

De hidráulica romana: el abastecimiento de agua a la ciudad romana de Andelos

M.^a ANGELES MEZQUIRIZ IRUJO
MERCEDES UNZU URMENETA

El sistema de abastecimiento de agua es una de las grandes aportaciones de la ingeniería romana para que las ciudades pudieran alcanzar una aceptable calidad de vida.

Hay muchas referencias de los autores antiguos. Lucrecio evoca algunas fuentes maravillosas. Ovidio alude a los *mirabilia aquarum*. Séneca consagra el libro Tercero de sus *Naturalis Quaestiones* al estudio de las aguas terrestres.

Informaciones más importantes se encuentran en el libro VIII *De Architectura* de Vitrubio, en los libros XXXI y XXXVII de la *Naturalis Historia* de Plinio y en el *Opus Agriculturae* de Palladio. Sin embargo la obra fundamental sobre el sistema de aguas y acueductos es, sin duda, *De Aqueductu Urbis Roma* de Frontino, que una vez nombrado *Curator aquarum* y para conocer bien el encargo del emperador, recoge toda la situación del abastecimiento de agua a Roma. Frontino compara las conducciones de agua con las pirámides egipcias y los templos griegos.

En 1984 publicamos en la Revista de Obras Públicas un avance de los hallazgos efectuados en relación con el abastecimiento de agua a la ciudad romana de Andelos¹. Los trabajos arqueológicos no estaban terminados y aún ahora no podemos decir que estén concluidos, ya que, como veremos más adelante, quedan algunas hipótesis por comprobar o corregir.

Del complejo hidráulico de Andelos se ha descubierto la presa de recogida de aguas, el depósito regulador, restos del acueducto y uno de los Castella Aquae de la ciudad. Podemos decir que conocemos el sistema de abastecimiento completo, hecho poco frecuente en los descubrimientos arqueológicos.

Comenzaremos la descripción de los restos encontrados por el lugar de partida de las aguas, la presa, y trataremos de seguir todo el recorrido del agua hasta la llegada al centro distribuidor, en la misma ciudad de Andelos.

Para la consecución de este propósito hemos contado con la colaboración de varios profesionales a quienes deseamos agradecer su inapreciable ayuda, sin la cual no se hubieran podido resolver los diferentes problemas técnicos suscitados.

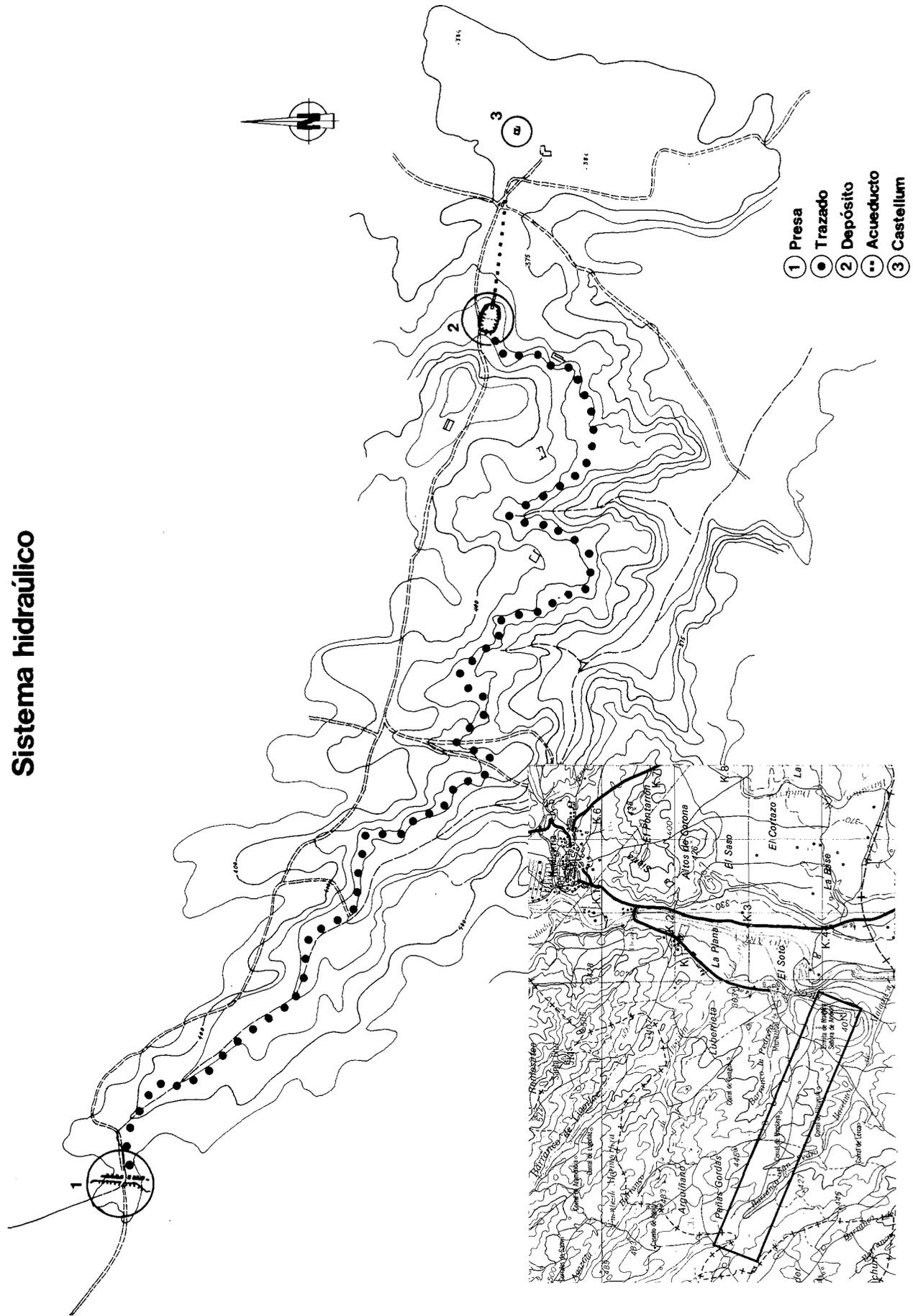
El levantamiento topográfico ha sido realizado por D. Eduardo Martín, topógrafo del Gobierno de Navarra, quien ha intentado resolver el posible recorrido del agua desde la presa al depósito. El cálculo sobre el caudal anual, capacidad del embalse, ha sido realizado por D. Javier Castiella, Jefe de la Sección de Recursos Hidráulicos y Geológicos del Gobierno de Navarra. El trabajo de reconstrucción del acueducto sifón, entre el depósito y la ciudad, ha sido calculado y dibujado por el arquitecto D. Jesús Cañada.

En cuanto a los estudios científicos sobre petrología de las estructuras y geología de la zona, serán publicados, en su momento, por los profe-

1. M.A. MEZQUIRIZ IRUJO. *Comentarios al estudio de la presa de Consuegra*. Rev. de Obras Públicas, Marzo 1984, pp. 194-199.

2. Estos datos nos han sido facilitados por D. Javier Castiella, Jefe de la Sección de Recursos Hidráulicos del Gobierno de Navarra.

Sistema hidráulico



Sistema hidráulico.

sores Mingarro y López de Azcona de la Universidad Complutense de Madrid. Sin embargo hemos podido contar con un avance de sus investigaciones que recogemos en nuestras descripciones. Finalmente se ha realizado el estudio geofísico de la presa por parte de un equipo de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense, dirigido por el Dr. Bergamín, cuyos primeros resultados nos han sido facilitados.

Coincide el momento de redactar estas líneas con el fallecimiento en Madrid de D. Carlos Fernández Casado, maestro en el estudio de la técnica hidráulica romana, con quien tuvimos el privilegio de mantener algunas reuniones de trabajo y siguió con sumo interés los primeros descubrimientos sobre el sistema hidráulico de Andelos. Desde aquí deseamos rendirle nuestra gratitud por su bondad y magisterio.

LA PRESA

La zona de la presa de Andelos se localiza a unos dos km. en línea recta, al NE de la antigua ciudad, sobre formaciones datadas en el Mioceno inferior continental, del borde Norte de la Depresión del Ebro.

La cuenca afluyente ha sido calculada en 4.888.000 m.² sobre el mapa topográfico 1:10.000. En cuanto a la capacidad del embalse hay que tener en cuenta las colmataciones que han podido originarse desde su construcción, lo que ha de suponer un coeficiente corrector importante, sin embargo, partiendo de la situación actual y con la base topográfica disponible a 1:10.000, la capacidad del embalse podría ser de 20.000 m.³. Aunque el embalse primitivo de explotación fuera mayor, el volumen sería siempre pequeño en relación con las aportaciones de la regata, calculada en una media anual de 537.460 m.³. Esto hace suponer que la demanda fuera inferior o igual a los caudales naturales de la misma, durante la mayor parte del año y que el embalse sólo entraría en juego en época de estiaje, alrededor de tres meses al año. La precipitación media en esta zona es de 550 mm.²

Se tenía conocimiento de la existencia de una presa romana, situada entre los términos de Mendigorriá y Cirauqui, llamada por los habitantes de la zona «el puente del diablo». El arquitecto J.M. Rezola³ la publicó en una breve nota,

identificando los restos con una presa de contrafuertes.

Más tarde, en 1973, F. Sáenz Ridruejo, le dedicó un estudio completo⁴ dándole el nombre de Iturránduz, el mismo del barranco que llega a la cerrada, siendo con el que se le conoce a partir de entonces en la literatura técnica. Aguas abajo de la presa se llama barranco de San Pedro, y desemboca en el río Arga a unos 3 km. de distancia.

Entre 1980 y 1985 se realizó la excavación de la presa, ya que los estudios citados se habían hecho solamente en base a la visita y prospección del terreno y parecían lógicas, como pudimos comprobar, algunas inexactitudes en las medidas y en su estructura.

Hemos podido constatar la existencia de dos construcciones diferentes, una de ellas es la que afloraba sobre el terreno y, otra, situada aguas arriba, construida en sillarejo. Ambas estructuras se encuentran actualmente rotas a la altura del cauce del arroyo, por lo que el agua no se embalsa, dejando al descubierto gran cantidad de materiales arcillosos arrastrados por las aguas, que forman el sedimento de relleno del embalse.

Describiremos en primer lugar la construcción de mampostería de bloques de piedra unidos por una argamasa, a modo de hormigón de cal. Se trata de una presa de pantalla plana con nueve contrafuertes, en lugar de siete que pudo ver Sáenz Ridruejo, y una longitud de 102 m. comprobándose, asimismo, una diferencia de 22 m. La altura de la pantalla no ha podido establecerse con precisión, ya que al excavar, el agua inunda las catas aflorando la capa freática. Hemos podido constatar que al menos alcanza siete metros en su parte central, reduciéndose a dos metros al final del estribo izquierdo.

