

LA CONSTRUCCION NAVAL EN EL MEDITERRANEO GRECO-ROMANO

CARLOS LEON AMORES
BEATRIZ DOMINGO HAY
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
ARQUEOLOGICAS SUBMARINAS

Resumen

En este artículo los autores intentan una aproximación a la evolución de la construcción naval en el Mediterráneo Greco-Romano a través del análisis de dos conceptos principales: el método de construcción del casco y el estudio del sistema de ensamblaje del forro por medio de espigas y mortajas.

Summary

In this paper the authors attempt an approach to the evolution of naval construction in Graeco-roman Mediterranean ships through the analysis of two main concepts: the method of constructing the hull and the study of the mortises-and-tenon edge-joining.

Los sistemas de construcción naval en madera y el concepto mismo de embarcación, han variado notablemente en el transcurso de la historia. De las naves de Keops a los grandes mercantes romanos, no sólo han cambiado las formas y dimensiones sino, también y principalmente el proceso de construcción del casco y los sistemas de ensamblaje del forro.*

Entendemos por sistema de ensamblaje del forro la forma concreta de unir las tablas del casco entre si, de manera que queden sólidas y estancas con respecto al exterior.

El método y proceso de construcción se refiere básicamente al modo de construir el casco y en qué orden son instalados cada uno de los elementos estructurales que lo forman, fundamentalmente el forro y las cuadernas.*

En este trabajo pretendemos hacer una síntesis de ésta evolución centrándonos en el periodo greco-romano del que tenemos un gran número de hallazgos arqueológicos que evidencian una búsqueda incesante por mejorar las condiciones técnicas de la construcción naval.

*Ver glosario al final del trabajo

EVOLUCION DE LOS SISTEMAS DE ENSAMBLAJE EN LA ANTIGÜEDAD

Hasta llegar al periodo greco romano, los sistemas de ensamblaje del forro han variado notablemente, en función del tipo de embarcación y de los materiales disponibles.

El sistema de ensamblaje más antiguo que se conoce, en embarcaciones de tablas unidas, es el denominado "cosido". En este sistema, las tracas* del forro van dispuestas a tope y unidas a base de cordajes que atraviesan los agujeros practicados en cada tabla. La nave de Keops (2500-2000 a.C.), descubierta en 1954, es un ejemplo claro de este tipo constructivo Mediterráneo. El casco de esta embarcación estaba reforzado por cuadernas sujetas por una sobrequilla* y por baos*, que servían a su vez de bancos para los remeros. A propósito de los barcos egipcios, Herodoto explica cómo éstos eran contruidos de tablas colocadas a modo de ladrillos de una muralla (Lipke, 1984).

El uso y expansión del sistema de "cosido" durante la edad del Bronce y del Hierro, lo evidencian los hallazgos en Europa de embarcaciones fluviales, como las de North Ferriby (Fig.1) en Inglaterra o Laibacher Moor en Yugoslavia (1). Ambas incluyen, como la embarcación de Keops, una serie de listones longitudinales situados en las juntas entre tabla y tabla, que por su sección redondeada, protegen las ligaduras, hechas con materia vegetal (Mc. Grail, 1983).

Tan antiguo como el "cosido" y probablemente derivado de éste, es el sistema utilizado en el barco de la pirámide de Dashur (1850 a.C.), descubierto en 1893, consistente en una serie de espigas* en forma de doble cola de milano que funcionan a modo de grapas entre tabla y tabla (Figs.2 y 3). Estas espigas no presentaban señales de clavijas* de ningún tipo, por lo que Federico Foerster supone que un buen ajuste y un mínimo de humedad eran suficientes para asegurar la unión (Foerster, 1988, 11-12).

Otro tipo de ensamblaje, similar conceptualmente a los descritos hasta ahora, es el caso del barco 1 de Bon Porté (Fig.4). Cronológicamente posterior y considerado como un caso anómalo en la construcción naval Mediterránea, ha sido estudiado por diversos autores que han buscado paralelos tanto en la construcción naval antigua como en los pueblos primitivos actuales. En este barco, la unión de las tablas del forro se hace por medio de clavijas cilíndricas introducidas en el canto de las tablas. Unas de gran tamaño y otras, las más numerosas, que se introducen oblicuamente, no en el canto sino en el frente de las tablas a unir. La atribución de este barco del siglo VI a.C. a la cultura griega o etrusca está aún por clarificar según se desprende de las publicaciones de Jean Paul Joncheray (2).

Llegamos así en este breve repaso, al periodo greco-romano, en el que encontramos generalizado un nuevo sistema de ensamblaje denominado de espigas y mortajas*. Esta forma de unión que se ha documentado prácticamente en todos los barcos estudiados desde el siglo VI-V a.C. hasta el VII d.C, es sin duda la más perfecta técnicamente de las conocidas hasta entonces (Fig.5).

(1) El hallazgo en 1937 de las tres embarcaciones de North Ferriby y su posterior excavación en 1946, supuso un gran avance en el conocimiento de los sistemas de construcción prehistóricos hasta entonces prácticamente desconocidos. La publicación de Sean Mc Grail (1983) ANCIENT BOATS describe con detalle las embarcaciones del Norte de Europa, desde la prehistoria hasta la Edad Media.

(2) Sobre este barco se han publicado numerosos trabajos de los que destacamos los más importantes y controvertidos: Joncheray, J.P. "L'épave grecque ou étrusque de Bon Porté" CAHIERS D'ARCHEOLOGIE SUBAQUATIQUE, V, 1976, Pp.7-36; BASCH, L. "Le navire cousu de Bon Porté" CAHIERS D'ARCHEOLOGIE SUBAQUATIQUE, V, 1976, Pp.37-42.

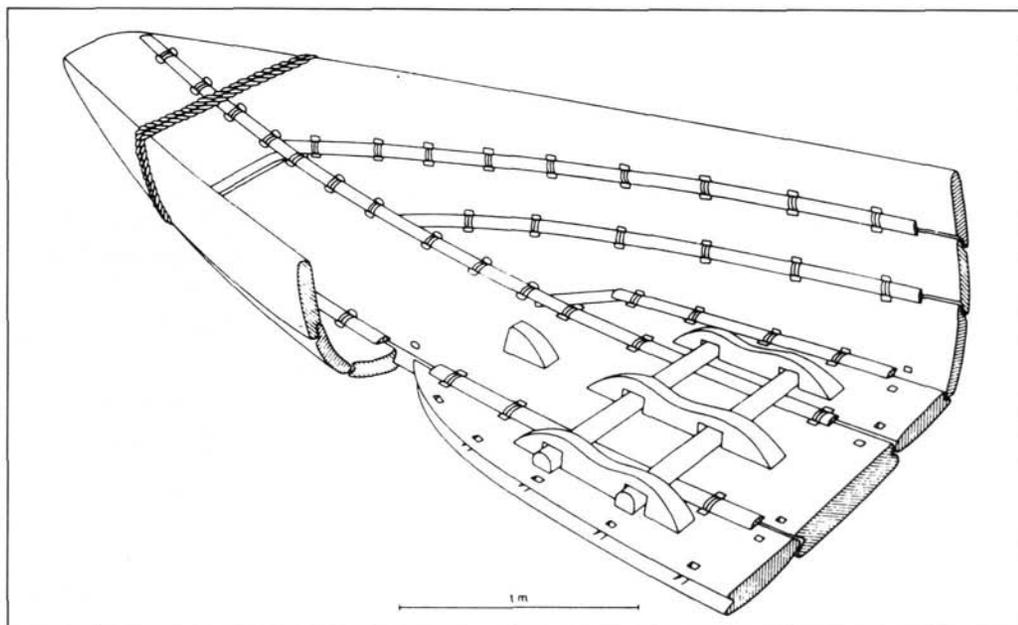


Figura 1: Sistema de ensamblaje utilizado en la embarcación de la Edad del Bronce Ferriby 1. (Lipke)

