

LAS UNIDADES DE MEDIDA ESPAÑOLAS EN LOS SIGLOS XVI Y XVII

José Luis RUBIO SERRANO

Medidas de longitud.

Las equivalencias en el sistema métrico actual de las medidas de longitud españolas antiguas quedaron aclaradas y definidas en el siglo pasado por la Comisión del IV Centenario del Descubrimiento. Todas las medidas de longitud usadas oficialmente en España hasta la implantación del sistema métrico decimal derivan de la *vara castellana*. Las que nos interesan desde el punto de vista de la arquitectura naval son: *palmo*, *dedo*, *codo*, *pie de Burgos*, *pulgada* y *línea*.

Vara castellana.—Se admite hoy que la vara castellana equivalía a 0,8359 metros.

Palmo.—Es la cuarta parte de una vara castellana, equivalente a 0,209 metros aproximadamente.

Dedo.—Doceava parte de un palmo (1/48 de vara castellana), equivalía a 17,4 milímetros aproximadamente.

Codo.—El codo real o codo de ribera se definía en un principio como las dos terceras partes de una vara (2/3 de vara castellana). En su *Instrucción Náutica* de 1587, Diego García de Palacio escribe:

Hácese pues la quenta de las naos, generalmente por codos, que dos pies (de Burgos), o dos tercias de vara hacen un codo.

En 1611 Tomé Cano también define el codo como los dos tercios de una vara en su obra *Arte para Fabricar, Fortificar y Aparejar Naos de Guerra y Merchante*.

Según esto, un codo serían 2/3 de 0,8359 metros, equivalente a 0,5373 metros, aproximadamente. Pero las ordenanzas de 1613 (núm. 103) establecen la medida del codo de ribera en la siguiente forma:

Todos los galeones o otras suertes de Navíos referidos assi mios (Felipe III) como de particulares se han de fabricar y Arbolar por las susodichas medidas y trazas con las mesmas fortificaziones sin discrepar en nada y el «codo con que se han de dar las medidas» ha de ser el mesmo que sa usado en mis fabricas de Navios y Armadas que es de dos terzios de bara medida castellana y «un treynta y dos avo de las dos terzias».

De tal forma, un codo será: $\frac{2 \times 0,8359}{3} \times 1^{1/32}$ (1,03125)

o, lo que es lo mismo: $\frac{22 \times 0,8359}{32} = 0,57468$ metros.

Este es el valor admitido hoy para la medida del codo de ribera o codo real.

El codo se dividía en fracciones de quebrado. Así, se daban medidas fraccionarias de medio (1/2) codo; un tercio (1/3); un cuarto (1/4); un quinto (1/5); un sexmo (1/6); un ochavo (1/8); y medio ochavo (1/16) de codo. Para las medidas menores de 1/16 (medio ochavo) generalmente fraccionaban de nuevo esta medida en medios, tercios, etc.; aunque hemos visto que también se manejaban fracciones pequeñas, como un treintaidosavo (1/32).

Algunas medidas, como el *grosor* (circunferencia) de los palos de la arboladura se dan en palmos y también en pulgadas, en las ordenanzas de 1613 y 1618. La pulgada era la veinticuatroava parte (1/24) de un codo; pero también era la doceava parte (1/12) de un pie de Burgos. Mientras el codo fue considerado como dos tercios de vara, e igual a dos pies de Burgos (García de Palacio, 1587), una pulgada de codo y una pulgada de pie de Burgos (pulgada castellana) eran exactamente lo mismo. Pero, al definirse en 1613 el valor del codo como dos tercios de vara y *un treintaidosavo (1/32) más*, la pulgada de codo resultaba:

$$\text{Pulgada de codo} = \frac{0,57468}{24} = 0,0239 \text{ metros,}$$

valor que es ligeramente superior a la pulgada de pie de Burgos, equivalente a 0,0232 metros.

La medida de codos era utilizada todavía en 1691 por Garrote, y en 1720 por Gaztañeta. Pero estos autores dan las medidas menores de un codo siempre en pulgadas. Suponemos que eran pulgadas de codo porque así vienen relacionadas en la *Nueva Fabrica de Baxeles Españoles* de Antonio Garrote.

Pie de Burgos.—A partir de 1738, la medida considerada oficial en España hasta la implantación del sistema métrico decimal fue el pie castellano o pie de Burgos (quizá por no haber sufrido alteraciones como había ocurrido con el codo). El pie de Burgos ha sido siempre la tercera parte de una vara castellana, por lo que equivale a 0,2786 metros aproximadamente. Se dividía en doce pulgadas de doce líneas por pulgada.

Pulgada castellana.—Es la doceava parte de un pie de Burgos, equivalente a 0,0232 metros aproximadamente (por tanto, unas siete décimas de milímetro menor que la pulgada de codo).

Línea.—Doceava parte de una pulgada castellana, equivalente a 0,0019 metros aproximadamente (una décima menor que dos milímetros).

Incluyendo la braza, medida utilizada para sondar y medir profundidades, que equivale a dos varas castellanas o seis pies de Burgos, las medidas de longitud españolas usadas en construcción naval son:

Desde la Edad Media hasta 1738:

Vara castellana	0,8359 m. aprox.		
Palmo	0,2090 »	»	
Dedo	0,0174 »	»	
Codo Real	0,5747 »	»	
Pulgada de codo	0,0239 »	»	

Desde 1738 hasta la implantación del sistema métrico decimal:

Vara castellana	0,2786 m. aprox.		
Pie de Burgos	0,2786 »	»	
Pulgada de Burgos	0,0232 »	»	
Línea	0,0019 »	»	
Braza	1,6718 »	»	

Aunque las unidades de medida utilizadas en la construcción naval desde 1738 eran el pie de Burgos, la pulgada y la línea, la vara castellana siguió siendo la unidad de medida oficial para toda clase de usos, hasta la implantación del sistema métrico decimal. En 1750, el entonces ministro de Marina, Marqués de la Ensenada, comunica al capitán general del Departamento de Cádiz, Marqués de la Victoria, una real orden que decía así:

Haviendo resuelto el Rey que en todos los Departamentos y Arsenales de Marina y las Academias assi para la enseñanza de las Mathematicas y todo vso, y explicacion de Medidas, como en cualquiera obras y operaciones, se sigan la de la vara Castellana, y suñ partes establecidas en este Reyno; lo prevengo a V.E. de Orden de S. M. para su inteligencia y cumplimiento. Se note esta resolución en las Ordenanzas para que conste en ellas. Dios guarde a V.E. muchos años como deseo, Madrid 14 de julio de 1750. El Marqués de la Ensenada (1).

