

Carga tangencial máxima

$$T = - \frac{E_c \pi^2 \tau_0}{2ab(1 + \eta)}$$

sustituyendo τ_0 por su valor

$$T_{\text{máx.}} = - \frac{6E_c \pi^2}{2ab(1 + \eta)} \times \frac{12(1 - \eta^2)(4P + pab)a^2b^3}{E_c \pi^2 (3a^4 + 3b^4 + 2a^2b^2)} = - \frac{6(1 - \eta)m^2(4P + pab)}{c^2 \pi^2 (3m^4 + 2m^2 + 3)}$$

esta tensión tangencial admitamos que sea 1/10 de la carga normal del hormigón $T = \frac{H}{10}$; entonces tenemos

$$c^2 = \frac{10}{H} \times \frac{6 \times \frac{6}{7} \times (4P + pab)}{\pi^2 (3m^4 + 2m^2 + 3)} m^2$$

o sea

$$c = \frac{6m}{\pi} \sqrt{\frac{10}{7} \times \frac{1}{3m^4 + 2m^2 + 3}} \times \sqrt{\frac{4P + pab}{H}}$$

llamando μ

$$\frac{6m}{\pi} \sqrt{\frac{10}{7} \times \frac{1}{3m^4 + 2m^2 + 3}}$$

queda

$$c = \mu \sqrt{\frac{4P + pab}{H}}$$

siendo μ función exclusivamente de m . El coeficiente μ es un puro número; si ponemos P en kg, p en kg/m², a y b en metros, c quedará en centímetros al estar H en kg/cm².

La tabla de μ función de m se da a continuación, así como las dos tablas indicadas anteriormente.

m	$\frac{q'}{q}$	$\frac{\text{arc cos} \left(-\frac{\eta}{\eta + 2m^2} \right)}{2\pi}$	μ
1,0	1	0,261	0,806
1,2	0,77	0,258	0,793
1,4	0,615	0,256	0,742
1,6	0,515	0,254	0,691
1,8	0,432	0,253	0,643
2,0	0,380	0,252	0,592
2,2	0,348	0,251	0,550
2,4	0,311	0,251	0,512
2,6	0,286	0,251	0,478
2,8	0,269	0,251	0,449
3,0	0,250	0,251	0,421

Para comprender perfectamente el cálculo, hagamos un ejemplo: una placa de 2 x 4 m, con un hormigón que trabaja corrientemente a 50 kg/cm², con un peso propio que estipulamos en 400 kg/cm²

y una sobrecarga de 500 kg/m², cuantía = 0,018,

$$m = \frac{4m}{2m} = 2 \quad \lambda = 0,1028$$

$$\sqrt{pab} = \sqrt{(400 + 500) \times 4 \times 2} = 85$$

$$c = 0,1028 \times 85 = 8,75 \text{ cm}$$

puntos de bajada distantes, $2 \times 0,252 = 0,504$ m y $4 \times 0,252 = 1,08$ m del centro.

Comprobación de esfuerzos tangenciales,

$$\sqrt{\frac{pab}{H}} = \sqrt{\frac{900 \times 4 \times 2}{50}} = 12$$

$$\mu = 0,592 \quad c = 0,592 \times 12 = 7,1 \text{ cm}$$

luego hay de sobra.

No queda más que la determinación de armaduras,

$$q = 0,018 \quad 0,018 \times 8,75 \times 100 = 15,75 \text{ cm}^2$$

Cada metro lineal, en el otro sentido,

$$15,75 \times 0,38 = 5,98 \text{ cm}^2;$$

pueden usarse redondos de 13 mm, 12 en un sentido y 5 en el otro.

Con este sistema se puede resolver un problema interesante: calcular una placa con la única carga de su peso propio, sin necesidad de tantear.

Si ponemos a y b en metros y c en centímetros, el peso en kilogramos es, admitiendo al hormigón una densidad 3, $30 \times abc$; aplicando la fórmula

$$c = \lambda \sqrt{30abc} \quad \text{o sea} \quad c = \lambda^2 \times 30ab$$

Aplicándola a una placa que tenga las mismas dimensiones que la anterior,

$$c = 240\lambda^2 = 0,1028^2 \times 240 = 2,55 \text{ cm}$$

La cuestión de armaduras y puntos de bajada de barras, lo mismo que anteriormente. Comprobación a esfuerzos tangenciales,

$$pab = 30 \times 8 \times 2,55 = 610 \text{ kg} \quad c = \mu \sqrt{\frac{610}{50}} = 2,07 \text{ cm}$$

con hormigón de 50 kg/cm²; como ponemos 2,55 cm, tenemos de sobra.