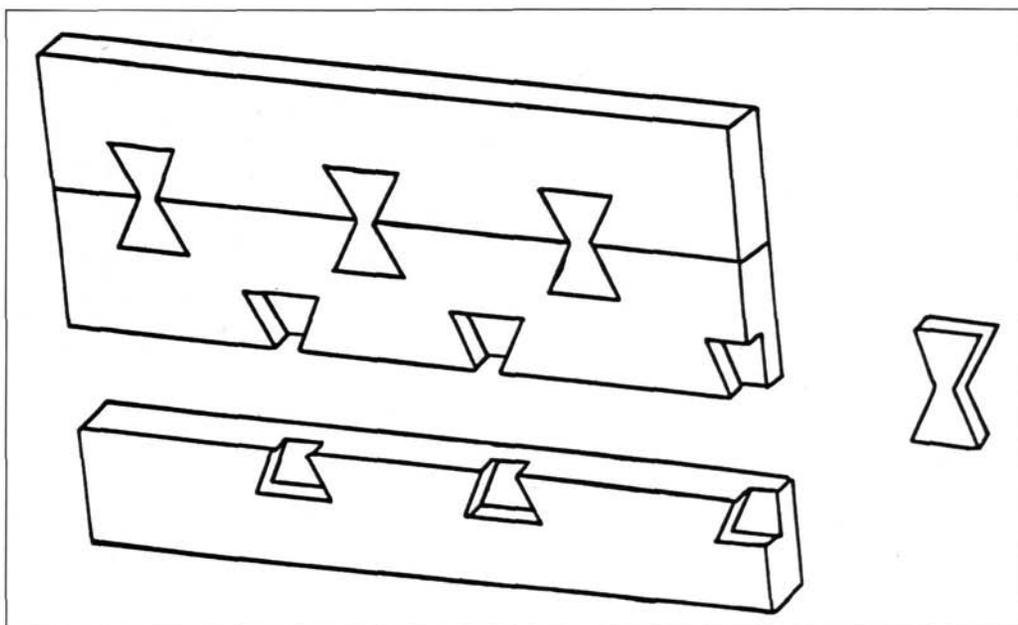


Figura 2: Sistema de unión por medio de espigas en forma de doble cola de milano de la embarcación de Dashur. (F. Foerster)

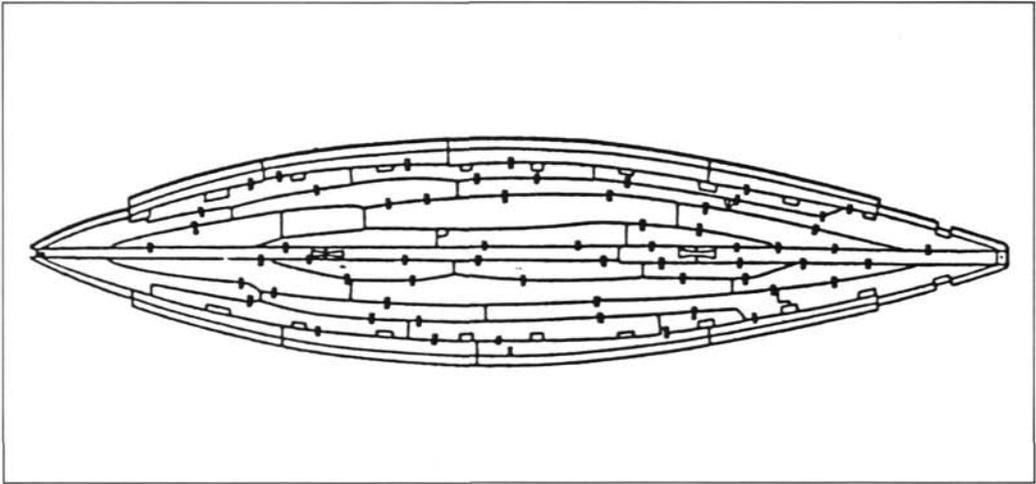


Figura 3: Esquema del casco de la embarcación de Dashur. (P. Adam)

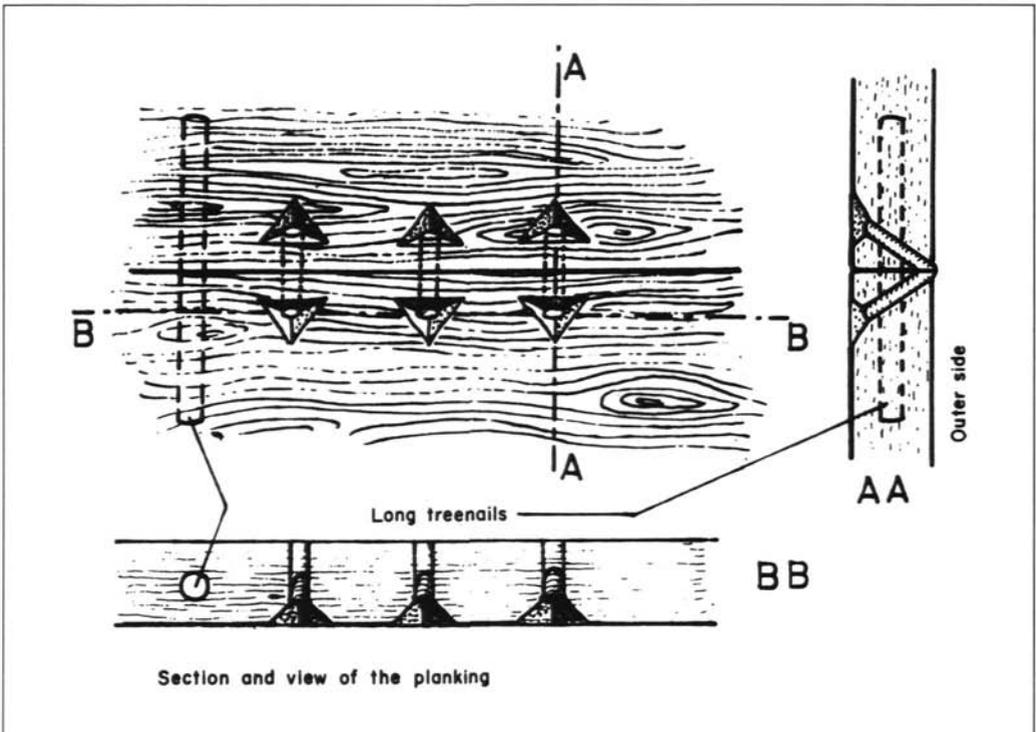


Figura 4: Sistema de ensamblaje utilizado en la nave de Bon Porté. (J. P. Joncheray)

No obstante, podemos encontrar aun en época romana el uso de ligaduras a base de cuerdas en algunas embarcaciones como Cap Bear 3 (Fig.6), hallado en Port Vendres, del siglo I a.C. o Jeune-Garde B en Porquerolles, fechado en el siglo II a.C. Sin embargo, en ambos casos parece tratarse de un refuerzo al sistema principal de ensamblaje, no de un método único de unión. En el caso de Cap Bear 3, estudiado por Dalí Colls (1987), las ligaduras vegetales refuerzan la unión de las tracas del forro con las cuadernas, y en el caso de Jeune Garde B, se trata, según Carrazé (1977), de un refuerzo en la reparación de una cuaderna.

EL ENSAMBLAJE POR MEDIO DE ESPIGAS Y MORTAJAS

Este sistema de ensamblaje, que encontramos en todos los restos de barcos desde el siglo IV a.C., consiste en una serie de espigas o lengüetas de forma rectangular que encajan en sus correspondientes mortajas, practicadas en el canto de las tablas y aseguradas por clavijas cilíndricas o cónicas de madera.

La terminología greco latina sobre los elementos que intervienen en este sistema de ensamblaje, estudiada por Lionel Casson (1971,222), parece ciertamente confusa. Los romanos llamaban *cuneus* a la lengüeta (3) y *subscus* a la mortaja o al conjunto de mortaja y lengüeta (4), mientras que los griegos se referían con términos menos técnicos como *harmoí*, *desmoi* o *harmoniai*, a las uniones en general.

A pesar de la homogeneidad que presenta el sistema de unión por espigas y mortajas en todos los barcos en los que se ha documentado, existen algunas variaciones que conviene destacar, fundamentalmente en la forma de la espiga y en el número de clavijas de seguridad. En unos casos, las espigas son totalmente rectangulares, variando simplemente su tamaño en función de las dimensiones del barco y del espesor y anchura de las tracas, mientras que en otros casos, como el Yassi Ada del S.VII (Bass y Van Doornick, 1982) presenta una forma mucho más romboidal. El número de clavijas también varía. Aunque la norma parece ser de dos por lengüeta, nos encontramos con el barco romano de la Colonia de S. Jordi estudiado por Dalí Colls (1977) que presenta tres clavijas o el Yassi Ada del S. VII, que por su sistema de construcción mixta no precisa clavijas de seguridad.

Ahora bien, ¿Cuál es el origen de este método de ensamblar las tablas del forro de un barco, generalizado en todo el Mediterráneo durante más de diez siglos? y por otro lado, ¿ Este sistema de unión de tablas, era utilizado sólo por los carpinteros navales o estaba generalizado a toda la carpintería ?.

Para responder al primer interrogante es preciso buscar los yacimientos más antiguos en los que se haya documentado tal sistema. En este sentido, la arqueología naval ha aportado datos que podrían atribuir este sistema de unión tanto a griegos como a púnicos. Los mercantes griegos, *Kyrenia* (Steffy, 1985) y *pecio del Sec* (Arribas, 1987) del siglo IV a.C. y el navío de guerra púnico de Sicilia del III a.C. (Frost, 1974), son los testimonios más antiguos del sistema de ensamblaje de espiga y mortajas.

