

# CARACTERISTICAS TECNICAS. TRAZADO, UNIDAD METRICA Y ORIENTACION

## 7.1 CARACTERISTICAS TECNICAS

### 7.1.1 LA ESTEREOTOMÍA

La primera observación que surge al examinar el paramento del Estanque es su sorprendente estereotomía (láms. 3 a 14 y 22 a 24).

La piedra es de gran calidad, pues se ha utilizado un granito herciniano rosado de dos micas, blanca (Moscovita) y negra (Biotita), de tipo potásico y calisalcálico, de  $2'7/2'8$  kg./dm<sup>3</sup> de densidad. Aunque la cantera exacta no se ha podido precisar, no cabe duda de que se trata de un granito local, que, según algunas referencias, sería identificable con yacimientos próximos a Saint-Léger-sous-Beuvray<sup>1</sup> (vid. *Apéndice 1*).

La estereotomía que presenta el Estanque se ha logrado por medio de sillares paralelepípedos que ofrecen una acertada disposición en hiladas pseudoisódomas y con una técnica más efectista que realmente precisa (vid. *Apéndices 2 y 3*).

En primer lugar, hay que señalar que la tendencia a la forma paralelepípeda, mantenida en los sillares menores, se alterna, en los de mayor longitud, con la curvatura de una o dos de sus caras, talladas así intencionadamente para mejor adaptarse a la curvatura de los lados del Estanque (vid. *Apéndice 3*, fig. 3.2). Este hecho es particularmente evidente en el gran sillar 6/1, aparecido caído dentro del monumento (fig. 14) e interpretado como supuestamente perteneciente al pretil del Estanque.

Por otra parte, los sillares están dispuestos en hiladas pseudoisódomas en las que aparentemente todos sus sillares ofrecen la misma altura, aunque se compruebe que esto no ocurre siempre si el aparejo se examina con todo detalle (*Bessac, Apéndice 2*).

Así, el sillar 2/21 presenta en su esquina superior

meridional un ligero entalle de unos 2 cm. para el ajuste del sillar 3/4 situado sobre él. Un entalle parecido debe considerarse el que ofrece también en su parte superior meridional el sillar 4/1, con un rebaje que alcanza los 6,5 cm., seguramente para encajar mejor un sillar de la hilera 5 que no se ha conservado.

Por otra parte, además de la variación lógica de unos sillares a otros que oscila en torno a 0'5 aproximadamente, al estar el suelo inclinado, las hileras siguen su inclinación pero, a veces, como si se pretendiera compensarla, los sillares de la parte NNE tienden a ofrecer mayor altura que los de la parte SSW. Esta diferencia, visualmente casi inapreciable, alcanza hasta 3 cm. en la hilada 2; 2 cm. en la parte conservada de la 3 y hasta 4,5 cm. en los pocos sillares *in situ* de la hilada 4. Es muy probable que este mismo fenómeno se repitiera, aún de forma más manifiesta, en las hiladas superiores según parece evidenciar el sillar que, como más adelante se razona, se ha interpretado como 6/1, cuya diferencia de altura entre sus extremos alcanza 5'5 cm. (fig. 28; lám. 11,1 y 2).

A pesar de estos detalles, la calidad resultante es evidente y permite considerar este aparejo como un muro pseudoisódomo realizado con evidente pericia, pero más atento al efecto visual que a una auténtica regularidad en la talla. Muy interesante es poder analizar cuantitativamente la estereotomía de esta obra para precisar su auténtica calidad técnica (Vid. *Apéndice 3*; fig. 3.2).

La hilada 1, cuya longitud total supone 2271,5 cm. de contorno, está formada por 47 sillares cuya longitud oscila entre los 90'5 y los 35 cm., siendo la longitud media de esta hilada de  $48'33 \pm 11'41$  cm. La altura oscila entre los 24'5 y los 25 cm., sin que se hallan apreciadas diferencias notables, pues su media es de  $24'67 \pm 0'24$  cm. El grosor no se ha podido apreciar más que en un sillar de esta hilada, el 1/1, que ofrecía 37 cm.

La hilada 2 está constituida por 40 sillares cuyas longitudes oscilan entre los 104 y los 26'5 cm., por lo que resultan mayores y más irregulares que los de la hilada inferior, siendo su media de  $57'33 \pm 18'68$  cm. Su contorno total es de 2293 cm. La altura de los sillares de esta hilada también es mayor y ligeramente más irregular, pues oscila entre los 37'5 y los 32'5 cm., con una media de  $34'86 \pm 1'37$  cm.; además el

<sup>1</sup> Agradecemos a C. Plassiard, de l'Université de París, el análisis de este tipo de granito y a M. Cliguet-Montoy, cantero de Etang-sur-Aroux, las indicaciones proporcionadas sobre la estereotomía del Estanque.

Sin embargo, posteriormente debe tenerse en cuenta las importantes precisiones aportadas por F. Boyer para los aspectos geológicos (vid. *Apéndice 1*) y por J. C. Bessac sobre la técnica de cantería (Vid. *infra, Apéndice 2*).

sillar 2/21 ofrece un entalle de 2 cm. de altura para ajuste del sillar superpuesto no tenido en cuenta en estas medidas. El grosor, en los 28 casos en que se ha podido examinar, es muy variable ya que oscila entre los 40'5 y los 24 cm., con una media de 32'10 ± 4'46 cm.

De la hilada 3 sólo se conservan 12 sillares. Sus longitudes oscilan entre los 85 y los 35 cm. con una media de 53'04 ± 16'71 cm., dando un total de 636 cm. de contorno, lo que supone que se conserva poco más de 1/3 del perímetro total originario de esta hilada. Su altura es bastante regular pues oscila entre 27 y los 25 cm., con una media de 26'46 ± 0'63 cm. Los grosores han podido documentarse en 8 sillares, ofreciendo una oscilación entre los 42 y los 30 cm., con una media de 36'06 ± 4'57 cm.

La hilada 4, la superior de las actualmente conservadas, sólo conserva 5 sillares, uno de ellos caído y fuera de su emplazamiento originario. A ésta hilada se podría suponer que también pertenecen otros dos sillares más a juzgar por su altura. Su longitud oscila entre los 60'5 y los 36 cm., con una media de 48'7 ± 8'91 cm., dando un total de 331'5 cm. del contorno de la hilada, lo que supone algo menos de 1/7 del mismo. Sus alturas varían entre los 22'5 y los 18 cm. con una media de 20'05 ± 1'55 cm., pero se debe tener en cuenta que el sillar 4/1 ofrece un encaje para el sillar superpuesto que alcanza los 6'5 cm. que no se ha tenido en cuenta en el cálculo de estas medidas. El grosor varía entre los 44 y los 33 cm., siendo la media de 38'6 ± 3'93 cm.