También puede hacerse cuando p es conocido; y teniendo, además, en cuenta el peso propio, la única complicación es que hay que resolver una ecuación de segundo grado,

$$c^2 = \lambda^2 (pab + 30abc)$$

que tiene un carácter determinativo y soluciona tan interesante problema.

Antonio ANGULO
Alumno de cuarto año de la Escuela de Caminos

El pantano de Proserpina

No hemos visto ninguna información en las señales históricas de presas de embalse en España, incluyendo la muy documentada que en su libro *Salto de agua y Presas de embalse* hace D. José L. Gómez Navarro, que se refiera a esta obra tan interesante.

La falta de noticias acerca de ella lo justifica plenamente, ya que no solamente no se halla en estado ruinoso, sino que, por el contrario, salvo pequeños desperfectos, se conserva íntegramente en su primitivo estado, no observándose en ella ninguna reparación o añadido posteriores a su construcción que hu-

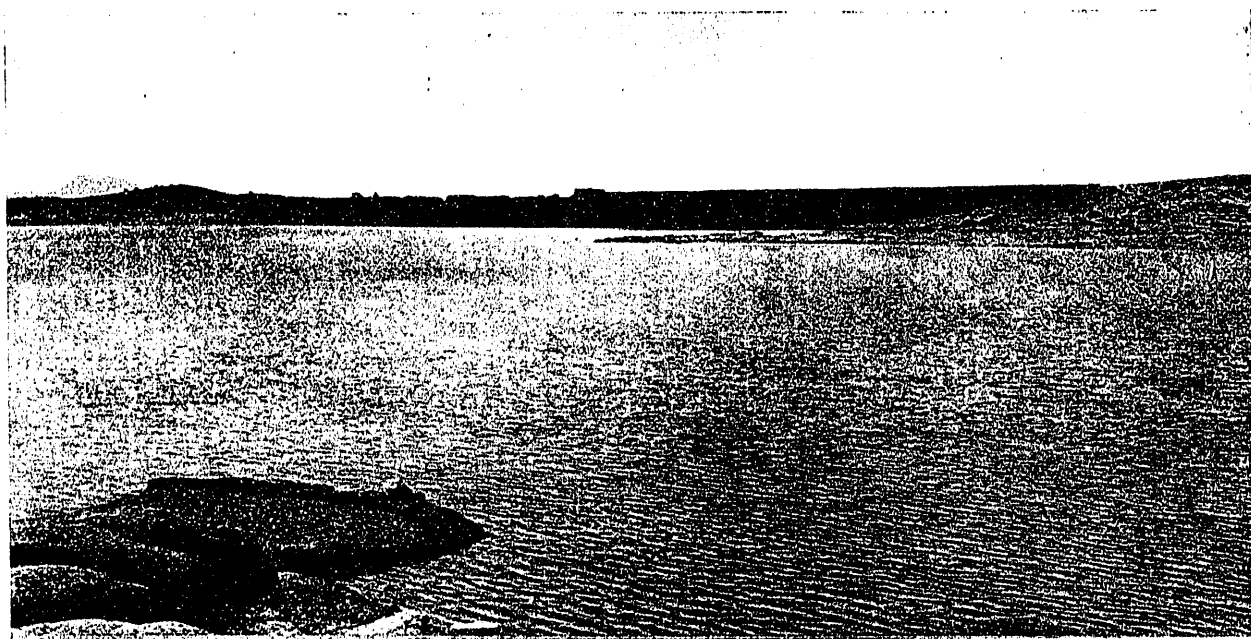
biera podido restarle el interés arqueológico e ingenieril que indudablemente encierra.

Veamos cómo comienza su descripción el arqueólogo D. Maximiliano Macías en su libro *Mérida monumental y artística*:

"A cinco kilómetros y medio al NO. de Mérida, y traspuesta la pequeña sierra de Carija, se encuentra este hermoso lago, llamado de Proserpina desde principios del pasado siglo¹, y conocido antes con el nombre de Albuera."

"El destino que tuvo este gran embalse fué el de aprovisionamiento de aguas a parte de la ciudad, a la que llegaba por una cañería cubierta en muchos tramos por bovedillas de ladrillos, aún subsistentes pequeños trozos."