(3) "Nec ulla subscus cohibet compagem alvei, / sed suta lino et sparteis serilibus (...)" Pacuvio, Festus 508.33

(4) "Iamque labant cunei, spoliataque tegmine cerae / rima patet, praebetque viam letalibus undis (...)" Ovidio, *Metamorphosis*.II.514-

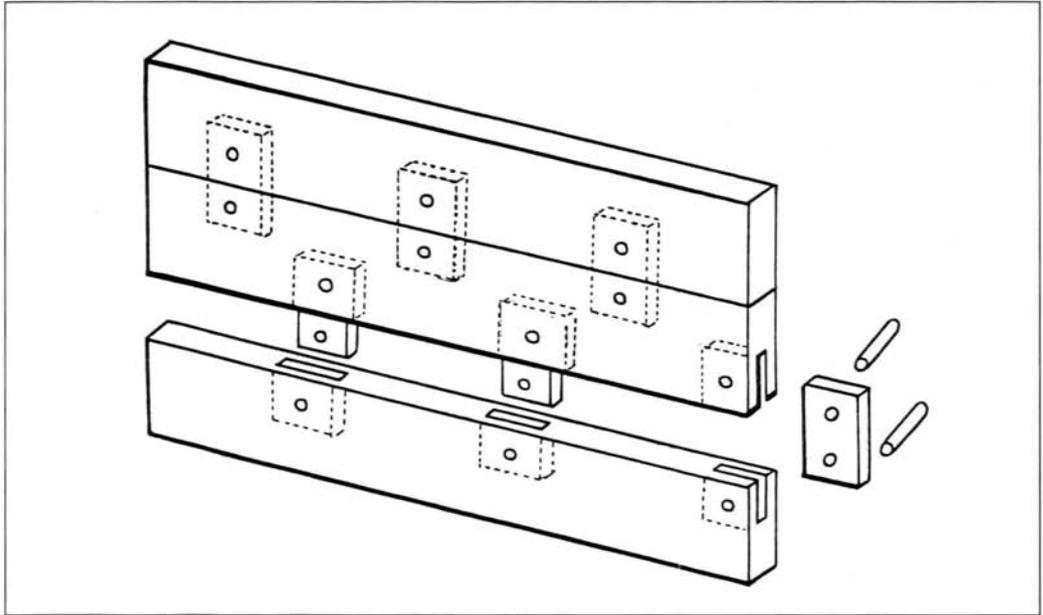


Figura 5: Sistema de ensamblaje por medio de espigas, mortajas y clavijas, utilizado en la construcción naval mediterránea. (F. Foerster)

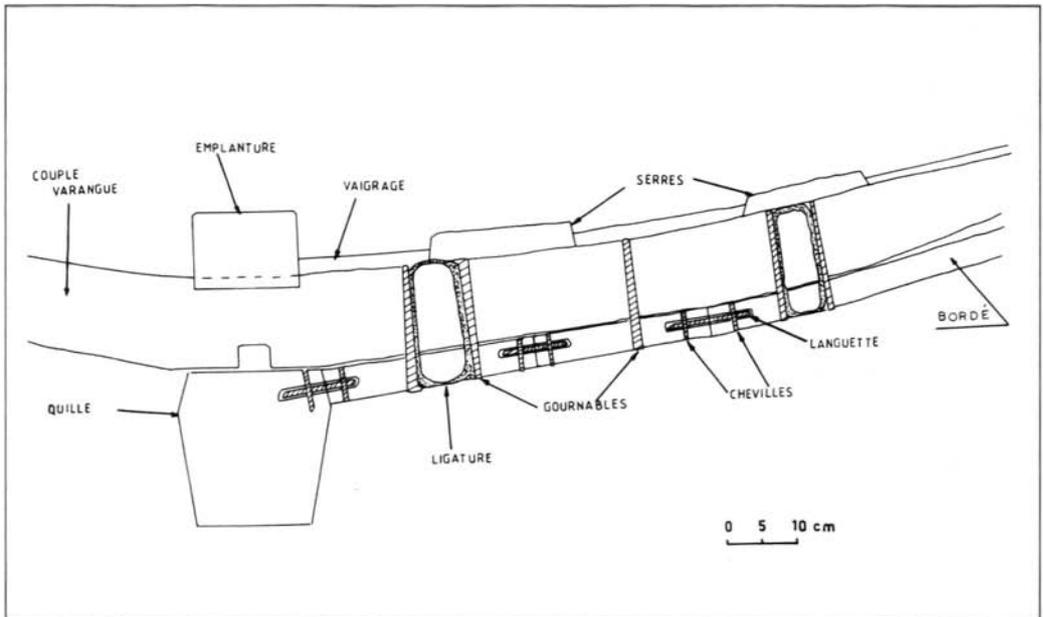


Figura 6: Sección de una cuaderna del barco de Cap Bear 3. (D. Colls)

Pero aparte de éstos testimonios arqueológicos, tenemos una serie de fuentes escritas que nos aportan datos interesantes con respecto a este sistema de ensamblaje.

Por un lado el pasaje de la Odisea en el que Homero, en el siglo IX a.C., nos relata cómo Ulises construye una embarcación de tablas, *schedia*. Para comprender bien la traducción de este texto, es necesario precisar, (Casson 1971, 217), que la traducción literal de *schedia*, no es balsa sino barco; ya que, a juzgar por los elementos e instrumentos que intervienen en la construcción de esta embarcación, lo que la Odisea describe no es una balsa de troncos, sino un barco de tablas con toldilla, arboladura, timón, etc. Hecha esta precisión, podemos entresacar del texto la forma de unión de las tablas entre sí, que parece responder a las características del sistema de espigas y mortajas. Según el texto, Ulises horadó con unos taladros sus piezas de madera para después "trabrarlas con clavijas bien recias y juntas bien encajadas".

Este texto nos da pie a pensar que éste sistema de ensamblaje pudo tener un origen griego, ya en el siglo IX a.C. Sin embargo, tenemos otro texto analizado por Sleswyk (1980) en el que parece atribuirse esta técnica carpintera no a griegos sino a fenicios.

Se trata de un texto de Catón escrito en el siglo III a.C., en el que se describe la construcción del disco de una prensa de aceite romana, denominando al sistema de unión de las tablas, *Coagmenta punicanis* (Fig.7). Este modo de unión consiste según el texto en el uso de espigas (*Subscudes*) bien encajadas y clavijas de madera de cornejo (*Clavis corneis*) (5). Este breve pasaje de Catón no deja dudas sobre el nombre con que los romanos denominaban a este tipo de unión en el siglo III a.C., atribuyendo su origen a sus propios enemigos (6).

Como puede verse, no parece claro cuál fue el origen de este sistema de ensamblaje; quizá fenicio, quizá griego, sin embargo y respondiendo a la segunda pregunta que nos hacíamos al principio, sí podemos decir que este sistema se utilizó, no sólo en la carpintería naval sino también en la construcción de otro tipo de estructuras y piezas de madera.

Sobre esta cuestión es muy interesante el hallazgo en 1981, en Caesarea Maritima de los restos del puerto y su posible faro. El Area K-2 de esta excavación presenta una estructura de madera a modo de rompeolas construída también con el sistema de espigas y mortajas (Vann, 1991, 123-139) (Fig.8). Ante estos ejemplos, es tentador pensar que probablemente, los puentes, las cimbras de arcos y cúpulas, e incluso las ruedas de los carros, fueron también ensamblados de esta manera, al menos en época romana.

EVOLUCION DE LOS MÉTODOS Y PROCESOS DE CONSTRUCCION

El casco de una nave es una compleja estructura que ha de soportar una serie de esfuerzos generados principalmente por tres factores: la presión exterior del agua, el peso interno de la carga, y la presión que ejerce el aparejo a través del mástil.

Esta estructura está formada básicamente por elementos transversales (cuadernas y baos) y longitudinales (quilla, forro, palmejares, sobrequilla, etc.), creando un entramado suficientemente compacto, flexible e hidrodinámico como para adaptarse a los esfuerzos y resistencias que

(5) El cornejo es un tipo de árbol del género *Cornus*.

(6) "Orbem olearium latum P.III Punicanis coagmentis facito, crassum digitos VI, subscudes aligneas adindito. Eas ubi confixeris, clavis corneis ocludito. In eum orbem tris catenas indito. Eas catenas cum orbi clavis ferreis corrigito. Orbem ex ulmo aut ex corylo facito: si utrumque havebis, alternas indito". Eas catenas cum orbi clavis ferreis corrigito. Orbem ex ulmo aut ex corylo facito: si utrumque havebis, alternas indito". Catón, *De Agri Cultura*, XVIII, 9.