De la supuesta hilada 5 no se conserva ningún sillar identificable, pero a la hilada 6 cabe atribuir 1 sillar y restos de otro. El sillar completo ofrece forma no paralelepípeda ya que sus caras longitudinales resultan ligeramente, pero con toda evidencia, curvadas con una convexidad cuya cuerda no alcanza los 3 cm. Además sus caras laterales no son paralelas sino claramente convergentes. Lo mismo ocurre, pero de forma menos manifiesta, entre el lecho y el contralecho, esto es, entre la cara inferior y superior. Además, tres de estas caras están surcadas por una acanaladura transversal de unos 4 cm. de profundidad; estas acanaladuras son verticales en las caras menores o laterales y longitudinal en una de las caras mayores que se puede considerar el lecho o cara inferior, ya que la contraria ofrece una de las aristas más desgastada, lo que se puede explicar porque sería la correspondiente al borde exterior del pretil del Estanque, habiéndose desgastado algo más por esta causa. Las citadas acanaladuras, a juzgar por su disposición, permiten conjeturar que tuvieran como finalidad facilitar la impermeabilización del Estanque si se rellenasen de arcilla impermeable como la incrustada en la trinchera de fundación para asegurar la estanqueidad de los paramentos laterales. Las dimensiones de este sillar revelan sus peculiares características, pues su longitud varía entre los 104 cm. en la cara interna y los 75 en la externa; su altura varía entre los 42 y los 36'5 cm. y su grosor, más regular, es de 34 cm. (fig. 28). El fragmento de otro sillar semejante sólo permite apreciar parte de una acanaladura que haría suponer una altura próxima a los 43 cm.

Como resumen de las dimensiones de todos los sillares conocidos, se puede presentar el siguiente cuadro:

HILADA	Nº	$\bar{X}$	$\sigma$	máximo	mínimo
LONGITUD					
1	47	48'3 ± 11'4		90'5	35
2	40	57'3 ± 18'6		104'0	26'5
3	12	53'0 ± 16'7		85'0	35'0
4	5 (+2?)	48'7 ± 8'9		60'5	36'0
5	0				
6	1	104/75		-	-
$\bar{X}$	-	56'4 ± 10'9		104'0	26'5
GROSOR					
1	1	37'0		-	-
2	28	32'1 ± 4'4		40'5	24'0
3	8	36'0 ± 4'5		42'0	30'0
4	5 (+2?)	38'6 ± 3'9		44'0	33'0
5	0				
6	1	34		-	-
$\bar{X}$	-	35'5 ± 2'5		44'0	24'0
ALTURA					
1	3	24'6 ± 0'2		25'0	24'5
2	39	34'8 ± 1'3		37'5	32'5
3	12	26'4 ± 0'6		27'0	25'0
4	5 (+2?)	20'0 ± 1'5		22'5	18'0
5	0	(34'2)		-	-
6	1	42'5 ± 0'7		43'0	42'0
$\bar{X}$	-	29'6 ± 8'9		43'0	18'0

Altura teórica total..... (182'5)

Altura media teórica ..... 30'4 ± 8'2

Del examen del cuadro de las dimensiones se puede obtener una visión mucho más precisa de las características de los sillares, al menos en lo referente a sus dimensiones y oscilaciones de tamaño.

El sillar medio teórico sería de unos 56 cm. de largo por 35 de grueso y 30 de alto, lo que supone un sillar de buen tamaño pero no excesivamente difícil de manejar (Vid. *Apéndice 3*).

Pero las variaciones de dimensiones ofrecen un posible interés tecnológico. Así, la longitud, con la excepción de las hiladas 5 y 6, poco documentadas, varía entre 104 y 26 cm. con una media de 56'4 ± 10'9 que es representativa de la variación que ofrecen los bloques, no sólo entre un hilera y otra, sino dentro de cada hilada donde se aprecia cierta tendencia a alternar bloques largos y cortos, aunque sin regularidad. En este sentido es de interés señalar la evidente alternancia de sillares largos y cortos de la hilada 2 y de la 3, (*Apéndice 3*), ofreciendo la tendencia los más largos a menor grosor, mientras que los cortos a ser más gruesos, lo que supone una incipiente técnica de sogá y tizón, evidentemente dirigida a obtener una mayor solidez de la estructura (láms. 3, 10, 2 y 3 y 11, 1).

Respecto al grosor, además del detalle señalado de la tendencia a cierta alternancia en relación con la longitud del sillar, resulta evidente su mayor regularidad que la longitud, ofreciendo una media de 35'5 ± 2'5 cm. con un máximo de 44 cm. y un mínimo de 24 cm., sin que se aprecien diferencias notables de una hilera a otra.

Pero tal vez el elemento más interesante sea el análisis de la altura por tratarse de una construcción aparentemente pseudoisódoma. La altura media de las hiladas conservadas es de 29'6 ± 8'9 cm., lo que resulta muy irregular, pues la desviación estándar supone casi 1/3 de la media, frente a 1/5 en el caso de la longitud y a menos de 1/10 en el grosor. Este hecho evidencia una intencionada alternancia del tamaño de las hiladas, lo que permite precisar que es un muro pseudoisódomo.

Pero esta alternancia en las hiladas superiores, por desgracia prácticamente desaparecidas, parece asociada a otros dos hechos de interés: una tendencia a mayor altura y la pérdida del paralelismo entre el lecho y el contra-lecho dentro de la hilera (Vid. *Apéndice 3*, fig. 3.2).

La tendencia a mayor altura puede explicarse como búsqueda de un efecto de monumentalidad en las partes más visibles del Estanque, procedimiento económico y eficaz. Pero la irregularidad documentada al no ser paralelos el lecho y el contra-lecho en el sillar 6/1, el único conservado de esa hilada, sólo se puede explicar por la intención de regularizar la horizontalidad de los lechos de las hiladas, que en la parte inferior del monumento ofrecen la peculiaridad de ir paralelas al suelo inclinado del fondo del Estanque y no a la horizontal. Este hecho parece haberse corregido en las dos hileras superiores o, tal vez, especialmente en la última, lo que explica la diferencia de hasta 5'5 cm. que ofrece el sillar 6/1 en tan sólo 104 cm. de longitud.

Finalmente, el análisis del tamaño de los sillares, junto al trazado geométrico, permiten abordar el problema de la altura total del Estanque, que se analiza más adelante en el correspondiente apartado (vid infra, pág. 166 s.).

También cabe hacer otras observaciones de interés sobre la técnica constructiva de este paramento, como la disposición de las juntas de los sillares y la técnica de *ashlar* que estos presentan para su unión. Las juntas laterales de los sillares presentan una total verticalidad con clara tendencia a quedar dispuestas, aunque sin ninguna regularidad, sobre la parte central del sillar infrayacente, dato que supone un buen conocimiento de la técnica de muros de cantería pues aumenta en gran medida su estabilidad al evitar agrietamientos y desplomes (figs. 9 a 12; láms. 7,1, 10,3 y 11,1).