La presa que da lugar a la formación del embalse es, sin duda, la parte mejor conservada de todo el conjunto. Está situada en un relativo estrechamiento de un arroyo de pequeña importancia. Sin duda la única razón de su ubicación en dicho lugar fué la de su proximidad y desnivel con respecto a Mérida, como lo demuestra el que el volumen, que es capaz de almacenar unos 3 500 000 m³, es desproporcionado al compararlo con su longitud, pues ésta es de 426,70 m, con una altura media de 8 m. Su sección, un paramento anterior de fábrica y un terraplén posterior, es característica, y en cierto modo, aun cuando la finalidad de los dos elementos no sea exactamente la que corresponde a las presas de tierra, podríamos decir precursora de éstas.



Vista general de la presa

Dejemos al arqueólogo para continuar su reseña desde el punto de vista técnico.

¹ El origen de este nombre data desde la publicación por Fernández y Pérez de su *Historia de Mérida*.

La causa fué una inscripción encontrada por aquel tiempo en las inmediaciones del lago.

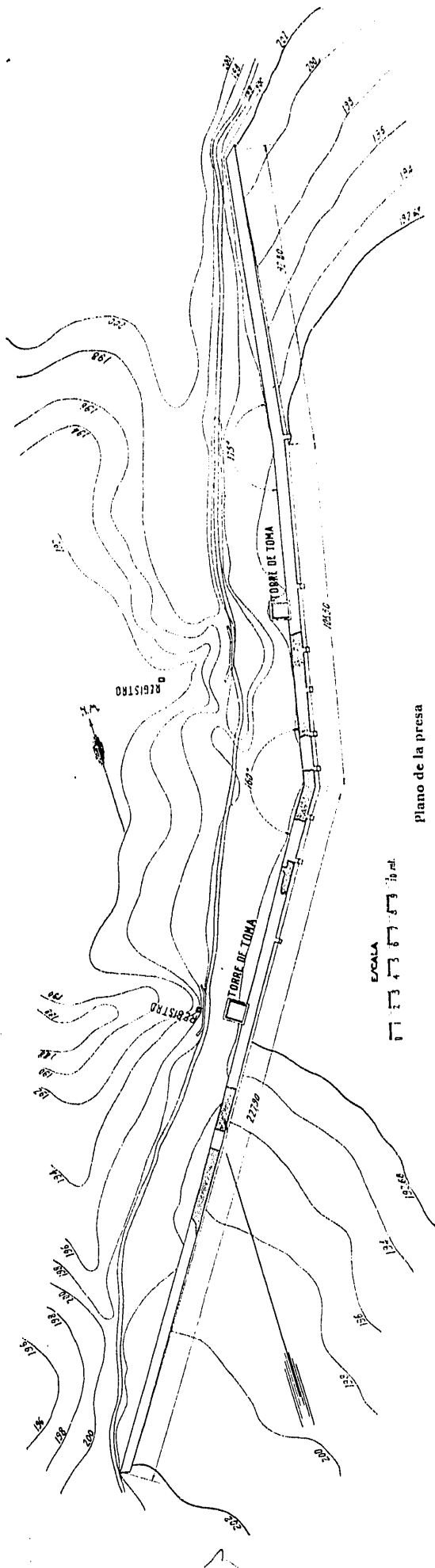
Aun cuando perdida ya la lápida, fué vista años después de su encuentro por el sabio epigrafista alemán Hübner, cuya copia tomamos de su monumental obra titulada *Corpus Inscriptionum latinorum* (tomo II, núm. 462). Decía la inscripción: *Dea Ataccina Tur. Brig. Proserpina: per tuam maiestatem te rogo, obsecro uti vindices quot mihi furti factum est: quisquis mihi inuiderit, involavit minusve fecit eas res quae infra scriptae sunt, tunicas VI, paenula lintea II, indusium...* ("Diosa Ataccina Turibregense Proserpina, te ruego, pido y demando, por tu gran majestad, que seas mi vengadora en cuantos robos me han sido hechos; un quidam a mí me ha escamoteado, en menos tiempo que se tardó en hacerlas, las cosas que abajo escribo: túnicas, seis; capotes de lienzo, dos; camisas...") El final de la inscripción, que estaba ya muy borrosa, y faltando además un trozo de lápida, no permitió saber la cantidad de ropa robada, ni la imprecación con que se conminaba al ladrón, que en estos casos debía ser espantosa, por tratarse de aquella deidad, según nos dice Menéndez Pelayo en su *Historia de los Heterodoxos*, a propósito de esta misma inscripción. Un arqueólogo alemán supone, con algún fundamento, ante las varias dedicatorias a la deidad ibérica Ataccina Turibrigensis, identificada por los romanos con Proserpina, que esta diosa, consagrada en estos parajes, debió ser venerada en el oscuro lago de Carija, que pasaba por ser la entrada del averno, caso igual al de Puzzuoli."