Para las distancias geográficas se usaba la legua marina, que en España, Inglaterra y Portugal es la vigésima parte de un grado del meridiano terrestre, equivalente a 5555,5 metros.

Medidas de superficie.

No aparecen en las medidas y dimensiones de las naves, a no ser para las superficies de las velas; y aun en éstas se medían por la longitud, en codos, de los lienzos necesarios, teniendo estos lienzos, o piezas de paños, un ancho fijo determinado. En algunas regiones, como Cataluña, se usaba (y se usa todavía) el palmo cuadrado; pero en la actualidad se aplica solamente a superficie de terrenos y solares.

(1) Este documento ha sido publicado en el número 16 de la *Revista de Historia Naval*.

Medidas de capacidad y medidas de volumen.

Desde tiempos inmemoriales se han venido clasificando las naves según la capacidad de carga que podían transportar. Incluso las de armada seguían este criterio, que definía el tamaño de una nave. Sólo hacia mediados del siglo XVIII, las naves de guerra empiezan a clasificarse por el número de cañones, estableciéndose las clases de *primer orden* (100 o más cañones), *segundo orden* (90 cañones), *tercer orden* (74 cañones), etc.

Si las equivalencias de las medidas antiguas de longitud están hoy perfectamente definidas, no ocurre lo mismo con las medidas de capacidad. Existe todavía bastante confusión y algunos errores de concepto en lo que se refiere a estas unidades de medida usadas en España durante los siglos XVI y XVII para calcular el porte de las naves. La confusión existente respecto al valor de estas unidades, unido al hecho de que no se han estudiado suficientemente los métodos de arqueología que se utilizaban, ha tenido como consecuencia que no se hayan aclarado todavía las dimensiones, formas y tamaños de las naves de esa época, por lo que las reproducciones que se han intentado son hipotéticas y poco fiables. Sin embargo, disponemos de infinidad de datos contenidos en ordenanzas y otros documentos que, una vez ordenados y clarificados, nos permiten una reproducción prácticamente exacta de los famosos, pero poco conocidos en detalle, naos y galeones españoles de la Carrera de Indias. Comenzaremos por aclarar los valores reales de las medidas de capacidad y volumen que utilizaban para calcular el arqueología y porte atribuido a las naves.

Las medidas de capacidad más usuales desde el siglo XII hasta el siglo XV eran las *salmas* en Castilla, *botas* en Cataluña y *toneles* en los pueblos vasco-cántabros. Otras medidas de capacidad eran las *pipas*, usadas en Castilla, Aragón y Andalucía, aunque con distintos valores según la región. La capacidad de las pipas de Castilla dio origen al *tonel macho* y de éste derivó la *tonelada*. El tonel macho era ya una medida de volumen cuya equivalencia en metros cúbicos puede ser determinada con toda exactitud. Las toneladas que se mencionan en los documentos del siglo XVI eran también, en su origen, la misma medida de volumen que un tonel macho. En la segunda mitad del siglo se generaliza el uso de la palabra tonelada para expresar el porte de las naves. El cálculo del porte (arqueología) se hacía en toneles machos, aunque se expresase en toneladas. Hacia finales del siglo XVI, al resultado de los cálculos en toneles machos se aplicaban ciertas modificaciones y correcciones, según veremos más adelante. Debido a dichas correcciones, las toneladas no expresaban ya el volumen real de la bodega, sino el porte oficial o porte de registro atribuido a cada nave, que incluso podía ser distinto para una misma nave según fuese mercante o de armada.

Pipas.—Las pipas medían diferente capacidad según las distintas regiones españolas. La pipa de Castilla medía 27 arrobas y media, equivalentes a 436 litros. Las de Aragón y Cataluña medían unos 483 litros; las de Cádiz, 516, y las de Málaga, 583 (2).

(2) Según la *Enciclopedia General del Mar*. Ediciones Garriga, Barcelona, 1982.

Tonel macho.—Los toneles en que se expresaba el porte de las naves del siglo XVI eran una medida de volumen perfectamente establecida desde finales del siglo XV. En el libro *Despacho de Armadas* de 1496 de la Casa de la Contratación de Sevilla (3) consta que dos pipas de Castilla hacían el volumen de un tonel. Este volumen era de ocho codos cúbicos de ribera. Puesto que un codo lineal medía 0,57468 m., el volumen de un tonel era:

$$0,57468^3 \times 8 = 1,518 \text{ metros cúbicos}$$

A esta medida se le llamó *tonel macho* probablemente porque procede de los toneles que se usaban en la costa vasco-cántabra en la antigüedad para el transporte de mercancías.

Los toneles vizcaínos antiguos (también llamados por algunos autores toneles cántabros) debieron existir realmente como recipientes en forma de barricas o cubas de madera. Su capacidad exacta nos es desconocida, pero debían medir aproximadamente dos pipas de Castilla.

El Rey Pedro IV dice en su crónica de 1353 sobre la batalla de Alguer:

...E eran dos naos de Castilla, é la una rae de Castro Urdiales, que decían la «Rosa de Castro», que era de doscientos toneles...