El otro aspecto interesante es el de la técnica de talla de los sillares. Estos presentan una cara, la vista, perfectamente escuadrada, seguramente por haber sido tallada con puntero y después pulida *in situ* (vid. infra, *Apéndice 2*). Las restantes caras, por el contrario, presentan un trabajo más somero, lo que produce un efecto de mayor regularidad que el que realmente tienen. Por este motivo, los lechos y contra-lechos aparecen bien alisados, pero con cierta tendencia a presentar menor grosor en la cara del fondo. Pero lo más significativo es que esa cara contrapuesta a la vista, la que quedaría oculta por dar hacia la trinchera de fundación, a penas está trabajada y presenta las aristas redondeadas y una estructura muchas veces irregular. Para compensar este hecho las caras laterales presentan la arista hacia la cara vista cuidadosamente tallada, pero sólo ésta, quedando en consecuencia los sillares unidos prácticamente por una sola arista. Este hecho evidencia una técnica de estereotomía sustitutiva de la auténtica anathrosis, pero mucho más económica y sencilla, que puede considerarse que ha tenido en cuenta más el efecto estético que la calidad técnica (láms. 3, 4, 6.1, 9.2, 12.2 y 13).

### 7.1.2. EL SUELO Y EL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN

La técnica de estereotomía señalada es de suponer que fuera en parte intencionada, pues ofrecía la ventaja

de que los espacios irregulares que quedaban entre los laterales de los sillares y entre las caras traseras y el borde de la trinchera de fundación se podrían rellenar con arcilla impermeable, lo que debió mejorar evidentemente la estanqueidad de este paramento.

En efecto, toda la trinchera de fundación aparecía rellena de arcilla plástica de gran calidad, de color ligeramente violáceo. Esta arcilla ocupaba el espacio entre la superficie de la fosa excavada en la roca natural y la cara exterior de los sillares (fig. 16 a 20 y 27), impidiendo de este modo que el agua escapara por las ranuras existentes entre las superficies de unión de éstos, cuyo contacto era además limitado dada la técnica ya comentada de falsa anathrosis (láms. 6.1, 12 y 13).

En los sillares superiores, los de las hiladas 5 y 6 que quedarían ya por encima del suelo de la plaza y fuera de la trinchera de fundación, se debió recurrir a otro sistema de impermeabilización.

Para aislar completamente la parte superior del monumento y evitar que el agua se saliera por las rendijas de las juntas de unión de los sillares, en las caras laterales e inferior de los de la hilada 6 y, tal vez, en las laterales y superior de la 5 se labraron unas gruesas acanaladuras paralelas a las juntas de unión en las que bien se pudo haber colocado arcilla impermeable, lo que habría permitido lograr una estanqueidad casi completa del paramento (lám. 11, 1 y 2).

Finalmente, también el fondo del Estanque presentaba un suelo de arcilla que se debe considerar dispuesto con esta misma finalidad (fig. 13 y 18 a 20).

Según los análisis efectuados<sup>2</sup>, este suelo está formado por arcillas arenosas con presencia de pequeños guijarros de tamaño inferior a 1 cm. En él se distinguen dos capas, una superior, de arcillas de decantación, de color gris-beige, y otra inferior, de arcillas impermeabilizantes, cuya potencia alcanzaba hasta 4 cm. de espesor.

Como consecuencia de este hecho cabe deducir que el Estanque no pudo recibir el agua desde un manantial situado por debajo, ya que este suelo de la arcilla lo impediría, por lo que sólo cabe suponer que el agua debió llegar a través de algún conducto por la parte superior (vid. infra, pág. 163 s.), hecho más en consonancia con el entorno geológico del monumento (Vid. *Apéndice 1*).

Todavía bajo este suelo de arcilla y directamente sobre la roca natural, aparecía una pequeña capa de arena, aparentemente procedente de machacar piedra de granito como la del Estanque, lo que permite pensar que para ello se utilizara al menos parte del desecho de la talla *in situ* para la regularización de los sillares (F.C. Bessac, *Apéndice 2*). Esta capa, muy bien apisonada, cubría las irregularidades de la roca natural descompuesta del interior del monumento y, al mismo tiempo que regularizaba el fondo del Estanque, debía contribuir a facilitar su impermeabilización al disponerse sobre ella la citada capa de arcilla plástica del mismo tipo que la utilizada para impermeabilizar las paredes.

<sup>2</sup> Agradecemos a Mlle. C. Plassiard la información preliminar proporcionada sobre el análisis de esta arcilla. Vid. supra, nota 1.

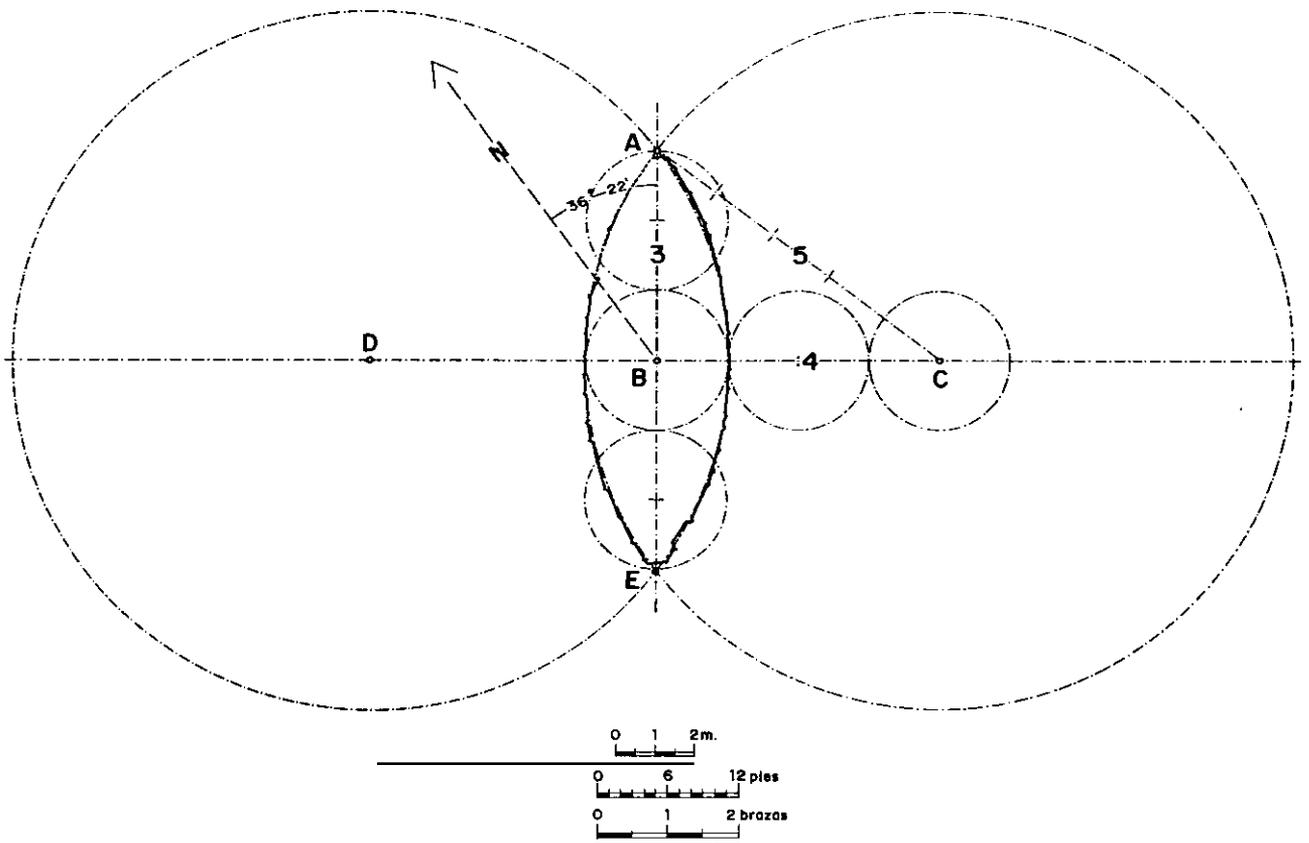


Fig. 83.—Esquema geométrico del trazado del Estanque.