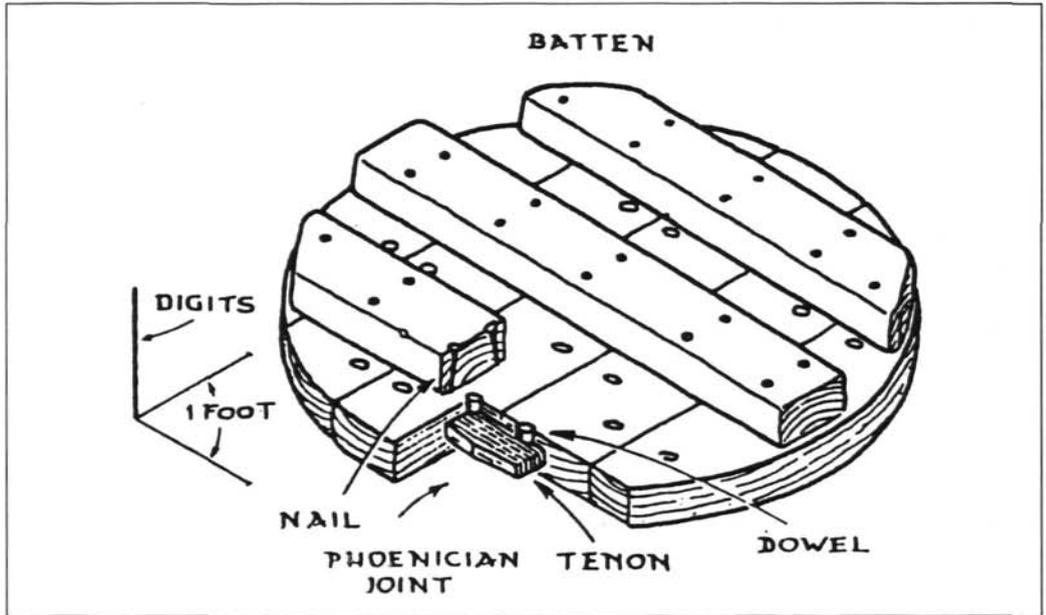


Figura 7: Reconstrucción hipotética de un disco de prensa de aceite orbis olearium según el texto de Catón. (A.W. Sleswyk)

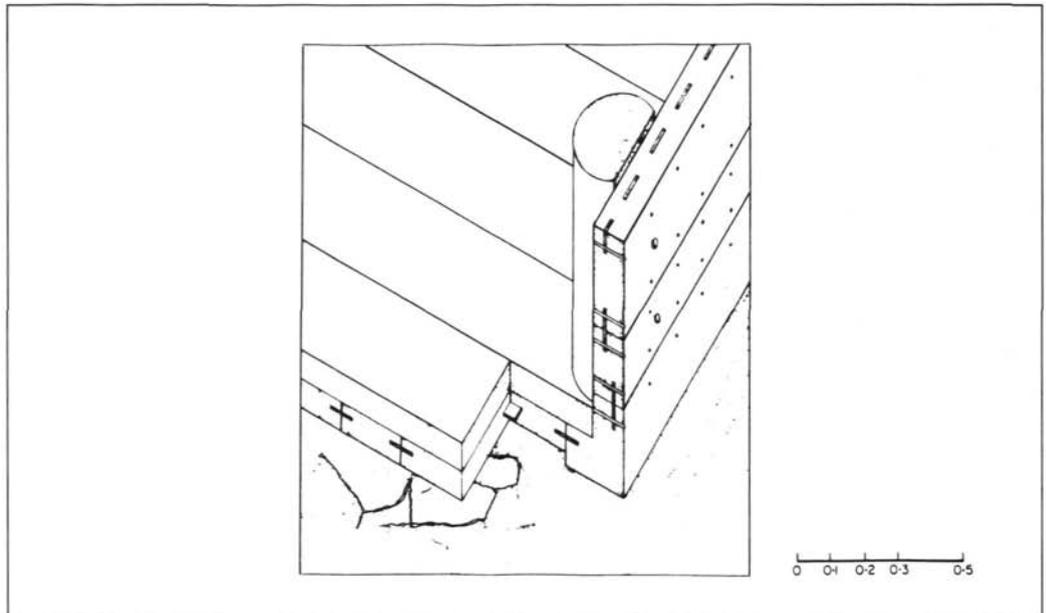


Figura 8: Rompeolas hallado en el Area K-2 de Caesarea Maritima. (Agnew)

ocasiona la navegación en el mar (Fig.9). Ahora bien, el orden de instalación de los elementos estructurales principales, forro externo y cuadernas, determinan conceptos constructivos diferentes que han evolucionado lentamente en la antigüedad y que gracias a los progresos en la arqueología naval hoy podemos clasificar en cuatro formas principales de construcción: sobre forro, alterna, mixta y sobre cuadernas.

Estos métodos de construcción pueden corresponderse con distintos sistemas de ensamblaje de las tracas del forro. Es decir, una embarcación construida partiendo del forro, que es el método más antiguo y a la vez el más sencillo conceptualmente, puede presentar distintos sistemas de ensamblaje: cosido con ligaduras vegetales, unión por doble cola de milano, sistema de espigas y mortajas, etc.

A la vez, los sistemas de ensamblaje son los que evidencian el método de construcción que se ha utilizado. Una embarcación ensamblada por medio de espigas y mortajas indica una necesidad de fortalecer el forro y por consiguiente un método de construcción sobre forro, alterno, o mixto, pero nunca sobre cuadernas.

EL METODO DE CONSTRUCCION SOBRE FORRO (SHELL FIRST)

La construcción sobre forro expuesta ya por Casson (1971) y Basch (1972), parte de la instalación de la quilla para unir después a ella y entre sí las gruesas tracas que formarán progresivamente el forro. El segundo paso será introducir una serie de varengas* y ligazones*, sin continuidad ni unión entre sí, de manera que sirvan de refuerzo transversal al forro. Estas varengas no tocan la quilla ni están unidas a ella por ningún tipo de perno o clavija. Así es como se constata en los pecios Kyrenia (S.IV a.C.), Marsala (S.III a.C.) o Titán (S.I a.C.).

Conseguir de esta forma la curvatura necesaria de cada traca, en sentido longitudinal y transversal, es una tarea sumamente costosa. Más aún cuando el espesor de cada tabla llega, en casi todos los casos, a los 5 centímetros.

La necesidad de hacer tan segura la unión entre las tablas, introduciendo como se hace en época greco-romana elementos intermedios en sus cantos (lengüetas o espigas), es consecuencia directa del sistema de construcción utilizado, en el que el forro se sustenta y se da forma por sí mismo. Cada hilada sufre una complicada conjunción de tensiones y torsiones, que sólo soportan las lengüetas y sus clavijas (Fig.10). Esta es también la razón por la cual las maderas utilizadas para dar forma a estas piezas de unión, son siempre distintas a las del resto del barco y por supuesto mucho más duras. El Kyrenia por ejemplo que fue construido totalmente con pino de Alepo tiene sus lengüetas y clavijas hechas de roble; lo mismo ocurre con el barco de Yassi-Ada hecho con madera de ciprés pero con sus espigas y clavijas también de roble (Rival, 1991).

La construcción sobre forro plantea además un grave problema estructural, que también se observa en la construcción alterna. Se trata de una fuerte tendencia de las tracas del forro a abrirse, sobre todo a proa y a popa de la embarcación. Este fenómeno explica la aparición en el barco de Laurons II (Gassend, Liou y Ximénes, 1984) de unos sobrebaos o baos postizos, colocados por encima de la cubierta que funcionan a modo de tensores. Algo parecido, aunque con un carácter más provisional, parece deducirse del pasaje de los Hechos de los Apóstoles en el que S. Pablo relata un aventurado viaje marítimo. En el momento de la tempestad, la nave utiliza unos cables de refuerzo que ciñen el casco por debajo, seguramente con el mismo fin.

Además de los testimonios arqueológicos, la construcción naval sobre forro queda atestigüada por las fuentes escritas y por la iconografía.