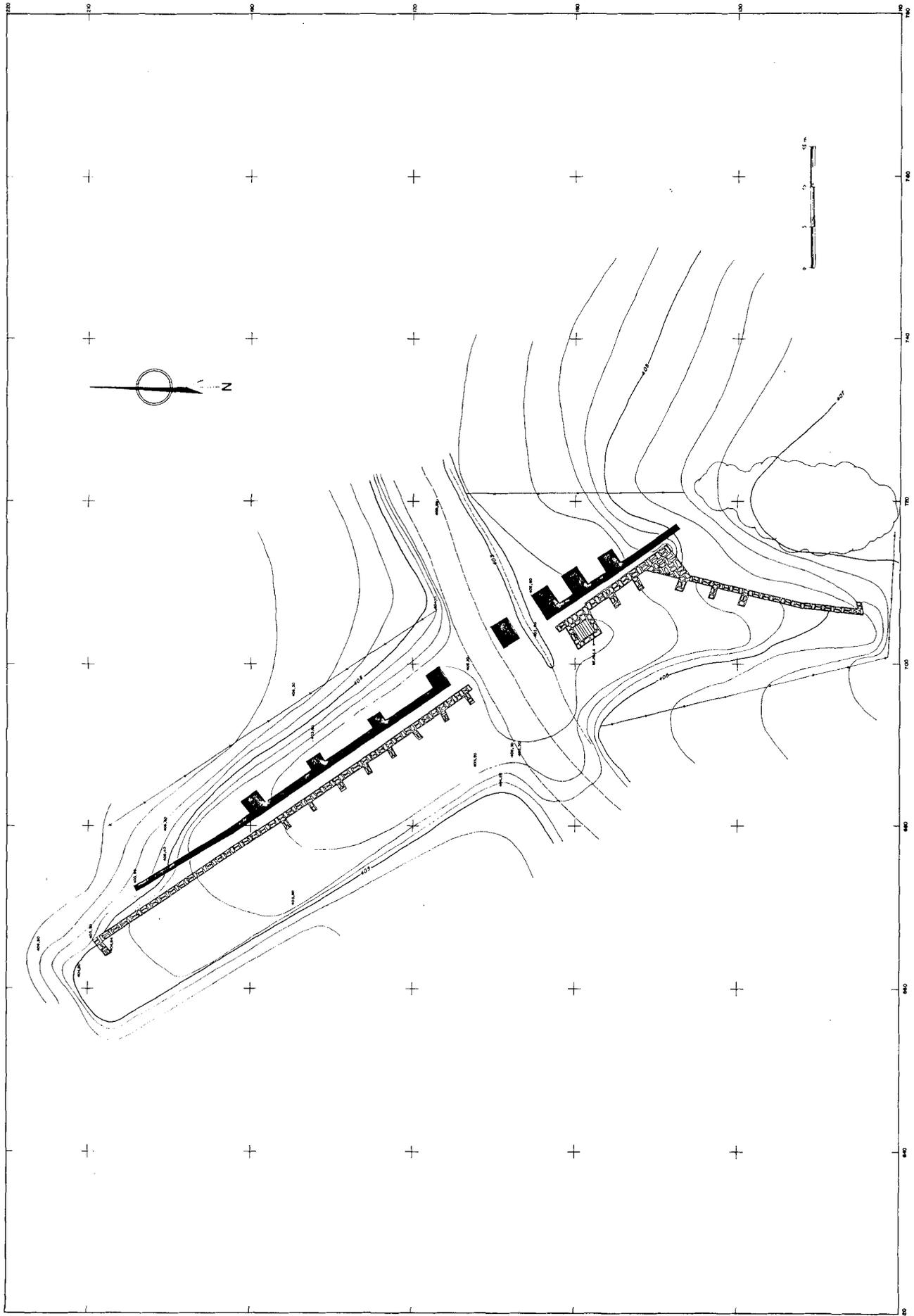
Toda la obra está realizada en *opus cimenticiae* formado por cantos y bloques redondeados a tamaños hasta 15 ó 20 cm. de composición variada. El informe de los Dres. Mingarro y López de Azcona dice que «algunos corresponden a la misma unidad litoestratigráfica, subarcosa y sublitoarenitas calcáreas, mientras que otros cantos muestran un carácter carbonático, calizas micritas con restos de foraminíferos y gasterópodos». Todos estos materiales podrían proceder de los sedimentos cuaternarios de terrazas semejantes a la que asienta la ciudad de Andelos o de cualquier depósito de análoga formación.

Estos elementos que se colocaban en tortadas horizontales, están trabados por una argamasa de cal y arena con cantos entre 0,4 y 1,6 cm. Quedan todavía patentes las huellas de los tablones

3. J.A. REZOLA AZPIAZU. *El puente del Diablo de Mendigorriá (Navarra)*. El Miliario Extravagante, n.º 14, p. 421, 1968.

4. F. SÁENZ RIDRUEJO. *La presa romana de Iturránduz*. Rev. de Obras Públicas, pp. 33-40, Madrid 1973.

Presas



Presas.

utilizados en el encofrado, sobre todo en la parte que se halló enterrada y que, por tanto, no había sufrido erosión. La presa ha resistido el paso del tiempo, excepto uno de los contrafuertes centrales, que ha desaparecido, así como la pantalla que se halla rota entre otros dos. Los contrafuertes del estribo izquierdo son de menor tamaño que los del derecho, y también es diferente la separación entre ellos. En esta parte soportaba la mayor carga hidrostática, ya que la topografía de la vauada es más escarpada en el estribo derecho. En ambos, termina apoyando en afloramientos de roca. Creemos que la estabilidad queda asegurada con la propia fortaleza de la obra y los contrafuertes.

Tanto la pantalla, de unos tres pies de grosor, como los contrafuertes, son de sección rectangular. No se ha localizado el aliviadero de superficie. Solamente en el estribo derecho existe una forma cóncava en la pantalla, ya señalada en el plano de Rezola, que pudiera relacionarse con dicha función. En todo caso debió situarse en este lado, pues el estribo izquierdo conserva la coronación intacta y es evidente que no lo tuvo.

En la campaña de 1983 se descubrió una nueva pantalla, cuyos trabajos de excavación terminaron en 1985. Está formada por un muro de sillarejo, con trece contrafuertes interiores y una arqueta de toma de agua. Dicho muro es casi paralelo a la pantalla de hormigón en toda su longitud, aunque en el estribo derecho forma un ángulo de 70° buscando el apoyo en la roca. La pantalla mide 0,65 m. de grosor y 150 m. de largo, hallándose a una distancia de la anterior de 1,40 m. en el estribo izquierdo y 0,70 m. en el estribo derecho. El coronamiento estaba rematado por una serie de losas de mayor anchura que el muro, apoyando sobre el terraplén que ayudaba, aguas abajo, a la labor resistente. Este tipo de obras no son capaces de resistir el empuje del agua almacenada pero se abrigan con un terraplén aguas abajo que suministra el empuje compensador, contrarrestándose en el caso de Iturránduz, con los contrafuertes aguas arriba cuando actúa a embalse vacío. Los sillares y contrafuertes presentan las mismas características y composición que las rocas en que se apoyan los estribos, pudiendo asegurarse que proceden de un lugar muy próximo.

La arqueta de toma de agua tiene unas dimensiones de 3,50 m. por 4 m. y 3 de profundidad, y un sistema de captación adaptado a la presa-manantial. Presenta el fondo cubierto de argamasa hidráulica en la que se halla empotrado un sillar de 0,60 m. de ancho por 1,20 m. de largo. Es a su vez la cámara de llaves desde donde se podía regular la salida del agua. Arquetas adosa-

das a la pantalla existen también en la presa de Proserpina (Mérida)⁵.

Una tubería de plomo (*fístula*) se halla encastada en dicho sillar llegando hasta el muro de la pantalla para, posiblemente, atravesarlo y dar salida al agua que debía abastecer a la ciudad. El tubo de plomo tiene forma ovoide con la unión en la parte superior. Como sabemos, estas tuberías se fabricaban doblando una lámina alrededor de un alma de madera⁶.

Ha aparecido un ara de piedra, caída entre dos contrafuertes. Está rota en su parte superior y no conserva ninguna inscripción. Se debió colocar en el momento de finalización de la obra con intención religiosa, posiblemente dedicada a las Ninfas. Ocuparía un ángulo ya que las molduras del pie aparecen solamente en dos de sus lados.

En cuanto a la relación entre las dos construcciones halladas, parece lógico que la pantalla situada aguas arriba, es decir, el muro de sillarejo y contrafuertes, sea la presa más antigua. Al modo de las grandes presas de Alcantarilla, Proserpina y Cornalbo, estaría reforzada en su paramento aguas abajo por tierra ataluzada. Con este sistema, el muro se encuentra en peligro a embalse vacío, de ahí la presencia de los contrafuertes aguas arriba, como también ocurre en Proserpina⁷.

Según Norman Smith⁸, los ingenieros romanos tenían que conseguir que sus estructuras cumplieran las siguientes condiciones: un grado suficiente de impermeabilidad, estabilidad bajo la carga de agua a embalse lleno, estabilidad a embalse vacío, seguridad cuando el embalse vierte, medios para tomar agua del embalse. Es evidente que la estructura de la primera presa de Iturránduz no cumplía estas condiciones y debió fallar en su parte central, de la que faltan 13,5 metros, y pueden calcularse tres contrafuertes. Por ello debió construirse aguas abajo, paralela al primer paramento, la segunda pantalla de hormigón, dándole una mayor profundidad a la obra, que ofrecía una gran resistencia e impermeabilidad. La pantalla es plana aguas arriba y provista de potentes contrafuertes aguas abajo. No sabemos si hubo refuerzo de terraplén entre los contrafuertes de la segunda presa de Iturránduz, ya que cuando comenzamos los trabajos se hallaba muy

5. C. FERNÁNDEZ CASADO. *Ingeniería Hidráulica Romana*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1983, pp. 126-127.

6. DAREMBERG-SAGLIO. *Dictionnaire des Antiquités grecques et romaines*, Tomo III, 1.ª parte, pp. 1.146-1.148.

7. C. FERNÁNDEZ CASADO. *Las presas romanas en España*. Rev. Obras Públicas, Junio 1961, pp. 359-363.

8. Norman SMITH. *A History of Dams*, pp. 25, Londres 1970.

modificada la fisonomía del terreno, tanto por los aterramientos aguas arriba, como por las nivelaciones para la explotación agrícola a ambos lados de la presa.

La conducción entre la presa y el depósito regulador

La prospección superficial entre la presa y el depósito, no aporta ningún dato sobre la situación exacta por donde debió discurrir la conducción de agua entre una y otra construcción.

Por ello para calcular el posible trayecto, se han estudiado las hojas correspondientes del mapa topográfico de Navarra a escala 1:5.000. De las curvas de nivel se deduce que las cotas de la presa y el depósito son 402,5 y 382,5 respectivamente, lo que supone un desnivel entre ambas de 20 cm. Con estos datos y teniendo en cuenta que el transporte del agua debía hacerse por gravedad, se ha proyectado sobre la cartografía a dicha escala, un trazado de conducción que se adapte al terreno. Una vez proyectada la traza, se ha situado en los ortoplanos para su posterior replanteo de los detalles fotográficos, tales como: lindes, cultivos, corrales, caminos, arroyos, etc., en el terreno.

Como el error admisible en la altimetría de la cartografía a escala 1:5.000 es de hasta $\pm 2,5$ m., es decir, la mitad del valor de la equidistancia entre curvas de nivel, la pendiente al replantear la traza fue comprobada con un eclímetro, ajustando en caso de discrepancia entre la altimetría del mapa y del terreno para que la conducción tuviese siempre una pendiente descendente⁹.

Sabemos que este trazado es solamente una aproximación y que en algunos tramos se encuentran lomas y vaguadas que pudieron haber sido salvadas con túneles o sifones. Esto, mientras no se consigan evidencias arqueológicas, no se tiene en cuenta al replantear la posible conducción de agua, como puede verse en el plano que ofrecemos.

Siguiendo este trazado hipotético se ha realizado la prospección de superficie. En numerosos puntos del recorrido se ha encontrado cerámica romana, de tipo común y Sigillata Hispánica. Incluso hemos hallado un fragmento de cerámica campaniense, fechado en el siglo I d.C. Además, entre las ruinas de unas edificaciones agrícolas a unos 300 m. del depósito-regulador, hallamos fragmentos de un *specum* de piedra, idéntico al localizado en la salida del mismo.

9. El cálculo del trazado y su replanteo ha sido realizado por el topógrafo D. Eduardo Martín y Díaz de Oñate.

Al lado del camino actual por el que se llega desde la presa al depósito, se ha encontrado un miliario anepígrafo. Su forma es inequívoca, con cuerpo cilíndrico de dos metros de alto y base cuadrangular para sujetarse al suelo. Este hallazgo lo consideramos una clara evidencia de que el camino romano tenía un trazado semejante.

Por otra parte se ha iniciado un nuevo sistema de investigación para reconstruir, no sólo el trazado, sino también el sistema de canalización adoptado. Para ello un equipo de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense, dirigido por el Dr. Bergamín, ha realizado un estudio geofísico, consistente en sondeos eléctricos verticales y calicatas eléctricas de forma combinada, variantes ambos métodos del de resistividades.

Una primera conclusión, según el informe que nos han facilitado es que «las calicatas realizadas ponen de manifiesto la existencia de un cuerpo de sección seudorrectangular bajo el actual emplazamiento del río». Estos datos deberán ser comprobados mediante excavación arqueológica.