Estos toneles podrían ser antiguos toneles vasco-cántabros. Pero la mención de que eran dos naos de Castilla nos inclina a pensar que estos toneles eran la misma medida que después se llamó tonel macho.

Toneladas.—Con frecuencia aparecen en publicaciones especializadas diversos criterios sobre la equivalencia de las toneladas que se mencionan en documentos del siglo XVI. Se han hecho también algunas especulaciones sobre la existencia de diferentes clases de toneladas, tales como *toneladas andaluzas*, o *toneladas de Sevilla* y *toneladas vizcaínas*, atribuyéndose distintos valores a cada una de estas supuestas unidades (4).

Pero, en realidad, no existían (al menos no se usaban oficialmente) diferentes clases de toneladas en el siglo XVI. Las toneladas que se mencionan en los documentos de la época no son otra cosa que una unidad de volumen exactamente igual al tonel macho, equivalente a 1,518 metros cúbicos. Lo que ocurre es que los métodos de arqueo variaron en el transcurso de este siglo. Además, a finales del siglo XVI, después de hacer el cálculo del arqueo obteniendo el volumen del casco en toneles, se aplicaban ciertos coeficientes correctores que modificaban el porte resultante de los cálculos. Esto se hacía por las razones que explicaremos.

(3) La Casa de la Contratación de Sevilla se creó en 1503. El libro *Despacho de Armadas*, de 1496, debió incorporarse a la documentación de la Casa al crearse ésta.

(4) Ver, por ejemplo, folleto del Museo Naval de Madrid, *Naves del Descubrimiento*, Madrid, 1983, pág. 11; y artículo *Ante el V Centenario*, publicado en la «Revista General de Marina», Madrid, septiembre de 1985, pág. 252.

La construcción y flete de las naves españolas del siglo XVI pertenecientes a particulares estaba subvencionada por la Corona, en mayor o menor cuantía según el período, a fin de estimular las construcciones navales con destino a las flotas de Indias. Estas subvenciones eran lo que se llamaban *acostamientos*. Los primeros que, al parecer, implantaron estos estímulos fueron los Reyes Católicos.

El antecedente más antiguo que hemos encontrado sobre estos aumentos que se daban en el tonelaje oficial o porte de registro, es la cédula de 13 de febrero de 1552, que se incorporó a las ordenanzas 127, 152, 164 y 217 de la Casa de la Contratación y fue publicada en Sevilla el 24 de marzo de 1553 como *Ordenanza en lo que toca a la navegación de la Indias*.

Esta ordenanza clasificaba las naves de distinto porte, agrupándolas en tres categorías, a efectos de asignar el armamento y bastimento que debía llevar cada nave según la categoría en que quedaba incluida. La ordenanza decía textualmente:

Naos que uvieren de yr a Indias de que porte deven ser. Primeramente, el porte de las naos que han de navegar para las Indias, ha de ser de cient toneladas machos arriba.

Item, que para effeto del artilleria y municiones que los navios han de llevar, se entienda de ciento y veinte toneles (...).

Al ordenar las naves que han de ser incluidas dentro de la tercera categoría, que llaman de *Dozientos y Cinquenta Toneles*, dicen textualmente:

Que se entiende (quiere decir que se incluyan aquí las naves) dende dozientos y veynte hasta dozientos y setenta; y assimismo se entienda dende dozientos setenta hasta trezientos y veynte (...).

Respecto al emplazamiento de las piezas de artillería, dicen:

La cual dicha artillería se ha de repartir segun esta dicho en los lugares donde el visitador señalare antes de que la nao tome carga.

Los lugares donde habrían de instalarse las piezas de artillería no podían ser otros que la cubierta principal o primera cubierta para los cañones más pesados; y la segunda cubierta, o cubierta *de la puente*, para las piezas más ligeras, caso de que la nave tuviera más de una cubierta.

Se ordenaba que las piezas debían instalarse antes de tomar la carga, quedando ocupada gran parte de la cubierta, que quedaba inutilizada como espacio útil para las mercancías. Esto suponía un quebranto económico para los armadores o dueños de las naves por la menor cantidad de carga que eran capaces de transportar. Para paliar este quebranto debió ordenarse aumentar el porte oficial asignado a cada nave a fin de que los particulares percibieran mayores cantidades por el concepto de *acostamiento*, ya que estas subvenciones se pagaban por tonel o tonelada registrados. Se trataba de compensar así la pérdida de ingresos por la menor carga que podían llevar.

Según se deduce de la cédula de 1552, los aumentos o bonificaciones que se daban sobre el tonelaje real o capacidad de cada nave, eran los siguientes:

Para naos de 100 toneles debe entenderse 120 ton. (+ 20 %).

Para naos de 220 toneles debe entenderse 270 ton. (+ 22 %).

Para naos de 270 toneles debe entenderse 320 ton. (+ 18 %).

La media resultante de estos incrementos sobre el porte o capacidad real que daban los cálculos del arqueo es del 20 por 100. Este mismo porcentaje es el que aumenta Cristóbal de Barros en 1590 a las naves de armada, además de otros coeficientes modificadores que veremos en su momento. Esta nueva fórmula del arqueo fue incluida en los cálculos del porte de cada clase de nave en las Ordenanzas de 1607. Las nuevas Ordenanzas del año 1613 añaden este 20 por 100 al porte resultante de los cálculos también para las naves mercantes.