## 7.2 EL TRAZADO MODULAR Y LA UNIDAD MÉTRICA

### 7.2.1 ANÁLISIS DEL TRAZADO

El Estanque monumental está construido siguiendo un sistema de trazado y una determinada unidad de medida que se han podido llegar a identificar (vid. infra, pág. 157; fig. 83). Este descubrimiento supone un dato de gran interés para comprender la capacidad técnica en el campo constructivo de sus autores y su nivel de aculturación.

El método seguido para descubrir la unidad de medida y el sistema de trazado utilizados ha partido de la hipótesis de que una obra de la calidad técnica que suponía su buena cantería y su carácter monumental y su emplazamiento en una vía o zona aparentemente abierta debería haberse planteado por medio de un cuidadoso trazado previo.

Para documentar esta hipótesis y descubrir dicho trazado, se ha seguido el siguiente procedimiento:

1.- Medición, con la mayor precisión posible, de las dimensiones originarias bien conservadas, que se reducían a dos esenciales: la anchura máxima, de 3'65 m. y la longitud máxima, 10'48 m. (fig. 8 y 83). También se han considerado válidas los radios de las circunferencias utilizadas para trazar el Estanque, cuyas medidas, de 916 y 927 cm. respectivamente, se han obtenido por medio de fotogrametría (A. Almagro, *Apéndice 4*: fig. 4.2).

2.- De estas medidas se intentó obtener un común

denominador, que no parecía evidenciarse a primera vista.

3.- En consecuencia, se procedió a dibujar la forma geométrica del Estanque y estudiar sus proporciones directamente, sin valorar las medidas actuales.

4.- Un examen geométrico inicial puso en evidencia que los lados estaban formados por dos segmentos de sendas circunferencias secantes cuyo radio equivalía a 2'5 veces la anchura del Estanque, mientras que su longitud resultaba ser exactamente tres veces la citada anchura, si se tenía en cuenta el trazado teórico, ligeramente mayor que los extremos achaflanados de la construcción realizada (fig. 83).

### 7.2.2 LA UNIDAD MÉTRICA

Obtenido el seguro y claro trazado geométrico, ya no hubo dificultad en deducir la unidad de medida, sobre todo por cuanto la aparente falta de relación entre la anchura y la longitud del Estanque era consecuencia del achaflanamiento de sus extremos. Este detalle podría explicarse tanto por causa de la técnicas de estereotomía como por otras posibilidades como, por ejemplo, por la funcionalidad del monumento, tal vez relacionado con la observación astronómica, hecho al que se hace referencia más adelante en el apartado correspondiente (vid. infra, pág. 159 s. y 197 s.).

1.- Para deducir la unidad métrica se buscó el común denominador de la anchura y la longitud del Estanque, así como del radio de las circunferencias que formaban los lados curvos laterales y de otras medidas implícitas. Dicho común denominador, que

se debe considerar como la unidad métrica utilizada, se puede observar en el cuadro adjunto (fig. 83):

	proporción (en brazas)	Nº pies base 10	Nº pies base 12	cm.
altura teórica	1	5	6	(182'5)
<b>anchura real</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>365</b>
cateto menor (=1/2 longitud máx.)	3	15	18	(547'5)
cateto mayor	4	20	24	730
<b>hipotenusa</b> (= radio teórico)	<b>5</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>(912'5)</b>
radio lado SW-NE	5	25	30	916
radio lado NE-SW	5	25	30	927
longitud teórica	6	30	36	(1095)
	8	40	48	(1460)
diámetro	10	50	60	(1825)
<b>pie teórico en cm.</b>		<b>36'68</b>	<b>30'56</b>	

2.- La unidad de medida deducida de la anchura y longitud del Estanque es de 36'5 y 30'41 cm., ligeramente inferior a la obtenida fotogramétricamente de la longitud de los radios, 36'64 / 37'08 y 30'53 cm. / 30'9 cm. respectivamente (A. Almagro, *Apéndice 4*).

La media obtenida (n = 4) es de 36'68 ± 0'27 y 30'56 ± 0'23 cm. respectivamente y sus desviaciones estadísticas no llegan a 3 mm., por lo que pueden considerarse, en la práctica, en cualquier caso como no significativas. Sin embargo, debe señalarse la mejor calidad de la información que aporta la anchura del Estanque, cuya media de 30,41 cm. pudiera ser la más aproximada a la unidad de medida utilizada.

3.- La aparición de un doble comun denominador, plantea seleccionar si el sistema utilizado era de base decimal o duodecimal, pues resultaba una unidad de medida diferente: 36'68 cm. en base decimal o 30'56 cm. en base duodecimal.

4.- Como el trazado geométrico del Estanque admite ambos sistemas y no excluye ninguno ya que no presenta elementos que ofrezcan una medida menor de la altura teórica de 5 o 6 pies, que permita precisar la unidad o pie, la selección debe realizarse basándose en paralelos y elementos culturales.

Ambos sistemas, duodecimal y decimal, están bien documentados en la Antigüedad. Pero el sistema duodecimal une, a una mayor tradición, su más fácil divisibilidad y su conocimiento está documentado en el calendario galo y en los "dodecaedros" (Deonna 1954) cuyos agujeros (Duval 1981) pudieran incluso tener una función metrológica, lo que permite considerar como más probable el sistema duodecimal. Además, está documentado el uso de la braza (= 6 pies) como módulo en construcciones arquitectónicas prerromanas en las Galias, en concreto, en Glanum (Tréziny 1989: 149), donde se emplea como múltiplo el *amma* o nudo equivalente a 10 brazas, unidad utilizada para trazar los círculos que forman los lados del Estanque (Roth-Congés 1985: 220) y, también, en el templo circular de Manching (Schubert 1983), cuyos 36 pies de diá-

metro equivalen a los 3 círculos de 12 pies (= 6 brazas) que constituyen el módulo utilizado para trazar el Estanque.

Por otra parte, también debe tenerse en cuenta que esta unidad de medida resulta muy próxima a algunos tipos de pie conocidos, con los que es lógico suponer relacionada (vid. *infra*, pág. 189, fig. 106), y, en todo caso, esta unidad de ca. 30 cm. debió ser semejante a una unidad metrológica atestiguada en Manching (Schubert 1983 y amable comunicación personal) (Vid. *infra*, pág. 189).