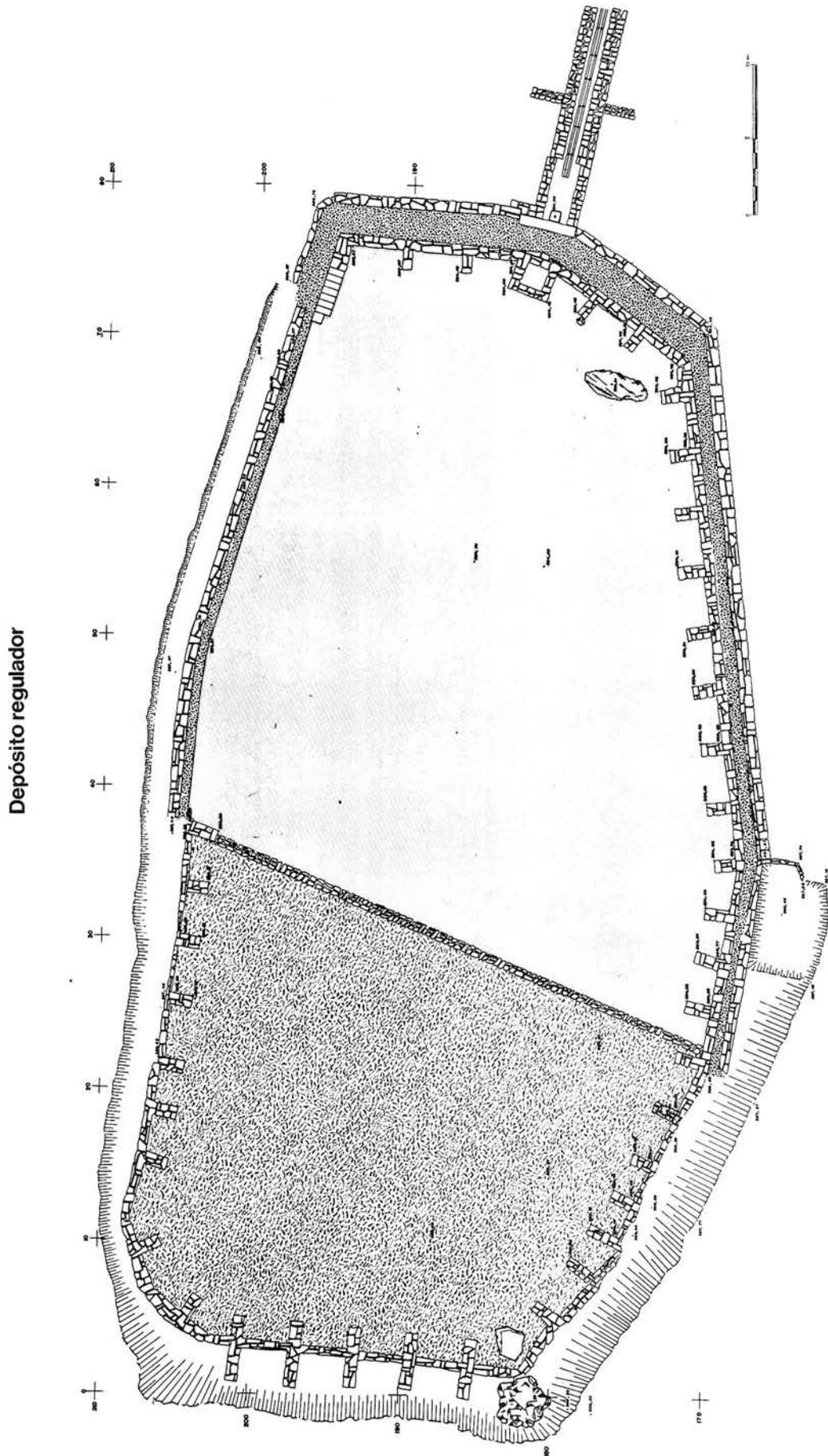
EL DEPOSITO REGULADOR

Se trata de un amplio recinto de 85 m. por 37 m. como ejes máximos, en forma de polígono irregular, que se adapta a la topografía del terreno. En algún punto hemos hallado la altura original de los muros, que asciende a 3,5 m., lo que supone una capacidad de almacenamiento de 7.350 m.³ de agua.

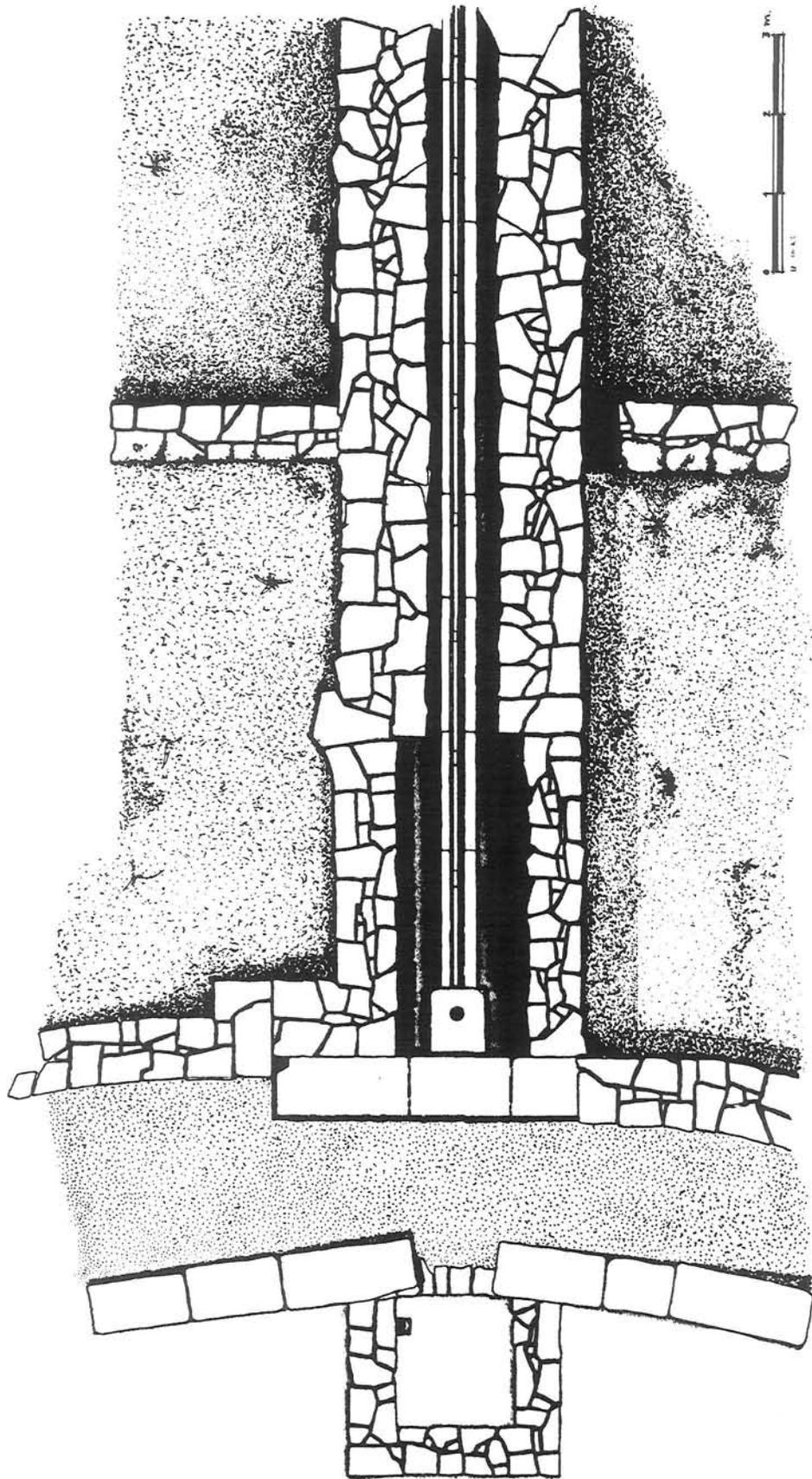
Hemos podido comprobar la existencia de dos fases de construcción. En su origen fue de tamaño más reducido. Sus paredes de sillarejo sujetaban el terreno y estaban recubiertas por una capa de piedra picada, de 0,40 m. de espesor, acabadas con un enlucido hidrófugo que también cubría el pavimento, llevando un baquetón o bocel en forma de cuarto de cilindro, en el ángulo formado por las paredes y el fondo.

Parece ser que estas paredes no tuvieron suficiente resistencia y se derrumbaron, lo que motivó la construcción de un segundo muro, en gran parte de su perímetro, aunque el muro norte se mantuvo y fue aprovechado, de modo que nos ha permitido conocer los dos tipos de construcción.

En la segunda fase se realizó una ampliación del depósito a las dimensiones en que lo hemos hallado. La parte ampliada no tiene pavimento de argamasa. Este segundo muro, también en sillarejo, se halla reforzado por 37 contrafuertes con una separación entre ellos de metro y medio, y cuya finalidad sería la de aguantar el empuje de la tierra a depósito vacío.



Depósito-regulador.



Arqueta y arranque del acueducto.

Los sillares que forman el muro son irregulares. En muchos de ellos se notan las huellas de las cuñas empleadas para sacar los bloques de la cantera. En los contrafuertes se alternan hiladas de pequeños sillares con otros de tamaño de su anchura. Sillares de grandes dimensiones, servían de coronación, como puede apreciarse en la parte oeste conservada en toda su altura.

A la ampliación del depósito corresponde, tanto la arqueta de salida de agua, como el muelle y escalera de bajada al interior del depósito. Esta escalera está formada de siete peldaños monolíticos. Se constata que el enlucido de la pared primitiva existe todavía por detrás de ellos.

Según Vitrubio¹⁰, la entrada (*inmisarium*) y la salida (*emisarium*) del depósito debían estar situadas diametralmente opuestas con objeto de que el agua recorriera el trayecto más largo posible para que la sedimentación fuera óptima, cosa muy importante en la clarificación de las aguas.

En el caso que nos ocupa, la entrada debió ser por un solo punto en el ángulo SW del depósito desembocando en él, posiblemente, por un canal de conducción. En las losas de coronación del mismo, en esta parte, queda clara la erosión efectuada por el agua y sobre la solera del fondo hay una gran piedra de 1,50 m. de forma irregular, para soportar el «golpe de agua».

La salida se halla en el punto más alejado de la entrada, al centro del muro E. Presenta una estructura semejante a la ya descrita en la presa. Hacia el interior dispone de una arqueta o torre de «toma» cuadrangular que mide 2,70 x 2 m. Tiene el fondo de argamasa y en una de sus paredes se aprecian unas piedras salientes, colocadas intencionalmente, no sabemos si para facilitar la bajada dentro de la arqueta, o quizá marcando cotas de medición de la altura del agua. Desde allí una tubería de plomo (*Fistulis plumbeis*) atraviesa el muro del depósito, facilitando la salida del agua.

En el mismo punto del muro y en su parte exterior se ha descubierto la «cámara de llaves», compuesta por un recinto de 4,5 x 3,20, posiblemente cerrado y al cuidado de un *castelorum* o encargado de la vigilancia y control del depósito. De él se conserva un gran sillar cuadrado, perforado en sentido horizontal, donde se halla embutido un tubo de plomo que comunica con un orificio vertical, a través del cual, con un artificio adecuado, se permitiría la salida de agua a voluntad (*caput aquae*). En la presa de Consuegra hay una «toma de agua» que guarda bastante semejanza¹¹, tanto en planta como en dimensiones.

Este tipo de grandes depósitos a cielo abierto situados entre la presa y el acueducto son casi desconocidos en la bibliografía arqueológica. Recientemente ha aparecido en El Palau (Zaragoza) una cisterna de dimensiones menores (13 x 7 m.) y profundidad entre 3 y 4 m., también con escalera interior, que pudiera tener función parecida¹². Otro depósito que guarda semejanza con el de Andelos es la Balsa del Molinero de Vicar (Almería), de forma cuadrangular, mide 25,80 m. por 25,40 m. Tiene seis contrafuertes interiores y una pequeña escalera¹³. Finalmente, en Bosra (Siria) hay un gran depósito con contrafuertes interiores que pudieran ser de época romana¹⁴.

EL ACUEDUCTO

Como hemos indicado, la excavación arqueológica nos proporciona los datos precisos sobre la salida del agua del depósito. La tubería de suministro debió ser también de plomo, estando protegida en el trayecto hasta la ciudad por un canal (*specus*) realizado en sillares labrados de 1,50 m. de longitud y 0,40 m. de ancho. También hemos podido localizar los puntos de apoyo de los pilares que sostenían las arcadas de un acueducto para el transporte del agua desde el depósito a la ciudad, ya que a distancias regulares se han hallado los encachados de piedra que soportaban los pilares del acueducto, así como abundantes restos de su destrucción, entre los que se encuentran grandes tramos de *specus*. Por otra parte, hemos recogido noticias de hallazgos antiguos de tuberías de plomo en la misma zona.

Con estos datos, se ha realizado, en dibujo, una reconstrucción de cómo debió ser esta estructura, habiéndose llegado a la conclusión de que se trata de un puente-sifón, con el que se conseguirá la presión necesaria para hacer llegar el agua a la ciudad¹⁵.