Durante la primera mitad del siglo XVI el porte de las naves se expresaba casi siempre en toneles, y algunas veces en toneladas, pero ambas cosas significaban lo mismo (5). En la segunda mitad del siglo se fue generalizando el uso de la palabra tonelada, aunque no faltan documentos cuyos autores se expresan todavía en toneles o toneladas, indistintamente. Uno de estos documentos es el discurso que el capitán Sancho de Achiniéga dirigió a Felipe II en 1578 pidiéndole mayores estímulos para la construcción naval. En este discurso, Achiniéga usa la palabra toneles; pero en uno de los párrafos del discurso escribe toneladas, refiriéndose a la misma clase de naves. El que Achiniéga escriba toneles debe ser un arcaísmo en su forma de expresión porque, en 1590, el mismo Sancho de Achiniéga escribe siempre toneladas en su memorial sobre la conveniencia de construir naves más pequeñas, dirigido también a Felipe II.

De todas formas, durante el último tercio del siglo XVI, prácticamente todos los autores se expresaban siempre en toneladas para toda clase de naves. Así lo hacen Juan Escalante de Mendoza en 1575, Diego García de Palacio en 1587 y Tomé Cano en 1608.

Precisamente, la creencia errónea de que los toneles y las toneladas que se mencionan en los documentos del siglo XVI eran diferentes unidades de

(5) Algunos ejemplos de naves de guerra de la primera mitad del siglo XVI cuyo porte se dice en toneladas:

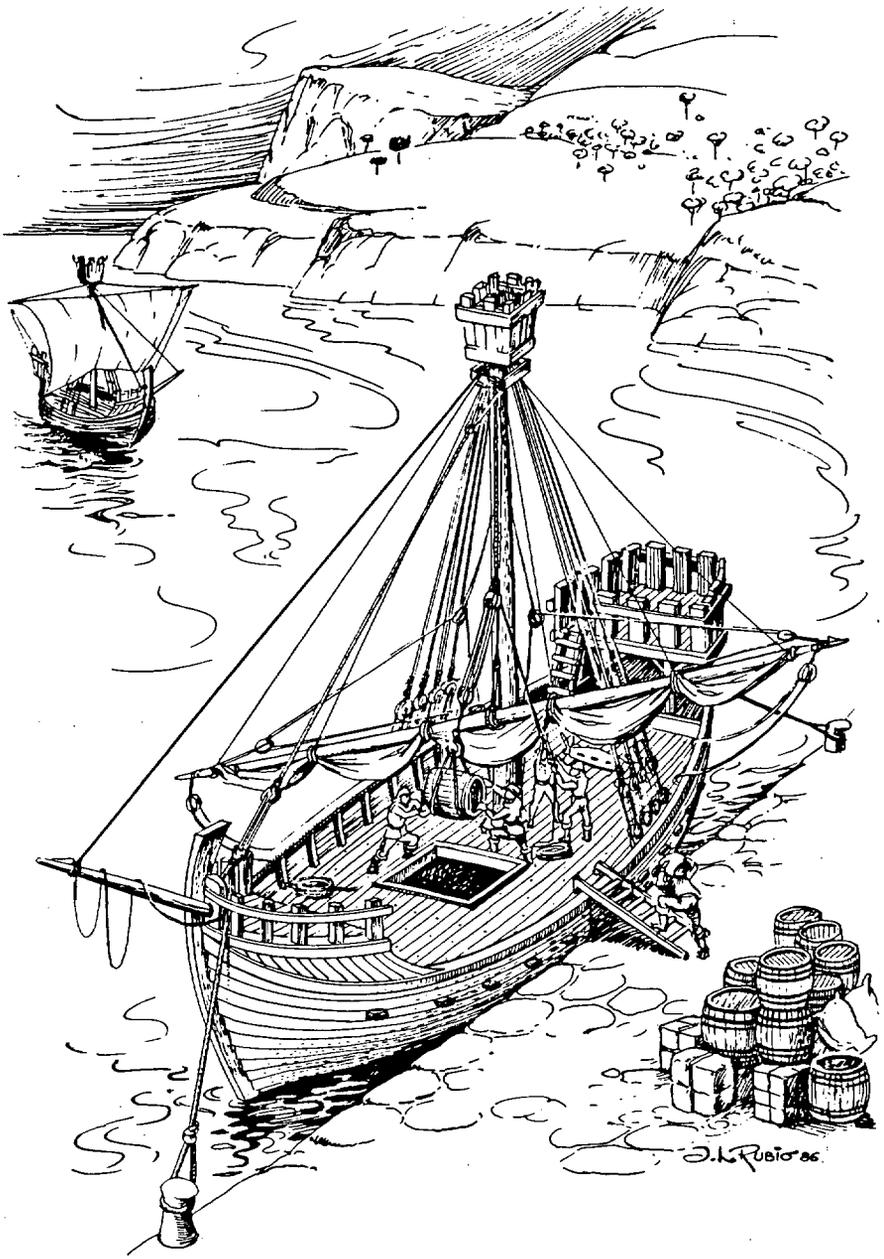
15-10-1502.—Real provisión mandando hacer carracas de guerra de 1.500 toneladas arriba.

15-4-1515.—Orden a Juan de Acuña para hacer nao de armada de 950 toneladas.

8-10-1540.—Asiento con D. Alvaro de Bazán para la guarda del Estrecho. Dos galeazas de 800 y 1.200 toneladas y dos galeones de 1.300 toneladas en total.

16-10-1541.—Para traer oro de Tierra Firme, que era mucho, se mandaron armar cuatro navíos de 200 y 150 toneladas.

(De la colección de documentos extractados por D. Cesáreo Fernández Duro en su *Armada Española*).



medida proviene de la explicación que da Escalante de Mendoza en su manuscrito *Itinerario de Navegación*, del año 1575. Dice Escalante (6):

En nuestra España hemos usado y usamos de este nombre toneladas, el cual modo de hablar y medir se nos quedó de los mareantes vizcaínos de ciertos toneles que en su tierra y en sus naos acostumbran a cargar, y assi, ellos se dan a entender por toneles, y, nosotros, en nuestra navegación por toneladas; pero no es todo una misma cosa, ni una medida; porque diez toneles de Vizcaya son doce toneladas de las nuestras; y, así va a decir de lo uno a lo otro veinte por ciento.