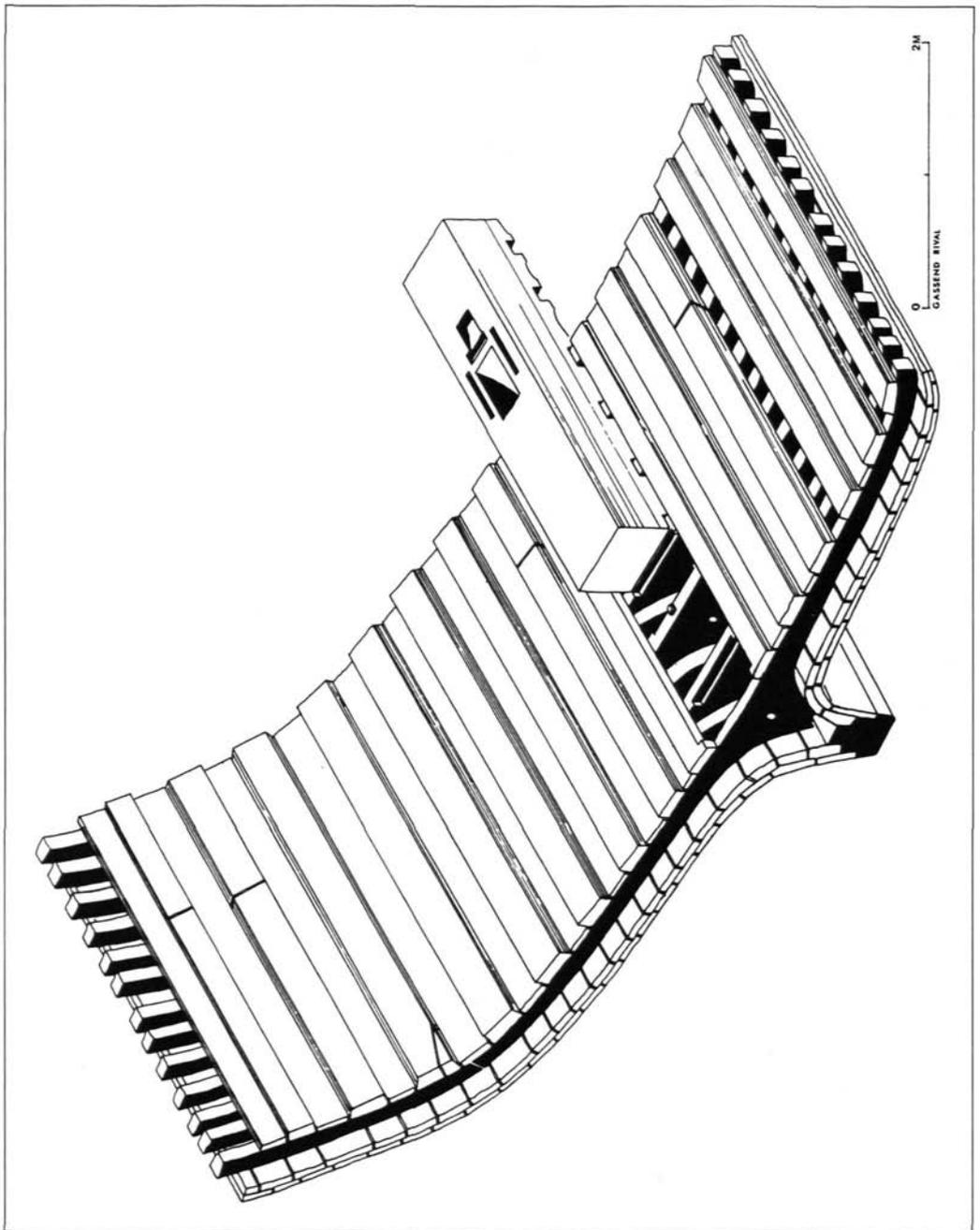


Figura 9: Estructura del casco de la Madrague de Giens. (Gassend-Rival)

Ulises en la Odisea homérica, a la que ya hemos hecho referencia, trabaja en las cuadernas de su barco después de haberlo enclavijado y ajustado por medio de lengüetas y mortajas (7). El ejemplo iconográfico, algo más polémico, es la estela de P. Longidienus, *faber navalis* romano que aparece tallando una cuaderna junto al casco del barco ya construido (S.II-III d.C.) (Fig. 11). Sin embargo, esta representación, algo tardía, podría interpretarse también como un trabajo de reparación del casco, en cuyo caso, no estaría tan evidenciado el sistema de construcción sobre forro.

LA CONSTRUCCION ALTERNA Y LA CONSTRUCCION MIXTA

En 1972 Lucien Basch, propuso la existencia de otro tipo de construcción en algunos pecios romanos conocidos, en contraposición a las teorías de Casson (1971,201) que sólo distinguía entre construcción “sobre forro” o “sobre cuadernas”.

Basch fue el primero en introducir los conceptos de cuaderna activa y cuaderna pasiva para diferenciar, en un mismo barco, las que tenían una función estructural y las que eran meros refuerzos del forro.

J.P. Cuomo y J.M. Gassend (1982) avanzando aún más en esta línea, llegaron a la conclusión de la existencia de un sistema de construcción que denominaron “alterno”, y que posiblemente se utilizase ya desde época republicana.

Este sistema de construcción se observó por primera vez en el barco de Lacydon, que fue hallado al hacer las obras del puerto de Marsella. Los restos de esta embarcación romana del S.II-III d.c. fueron conservados en una enorme cámara de liofilización (Fig.12), lo que permitió un estudio minucioso del sistema de ensamblaje de las tracas del forro. Tras descubrir la existencia de dos tipos diferentes de clavijas en las lengüetas de unión de las tracas, unas cónicas introducidas desde el exterior del forro y otras cónicas introducidas desde el interior, se dedujeron las distintas fases por las que pasó la construcción del casco de esta nave (Fig.13):

Partiendo de la quilla, se instalaron sobre ella un reducido número de varengas, sujetas por pernos metálicos. Las tracas de apuradura se montaron entonces, teniendo como guía el canto exterior de las varengas. Después de estas primeras varengas cortas, se colocó un segundo grupo de varengas de mayor longitud, no unidas a la quilla e intercaladas con las anteriores. Estas varengas se enclavijaron desde el interior del casco a las tracas del forro ya ensambladas y después se siguió forrando el casco hasta el extremo. Una vez construida esta parte del casco, se introdujeron medias cuadernas, que no llegaban a sobrepasar la quilla enclavijándolas desde el exterior. El proceso se completó con las ligazones de las cuadernas llegando así hasta la cinta de cubierta (Figs.14 y 15).

Este sistema de construcción, dio paso a un concepto mucho más moderno que se desarrollará totalmente en la Edad Media y que llegará hasta nuestros días: la construcción sobre cuadernas.

El pecio del siglo VII d.C. Yassi-Ada I plantea un sistema que se ha denominado mixto, y que podría considerarse una variante de la construcción alterna ya que, su parte inferior del casco está construida sobre el forro, mientras que su parte superior lo está sobre cuadernas. Algo similar ocurre con el barco del pantano Longarini del siglo VI d.C.

(7) Homero, Odisea, V, 246-257.

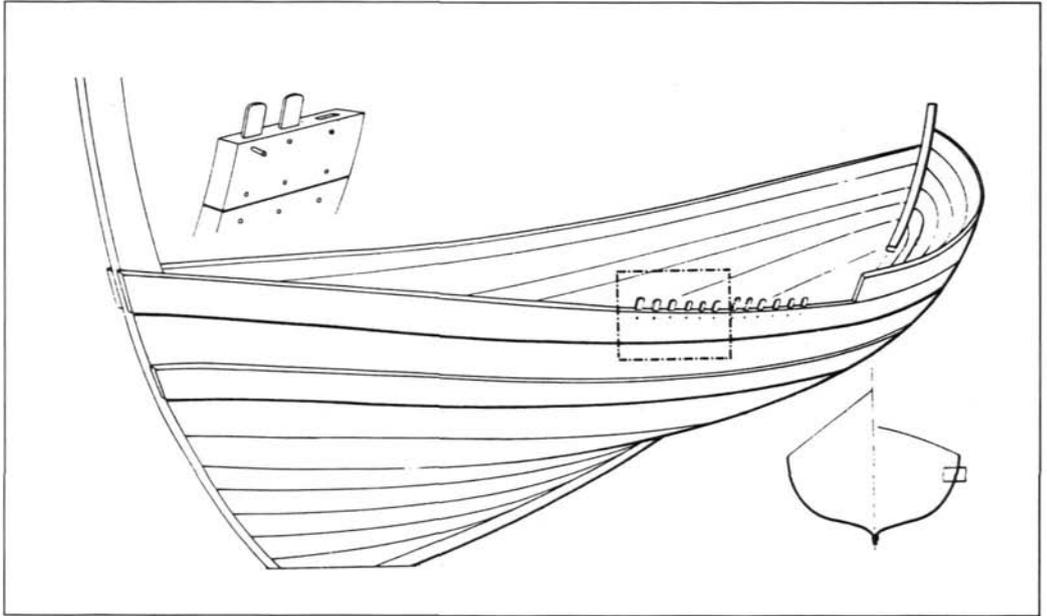


Figura 10: Sistema de ensamblaje y método de construcción del barco Kyrenia, siglo IV a.C. (H. G.Tzalas)



Figura 11: Estela funeraria de P. Longidienus. (Foto F. Saez)