El muro impermeable está constituido por un núcleo de hormigón típico romano y un paramento, el anterior, de mampostería granítica. (Toda la formación en los alrededores corresponde a la época primaria, con continuos afloramientos de la roca.) Las dimensiones de dicho muro son de 3,75 m en la coronación, con talud vertical en el paramento posterior, y de 1/10, aproximadamente, en el anterior, siendo su altura máxima de 12 m.

Parece probable que al construirse la presa, y creyendo insuficiente su sección para contener las aguas, se hiciese, apoyándolo en su cara posterior, el terraplén de aguas abajo, terraplén cuya base excede en anchura de los 60 m. Para contener el empuje del terraplén en aguas bajas, el muro va provisto de nueve contrafuertes de sección rectangular, y con un talud un poco más suave que el de éste. Éstos contrafuertes, rematados por esbeltos adornos, de los cuales se conserva solamente uno, al romper la monotonía del paramento y la coronación dan a la presa esa belleza sobria impresa en todas las obras utilitarias que, de aquella época, han llegado hasta nosotros.

La forma en planta no es recta. Tiene tres alineaciones que forman entre sí ángulos de 160° y 175°, y obedece, sin duda, a motivos de cimentación.

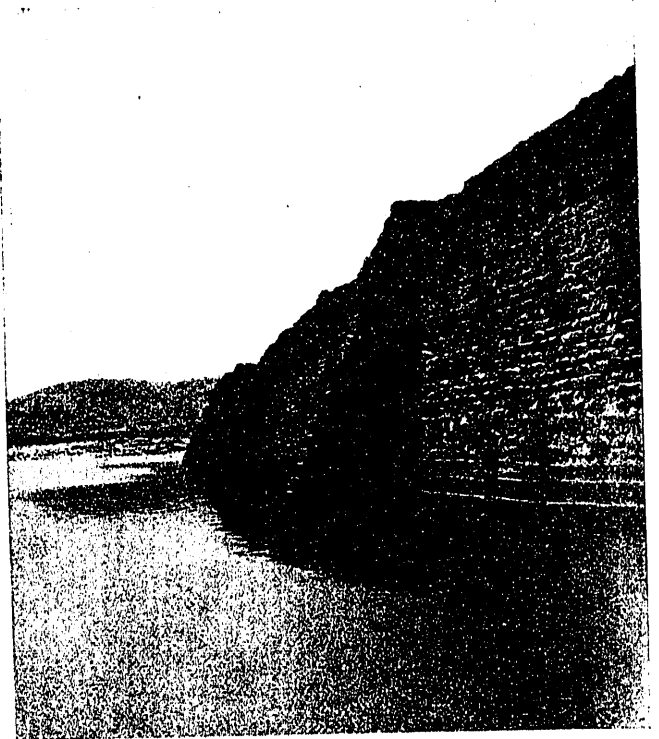
Sobre el terraplén va un camino, el de Mérida a



Cordobilla, que sirve al mismo tiempo de camino de servicio para las torres de toma. Son estas dos: una que toma las aguas a una profundidad, a contar desde la coronación, de 15 m (hocín grande se le llama en la localidad), y otra a 10 m (hocín pequeño). Están situadas en los dos puntos en que se quiebra en planta la alineación de la presa, construidas de mampostería y con dimensiones aparentes sobre el terraplén de $6 \times 6 \times 2$.

En la obra del Sr. Macías, antes mencionada, leemos que estas torres son de construcción relativamente reciente, de principios del siglo XVII, y que son reedificaciones de las primitivas.

Se observan, efectivamente, en su fondo modificaciones, debidas seguramente a la necesidad de abrir



El muro y los contrafuertes

nuevos desagües, por encontrarse obstruidos los primitivos por efecto de la sedimentación acumulada en siglos de desuso.

No queda ningún vestigio de las primitivas compuertas o llaves de apertura y cierre.

El aliviadero de superficie, perfectamente situado en un collado al SO. del embalse, está derruido. Sólo queda en pie parte del núcleo de hormigón, habiendo desaparecido todo el revestido de mampostería que indudablemente lo cubría.

La cuenca propia del pantano, muy reducida, no bastaba con sus recursos a llenar el embalse y, por tanto, a satisfacer las necesidades del abastecimiento; por ello, e indudablemente en una época posterior, aunque no mucho, a la de construcción del pantano, se aumentó dicha cuenca en una proporción de cerca de 3 a 1, incorporando a ella la de otro arroyo de más importancia, el de la Adelfa.