Según el perfil longitudinal de la conducción de agua, la cota del *specus* a la salida del depósito es de 384,04 m., mientras que la cota aproximada

SMITH. *Nuevo estudio sobre la presa de Consuegra*. Rev. de Obras Públicas, Junio 1980, pp. 487-505.

12. F. MARCO SIMÓN. *El yacimiento Ibero-Romano de el Palau (Alcañiz, Teruel)*. Campaña 1982. Madrid 1985, p. 183-218.

13. A. GIL ALBARRACÍN. *Construcciones romanas de Almería*, Biblioteca de Temas Amerienses n.º 6, 1953, p. 153, lám. XXXIII.

14. Este dato con la fotografía se la debo al Prof. D.M. Martín Bueno, a quien deseo expresar mi agradecimiento.

15. El cálculo y dibujo del acueducto-sifón ha sido realizado por el arquitecto D. Jesús Cañada Palacio.

10. VITRUBIO, De architectura, Lib VIII.

11. J.A. GARCÍA DIEGO; M. DÍAZ MARTA y N.

del Castellum es de 383,50 m., luego el agua tiene que salvar un desnivel aproximado de 50 cm. Según el plano a escala: 1:5.000 de Andión, la distancia entre el depósito y el castellum puede llegar a ser de 750 m. Es decir, el agua tiene que recorrer 750 m. para salvar un desnivel de 0,5 m. Teniendo en cuenta que la pendiente mínima para que circule el agua es de 1‰, difícilmente se aseguraría el abastecimiento a la ciudad con un acueducto que simplemente uniera ambos puntos. Por otro lado suponiendo que los datos no sean tan desfavorables, las pérdidas de carga debidas al rozamiento del agua con la tubería y las pérdidas producidas por algún cambio de dirección juegan en contra.

Parece pues lógico que la solución adoptada fuese la del sifón, atendiendo al razonamiento hidráulico. Además el razonamiento estructural también apoya esta hipótesis.

Por las marcas encontradas en una de las losas, los sillares que configuraron la base de los pilares eran de 0,90 m. por 1,20 m. de base. Como estas marcas aparecen en las losas encontradas en la parte más baja de la vaguada y por tanto debían corresponder a la zona más esbelta del acueducto, parece correcto suponer que esta dimensión corresponde a los pilares más grandes. Sin embargo se ha trabajado dando a todos los pilares una base de idénticas dimensiones.

El desnivel máximo que tiene que salvar es, según el perfil longitudinal, de 7,88 m. en la losa n.º 22 que tiene una cota de 376,16 m., teniendo en cuenta que la cota de salida es de 384,04 cabe suponer también que sobre los arcos llevaría una coronación de aproximadamente 70 cm., que corresponde a los muretes que encierran el *specus*.

Con todo esto el acueducto alcanzaría ocho metros y medio, altura excesiva para unos pilares de la sección mencionada. Luego también estructuralmente es lógico que no se alcanzase tanta altura en el tramo central, por lo que el sifón parece adecuado.

El tramo excavado pertenece a la zona descendente y a la zona horizontal, esta última seguramente no está completa.

Con los restos que han aparecido es evidente que no se encuentran todas las bases de los pilares que sostenían el sifón. En el plano n.º 1 aparecen los restos hallados diferenciados en losas y encachados. La situación de las bases desaparecidas se ha supuesto intentando unificar las luces de los arcos; y a la vez teniendo en cuenta que en el primer tramo éstas no pueden ser muy grandes ya que entonces condicionarían la altura de todo el sifón.

Las luces tienen las dimensiones siguientes:

2 arcos de 3 m. de luz.

2 arcos de 3,5 m. de luz.
2 arcos de 3,7 m. de luz.
3 arcos de 4 m. de luz.
6 arcos de 4,2 m. de luz.
1 arco de 4,5 m. de luz.
2 arcos de 4,7 m. de luz.
19 arcos de 50 m. de luz.
6 arcos de 5,5 m. de luz.
9 arcos de 6 m. de luz.

En total son 53 pilares y 52 arcos. Dos de ellos se encontraban apuntalados con dos pilas-tras de piedra y uno parece ser que con una sola.

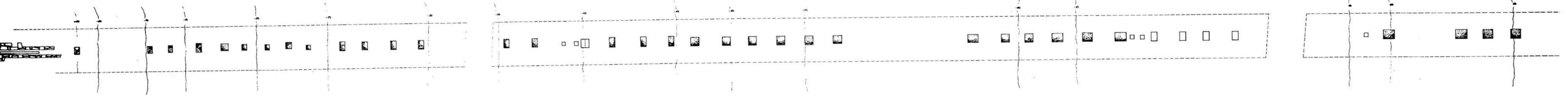
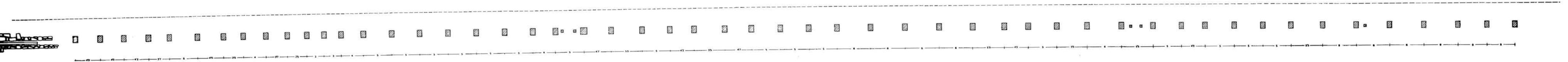
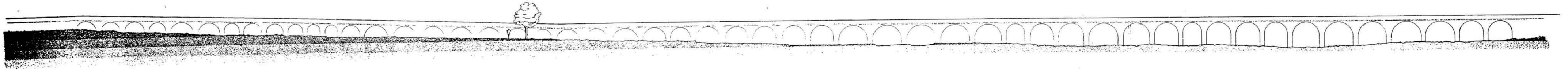
Teniendo la luz de los arcos y suponiendo que todos son de medio punto sabemos la inclinación del tramo descendente. La longitud de este tramo nos da la altura que suponemos debió tener el tramo horizontal. Teniendo en cuenta el tamaño que conocemos de los pilares y sabiendo que pasaba por debajo un camino que unía las dos zonas que separaban el sifón, se ha supuesto que es aproximadamente de unos 4,5 m. hasta la clave.

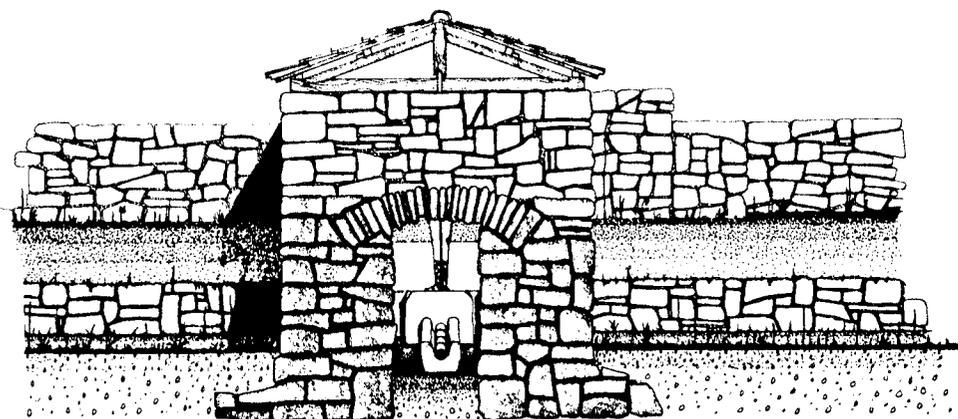
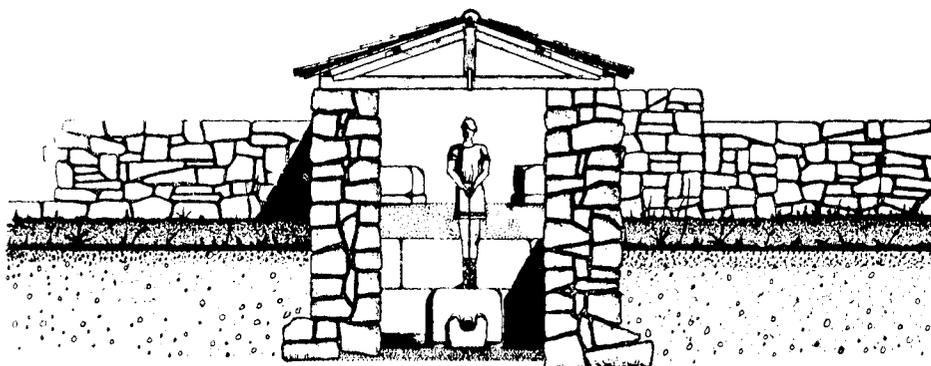
De todo ello cabe deducir que al tramo descendente corresponden 21 pilares y los 32 restantes al tramo horizontal. Además hay que tener en cuenta que hasta el arranque del primer arco, la tubería y el *specus* va entre muros sobre el terreno, como queda patente a la salida del depósito. Este tramo entre muros mide aproximadamente 18 m. y sobre arcos 84,5 m., dando un total de 102 m. para el tramo descendente, que para un desnivel de 3 metros supone una pendiente del 3%.

Respecto al tramo ascendente, está en período de investigación, tanto arqueológica como geofísica, a fin de localizar su trayecto hasta el *castellum*.

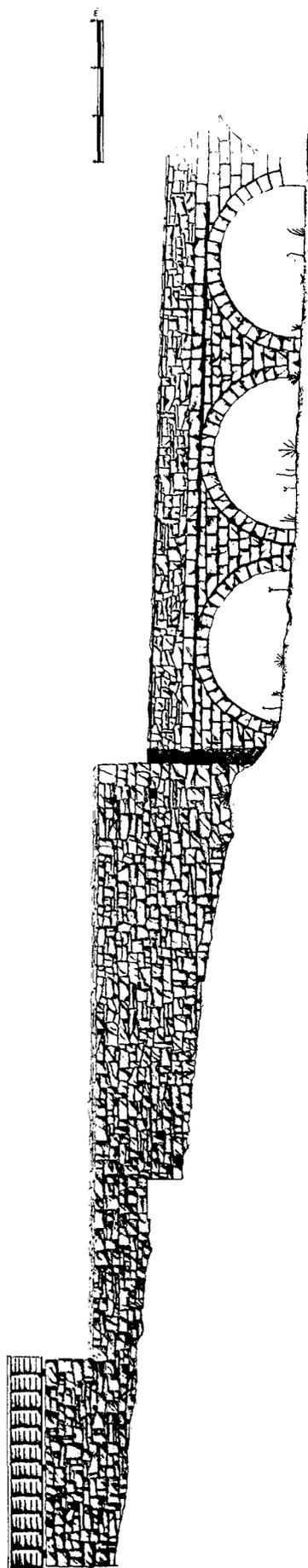
La serie de sillares, que aparecen alineados ocupando una de las vías de la ciudad y que en anteriores publicaciones suponíamos correspondían al final del acueducto, en el momento actual no queda claro. Es indudable que tienen una relación con el sistema hidráulico, pero hemos de cuestionarnos si corresponden al tramo ascendente del acueducto o se trata de los apoyos de un ramal que conducía el agua hacia la zona baja de la ciudad, al oeste de la misma. Esta u otras incógnitas esperamos puedan resolverse en un futuro próximo.