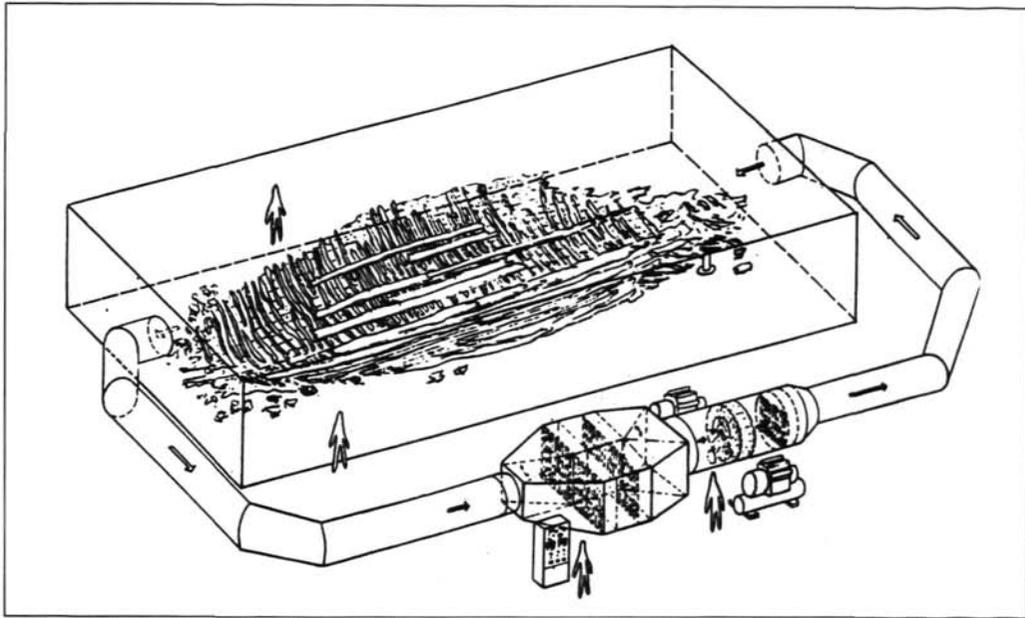


Figura 12: Sistema de conservación del barco de Marsella en una cámara de liofilización. (USIFROID)

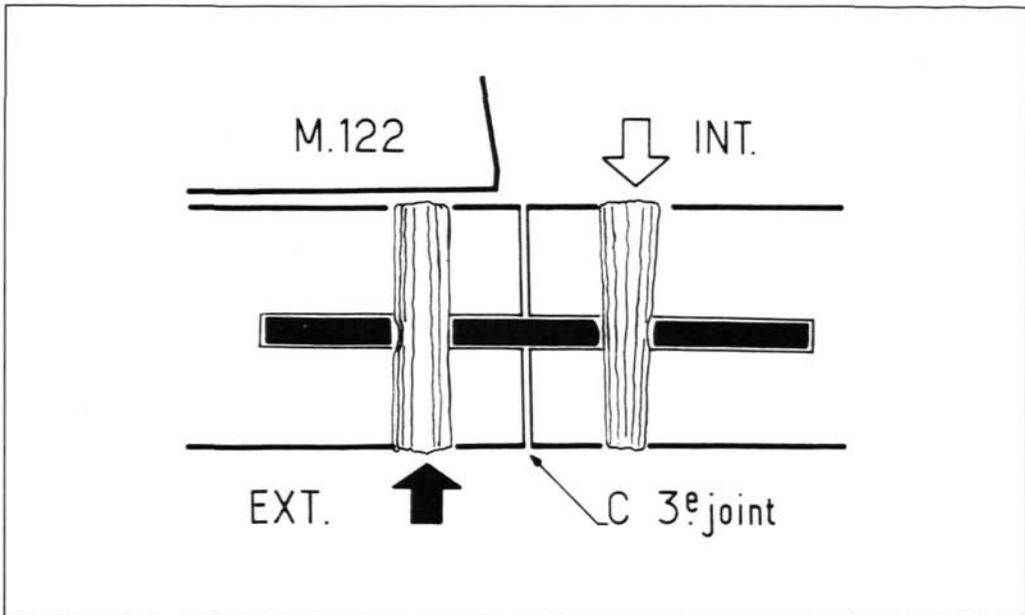


Figura 13: Sección de la unión de dos tracas en la que se muestra cómo las clavijas que aseguran las espigas pueden estar introducidas desde el interior (clavijas cónicas) o desde el exterior del casco (Clavijas cilíndricas). (Gassend-Cuomo)

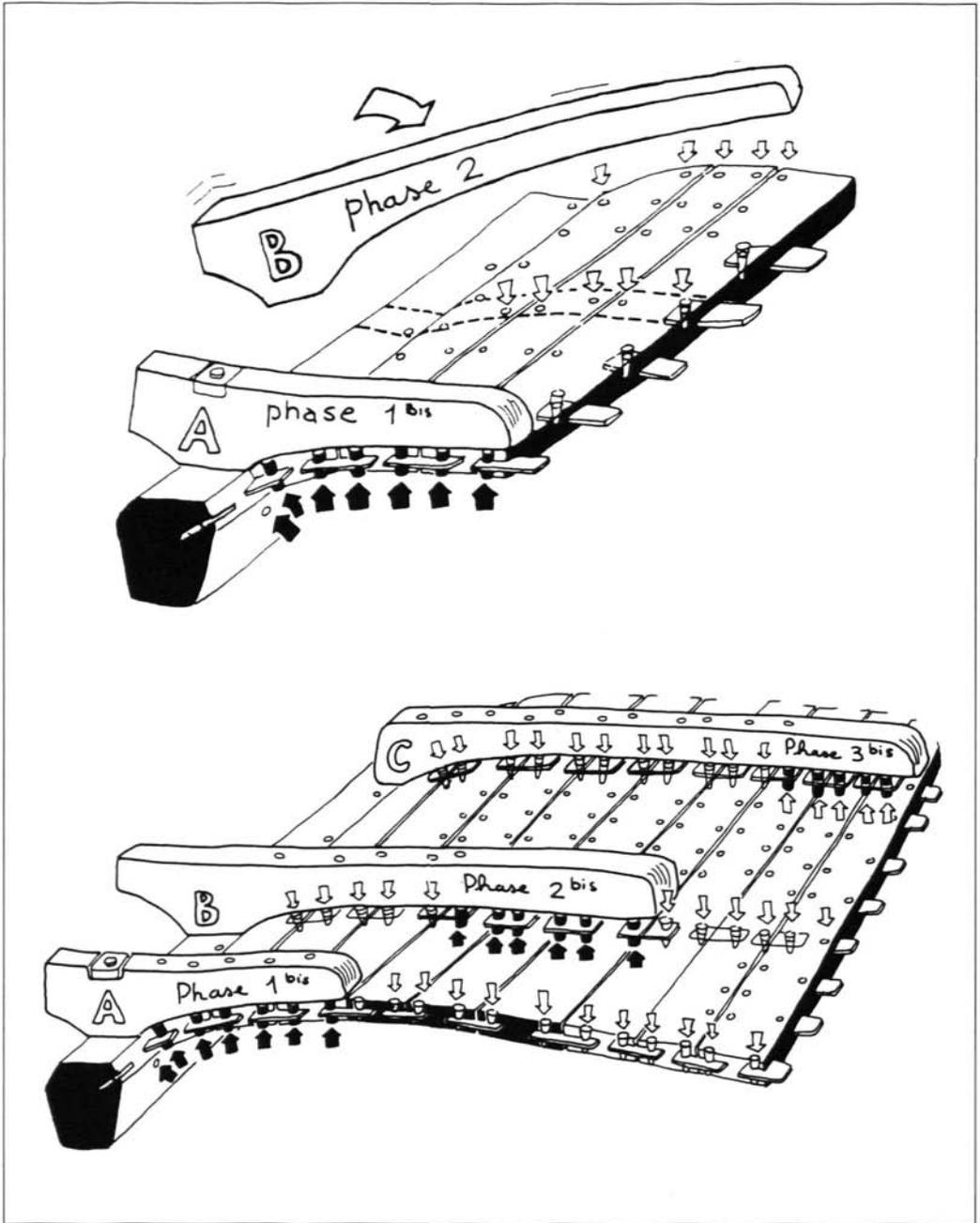


Figura 14-15: Fases de instalación de varengas y medias-cuadernas en la construcción alterna. (Gassend-Cuomo)

LA CONSTRUCCION SOBRE CUADERNAS (SKELETON FIRST)

El primer caso documentado arqueológicamente que responde a una construcción realizada íntegramente sobre cuadernas es el denominado Saint Gervais II (Sezegou, 1982), del siglo VII d.C. Este pecio (Fig.16), de unos 15 a 18 metros de eslora, presenta un forro ligeramente más delgado que otros barcos estudiados en el Mediterráneo. Sus cuadernas, por el contrario son de gran tamaño y con una clara superior a la encontrada en barcos de cronología más antigua.

La ausencia casi total de lengüetas y mortajas, localizadas sólo a proa y a popa de la embarcación, es también significativo de un cambio en el sistema de construcción. Las hiladas del forro, así como las tracas de aparadura, aparecen sólidamente unidas a las cuadernas, y las varengas se unen a su vez a la quilla por medio de pernos. Todos estos datos apuntan hacia un sistema de construcción muy similar al actual, que se caracteriza por la instalación de las cuadernas como primer paso, para ensamblar posteriormente el forro del casco, sin embargo, el hecho de que algunas cuadernas no estén unidas a la quilla indica, que posiblemente se construyó en dos fases.