El procedimiento, ingenioso y muy sencillo, dadas las condiciones del terreno, consiste en un canal que, tomando las aguas de dicho arroyo, encauzadas por un muro o dique transversal, las vierte en el embal-

se, tras un recorrido de tres kilómetros y medio, salvando la divisoria entre ambos con una pequeña trinchera. No se limita su objeto a recoger las aguas del arroyo, sino que, a lo largo de su recorrido, re-

consumo eran enormes, y el poco interés que para la construcción tenía la mano de obra, ya que no se limitaban a la construcción de estos canales, sino que, el afán de aumentar siempre los recursos, les llevaba a construir pequeños canales o cunettes, de los que quedan numerosos vestigios que, rodeando las colinas, extrañas a la cuenca, pero próximas a ella, recogían, para llevarlas al embalse, las aguas de lluvia, pero en una proporción tan pequeña, que hace casi incomprensible su construcción.

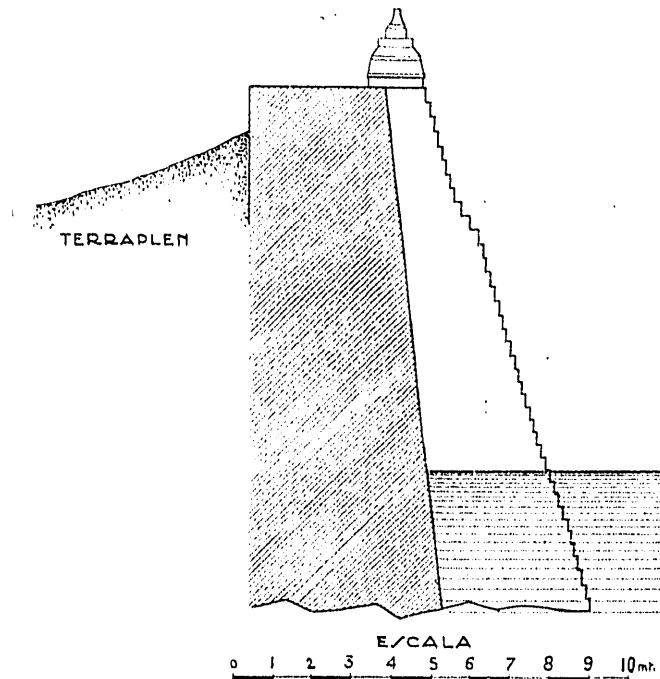
La obra se continúa, por el canal de conducción, hasta Mérida. La circunstancia de encontrarse todo su recorrido en terrenos dedicados al cultivo hace que haya desaparecido casi en su totalidad. Subsisten pequeños trozos, que nos dan idea de su trazado, forma y dimensiones.

Es un pequeño canal de hormigón, de 0,60 m de ancho y 1,35 de alto, aproximadamente, y recubierto, probablemente en toda su longitud, por una bovedilla de ladrillos. En las cercanías de Mérida, y para salvar la depresión del río Albarregas, el canal se continúa por un acueducto tan bello como interesante.

Nada podemos añadir a lo que sobre él dice el señor Macías en su documentada obra. Transcribimos a continuación los párrafos por él dedicados a su descripción:

"Al NE. de la ciudad, y perfilando por entre los cielos sus aéreas e imponentes arquerías, existen los restos del acueducto conocido vulgarmente por "Los Milagros", nombre dado por la ignorancia en los últimos siglos, que no podían explicarse la ley de equilibrio de tan gallardos y finos pilares."

"El objeto que tuvo esta obra, modelo de ingeniería romana, era salvar el desnivel que forma el valle de Albarregas, para que las aguas procedentes del