Escalante debe referirse al origen vasco de la medida de volumen para el cálculo del arqueo que se usaba en España en el siglo XVI, que era el tonel macho, según hemos dicho antes. Es comprensible que de la explicación que hace Escalante de Mendoza se haya deducido que tonel y tonelada eran dos medidas diferentes, en las que un tonel equivaldría a 1,2 toneladas. Pero no era así en lo que se refiere a las medidas del siglo XVI. Los toneles del siglo XVI eran siempre toneles machos. Como medidas de volumen eran exactamente lo mismo que las toneladas: ocho codos cúbicos de ribera equivalentes a 1,518 metros cúbicos. Veitia (7) corrobora esto cuando, en su *Norte de Contratación de las Indias Occidentales*, de 1672, dice que según una cédula de 1552, se declaró que el porte de las naos que hubieren de navegar para las Indias fuese de cien toneles machos para arriba, añadiendo: *que en 1552 se entendía por tonel lo mismo que cuando él escribía (1672) se entendía por tonelada; esto es, el «buque» (volumen) que ocupaban dos pipas de veintisiete arrobas y media.* La cédula a que Veitia se refiere es, sin duda, la de 13 de febrero de 1552 que antes hemos mencionado.

El hecho de que haga esta aclaración parece indicar que ya en 1672 existían ciertas dudas acerca del valor de toneles y toneladas.

No obstante, como medida del porte oficial de las naves, tonel macho y tonelada sí reflejan magnitudes diferentes en las Ordenanzas de 1613. El porte de los navíos y galeones clasificados en estas ordenanzas está calculado en toneles machos. Al resultado se añadía el 20 por 100, además de una deducción del 5 por 100 según veremos más adelante. Este 20 por 100 se añadía para compensar el volumen que hubiere entre la primera y la segunda cubierta, volumen que no se incluía en los cálculos del arqueo. El resultado final se expresaba en toneladas.

Eran excepción los pataches relacionados en dichas ordenanzas, cuyo porte se daba en toneles machos. En la descripción de los pataches de ocho codos de manga, las Ordenanzas de 1613 dicen textualmente:

Este patache será de porte de cinquenta y cinco toneles machos (...) «que no se le dan veinte por ciento porque no tiene mas de una cubierta».

(6) Página 42 de la edición del Museo Naval de Madrid, 1985.

(7) D. José Veitia y Linaje. Fue contador, juez y tesorero de la Casa de la Contratación hacia mediados del siglo XVII.

En las naves de una sola cubierta, sin alcázar ni castillo de proa como eran los pataches, no había que compensar ningún espacio entre cubiertas. Por eso no se añadía el 20 por 100 y su porte se expresaba en toneles.

Por tanto, en las Ordenanzas de 1613, la tonelada, que como medida de volumen era lo mismo que el tonel macho, no se usaba como medida de volumen real de la bodega ni de la capacidad de carga, sino como medida del porte de registro que se asignaba oficialmente a cada nave. Como tal medida, el porte expresado en toneladas resulta ser 1,2 veces mayor que el calculado en toneles para una misma nave. Este intento de diferenciar la medida del porte en toneles y toneladas se suprime definitivamente en las Ordenanzas de 1618. En éstas, el porte de todas las naves clasificadas se expresa en toneladas.

Salmas.—Todas las publicaciones y diccionarios modernos que conocemos parecen haber tomado la definición de *salma* del *Diccionario Marítimo Español* de Timoteo O'Scalan de 1831. En éste, la palabra *salma* viene definida ambiguamente como *una versión del tonelaje*. De aquí que muchos autores hayan asimilado las salmas a toneles o toneladas, cosa que no era así.

Un real edicto del rey Pedro IV dado en 1354 incluye ordenanzas para las naos de uno y dos puentes, a las que atribuye un porte de 1.500 y 2.000 salmas, respectivamente. Las salmas no pueden ser iguales a toneles porque en la época de Pedro IV no es probable que existieran naves tan grandes. Además una nave de 1.500 toneles habría de tener por lo menos tres puentes y no uno, como dice el edicto mencionado.

El valor real de una salma nos lo aclara una anotación del Registro del Consejo de Indias del mes de marzo de 1576 sobre una memoria enviada a Sevilla por Antonio Manrique, general de la flota que se aprestaba para Nueva España. Según esta anotación, el general Manrique propuso:

...que para guardar las costas de las Indias eran apropósito unas saetías (8) que a lo mas tengan 1500 salmas, que son 300 toneladas y dos cubiertas.

De manera que una tonelada equivalía a cinco salmas. Expresado en toneladas del siglo XVI el porte de las naos de Pedro IV antes citadas era de 300 y 400 toneladas, que es un tamaño más aceptable. Y puesto que, como medida de volumen, la tonelada era lo mismo que el tonel macho (1,518 m³), una salma sería un quinto del volumen de un tonel macho, o sea, 0,3036 m³.

Expresar el porte en salmas parece haber caído ya en desuso en la segunda mitad del siglo XVI, puesto que el general Manrique considera necesario aclarar *que son 300 toneladas*.