Esta evolución culmina en el desarrollo generalizado del sistema de construcción sobre cuadernas tal y como muestran los pecios de Serce Liman del siglo XI (Steffy, 1982), Agay, del siglo X (Trabelsi, 1981) y Pelagos del siglo XII (Throckmorton y Kitzas, 1971).

Algunos autores, comparando los pecios de Saint Gervais y Yassi-Ada I, plantean la posibilidad de que fuera el mundo Occidental el primero en adoptar el método de construcción sobre cuadernas, mientras que el Mediterráneo Oriental aún seguía una tradición marcadamente greco-romana (Muckelroy, 1978)

Pero, ¿qué motivos impulsaron a los antiguos carpinteros de ribera a pasar de la construcción sobre forro a la construcción sobre cuadernas?

Hoy por hoy no tenemos datos suficientes para intentar un razonamiento que argumente este importante cambio tecnológico. Tan sólo es seguro que este cambio comenzó en época romana.

Muckelroy atribuye este cambio a una necesidad de simplificar la construcción, para poder trabajar con mayor rapidez. Es evidente que construir un barco partiendo de una estructura transversal para después forrarlo con delgadas tablas clavadas a las cuadernas, es más sencillo y menos laborioso que tener que realizar miles de pequeñas lengüetas y clavijas con sus correspondientes mortajas. Estas además, han de coincidir exactamente para unir una a una las tracas del forro que después serán reforzadas por cuadernas hechas a medida.

Quizá esta simplificación responda a una progresiva escasez de mano de obra cualificada o a una necesidad cada vez mayor de armar flotas en poco tiempo. También pudieron ser causas económicas las que obligasen a reducir la cantidad de madera utilizada; sin embargo, entre la construcción sobre forro y la alterna el volumen estimado de madera necesaria creemos sería similar.

En nuestra opinión estamos ante un cambio, no sólo tecnológico o económico, sino más bien ante un cambio en el concepto de la construcción. Cambio que indica un momento de desarrollo de la carpintería en general. El gráfico de tipos de madera utilizados en la construcción de los pecios más importantes del Mediterráneo confeccionado por Rival (1991,86) nos aporta un dato importante en este sentido. En los barcos anteriores al siglo I a.C. las diferentes piezas del casco están construidas prácticamente con dos o tres tipos de madera.

Un ejemplo podría ser el barco de la Madrague de Giens hecho en su mayoría con olmo, roble y abeto. Sin embargo, a partir de esta época, se diversifican las especies de madera utilizadas. El barco de Marsella del siglo II-III d.C. utiliza ciprés, pino negro, pino de Alepo, alerce,

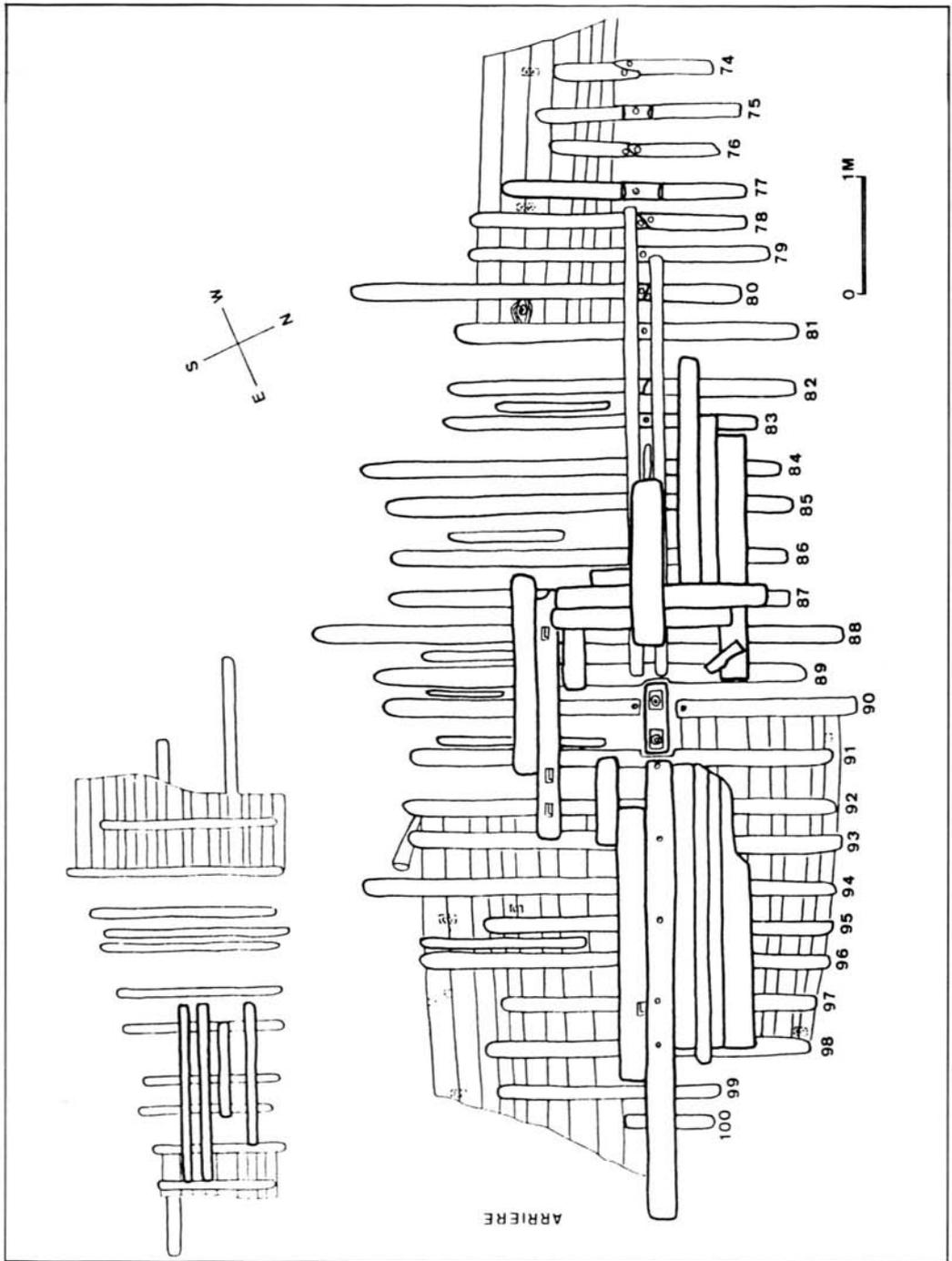


Figura 16: Planimetría del barco de Saint-Gervais en Fos-sur-mer. (M. P. Sezegou)

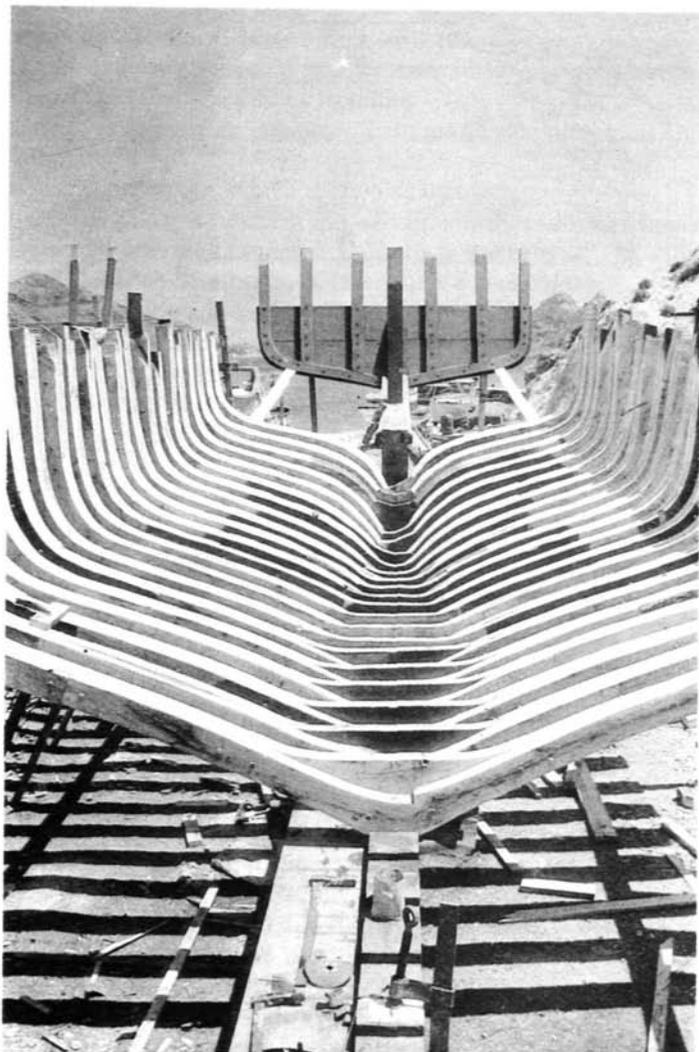


Figura 17: Armazón de cuadernas dobles en una embarcación artesanal actual.(Foto C. León)