5.- En consecuencia, el Estanque puede considerarse construido con una unidad de medida o pie de 30,5 cm. aproximadamente, aunque este es un tema que deberá ser estudiado más exhaustivamente cuando existan nuevos elementos de juicio.

6.- Este pie es la base o unidad de un sistema duodecimal que se ha utilizado para trazar el Estanque a base de círculos de 12 pies de diámetro dispuestos y concebidos con una técnica geométrica de círculos cruzados que puede incluirse dentro de la tradición céltica, pero al mismo tiempo se evidencia el empleo del triángulo de Pitágoras, lo que permite suponer unos conocimientos, al menos empíricos, que deben considerarse dentro de la tradición del trazado arquitectónico de la Antigüedad (fig. 83) (vid. *infra*, pág. 183 s.).

El diámetro de tres de estos círculos de 12 pies, tangentes sobre un eje recto, dan la longitud teórica del Estanque, AE = 36 pies, si no estuviera ligeramente achafanado en los extremos, lo que explica la diferencia entre la longitud teórica de 1094 cm. y la real de 1048 cm. (fig. 83). La anchura máxima coincide y equivale al diámetro del círculo central, es decir, a 12 pies = 365 cm. Finalmente, la mitad de la anchura, 6 pies = 182'5 cm., daría la altura teórica del Estanque, actualmente no conservada (vid. *infra*, pág. 167).

### 7.2.3 EL PROCEDIMIENTO SEGUIDO PARA TRAZAR EL ESTANQUE

El razonamiento geométrico analizado, permite reconstruir, al menos a nivel de hipótesis, el procedimiento seguido para trazar el Estanque.

Para ello, en primer lugar, se debió elegir el punto adecuado, que previamente debió ser cuidadosamente buscado y comprobado en el solsticio de invierno, dadas las características topo-astronómicas que implica (vid. *infra*, pág. 159 s. y *Apéndice 7*). Esta operación exigiría un buen conocimiento previo del terreno y de sus características topográficas, para poder aprovechar incluso una fuente próxima, seguramente no situada en el emplazamiento exacto, lo que explica las conducciones realizadas para llevar el agua al Estanque. Igualmente, supondría el talado previo del área circundante para poder observar sin que los árboles dificultaran las operaciones, técnica recogida en la paralela tradición de los agrimensores romanos (Tannen-Hinrichs 1974: 79).

A continuación, se debió proceder a señalar un eje DBC (fig. 83), que constituye el eje teórico transversal que pasa por el centro del Estanque, B, y que, de acuerdo con su orientación en el orto solar del solsticio de invierno, debió ser trazado en el momento de aparición del primer rayo del sol si se tiene en cuenta la costumbre

bien documentada entre los *agrimensores* romanos (Hygin. 183), ... *ortum...unde primum sol appareat, occasum ubi novissime desinat* (H. Nissen 1906: 89), costumbre que es lógico suponer que procede de las prácticas ancestrales de los augures y de la orientación astronómica (vid. infra, p. 191 s.).

Desde dicho eje, para trazar los lados curvos tan peculiares, se tomaría como centros sendos puntos, C y D, situados a 2 1/2 círculos de 12 pies, esto es, a 30 pies (= 5 brazas de 6 pies) de dichos lados, medida que coincide con la longitud máxima del Estanque. Dichos puntos C y D quedaba también a 24 pies (= 4 brazas) del centro del eje longitudinal, B, formando esta distancia los catetos CB y DB, que constituyen el lado mayor del triángulo pitagórico ABC que entraña este trazado.

También se puede considerar que los lados del Estanque se han realizado trazando sobre el eje transversal que pasa por el centro del Estanque, DBC, sendas circunferencias de diámetro equivalente a cinco círculos de 12 pies (= 10 brazas), esto es, de 60 pies de diámetro, que se cortan a 1/5 de su diámetro, lo que constituye la anchura máxima del Estanque.

Pero el procedimiento real, para lograr la mayor precisión posible en este cuidadoso trazado, debió aprovechar las características del triángulo de Pitágoras ABC que lleva implícito (fig. 83) y que facilitaría la precisión de su trazado (Wood 1987: 40). En consecuencia, bastaría haber colocado una cuerda de 48 pies sobre el eje transversal, DBC, marcada en brazas (= 6 pies) como módulo de trazado, para obtener el cateto mayor, CB (= 4 brazas) y, al mismo tiempo, obtener el eje longitudinal, AE, cuya distancia hasta el centro del círculo central, B, equivaldría al cateto menor, AB (= 3 brazas), pudiéndose proceder paralelamente para trazar los otros catetos, CB y BE de ese lado y del contrario, ABD y EBD. Al mismo tiempo que se efectuaba el trazado, la exactitud del mismo y el emplazamiento de los dos extremos del Estanque se podrían comprobar con cuerdas de 30 pies (= 5 brazas) que harían de hipotenusa, CA y CE y DA y DE, pues, si se unían con una cuerda estos puntos, no sólo se comprobaría el centro del Estanque, B, sino que la distancia existente desde éste hasta cada extremo del Estanque, A y E, equivaldría a los catetos menores, AB y BE. Por ello la exacta proporción 3-4-5 que ofrecen los triángulos de Pitágoras implícitos en este diseño geométrico permitiría una comprobación fácil y segura de las medidas de este sencillo pero sabio trazado.

Sin embargo, dada la avanzada cronología del Estanque, que parece corresponder al siglo I a.C., ya en el Periodo galo-romano precoz, no se debe excluir la posibilidad del empleo de las técnicas de los *agrimensores* romanos (Tannen-Hinrichs 1974: 79 s.). En tal caso, cabría la posibilidad de una utilización de *groma* y *decempedae*, al menos para trazar los dos ejes principales. Pero el uso de *decempedae* exigiría que fueran de la unidad de medida identificada en el Estanque y se adaptarían mal al sistema duodecimal y al módulo de 1 braza aparentemente utilizado, mientras que el trazado de los lados curvos hacen suponer necesariamente la utilización de cuerdas u otro sistema similar, por lo que el conjunto de los datos más bien parece indicar la continuidad de un sistema de trazado propio del mundo céltico.

## 7.3 LA ORIENTACION ASTRONOMICA

### 7.3.1 ORIENTACIÓN ASTRONÓMICA

Como se ha indicado anteriormente, el análisis del Estanque Monumental ha puesto en evidencia que está construido siguiendo un sistema de trazado preestablecido y una unidad de medida que se han podido llegar a identificar. Este descubrimiento, de evidente novedad, supone un dato de gran interés para comprender la capacidad técnica en el campo constructivo de sus autores, pero, además, plantea nuevas perspectivas de investigación a nivel ideológico, pues la perfección que evidencia el trazado geométrico y la calidad constructiva del Estanque permitan suponer que, a semejanza de tantos monumentos de la Antigüedad, se hubiera construido en relación a una determinada orientación astronómica. Esta atractiva hipótesis ha podido ser estudiada gracias a la colaboración del Departamento de Astrofísica de la Universidad Complutense.