Botas.—Las *botas* eran una medida usada casi exclusivamente en Cataluña. En 1417, el catalán Pedro Santón armó una nave con 900 botas; y en 1454 se construyeron en Barcelona dos galeras de 1.400 botas cada una. En el mismo libro *Despacho de Armadas* de 1496, citado anteriormente, consta también

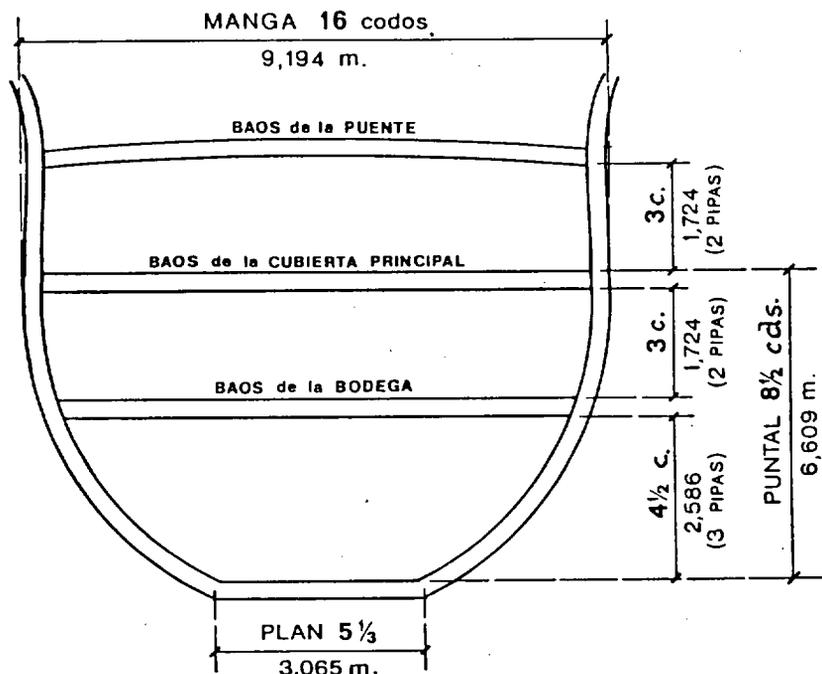
(8) La saetía era una especie de galera sutil con velas latinas y remos. Las que propone D. Antonio Manrique eran de veinte remos por banda.

que cinco botas hacían dos toneles machos. Por tanto, una bota era igual a dos quintos del volumen de un tonel macho; esto es: $0,6072 \text{ m}^3$, con lo que una bota resulta ser igual a dos salmas. Pero como un tonel macho era el volumen que ocupaban dos pipas de 436 litros, también podrían ser las botas medidas de capacidad, cuya cabida sería dos quintos de 872 litros (dos pipas); esto es, 348,8 litros.

No está claro, pues, si una bota era una medida de capacidad equivalente a unos 349 litros, o una medida del espacio que ocupaba, en cuyo caso equivaldría a $0,6072 \text{ m}^3$. Y lo mismo ocurre con las salmas.

Relación de las pipas castellanas con los toneles machos.

El volumen de los ocho codos cúbicos que medía un tonel macho podemos representarlo como un cubo de $2 \times 2 \times 2$ codos de arista. Pero también podemos representarlo en una forma más concreta en la que probablemente fue concebido:



SECCION MAESTRA de una NAO de 400 toneladas según García del Palacio (1587)

Figura 1

Las pipas eran unas barricas o cubas de madera con una cabida de 436 litros, las castellanas. El hueco o espacio ocupado por dos de estas pipas era el volumen de un tonel macho, equivalente a $1,518 \text{ m}^3$. El volumen ocupado por una pipa era, pues, $0,759 \text{ m}^3$.

Todos los autores de la época dicen que el puntal (altura) entre cubiertas debía ser a altura o *rumbo* de pipa; y que dicho puntal había de ser de tres codos (1,724 m). García de Palacio es aún más explícito cuando en 1587 escribe (9) que los baos de la bodega *han de estar en cuatro codos y medio de puntal que es la altura de tres pipas*. (Fig. 1.)

La altura de una pipa era, pues, de codo y medio (0,862 m). Y, puesto que el volumen ocupado por una pipa era de $0,759 \text{ m}^3$, el espacio de este volumen

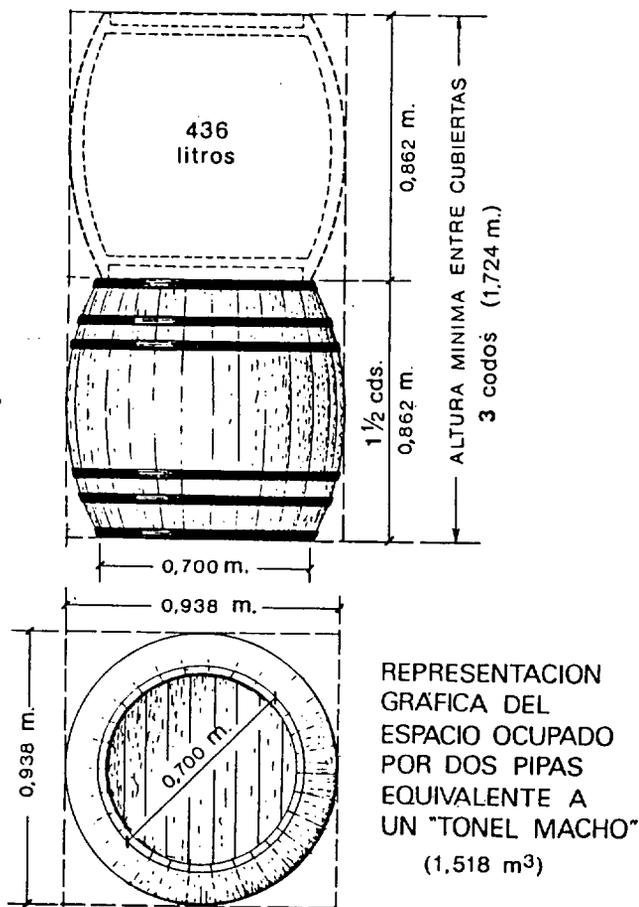


Figura 2

(9) Instrucción Náutica de 1587.

viene a ser un prisma de 0,862 m. de altura con una base de $0,938 \times 0,938$ metros de lado.

Pongamos dos de esos prismas uno encima del otro y tendremos un espacio concreto de $0,938 \times 0,938 \times 1,724$ metros, igual a 1,518 metros cúbicos (un tonel macho) en el que deberán caber dos pipas. (Fig. 2.)