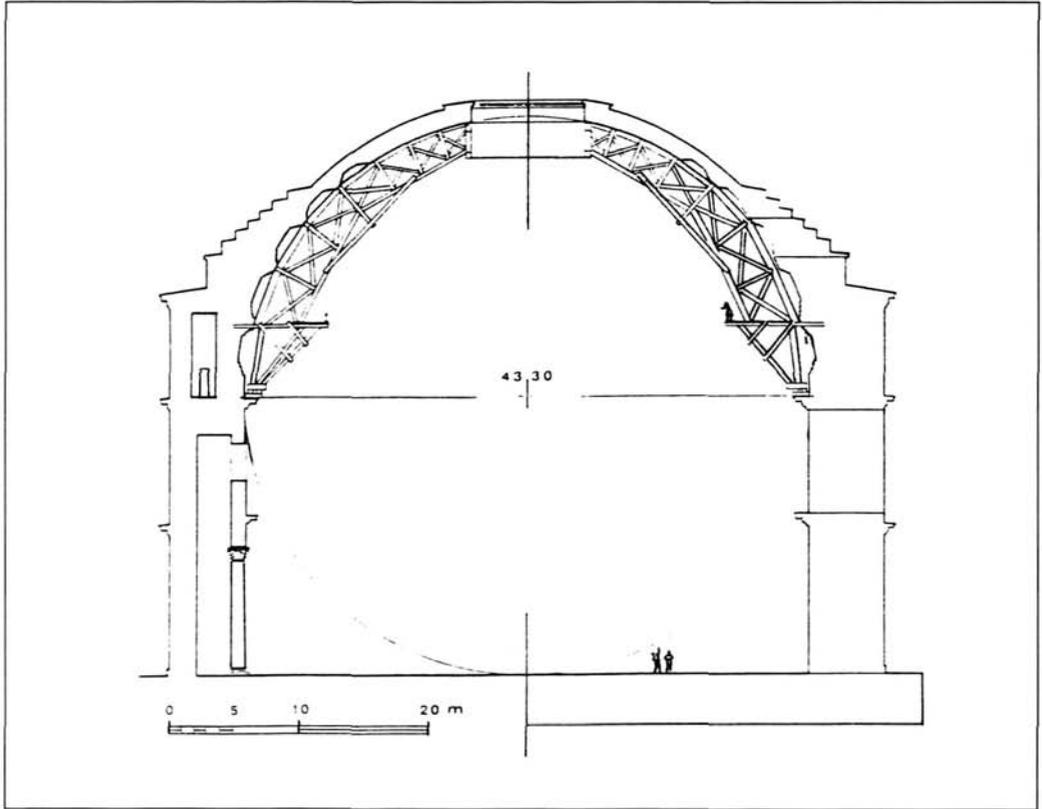


Figura 18: Cimbra de madera para la construcción de una cúpula.(J. P. Adam)

pino silvestre, roble, etc. lo que indica, en nuestra opinión, un mejor conocimiento de las características y aplicaciones de cada especie de madera y una mayor disponibilidad de tipos diferentes.

Por otro lado, también la construcción arquitectónica, en los primeros siglos del Imperio romano es testigo de la generalización de un sistema constructivo ciertamente innovador, el *opus caementicium*, sistema basado, no en la superposición de elementos o unidades de construcción, (ladrillos, sillares) sino en la elaboración de un armazón de madera que da forma a lo que se desea edificar, recubriendo o rellenando posteriormente con la argamasa.

Tal vez, este cambio conceptual en la arquitectura que supone la necesidad de crear primero una armadura de madera, pudo dar la pista a los carpinteros navales, para cambiar paulatinamente su principio de construcción a la vez que estimuló el desarrollo de la carpintería en todas sus ramas. Posiblemente, la construcción naval fue acercándose así al concepto de la construcción transversal mediante armadura o lo que es lo mismo, la construcción sobre cuadernas.

GLOSARIO DE TERMINOS NAUTICOS

*Bao: cada uno de los maderos que atraviesan de babor a estribor la embarcación y sirve para aguantar los costados y sostener la cubierta. La curvatura del bao se denomina brusca.

*Clavijas: trozo de madera, de pequeño tamaño y forma cilíndrica o troncocónica, utilizada para unir las llaves a las tablas.

*Cuadernas: cada una de las piezas curvas, perpendiculares a la quilla que forman el costillaje de la nave, compuesta por varenga, genol y ligazones.

*Espiga: terminación afinada de una pieza. Extremo de una pieza para entrar como macho en la cajera de otra.

*Forro: conjunto de tablas que cubren el casco de un barco.

*Ligazones: diversas piezas de madera que se van empalmando sucesivamente en prolongación de las varengas y genoles para formar el conjunto de la cuaderna.

*Mortaja: entalladura que sirve para alojar la lengüeta que une dos tracas.

*Sobrequilla: pieza paralela a la quilla y situada sobre las cuadernas y que sirve para unir las y reforzar el casco longitudinalmente.

*Tracas: hiladas de tablas en los forros y cubiertas del barco.

*Tracas de aparadura: sobrenombre de las dos primeras tracas del forro exterior contando a partir de la quilla.

*Varengas: pieza curva que se pone de babor a estribor sobre la quilla para formar la cuaderna.

BIBLIOGRAFIA

- ARRIBAS, A. et Alii 1987: *El barco del Sec*, estudio de los materiales, Mallorca.
- BASCH, L. 1972: "Ancient wrecks and the archaeology of ships", *International Journal of National Archaeology* 1, 1-ss
- ... 1976: "Le navire cousu de Bon Porté", *Cahiers d'archéologie subaquatique*. V, 37-42.
- BASS, G.F. y VAN DOORNICK F.H. 1982: *Yassi Ada I, a seventh century Byzantine shipwreck*, College Station.
- CARRAZE, F. 1977: "Mediterranean hull types compared 3. The Jaune-Garde B wreck at Porquerolles (France)", *I.J.N.A.* 6.4, 299-303.
- CASSON, L. 1971: *Ships and seamanship in the ancient world*, Princeton.
- COLLS, D. 1987: *L'épave Sant Jordi I (Majorque)*, Paris.
- FOERSTER, F. 1988: *Construcción Naval Antigua*, Barcelona.
- FROST, H. 1974: "The Punic wreck in Sicily", *I.J.N.A.* 3.1, 35-54.
- GASSEND, J.M. y CUOMO, J.P. 1982: "Un acquis recent des recherches d'architecture navale: la "construcción alternée" des navires antiques", *VI Congreso Internacional de Arqueología Submarina*, Cartagena, 343-350.
- GASSEND, J.M., LIU, B y XIMENES, S. 1984: "L'épave 2 de l'anse des Laurons", *Archaeonautica*, 4, 75-105.
- JONCHERAY, J.P. 1976: "L'épave grecque ou étrusque de Bon Porté", *Cahiers d'archéologie subaquatique*. V, 7-36.
- LIPKE, P. 1984: "The Royal Ship of Cheops" *B.A.R. INTER. SER.N.225*.
- MC GRAIL, S. 1983: *Ancient Boats*, Haverfordwest.
- MUCKELROY, K. 1978: *Maritime Archaeology*, Cambridge.
- RIVAL, M. 1991: *La charpenterie navale romaine*, Paris.
- SEZEGOU, M.P. 1982: "Elements de construction sur couples observes sur une épave du Haut Moyen-Age decouverte a Fos-sur-mer (Bouches-du-Rhone)", *VI Congreso Internacional de Arqueología Submarina*, Cartagena.
- SLEESWYK, A.W. 1980: "Phoenician joints, coagmenta punicana", *I.J.N.A.* 9.3, 243-244.
- STEFFY, J.R. 1982: "The reconstruction of the 11th century Serce Liman vessel", *I.J.N.A.* 11.1, 13-34.
- ... 1985: "The Kyrenia ship: An interim report on its hull construction", *A.J.A.* 89.1.
- TRABELSI, A. 1981: "Les épaves Sarrazines", *Actes du III Congrès International de l'Association Internationale pour l'Etude des Civilisations Méditerranéennes*, Djerba.
- THROCKMORTON, P. y KITTZAS, C. 1971: "Exploration of a Byzantine Wreck at Pelagos Island near Alonnessos", *Athens Annals of Archaeology*, IV, 243-ss.
- VANN, R.L. 1991: "The Drusion: a candidate for Herod's lighthouse at Caesarea Maritima", *I.J.N.A.* 20.2, 123-139.