En consecuencia, se partió de la hipótesis de que, si dicho eje pudo estar orientado astronómicamente, probablemente, por lógicas razones prácticas y por paralelismos con otras construcciones galas y celtas (Daviet 1965; Schwartz 1975: 345) e, incluso, por ser un hecho habitual en otros ámbitos culturales, habría sido orientado de acuerdo con el orto del sol, con más motivo por no existir evidencia de que estuviera relacionado con ningún otro elemento topográfico o urbanístico actualmente identificado.

Para demostrar dicha hipótesis de la posible orientación astronómica del Estanque, se ha procedido a contrastarla con los datos disponibles. Ello ha obligado a efectuar, con la mayor precisión posible y de acuerdo con las fórmulas adecuadas (Vid. infra, *Apéndice 6*), los correspondientes cálculos astronómicos de la oblicuidad de la eclíptica para la fecha de construcción del Estanque, de los azimuts de los equinoccios y solsticios y de la corrección necesaria para valorar las condiciones topográficas.

Como principal resultado, cabe señalar que la oblicuidad de la eclíptica, E, en la fecha de construcción del Estanque, teóricamente considerado del 50 a. C., sería 23° 42' 21".05, mientras que sería del 23° 41' 57".65 para el 1 a.C., diferencia que no puede ser tenida en cuenta dada la imprecisión de los datos existentes con que se cuenta.

Igualmente se pudo calcular, para ambas fechas, el azimut ( $\alpha$ ) o dirección del orto y del ocaso en los solsticios y equinoccios, los días más significativos del año, aunque para simplificar, aquí sólo se recoge la del 50 a.C. por considerarse como teóricamente más ajustada a la fecha supuesta de construcción del Estanque.

En el solsticio de verano, el azimut del orto corresponde a 306° 03' 53".37 y el del ocaso a 53° 56' 06".63. En los equinoccios, de primavera y otoño, el ocaso equivale a 90° y el orto a 270°. Finalmente, en el solsticio de invierno, el azimut del ocaso es de 126° 03' 53".37 y el del orto, de 233° 56' 06".63. Además, se pudo llegar a calcular la *diferencia de orientación debida* a la situación topográfica, dada la diferencia de altura y la distancia entre el Estanque y el punto aparente de salida o puesta del sol, que en el orto de invierno equivaldría a 8° 20'.

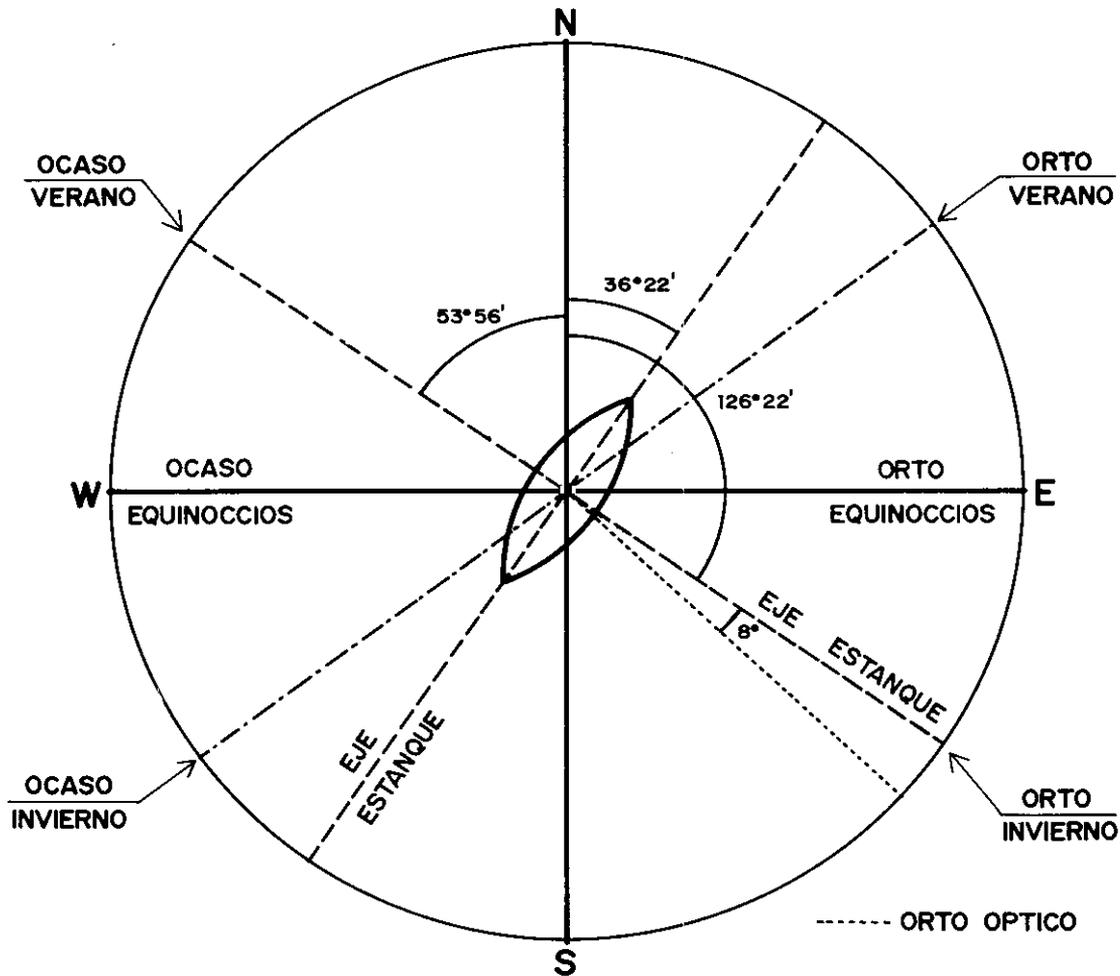


Fig. 84.—Orientación astronómica del Estanque Monumental.

De estos resultados, el primer hecho que se debe tener en consideración es que la variación observada al calcular la eclíptica para el momento de la construcción del Estanque no resulta relevante, pues la diferencia de orientación calculada es inferior a  $\pm 0,5^{\circ}$ , error inferior al admitido en la toma de datos topográficos del Estanque.

Partiendo de este hecho, sí es de suma importancia que la orientación del eje longitudinal del Estanque (= ángulo complementario de  $\alpha$ ) (fig. 84), equivale a  $53^{\circ}38'$ , valor muy próximo al del azimut del ocaso de verano,  $53^{\circ}56'$ , con una desviación inferior a  $19'$ . En consecuencia, se deduce que el eje que forman el orto de invierno, a  $126^{\circ}03'$ , así como su prolongación en el citado ocaso de verano, conciden con la orientación del eje transversal del Estanque, que se ha supuesto fue el utilizado para efectuar su trazado, orientado a  $126^{\circ}22'$ , existiendo entre ambos la citada desviación inferior a  $19'$ .