Las pipas serían unos barriles inscribibles en cada uno de esos dos prismas. El diámetro máximo de estos barriles sería de 0,938 metros y los diámetros menores de los fondos unos 0,7 metros.

Con estos datos y la altura de 0,862 metros que tenía una pipa, podemos calcular el volumen de este barril mediante la fórmula de Oughtred (10):

$V = \frac{\pi L}{12} (2D^2 + d^2)$ en la que L es la longitud o altura del barril; D, el diámetro mayor; y d, el diámetro menor de fondo y tapa. Según esta fórmula, el volumen de una pipa es:

$$V = \frac{\pi 0,862}{12} (1,76 + 0,49) = 0,507 \text{ m}^3$$

De este volumen hay que descontar el que ocupa el grueso de las duelas del tonel y tablas de los fondos. Considerando un grueso de tablas de una pulgada (0,024 m.), el descuento que debemos hacer será:

Volumen de las duelas de los costados:

$$\pi \frac{0,938 + 0,7}{2} \times 0,862 \times 0,024 \dots 0,053 \text{ m}^3$$

Volumen de las tablas de los fondos:

$$2 \pi \left(\frac{0,7^2}{2} \right) \times 0,024 \dots \dots \dots 0,018 \text{ m}^3$$

Total a descontar: 0,071 m³

Capacidad interior neta: $0,507 - 0,071 = 0,437 \text{ m}^3$.

Curiosamente, coincide a la milésima con la capacidad de 436 litros atribuida a las pipas. Aunque la exactitud que reflejan estos cálculos no se tome tan al pie de la letra, es, sin embargo, buena prueba de que la capacidad de las pipas castellanas está bien estimada.

(10) Matemático inglés de la misma época (1573 - 1630).

El arrumaje (estiba) de la pipería debe hacerse, generalmente, en posición arbolada; esto es, con las barricas en posición vertical, que es como están representadas en la figura 2. Pero también pueden ser estibadas en posición horizontal. El problema de la estiba es tan viejo como la navegación. En el más antiguo tratado escrito que conocemos sobre reglas náuticas y código mercantil marítimo, el *Llibre del Consolat de mar* de principios del siglo XIII, ya encontramos algunas consideraciones sobre *stibar en vert* y *stibar a trau*.

De todas formas, aunque consideramos que el arrumaje de la pipería se hiciera en posición horizontal, el resultado es el mismo. Las dimensiones de las barricas o pipas que resultan de los cálculos anteriores permiten perfectamente la estiba en horizontal con un puntal entre cubiertas de tres codos (1,724 m.), que sigue siendo válido para dos pipas. (Fig. 3.)

Pipotes.—Las Ordenanzas de 1618 (n.º 19) establecen que todos los galeones han de llevar grandes barriles de madera, que llaman *pipotes*, enterrados en el lastre que se colocaba en el plan o fondo del casco. Estos pipotes eran para almacenar el agua potable durante los viajes, sirviendo también de lastre. Durante las invernadas, convenientemente cerrados, se dedicaban a almacenar las velas impidiendo que fuesen roídas por ratas y ratones.

La capacidad de los pipotes era de seis pipas (2.616 litros). Las duelas y tablas de los fondos habrían de ser de dos pulgadas (unos cinco centímetros) de grueso reforzados con cinco aros de hierro en cada extremo. Los pipotes resultan ser unas grandes barricas con una altura y un diámetro mayor de tres

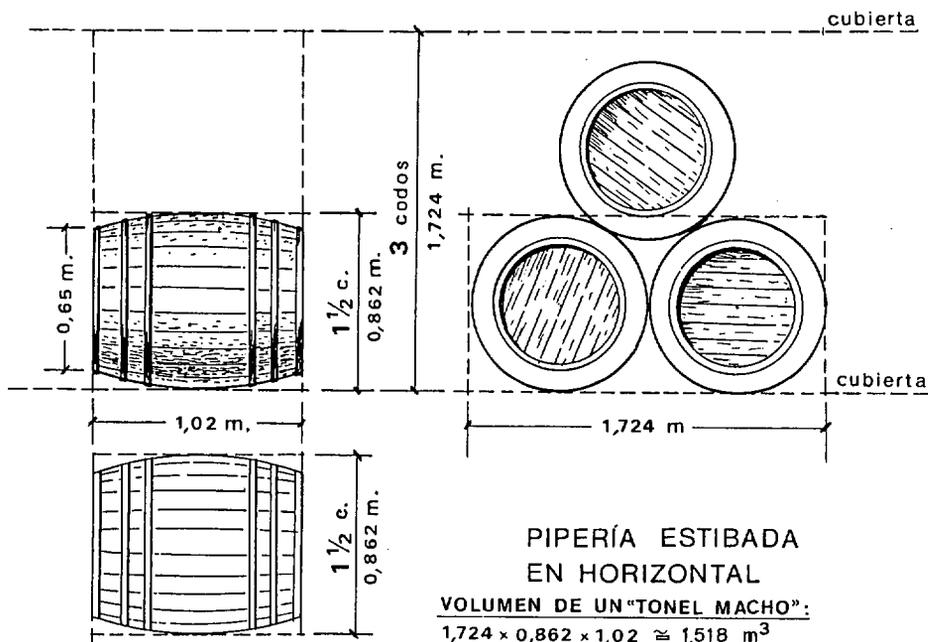


Figura 3.

