eds.) *II Curso de Transporte Marítimo y Gestión Portuaria*. Madrid: E.T.S.I.N. y E.T.S.I.C.C.P.
- Polo, G & Amann, R. (1974). *Consideraciones sobre la economía en los costes de combustible y el proyecto de buques*. X sesiones técnicas. Madrid: Asociación de Ingenieros Navales.
- Polo, G. & Carlier, M. (2001). *La Financiación de Buques y las Ayudas Estatales a las Empresas Navieras y de Construcción Naval*. Madrid: ETSIN.
- Polo, G. & Carlier, M. (2003). *Temas de Tráfico Marítimo*. Madrid: ETSIN
- Polo, G. & Fernández, C. (2001). La incidencia económica de los retrasos en la construcción naval. *Ingeniería Naval*, Octubre 2001, 115-121.
- de Ramón, J. I. (2002). La contabilidad y la confianza. *Ingeniería Naval*, Septiembre 2002.
- Rebolo Fonseca, J. J. (2001). Formación e información como estrategias de gestión para el cambio tecnológico-organizativo de la empresa. *Ingeniería Naval*, Febrero de 2001.
- Rodríguez López, N. (2002). La Construcción Integrada- una forma nueva de diseñar y construir en la División de Buques de Intervención de IZAR. *Ingeniería Naval*, Septiembre 2002, 52-59.
- Schneekluth, H & Bertram, V. (1998/ 1987). *Ship Design for Efficiency and Economy*. Oxford: Plant a Tree.
- Vinader Zurbano, R. (1972). *Introducción a la inferencia estadística. (Pruebas de hipótesis)*. San Sebastián: Universidad de Deusto. Escuela Superior de Técnica Empresarial. (ESTE).

- Vinader Zurbano, R. (1972). *Introducción a la inferencia estadística. (Análisis de varianza)*. San Sebastián: Universidad de Deusto. Escuela Superior de Técnica Empresarial. (ESTE).
- Vinader Zurbano, R. (1974). *Teoría de la decisión. (Segunda parte). Decisiones secuenciales. Árboles de decisión*. San Sebastián: Universidad de Deusto. Escuela Superior de Técnica Empresarial. (ESTE).
- Vinader Zurbano, R. & Olarte, F.J. (1972). *Manual y tablas de estadística*. San Sebastián: Universidad de Deusto. Escuela Superior de Técnica Empresarial. (ESTE).
- Webster, A.L. (2000). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. Madrid: McGraw-Hill.