Dicha desviación, inferior a  $\pm 0,5^{\circ}$  calculado como margen de error en la medición topográfica de la orientación del Estanque, probablemente debe considerarse, en la práctica, como despreciable (vid. infra, *Apéndice 6*), pues en Astronomía Prehistórica pueden aceptarse imprecisiones de hasta  $\pm 0'5-1^{\circ}$  (Ruggles 1984a: 306).

En conclusión, se puede considerar que el eje de trazado del Estanque corresponde al eje del orto en el solsticio de invierno y al ocaso del solsticio de verano, lo que evidencia que dicho monumento se trazó según esta precisa orientación astronómica.

En segundo lugar, el orto del solsticio de invierno, teniendo en cuenta la topografía del terreno, ofrecería una desviación, que se ha calculado en ca.  $8^{\circ}$ . El gran interés de este hecho estriba en que, en consecuencia, dicha orientación parece coincidir con el Porret, máxima elevación de Bibracte (fig. 85), de lo que pudiera deducirse que en la ubicación y para la orientación del Estanque igualmente se debió tener en cuenta el entorno topográfico del lugar, por lo que el monumento debió ofrecer también una orientación topo-astronómica (vid. infra, *Apéndice 7*).

### 7.3.2. LA ORIENTACION TOPOASTRONOMICA

La orientación astronómica del Estanque Monumental se caracteriza porque su eje transversal, que era el primordial para su trazado y que quedaba orientado  $126^{\circ}22'$ , coincide, prácticamente, con el orto del sol en invierno,  $126^{\circ}03'$ . Además, este punto venía a coincidir, a su vez, con la cima del Porrey, máxima altura del oppidum (fig. 85) (Vid. *Apéndice 7*).

Esta coincidencia tan peculiar parece evidenciar que en la construcción del monumento no sólo se tuvo en cuenta una orientación precisa, sino que también se tuvo en cuenta la topografía del lugar, lo que debió haber exigido un cuidadoso estudio del lugar elegido para su construcción. En consecuencia, la ubicación del monumento y de su orientación hacia el Porret ha aconsejado analizar la posible existencia de otras relaciones topo-astronómicas entre el emplazamiento elegido para



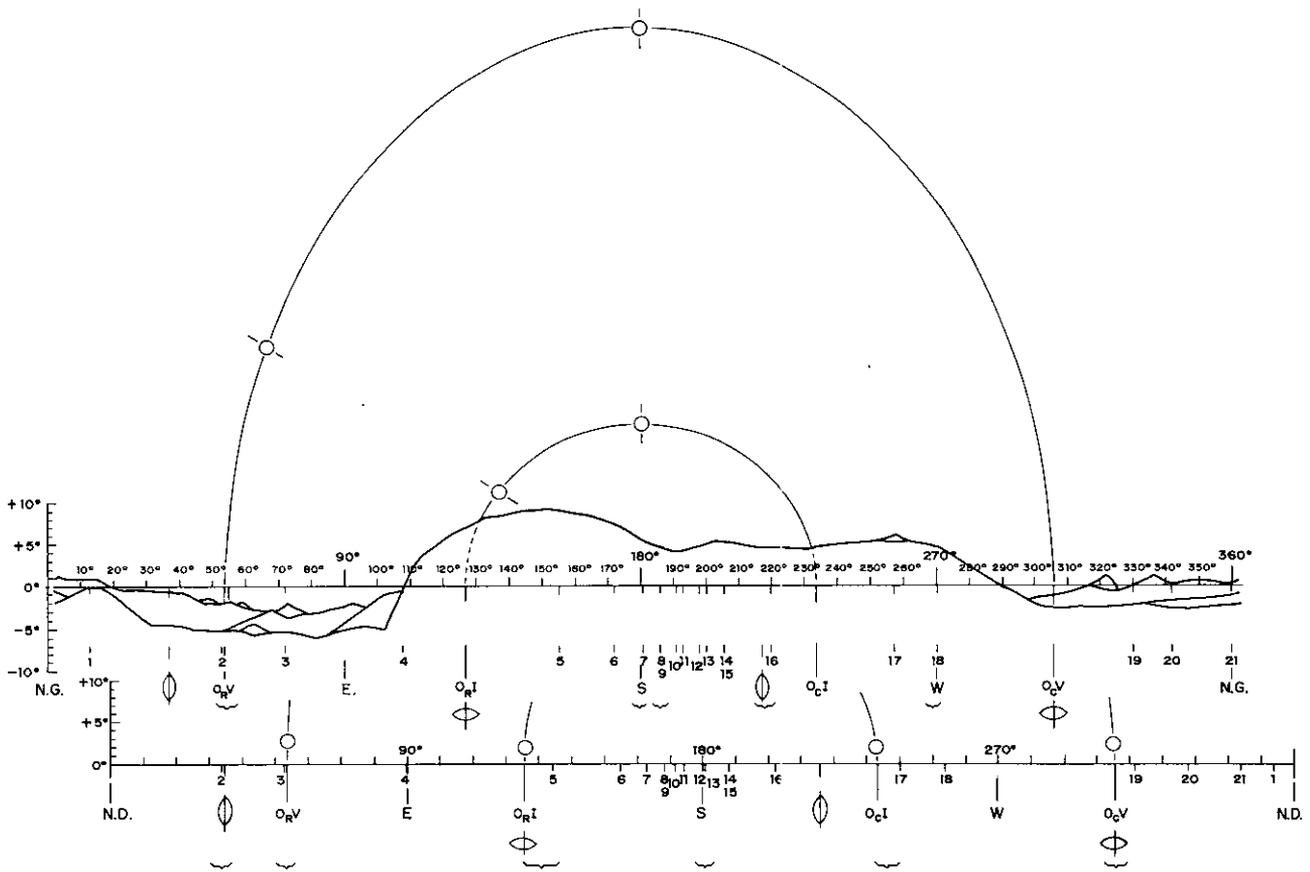


Fig. 86.—Esquema del horizonte en torno al Estanque con las coincidencias topo-astronómicas (según J.J. Sanz Donaire, Apéndice 7B, modificado).

Los óvalos cruzados por barras señalan los ejes del Estanque y los círculos la órbita solar en los solsticios. NG: Norte Geográfico; ND: Norte según Déchelette 1904; E: Este; S: Sur; W: Oeste; OrV: Orto solar en el solsticio de Verano; OrI: Id. id. en el de invierno; OcI: Ocaso solar en el solsticio de Invierno; OcV: Id. id. en el de verano.

1: Teureau de la Wivre; 2: Porte du Rebout; 3: Come-Chaudron; 4: Fuente Grenoullat; 5: Cumbre del Porrey; 6: Puerta A-4; 7: Cisterna de la Terrasse; 8: Puerta A-3; 9: Fanum de St. Martin; 10: Fuente Chevreuil; 11: Cumbre de la Terrasse; 12: Muro W. del Viereckschanze; 13: Puerta A-2; 14: Fuente St. Pierre; 15: Estanque de la mansión PC2; 16: Grandes Portes A-1; 17: Teureau de la Roche; 18: La Roche-Salvéé; 19: Puerta de l'Ecluse; 20: Pierre de la Wivre; 21: Puerta B-2; 22: Teureau de la Wivre.

el Estanque y algunos otros puntos topográficos significativos del oppidum, lo que se ha llevado a cabo en un análisis preliminar, dada la escasa precisión de los datos disponibles (vid. Apéndice 7).