La circulación a presión supone que la conducción se encuentra completamente llena y el movimiento del agua no depende de un desnivel continuo, sino que puede presentar contrapendientes. En los sifones pueden usarse tuberías de cerámica (Almuñécar) o plomo (Lyon). En nuestro caso aunque la presión no era muy grande, la tubería era de plomo. Existen restos en el interior

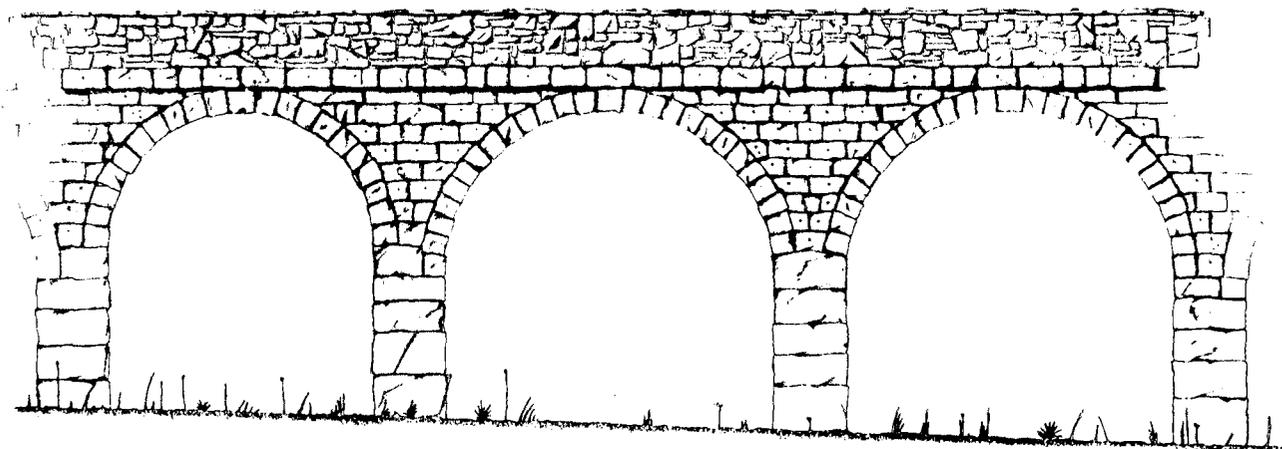




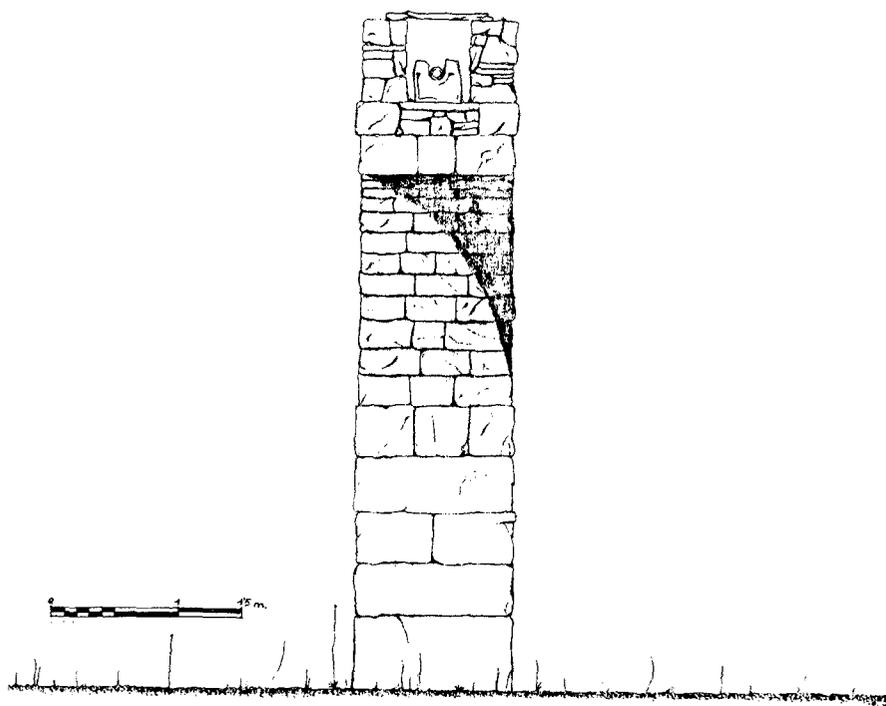
Reconstrucción hipotética de la «Cámara de llaves».



Reconstrucción hipotética del arranque del acueducto.



1) Acueducto. Reconstrucción hipotética de las arcadas.



2) Acueducto. Reconstrucción hipotética de una sección vertical.

de la piedra cúbica de la llave de paso y testimonios sobre hallazgos en la zona. El *specus* muestra la existencia de una tubería de un diámetro aproximado de 10 cm. Según Fernández Casado «salvo en sifones de muy pequeña importancia, las tuberías de plomo o las cerámicas se llevaban en el interior de una galería visitable a la cual se fijaban los tubos. Esto permite su vigilancia y la reposición cómoda de los mismos»¹⁶. Nuestra caja del *specus* debía ser accesible, por lo que suponemos que estaría cubierta de losas, para permitir reparar los tubos. Como vemos, el sifón no tiene unas medidas monumentales, ni los niveles de presión que se alcanzaban serían excesivamente grandes. Sin embargo hay que tener presente que la obra que se llevó a cabo fue muy importante. Montaron una arquería en el tramo horizontal, no sólo para salvar la rasante, sino para permitir el paso de gentes y carruajes por el camino y no para cruzar el cauce de un río como era lo habitual. También el tramo descendente se realiza sobre arcos para lograr una pérdida mínima del nivel hidrodinámico.

La dificultad de este tipo de obras estaba en realizar correctamente las uniones entre los tramos, descendente, horizontal y ascendente, ya que se produce un empuje del agua en los puntos en que se cambia de dirección.

El origen de un sifón suele ser una piscina de sedimentación (*piscina limaria*). Esto asegura un caudal de agua permanente, lo cual evita la entrada de aire en la tubería, ya que si entrase aire, éste se alojaría en la parte alta reduciendo la sección con el consiguiente aumento de presión, que podría ser peligroso. Por otra parte la decantación era necesaria para que el agua penetrara limpia en la tubería. Este proceso de decantación está favorecido también por la filtración que sufre el agua al tener que atravesar la arqueta. El agua para llegar a la tubería debe filtrarse entre las piedras de la arqueta, o bien rebosarla.

En la reconstrucción sobre el plano, la caseta de llaves se ha cubierto a dos aguas. No se ha cerrado completamente porque no aparecen restos ni marcas de la existencia de una pared que la cerrase por el lado que da al depósito.

Respecto al tipo de construcción de esta obra, el sifón lógicamente se levantó con sillares, ya que no hay restos de *opus cementiciae*. Por otro lado, en las losas encontradas, las cuatro marcas de los vértices de lo que parece ser un único pilar están claras.

La caja del *specus* sería realizada con mampuesto. Este mampuesto debería ser similar al

que aparece en la caja de llaves. Esto parece lógico por cuestión del peso, de manera que la caja es ligera, y se limita al empleo de los sillares para la arquería. El tamaño de estos sillares pudo ser similar al que tienen los que conforman el depósito.

EL CASTELLUM

En la campaña de 1987 apareció una estructura que interpretamos como un *castellum aquae*. Se hallaba cubierta por construcciones medievales en cuyos muros están reaprovechados numerosos sillares de este edificio. Como estas estructuras están, a su vez, completamente degradadas, es posible que habiendo realizado todas las fotografías y dibujos pertinentes, liberemos los sillares reutilizados para tratar de reconstruir la planta del edificio. A través de los restos que quedan, debió poseer una cierta monumentalidad.

Se conserva parte del podio formado por unos grandes sillares de 1 m. por 0,60 m. que forman su cimentación. Sobre ellos va una hilera de sillares cúbicos de 0,60 m. de lado y sobre éstos otra hilera de sillares grandes moldurados. A esta altura, en el interior aparece el suelo recubierto por argamasa, formada por las tres capas: la inferior de canto rodado (*Statumen*), la segunda de arena y piedra pequeña (*Rudus*) y, una capa de cerámica machacada, cal y arena (*Nucleus*), con reboque final alisando la superficie. La ejecución es idéntica a la de los pavimentos de *opus signinum*, y es común en los revestimientos hidrófugos de algibes.

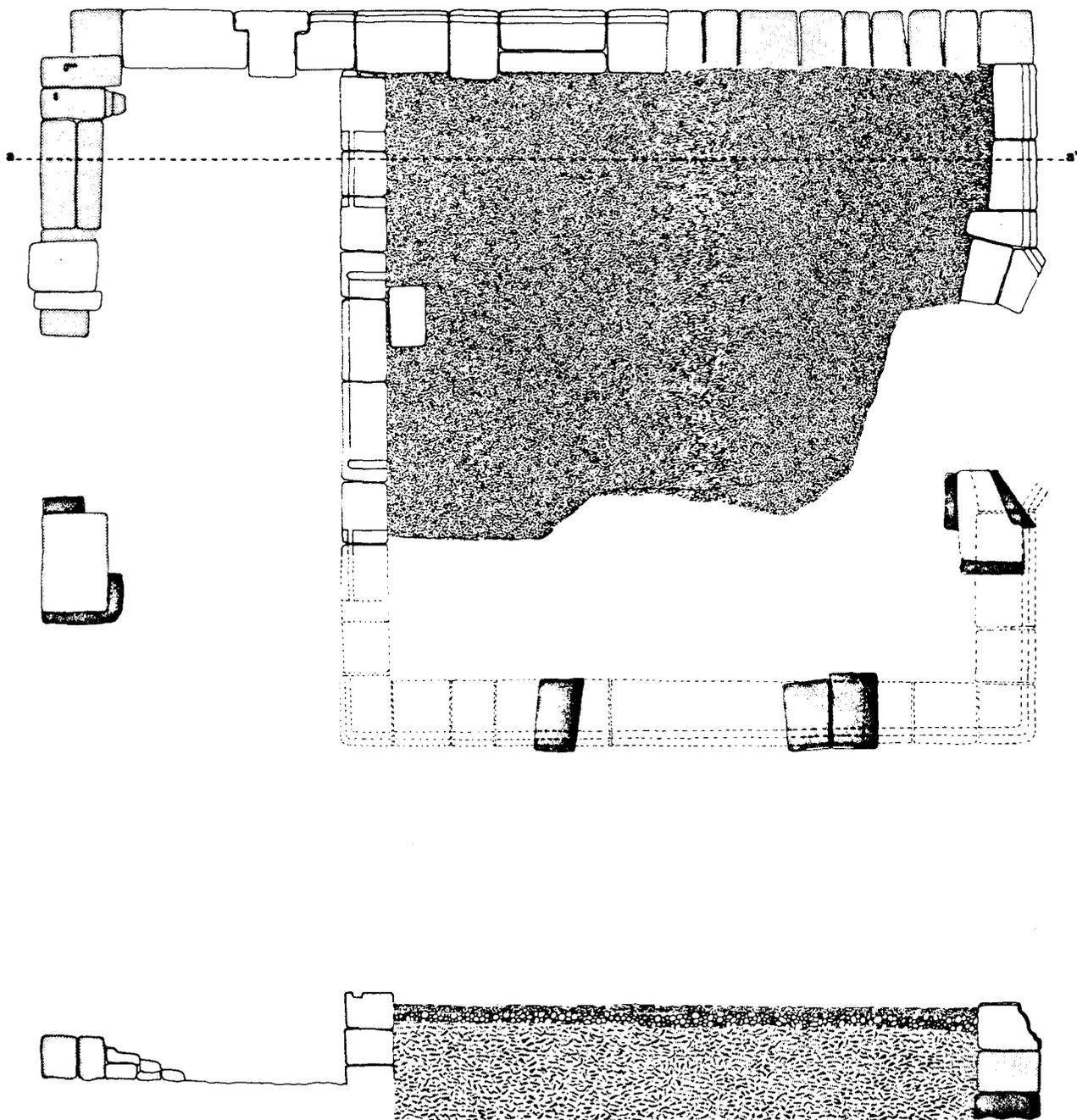
En el paramento situado al E hay una serie de acanaladuras en los sillares que nos hacen suponer en la existencia en esta parte de una gran fuente pública y quizá un ninfeo.

Junto al paramento Sur se ha detectado la presencia de numerosos ladrillos redondos, de los utilizados en las *suspensurae* de las termas, por lo que como una hipótesis de trabajo cabe suponer la presencia de algún establecimiento termal en las inmediaciones.

Para los romanos el *Castellum* es el edificio donde vierten las aguas conducidas por los acueductos y desde donde parten los conductos que deben distribuirla para el servicio público y los particulares. Suelen ser edificios aislados y cerrados, a veces suntuosos. En Roma Agripa hizo construir ciento treinta y Frontino un siglo después, cuenta doscientos cuarenta y siete. Vitruvio da un detallado estudio de su funcionamiento. Su cuidado estaba confiado a los *castellarii*.

16. C. FERNÁNDEZ CASADO. *Ingeniería Hidráulica romana*, 1983, pp. 279-302.

Castellum Aquae



SECCION: a-a'

-  Nucleus
-  Rudus
-  Statumen

0 1 2 mts.

Castellum aquae.

CRONOLOGIA

Para poder establecer las fechas de la obra hidráulica estudiada contamos con algunas evidencias arqueológicas encontradas en el curso de las excavaciones y prospecciones.

En la presa no se ha hallado ni un solo resto arqueológico. Sin embargo, las prospecciones realizadas sobre el trazado hipotético de la conducción, entre la presa y el depósito, nos ha proporcionado abundantes restos cerámicos, dentro de los cuales la fecha más antigua viene dada por un fragmento de cerámica campaniense del siglo I a. de C. Se trata solamente de un hallazgo de superficie, encontrado con otros materiales del siglo I d. de C., que no pueden relacionarse con ninguna estructura concreta, pero consideramos ha de tenerse en cuenta, ya que su situación en pleno campo, en una zona alejada de la ciudad, nos documenta el paso, estancia ocasional, etc., de gentes que llevaban consigo cerámicas datables desde el siglo I a. de C.