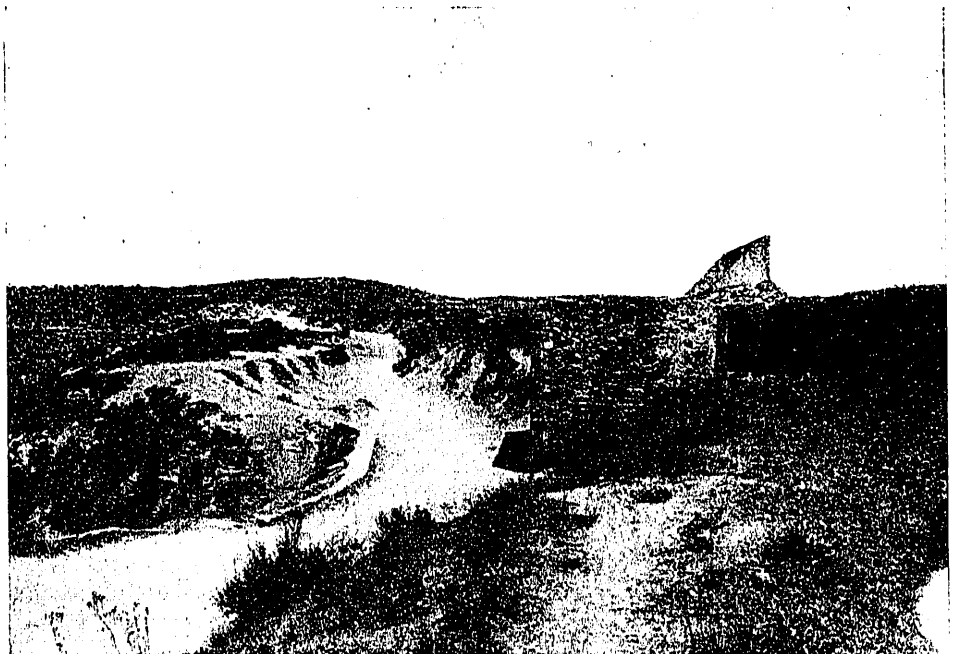


Sección transversal de la presa al lado del único contrafuerte que conserva el remate de la coronación

coge las de lluvias de las laderas en que se apoya. Va, pues, su traza adaptada perfectamente al terreno, y no tiene, por tanto, obra ninguna para salvar las depresiones.

Su sección, muy deformada por el tiempo, conserva, sin embargo, su forma característica. El cajero interior sigue el talud del terreno, y el exterior está constituido por un murete de hormigón de una anchura media de 0,80 y de lados verticales. A pesar de las reparaciones que se observan a lo largo de él, algunas de ellas de época reciente, el murete es, en su mayor parte, el primitivo romano, encontrándose vestigios de pequeñas obras, como aliviaderos y desagües, y bastante bien conservados, dos vanos con sus rebajos en las fábricas para el encaje de las compuertas correspondientes, y una alcantarilla, constituida por losas de granito de 1,50 m de luz, para dar paso a un camino, obras todas ellas situadas en la cabecera del canal.

Este sistema de captación de otra cuenca para aumentar los recursos del pantano lo vemos repetido en otro de la misma época, el de Cornalbo, dedicado también, por entonces, al abastecimiento de Mérida, y demuestra hasta qué punto las necesidades para el



El camino sobre el terraplén y las torres de toma

pantano de Carija pudieran llegar con la debida altura a la ciudad."

"La cañería de conducción arrancaba del citado lago en dirección occidental, hasta rodear la sierra de

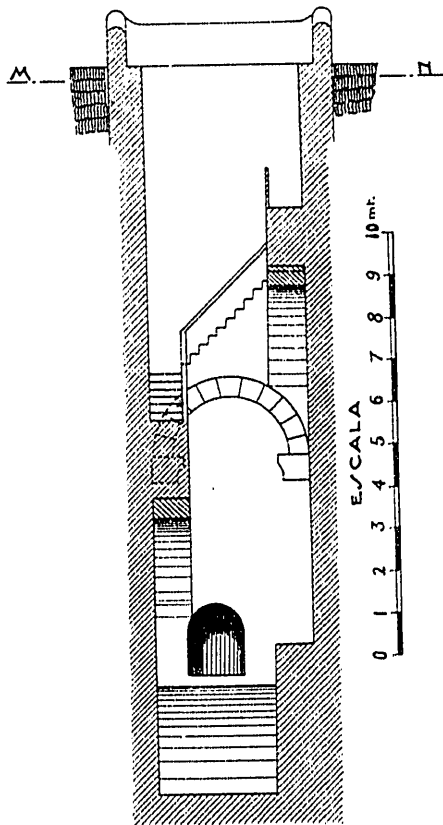
aquel nombre, volviendo después al Mediodía y luego hacia la ciudad, pero no en línea recta, sino en continuo serpenteo, tomando a veces direcciones muy opuestas, a fin de no perder más nivel que el preciso para que las aguas discurrieran en suave pendiente. Así llegaba hasta su entrada en el acueducto, atravesando antes la calzada de Salamanca."

"La longitud de este canal, desde su origen en el pantano, es muy aproximada a 12 kilómetros."