Para ello, se ha analizado la posible relación del Estanque con la ubicación que ofrecen todos aquellos puntos topográficos y lugares significativos del yacimiento cuya orientación y ubicación topográfica pudiera, teóricamente, tener alguna relación con el Estanque (vid. Apéndice 7 A). Se ha procurado tener en cuenta las necesarias correcciones topográficas, así como la reconstrucción del horizonte originario (vid. Apéndice 7 B), hoy difícil de comprender dada la masa forestal que prácticamente lo oculta en su totalidad.

Como resultado de este análisis, que en cualquier caso debe considerarse como preliminar, parece evidenciarse una serie de coincidencias entre la orientación que ofrecen los ejes teóricos del Estanque y de su trazado y algunos puntos significativos del oppidum (fig. 85 y 86). De ello parecería, en principio, deducirse la existencia de posibles relaciones topo-astronómicas entre el Estanque y los puntos analizados (vid. Apéndice 7, cuadro).

Pero conviene tener en cuenta en este análisis la

imprecisión de los resultados, como consecuencia de la falta de suficiente calidad de las orientaciones cartográficas de que se ha podido disponer para hacer los cálculos, aunque, en cualquier caso, alguna de las aparentes coincidencias observadas son muy significativas y resulta difícil suponer que se deban a un hecho meramente casual.

De acuerdo con la orientación que ofrece el plano de J. Dechelette (1904) (fig. 4), el orto y el ocaso de invierno coincidirían, con escaso error, con las dos alturas más destacadas de Bibracte, Le Porrey y le Teureau de la Roche. Pero, además, la prolongación del eje formado por el "orto de invierno - Porrey" vendrían a coincidir, en dirección opuesta, la que corresponde al ocaso de verano, con bastante aproximación, con el barranco y la posible Puerta de l'Ecluse.

A su vez, el orto de verano coincidiría, con gran exactitud, con el Barranco de la Come-Chaudron. Aun cabría tener en consideración otras posibles coincidencias, como la orientación de la Fontaine de Grenouillot con el Este Geográfico y, en consecuencia, con el orto en los equinoccios. Igualmente, también es digno de mención la coincidencia aparente del Sur Geográfico con el límite occidental del "Viereckschanze" de la

Terrasse y con una de las puertas de esa zona, con un pequeño margen de error. Igualmente, el estanque de la casa PC 2 y la fuente de St. Pierre parecen quedar en el mismo eje, y lo mismo ocurre con el *fanum* de St. Martin y la puerta A-3 situada inmediatamente debajo de éste, aunque este tipo de coincidencia sí pueda considerarse meramente casual.

Sin embargo, un exámen de las orientaciones basado en el Norte Geográfico calculado a partir del plano de las cuadrículas Lambert II de la Base Arqueológica evidencia coincidencias menores y menos significativas (fig. 7.1). En este caso se puede indicar que, con pequeños errores, el orto de verano desde el Estanque coincidiría con la Porte du Rebout, el Sur geográfico parece coincidir con la orientación de la puerta A-3 y con el *fanum* de St. Martin y el eje longitudinal del Estanque con las Grandes Portes. Finalmente, la cisterna de la Terrasse coincide con el Sur y la Roch-Salvéé, prácticamente, con el Oeste geográfico y, en consecuencia, con el ocaso en los solsticios de Primavera y Otoño.

A pesar de su posible gran interés y su novedad, estos datos, deben considerarse con gran cautela, pues no se han podido comprobar con un análisis directo y detallado, que convendría realizar tan pronto fuera posible. Teniendo en cuenta estas circunstancias, aunque los resultados no sean seguros dada la escasa fiabilidad del material planimétrico disponible, sí parecen suficientes para indicar que el emplazamiento del Estanque Monumental no parece deberse a una elección al azar, sino que más bien pudiera evidenciar una cuidadosa preocupación por relacionarlo con los principales elementos topográficos del oppidum al hacer coincidir éstos con las principales orientaciones astronómicas, lo que supondría una cuidadosa orientación topoastronómica. Este hecho reforzaría el carácter monumental y urbano de esta construcción y confirmaría su vinculación a complejas funciones ideológicas (Vid. infra, pág. 210).

Además, estas posibles relaciones topoastronómicas también supondrían el empleo intencionado, en el trazado del Estanque Monumental de Bibracte, de conocimientos técnicos, astronómicos y topográficos, al servicio de una ideología subyacente. Este hecho evidenciaría una indudable capacidad técnica, pero su mayor interés estribaría en estar al servicio de una elaborada planificación urbanística de conjunto, de características

hasta ahora desconocidas, pero que tendría su fundamento en razones ideológicas que se analizan más adelante (Vid. infra, pág. 214 s.).

Por otra parte, si se llegase a demostrar esta relación topográfica entre el Estanque y algunos elementos fundamentales de la urbanística del oppidum, como las Puertas de Rebout y de l'Ecluse y, mas inciertamente, con Les Grandes Portes y el *fanum* de St. Martin, dicha relación supondría, igualmente, una cierta sincronización. Aunque cabría explicarse este hecho por la posterior elección del emplazamiento del Estanque teniendo en cuenta los elementos topográficos preexistentes, no se debe desechar la idea de que el emplazamiento del Estanque sea de una fecha ligeramente anterior o, mejor, realizado en relación con los citados elementos topográficos señalados en una planificación de conjunto en el momento de urbanización del oppidum. En consecuencia, este hecho supondría un peculiar sistema de planificación urbanística, que debería considerarse genuinamente galo, tal como se ha demostrado para el trazado y para la unidad de medida del Estanque.

Otra consecuencia sería que este trazado urbanístico hace suponer que el Mont Beuvray debió estar, al menos en su mayor parte, desforestado, lo que también ayuda a documentar el paisaje "urbano" del oppidum, ya que así parece indicarlo la reconstrucción del horizonte visible (fig. 86), pues, además, dicho trazado se llevaría a cabo con gran dificultad en una zona boscosa o densamente arbolada como ocurre en la actualidad.

En conclusión, la aparente orientación topoastronómica que presenta el Estanque Monumental de Bibracte, aunque deba considerarse con toda prudencia hasta que se realice la necesaria comprobación con datos de mayor fiabilidad, aporta nuevas hipótesis de trabajo de gran interés para ser contrastadas en investigaciones futuras. Pero estas hipótesis resultan plenamente adecuadas al notable desarrollo astronómico, técnico, y urbanístico que evidencia la Cultura Céltica, y, concretamente, el mundo galo, tal como revelan otros aspectos del Estanque Monumental de Bibracte, confirmados por las escasas referencias históricas existentes y por algún documento excepcional como el Calendario de Coligny, evidentemente en muy estrecha conexión con el sistema técnico e ideológico del mundo celta, tema de indudable interés que se aborda más adelante en los apartados correspondientes (vid. infra, pág. 191 s.).