En el depósito-regulador los hallazgos han sido más abundantes. En su interior se ha encontrado cerámica, por lo general situada junto al muro, entre los contrafuertes y junto a la escalera. Como se deduce de la descripción de estos hallazgos, se trata de jarros de cerámica común, ollas de cocina y algunas formas de cerámica de mesa, del tipo de Sigillata Hispánica. Las fechas aportadas por estos materiales oscilan entre los siglos I y IV d. de C. Las fibulas halladas corresponden a tipo Aucissa del siglo I. Entre las monedas, sólo algunas pueden ser leídas, ya que en la mayor parte, su estado de conservación es muy malo. Su cronología oscila entre la de Vespasiano (69-70 d.C.) y la de Commodo (175-192 d.C.). Hay algunos pequeños bronceos ilegibles pero claramente fechables en el siglo IV d. de C. De todo ello podemos deducir que el depósito estuvo en uso, al menos, desde el siglo I al siglo IV d. de C.

En la parte exterior del depósito, dentro de la cámara de llaves, se halló una moneda ilegible, tipo gran bronce del siglo I-II. Otra moneda de Theodora fue encontrada al excavar el trazado del acueducto, así como cerámicas fechables en el siglo I-II d. C.

Finalmente, la obra de grandes sillares hallados en la ciudad tiene una cronología bastante precisa, ya que se sitúa aprovechando uno de los decumanus de la ciudad. En un lado de esta calle se abría la puerta de una vivienda que debió ser tabicada con motivo de dicha obra. Entre los materiales hallados al desmontar este tabique ha aparecido Sigillata Hispánica de fines del siglo I o comienzos del II, que deberán considerarse coetáneos a la ejecución de la obra.

Habría que tener en cuenta también cuál debe ser la sucesión lógica de ejecución de las estructuras que componen el sistema hidráulico. Dentro de la presa parece evidente que la primera pantalla realizada es la de sillarejo con contrafuertes interiores, siendo la de hormigón posterior. Quizá el lapso de tiempo entre una y otra construcción no fuera muy amplio si la primera pantalla se demostró ineficaz para su cometido. Hay que tener en cuenta también que esta pantalla es idéntica en materiales empleados, modo de ejecución, arqueta de salida que la segunda obra de depósito y su ampliación. Tanto que debe considerarse proyectada y ejecutada por las mismas gentes y en un mismo momento. Es decir, en una secuencia constructiva, habría que pensar que la implantación del primer depósito, es anterior a las dos pantallas de la presa.

MATERIALES ARQUEOLOGICOS APARECIDOS DENTRO DEL DEPOSITO, DURANTE SU EXCAVACION:

Cerámica indígena hecha a mano

1.-Olla de cuerpo ovoide, borde vuelto, exvasado y fondo plano. La superficie está alisada y la pasta compacta y bien cocida. Color marrón oscuro. Sus dimensiones: Longitud 14 cm. y altura 16 cm.

2.-Ollita de borde excavado y pared ligeramente carenada, la superficie está alisada. Pasta negra dura y compacta. Diámetro 12 cm.

Cerámica indígena torneada

3.-Jarrita con asa. Borde exvasado y fondo plano. Aunque está fragmentada hemos reconstruido su perfil. La pasta es de color naranja con muchas partículas desgrasantes. Las huellas de humo de la zona inferior externa confirman el uso de esta cerámica para cocina. Diámetro boca: 11 cm. Altura: 8 cm.

4.-Fragmento de borde que corresponde a un recipiente de forma ovoide destinado a almacenar alimentos. Su color es naranja oscuro. La pasta tiene grandes partículas de cuarzo. Diámetro boca 29 cm.

Cerámica común de cocina

Pertenecen a este tipo una serie de ollas de borde horizontal, cuerpo ovoide y fondo plano.

La pasta es gris oscura y dura, como consecuencia de la cocción reductora. La superficie es de color negro y a menudo presenta una decoración de peine, posiblemente realizada para la buena sujeción del recipiente.

5.—Fragmento de borde horizontal decorado con estrías paralelas. Pasta gris oscura y superficie de color negro. Diámetro 18 cm.

6.—Olla ovoide con el borde horizontal decorado por estrías curvas y superficie exterior peinada. Fondo plano. Pasta gris oscura. Diámetro 12 cm. altura 14,5 cm.

Cerámica común

7.—Fragmento de borde moldurado procedente de un jarro destinado a contener o verter líquidos. Se trata de recipientes de panza ovoide, cuello largo y una sola asa acanalada. La pasta es color naranja y compacta. No tiene restos de barniz. Diámetro 7,2 cm.

8.—Fragmento de borde moldurado de un jarro similar al anterior. Pasta naranja clara, compacta, no lleva barniz. Diámetro 8,2 cm.

9.—Asa acanalada que corresponde al tipo de jarros que estamos describiendo. Pasta naranja clara.

10.—Fragmento de asa muy ancha con acanaladuras. Pasta compacta de color naranja. Puede pertenecer a un jarro de grandes proporciones.

11.—Fragmento de fondo de pasta de color naranja tanto al exterior como al interior. Diámetro 10 cm.

12.—Fondo umbilicado que pertenece a un gran cuenco de pasta dura y compacta con muchas partículas desgrasantes, tanto al exterior como al interior. Este tipo de recipientes de pasta blanquecina se utilizaban en la preparación o conservación de alimentos. No servían para la cocción. Diámetro 14 cm.

Cerámica pigmentada

13.—Cuenco con el borde doblado hacia el interior, barnizado al exterior e interior color avellana. Pasta clara muy compacta. Forma poco común en este tipo de cerámica. Imita a las formas del campaniense. M. Vegas la identifica con el tipo 20. Diámetro 16 cm.

14.—Borde con tres molduras que pertenece a un jarro bitroncocónico con cuello estrecho. Generalmente lleva un asa en forma de churro (F. 17). Pasta muy decantada y compacta de color naranja. Barniz exterior color naranja. Diámetro 12 cm.

15.—Fragmento de borde moldurado de un recipiente similar al anterior. Pasta rosa y com-

compacta. Barniz oscuro con brillo metálico tanto en el exterior como en el interior. Diámetro 10,8 cm.

16.—Fragmento de pared decorada de una jarrita bitroncocónica con 2 asas. Corresponde a la F. 7. Pasta clara y barniz de color avellana.

17.—Fondo con barniz naranja tanto en el exterior como en el interior. Pasta muy dura y compacta. Diámetro 5 cm.

18.—Fondo barnizado de color avellana sólo al exterior, lo que indica que se trata de un jarrito de boca estrecha. Su pasta de color rosa claro es muy compacta. Diámetro 3 cm.

Terra sigillata hispánica

19.—Fragmento de borde que corresponde a la forma 4. Pasta compacta y engobe de buena calidad. Diámetro 16 cm.

20.—Borde de botella con un asa. No pertenece a formas clasificadas. Diámetro 4,5 cm., barniz oscuro de buena calidad.

21.—Borde con molduras de un jarro con cuello largo similar a la F. 57. Barniz oscuro de buena calidad. Diámetro 10 cm.

24.—Cuenco con el borde ligeramente engrosado hacia el interior, formando un pequeño baquetón. Similar a la F. 8. Está decorado en el exterior por una franja de ruedecilla, muy mal conservada. Pocos restos de barniz.

25.—Fragmento de fondo. Pasta naranja con engobe sólo en el exterior. El interior tiene marcada estrías en torno. Puede pertenecer a un recipiente cerrado, posiblemente un jarro de grandes dimensiones.

26.—Fondo de un plato de F. 15/17. Pasta muy compacta y engobe oscuro de buena calidad. Diámetro 6 cm.

27 y 28.—Fondos de formas sin identificar.

29.—Fragmento de borde correspondiente a una forma 37 A. Pasta rosa fuerte y engobe muy alterado. Diámetro 21 cm.

30.—Fragmento de pared decorado con estilo de metopas, muy bien impresa. Lleva un motivo animal de un ave incompleto separado por tres líneas onduladas. Una línea de anillos y en medio bifoliáceas. Corresponde a una Forma 37.

31.—Fragmento de pared con decoración de círculos. Sólo se aprecia una combinación de un círculo sogueado y otro segmentado en el interior.

32.—Fragmento de pared decorada con círculos que corresponde a la parte más baja de la decoración. Pasta muy compacta. Posible Forma 29.

33.—Forma 37 B tardía. La decoración es de

grandes círculos con puntas de flecha. La superficie está en muy mal estado por las concreciones adheridas. Diámetro 24 cm. Altura 12 cm.

Objetos metálicos

34.-Fíbula tipo Aucissa con el arco en forma de D, es de bronce. Sólo se conserva el botón terminal. Cronológicamente se puede situar desde la época de Augusto hasta Nerón. Desapareciendo en época flavia.

Corresponde al Tipo 29 Ettliger y según R. Erice las fíbulas con la sección del arco en forma de D son las más numerosas en la Península Ibérica.

35.-Clavo de hierro con cabeza de bronce. Puede corresponder a un herraje de mueble o puerta.

Monedas

- 1.-Vespasiano (69-79 d.C.).
Se halló pegada al pavimento.
Anv: Cabeza laureada a derecha. Vespas...
Rev: Aguila con alas desplegadas sobre un globo.
- 2.-Commodo (175-192 d.C.).
Se halló a un metro sobre el pavimento.
Anv: Busto barbado y laureado a derecha.
Leyenda ilegible.
Rev: Figura en pie con cornucopia y pátina.
Únicamente se lee la S (SC).

Se han hallado además cuatro medianos y pequeños broncees ilegibles, fechables a fines del siglo III y IV.

MATERIALES ARQUEOLOGICOS HALLADOS AL DESCUBRIR LOS RESTOS DEL ACUEDUCTO

Cerámica a mano

1.-Fragmento de borde correspondiente a una olla de borde exvasado. Pasta compacta de color marrón y superficie alisada. Diámetro 18 cm.

2.-Fragmento de fondo plano que corresponde a ollas de forma ovoide. Pasta de color naranja oscuro. La superficie está alisada y presenta manchas oscuras producidas por el contacto con el fuego. Diámetro 10 cm.

Cerámica común

3.-Borde con molduras. Corresponde a un jarro de tamaño grande. Pasta muy blanca, sin barniz. Diámetro 14 cm.

4.-Fragmento de borde engrosado y ligeramente inclinado al exterior. Recuerda a los bordes de ánfora. Pasta clara con grandes partículas desgrasantes.

5.-Fragmento de fondo. Pertenece a un jarro de cuerpo periforme con fondo estrecho. Pasta de buena calidad, color rosa, con fuertes estrías marcadas en el interior y también en la parte inferior externa. Diámetro 10 cm.

Terra sigillata hispanica

6.-Fragmento de borde horizontal correspondiente a un plato de Forma 4. Pasta compacta de buena calidad con barniz brillante. Diámetro 10 cm.

7.-Fragmento de borde vuelto, ligeramente curvo. Puede corresponder a la Forma 46. Buena calidad, diámetro 11 cm.

8.-Fragmento de borde y pared de la Forma 8. Pasta compacta de buena calidad.

9.-Fragmento de borde de Forma 37. Pasta y barniz de buena calidad.

Objetos metálicos

10.-Fíbula tipo Aucissa de bronce. Sólo conserva el botón terminal. La sección del arco es de forma de D. Cronológicamente queda incluida entre Augusto y Nerón.

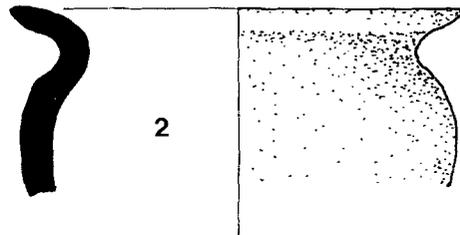
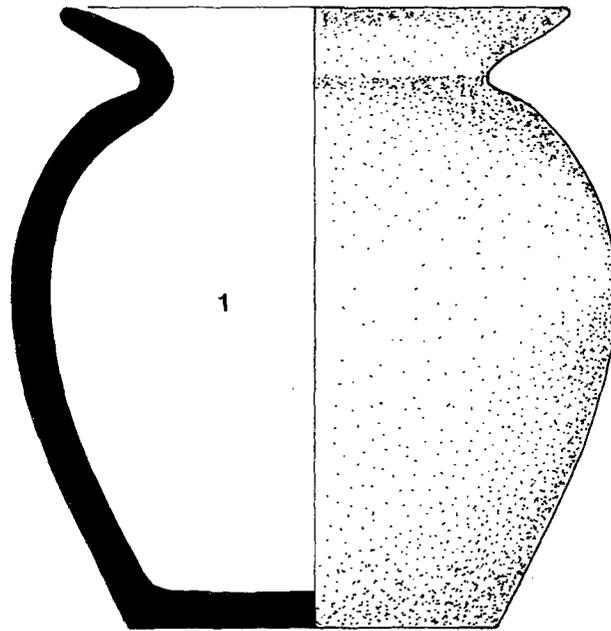
11.-Pequeña pieza ornamental de bronce. Puede pertenecer a un botón o hebilla.