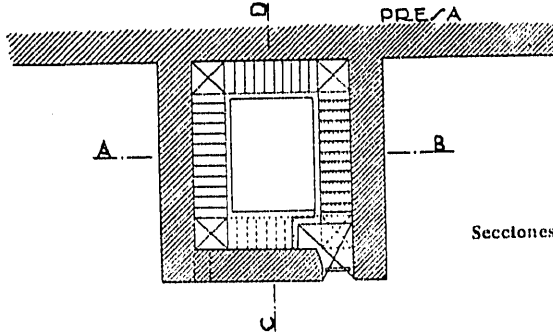
25 m. Las cifras que quedan apuntadas dan una idea de la grandiosidad de esta obra."

"El trazado del acueducto no se desarrolla en línea recta, sino que quiebra en tres puntos. A los 44 metros de partir, hacia el SO. desde el reposadero de entrada, cambia de dirección, tomando la del S., en la que continúa, en un recorrido de 598 m, hasta llegar al pilar llamado vulgarmente "Milagro Gordo", más grueso que los demás, dado que su destino

SECCION AB.

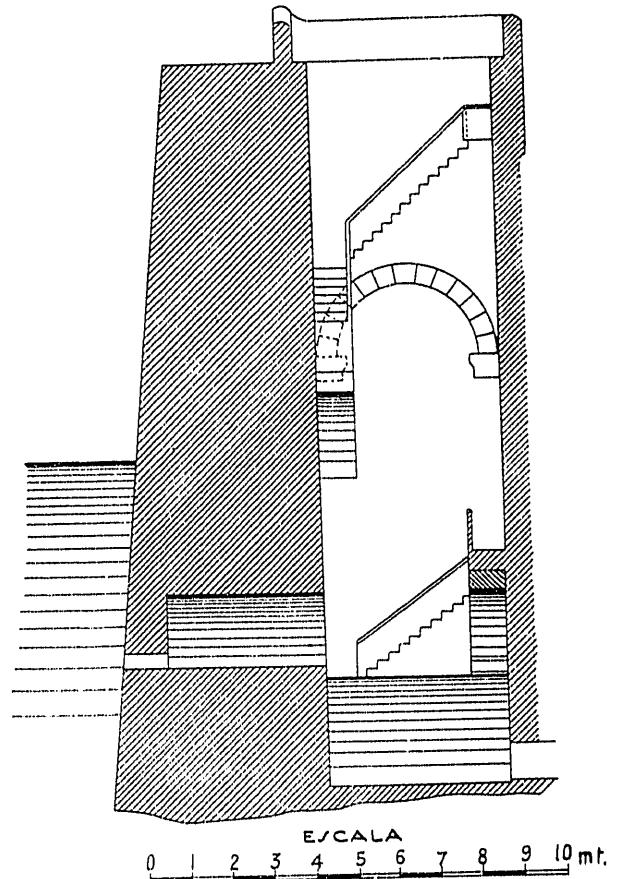


SECCION MN.



Secciones de la torre de toma inferior

SECCION CD.



"El citado canal termina al entrar en el acueducto, con una caja o depósito rectangular, de 2,50 m de longitud por 2 m de anchura; lo mismo a la entrada que a la salida de esta caja, mide aquél 0,60 m de ancho y debió tener 1,35 m de alto; pero el nivel de ingreso de las aguas estuvo algo más bajo que el de salida al acueducto, lo que indica que la construcción a que nos referimos era un reposadero, encargado de detener las materias sedimentarias que arrastrasen aquéllas."

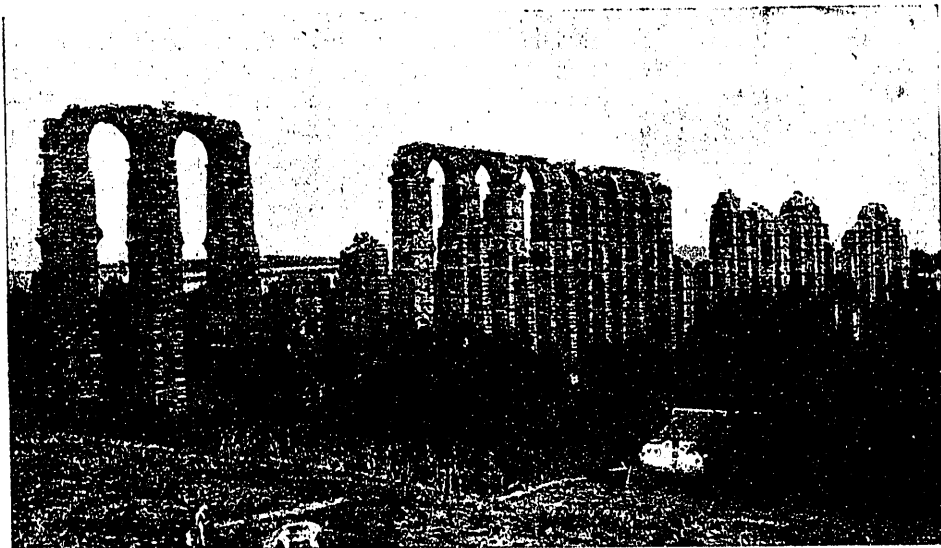
"Desde dicho sitio, punto de arranque del acueducto, hasta el final de éste, en el lugar que verosímilmente debió terminar, mide una longitud de 827 metros, con una altura máxima hoy apreciable de