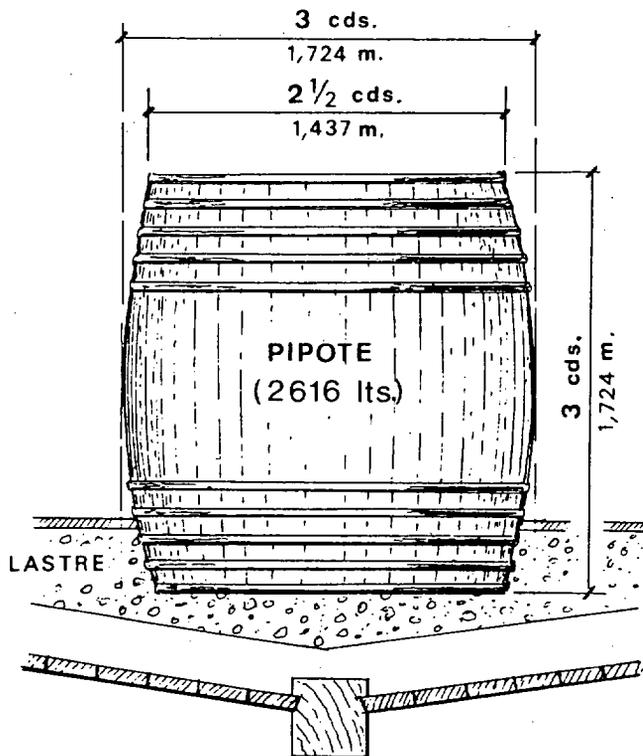


Figura 4.

codos 1,724 m.), y un diámetro menor de los fondos, de dos codos y medio (1,437 m.) (Fig. 4).

Las pipas de los siglos xv, xvi y xvii eran, sin duda, unos toneles de madera para el transporte de toda clase de mercancías. Pero en tiempos más remotos, las pipas debieron ser unos recipientes hechos con el cuero o piel entera (pellejos) de las reses de vacuno, destinados a almacenar y transportar líquidos, tales como vino y aceite. El uso de estas pipas de cuero o pellejos se mantuvo durante mucho tiempo. (Nos viene a la memoria la agitada noche que pasaron el Ingenioso Hidalgo y su escudero en la venta de la Maritornes, en la que Don Quijote la emprendió a cuchilladas con unos cuantos pellejos de vino).

La diferente capacidad de las pipas según las distintas regiones españolas refuerza la sospecha de que las pipas eran, en su origen, recipientes hechos de la piel enteriza de las reses de vacuno, cuyo tamaño variaba según la región. No es extraño que las más pequeñas fuesen las de la árida Castilla, cuyas reses tendrían un peso de 436 kilos (11). Las mayores eran las de Cádiz (516) y

(11) La densidad del cuerpo de cualquier mamífero es muy cercana a 1. Por tanto, se pueden asimilar litros a kilos de una forma aproximada.

Málaga (583 kg). No hay duda de que los años del descubrimiento y conquista de América de la primera mitad del siglo XVI fueron para Andalucía una época de *vacas gordas*. Otra cosa muy distinta fue la segunda mitad de ese siglo.

Medida de peso.

La medida de peso más usual en Castilla era la arroba. Por lo que se ha dicho a propósito de las medidas de capacidad, podría deducirse que una arroba equivalía a 15,85 litros (436 litros de una pipa de 27 arrobas y media). Esto era así tratándose de líquidos; pero como unidad de peso equivalía a 11,5 kilogramos. Esta diferencia se debe, probablemente, a que la arroba-capacidad medía líquidos que, como el vino y el aceite, tienen una densidad menor que el agua. En cualquier caso, se admite hoy que la arroba-peso son 11,5 kg. Así, las medidas de peso más usuales en España en el siglo XVI, eran:

Arroba.—Peso de 11,5 kilogramos.

Quintal.—Peso de cuatro arrobas, igual a 46 kgs.

Se dividía en 100 libras de 0,460 kgs.

Libra castellana.—Peso de 460 gramos.

Monedas.

Las monedas más usuales en el siglo XVI eran las relacionadas a continuación, con sus pesos equivalentes en plata y oro:

UNIDAD	Maravedíes	Peso en plata gr. (*)	Peso en oro gr.
Maravedí	1	0,094	
Real de plata	34	3,196	
Peso duro	272	25,568	
Escudo	350		3,38
Ducado	375		3,62
Peso de oro fino	440		4,24
Onza o doblón	2.800		27,04
Marco de oro	23.800		229,00

(*) El precio de la plata no debe utilizarse para calcular los valores en dinero actual por haberse depreciado mucho con relación al precio del oro.

Para comparar el valor del dinero de entonces en relación con el valor actual, diremos que un maravedí del año 1600 eran unas 16 ó 17 pesetas de 1986. La cotización del oro de 900 milésimas es hoy (septiembre de 1986) de

LAS UNIDADES DE MEDIDA ESPAÑOLAS EN LOS SIGLOS XVI Y XVII

1.740 pts/gramo. Con este dato y los que aporta Tomé Cano (12) podemos establecer las siguientes comparaciones:

	Año 1550	Pesetas de 1986	Año 1600	Pesetas de 1986	Aumento en 50 años %
Jornal de calafate	2,5 reales	1.445	12 reales	6.936	480
Lona de velas, pieza ...	3 ducados	18.896	12 ducados	75.584	400
Jarcias, quintal	2,5 ducados	15.747	12 ducados	75.584	480
Brea, quintal	7 reales	4.046	24 reales	13.872	343

El incremento de los costes de la mano de obra durante el período 1550-1600 fue del 9,6 por 100 anual. El aumento medio de los materiales relacionados resulta ser del 8,1 por 100 anual, según los datos que da Tomé Cano. Una inflación continuada de casi el 10 por 100 anual durante un lapso de tiempo tan largo como cincuenta años indica una profunda crisis económica. Los más perjudicados parecen haber sido los comerciantes, según puede deducirse del menor aumento del coste de los materiales en relación con el aumento del coste de la mano de obra. (La excepción parecen haber sido los comerciantes vascos, ya que las jarcias, que procedían de Vizcaya, aumentaron de precio igual que la mano de obra.)

(12) *Arte para Fabricar Naos*, Sevilla, 1611, pág. 95.