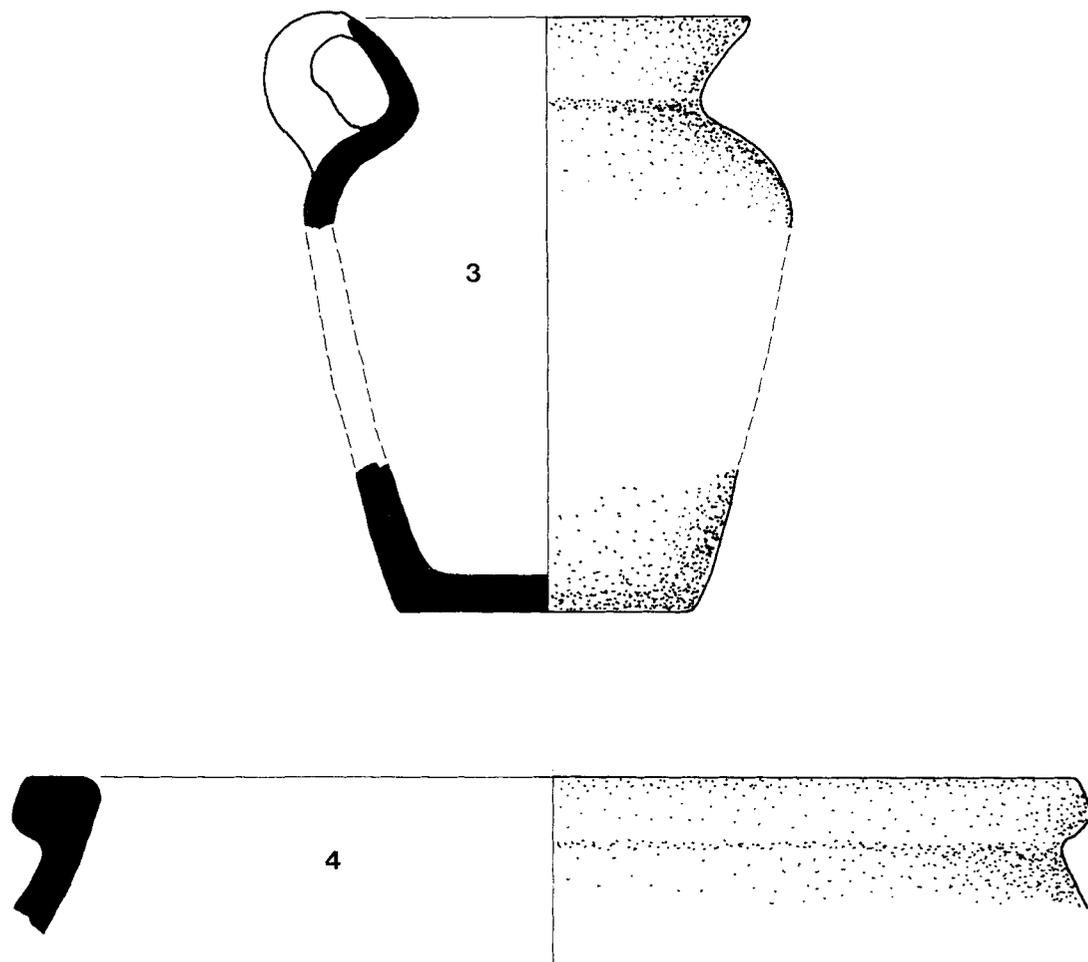
Objetos de hueso

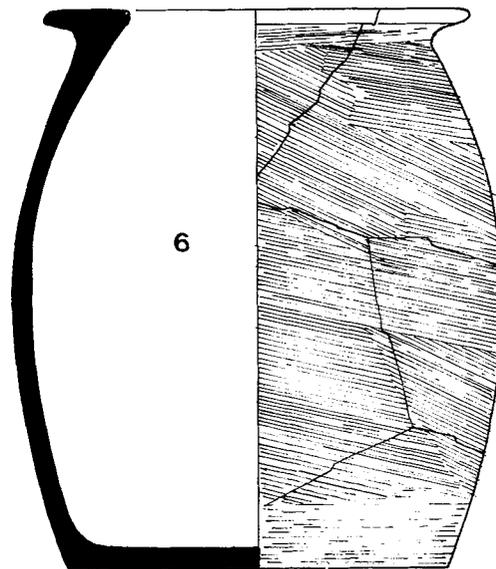
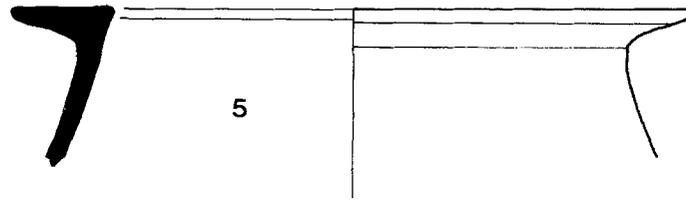
12.-Objeto cilíndrico de hueso con una perforación circular en el centro. Se conserva entero, salvo una rotura reflejada en el dibujo. Largo 4,2 cm. Diámetro 2,4 cm.

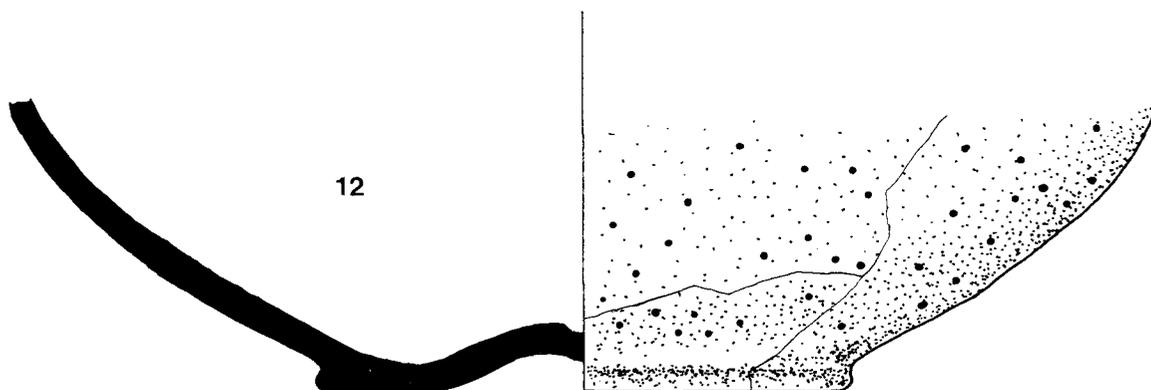
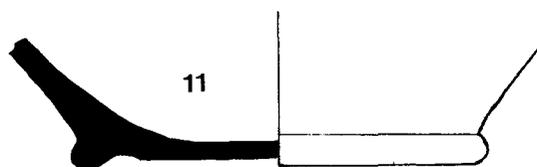
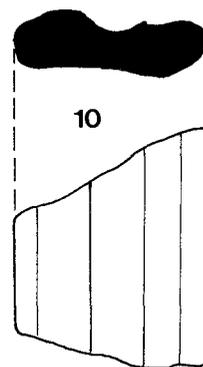
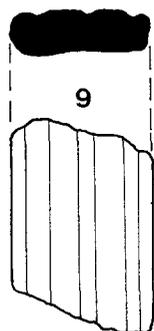
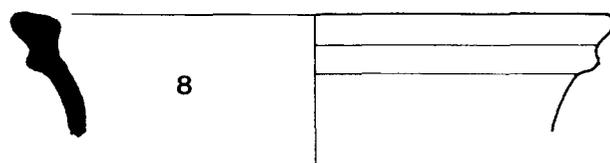
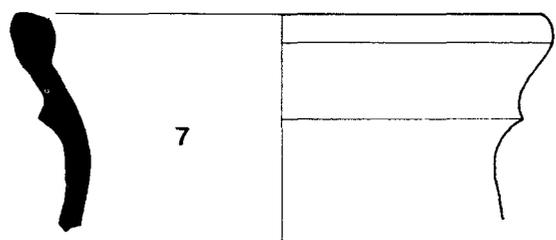
Moneda

- 1.-Theodora (Flavia Maximiana Theodora) (292-306 d.C.).
Anv: Flavia Maximiana Theodora Augusta.
Busto laureado a derecha.
Rev: Pietas Romana. La Piedad (o Theodora) de pie, de frente, mirando a la derecha con un niño en sus brazos. TRR.



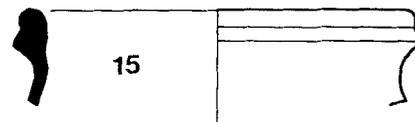
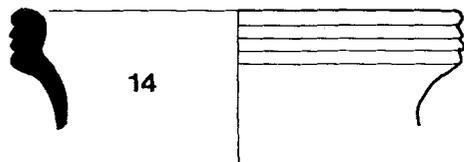
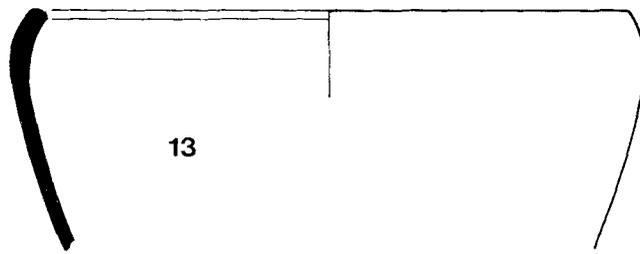




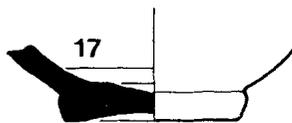
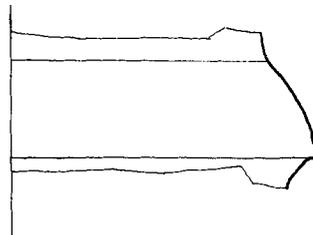


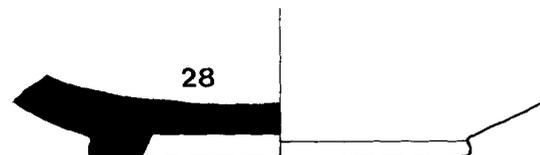
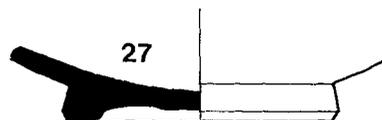
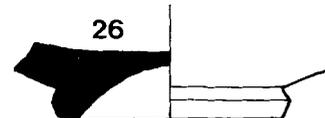
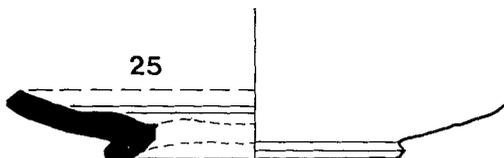
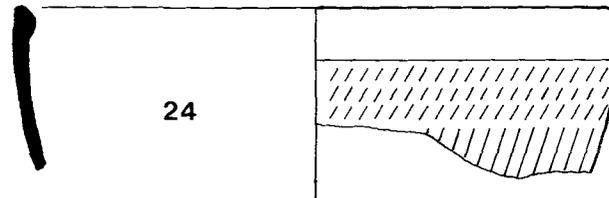
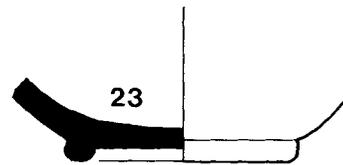
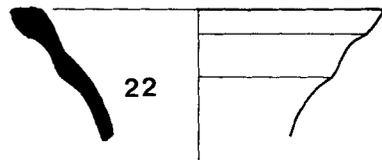
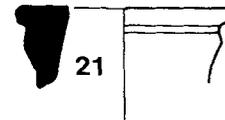
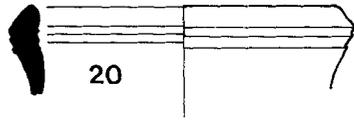
Materiales hallados en el depósito.