era sufrir toda la cimbra de la obra. Dicho estribo, de planta pentagonal y algo irregular, mide, por su lado mayor, 4,15 m, y 2,50, por el menor. A partir de él, quiebra la dirección otra vez, en un trayecto de 135 m, que hay hasta el otro pilar, de ángulo también, y único que resta ya en el extremo más próximo a la ciudad, situado en el patio de la segunda casa de la calle Concordia."

"Los pilares afectan la forma cuadrangular, llevando como refuerzo en cada frente un estribo perfilado en ligero talud. Las dimensiones de sus lados son de 3 m. Los estribos miden 2 m por 2,50 de espesor. Los arcos tienen 4,50 m de luz."

"La arquitectura original de este monumento constituye un ejemplar de rara belleza y muy característico de los acueductos emeritenses. La fábrica es de

co hiladas de sillares hay una zona formada por cinco hiladas de ladrillos. De esta combinación resulta el vistoso aspecto decorativo que ofrece aquella serie uniforme de esbeltos pilares, con sus fajas superpuestas de las dos clases de material, cuyos colores, gris y rojo, hacen destacar su fino perfil sobre el fondo del espacio."



Acueducto sobre el Albarregas

hormigón, y el revestimiento, de sillería alternada con ladrillo; pero, de tal manera, que entre cada cin-

nido hasta ahora. Sirvan estas cuartillas para sacarla de ese injusto anónimo.

José DE CASTRO GIL
ingeniero de Obras y Servicios
del Cijara

Bibliografía

The Supply of Water, por Veal (T. H. P.).—Un vol. de 15 X 23 centímetros, 242 páginas y 107 figuras.—London, Chapman and Hall, 1931.—Precio, 30 pesetas.

Esta obra es un tratado breve, pero completo, de abastecimiento de agua. Contiene los distintos procedimientos de obtener agua para un abastecimiento. Singularmente por medio de pozos. Quizá con demasiada extensión trata de la determinación del agua que puede obtenerse en una cierta cuenca en re-

lación con los datos pluviométricos. También está tratado con extensión lo referente a presas de embalse de fábrica y de tierra. La parte de conducción, depósitos y distribución es, tal vez, la mejor de la obra, pues, aunque en forma bastante concisa, se indica todo lo más interesante sobre estas materias. El final de la obra se ocupa de la calidad del agua, de los ensayos y de los procedimientos de purificarla.

Es una obra de consulta interesante.

J. L. U.

Crónica

Junta Superior Consultiva de Obras públicas

Un Decreto de 30 del pasado ha venido a dar satisfacción a la necesidad, repetidamente apuntada en estas columnas, de dar unidad en el Ministerio de Obras públicas a la función consultiva, dividida y dislocada con la supresión del antiguo Consejo y su sustitución por los Consejos especiales creados en cada una de las Direcciones del Ministerio.

La nueva disposición manteniendo los Consejos actuales y completándolos con otro especial de ferrocarriles, cuya necesidad se hacía sentir (ya que el Consejo Superior de Ferrocarriles no tiene por su composición verdadero carácter técnico), crea la Junta Superior Consultiva de Obras públicas, formada por los consejeros

de los demás Consejos y a la que pertenecerán como consejeros natos un consejero de Estado, el presidente de la Comisión de Obras públicas del Congreso y el interventor general de la Administración del Estado, debiendo ser presidida por un consejero-inspector, que nombrará el Ministerio.

La Junta Superior Consultiva de Obras públicas emitirá dictamen en los asuntos que afecten a dos o más servicios del ramo; en los que las disposiciones vigentes exijan el dictamen del suprimido Consejo de Obras públicas en pleno; en los planes generales de obras y servicios, y en todos aquellos asuntos en que así lo disponga el Ministerio.

Nos congratulamos de que hayan sido escuchadas nuestras observaciones, que no eran sino el eco fiel de