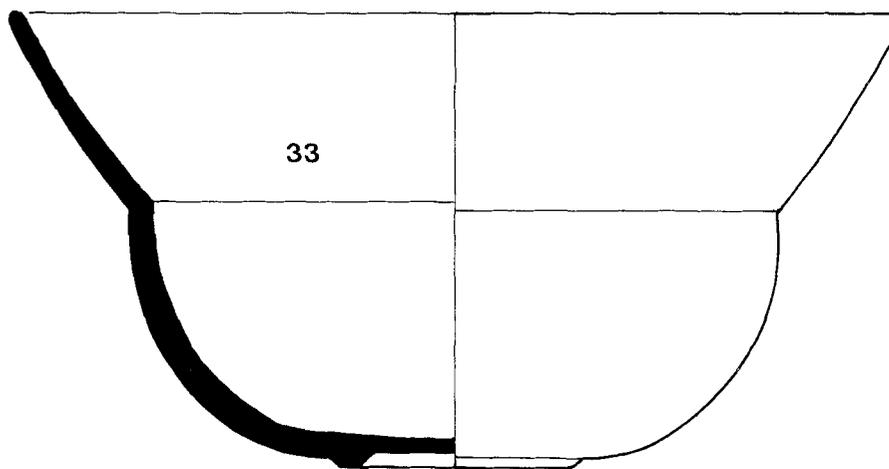
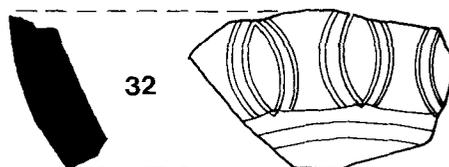
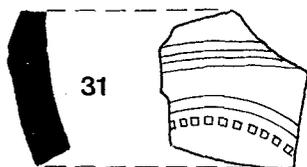
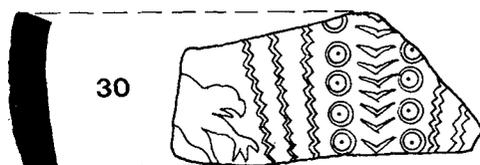
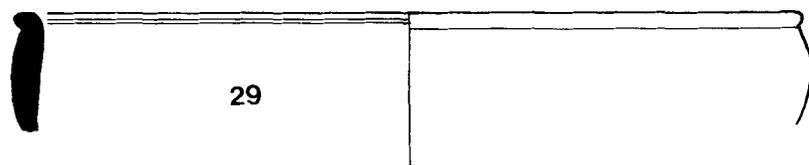


16

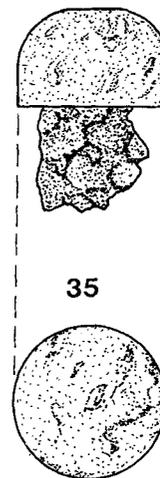
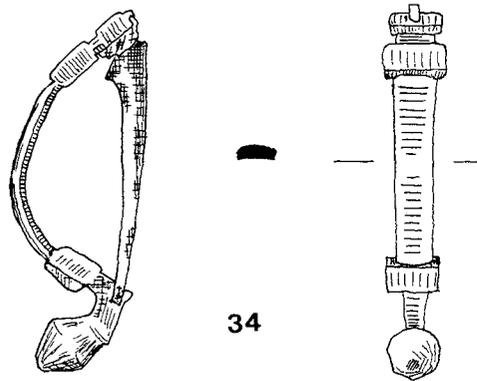


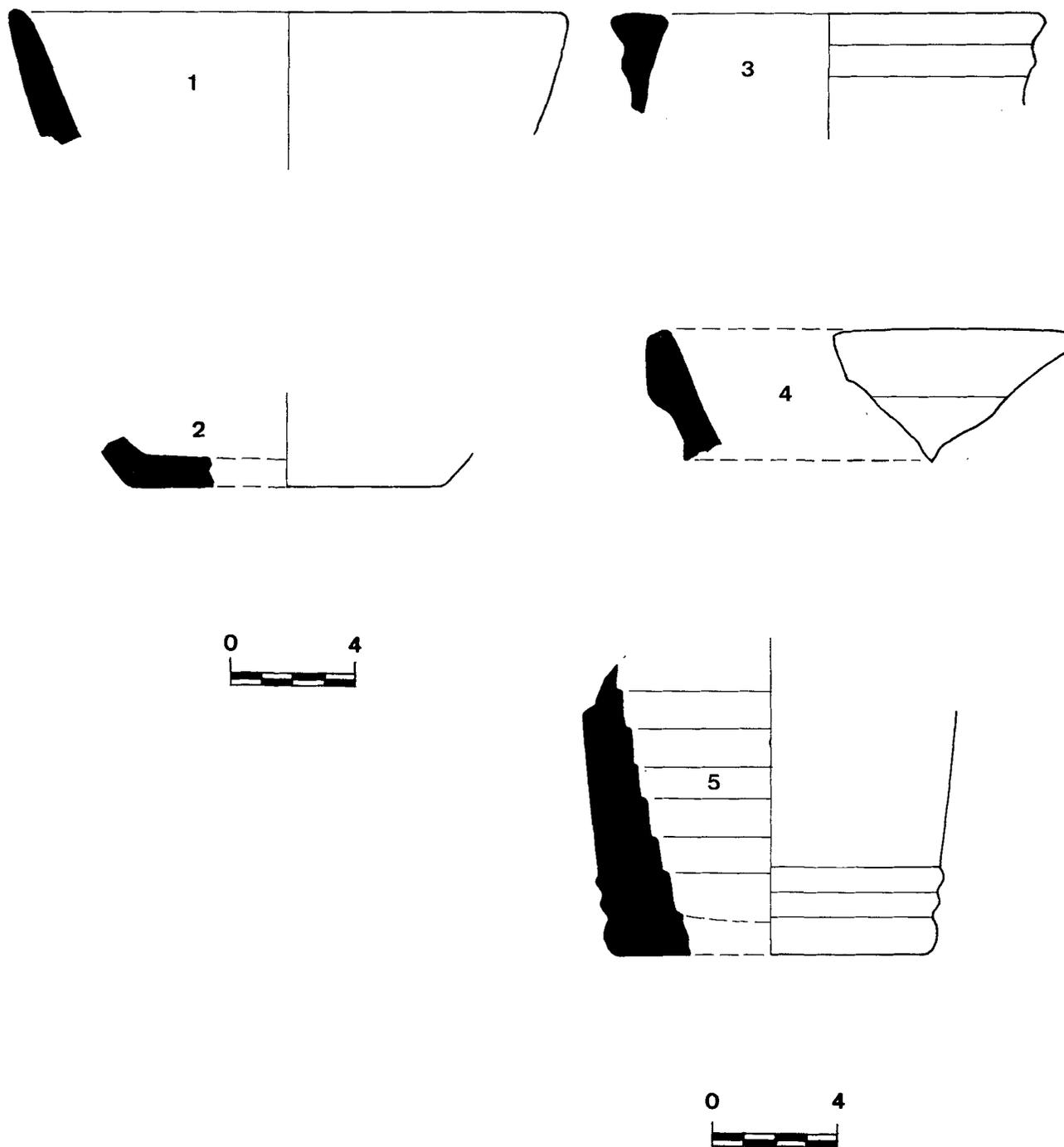


Materiales hallados en el depósito.

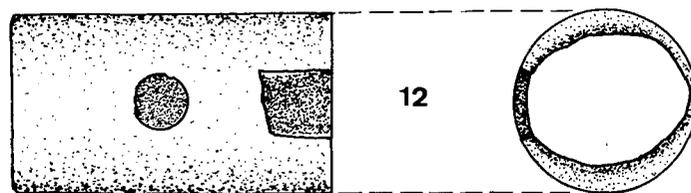
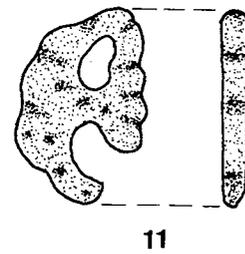
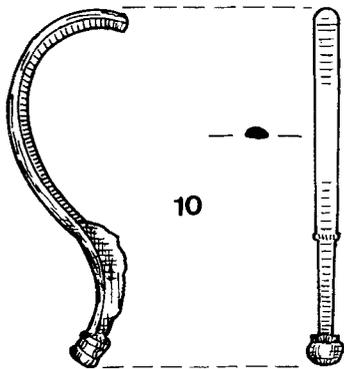
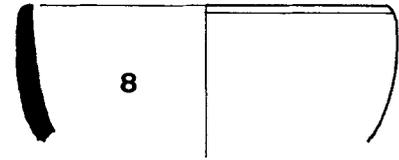


Materiales hallados en el depósito.

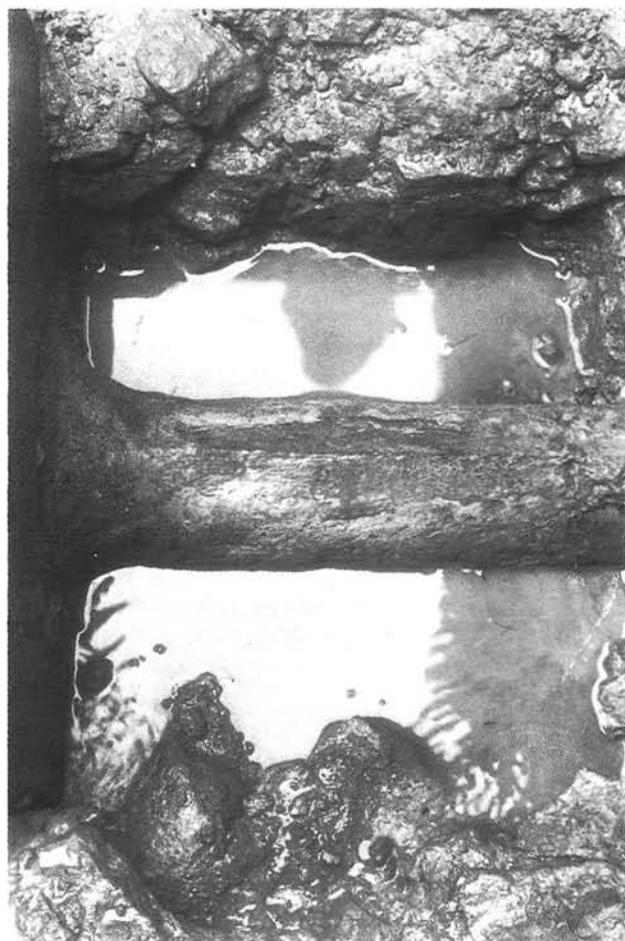
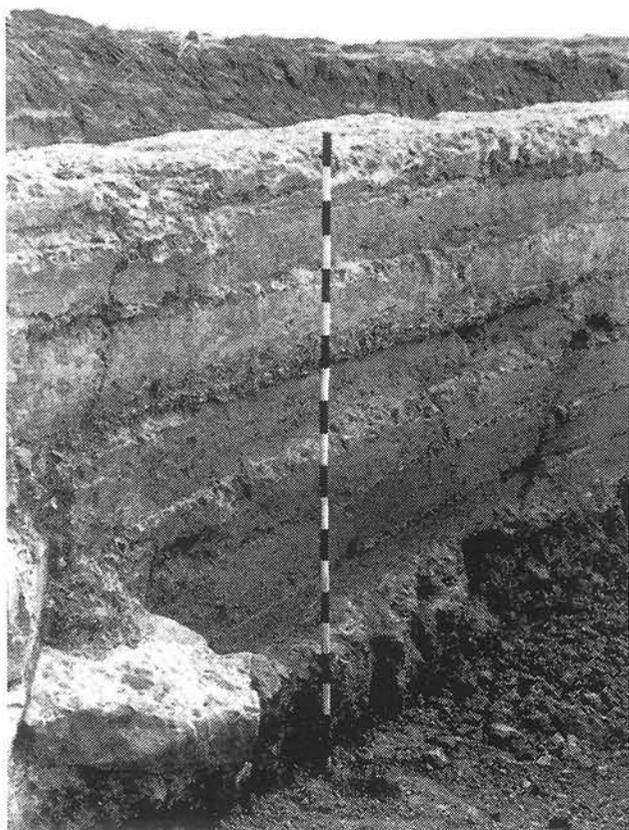




Materiales hallados en el Acueducto.



Materiales hallados en el Acueducto.



1) Vista general de la presa. 2) Paramento de *opus caementiciae*. 3) Tubería de plomo para salida del agua.