Universidad Zaragoza
1542

PROYECTO FIN DE CARRERA

ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL DEL PUENTE DE PIEDRA DE ZARAGOZA: SIMULACIÓN POR ELEMENTOS FINITOS

II / II

Autor

ARIZA GRACIA, Miguel Ángel

Directores

José Manuel García Aznar
Luis Fernández Ramón

Escuela Universitaria de Ingeniería y Arquitectura (EINA)

2013

ANEXO H. DOCUMENTACIÓN DEL AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA

HISTORIA

MEMORIA E INFORME DE LA PIEDRA

INFORME DE CIMENTACIONES

INFORME GEOTÉCNICO

PATOLOGÍAS

HISTORIA

PUENTE DE PIEDRA (ZARAGOZA)

Informe de la auscultación mediante "cross-hole" en las pilas n°s. 2, 3, 4, 5 y 7

Mayo 1989

1. ANTECEDENTES

A petición de la Dirección de la obra de recalce del Puente de Piedra (Zaragoza), Geoexperts, S.A. efectuó dos fases de auscultación, mediante la técnica "cross-hole", en pares de sondeos, realizados y equipados al efecto por Rodio, en la segunda pila del Puente, contada desde margen izquierda, designada en la obra como pila nº 6. Estas dos fases se hicieron, respectivamente, al final de las inyecciones perimetrales y al final de las inyecciones interiores de recalce de la pila. El informe emitido por Geoexperts, S.A., en fecha 21 de Abril de 1989, se refiere a los resultados de estas auscultaciones.

A petición, asímismo, de la Dirección de la obra, Geoexperts, S.A. ha efectuado, al final de los trabajos de inyección de las pilas, la auscultación mediante la técnica "cross-hole" de un par de sondeos verticales, ejecutados y equipados por Rodio en cada una de las pilas números 2,3,4, 5 y 7, según la denominación de obra, situados en la zona de arranque de tajamares de dichas pilas.

En este estudio se recogen los resultados que estas últimas auscultaciones han proporcionado a nivel del terreno de cimentación de cada pila, se interpretan dichos resultados en términos de módulo dinámico de rigidez transversal del terreno a cada nivel y, a modo de contraste del resultado de las inyecciones, se comparan con los mismos módulos dinámicos obtenidos para esas mismas pilas en los reconocimientos, mediante la técnica "cross-hole", efectuados en la fase de estudio del terreno previa al proyecto de recalce, cuyos resultados refleja el informe Geoexperts, S.A. de fecha 31 de Diciembre de 9184. Cabe señalar que, en esta fase

preliminar no se hizo "cross-hole" en la pila nº 2, sino medidas de "down-hole". Dado que en este último caso los módulos obtenidos no reflejan características del terreno nivel a nivel, como en la técnica "cross-hole", sino valores medios obtenidos a lo largo de las sucesivas profundidades de auscultación, no se ha considerado oportuna la comparación entre valores "últimos" e "iniciales" de los módulos dinámicos de la pila nº 2.

2. RESULTADOS DE LA CAMPAÑA

2.1. Metodología de auscultación del terreno

La determinación "in situ" de las velocidades de transmisión de las ondas sísmicas permite conocer cualitativamente la calidad del terreno. Un claro ejemplo de aplicación de este dato son las tablas de Caterpillar que relacionan dichas velocidades en un terreno determinado con su ripabilidad.

Un método para obtener una mejor evaluación de las características mecánicas de un terreno, es la determinación de sus constantes elásticas a partir de las velocidades de ondas sísmicas longitudinales P, de las ondas sísmicas transversales S y de su densidad. Los módulos de elasticidad E, de rigidez G y el coeficiente de Poisson ν quedan relacionados con los parámetros antes citados por las siguientes expresiones:

$$V_p = \left\{ \frac{E\ (1-\nu)}{(1+\nu)\ \ (1-2\nu)} \right\}^{1/2}$$

$$V_s = \left\{ \frac{G}{\rho} \right\}^{1/2} = \left\{ \frac{E}{2\rho(1+\nu)} \right\}^{1/2}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

en donde:

V_p es la velocidad de las ondas de compresión

V_s es la velocidad de las ondas cortantes

ρ es la densidad (masa/unidad de volumen) del material

Los módulos de elasticidad y rigidez así obtenidos permiten una valoración cuantitativa de las características mecánicas del terreno. En estas características, aparte de su resistencia a compacidad, influirán la porosidad, grado de saturación, densidad, etc., datos que se deben de tener en cuenta a la hora de evaluar los resultados. Usualmente los valores obtenidos de los parámetros mediante ensayos geofísicos son distintos, normalmente mayores, de los valores obtenidos de los mismos parámetros en ensayos "quasi" estáticos. A este respecto, añadimos aquí la traducción literal de unos párrafos del Handbook of Mechanical Properties of Rocks (Vutukuri, 1977):

"La determinación de módulos estáticos da origen a una gran dispersión de resultados, pero éstos se pueden aplicar a deformaciones del orden de 10^{-2}. Conviene tener en cuenta que los módulos dinámicos se obtienen con deformaciones del orden de 10^{-5}, y por lo tanto una comparación de los módulos de elasticidad dinámicos y estáticos sólo será significativa con niveles de tensión equivalentes".

La obtención de los datos de campo que permite llegar al cálculo de los parámetros antes indicados, se realiza eficientemente utilizando técnicas de generación de ondas predominántemente cortantes, utilizando un sistema de golpeo superficial y registro en profundidad (sistema de Down-hole) o bien generando y registrando las ondas sísmicas a distinta

profundidad entre sondeos (sistema de Cross-Hole). En gran parte, la metodología que se describirá en el apartado siguiente, Procedimiento de Cross-Hole (sistema de medida, - transductores, calibrado del sismógrafo, etc) es aplicable al Procedimiento denominado Down-hole. Lo mismo ocurre en la interpretación y evaluación de resultados, que en ambos casos es muy semejante.

Procedimiento de Cross-Hole

Este método de prospección consiste fundamentalmente en la determinación de la variación de las velocidades de propagación de ondas en el terreno con la profundidad. Para ello se perforan y revisten con P.V.C. varios sondeos, a una distancia prefijada, hasta llegar a la profundidad deseada. La realización del ensayo consiste en la generación de ondas - sísmicas, a determinadas profundidades en uno de los sondeos, mientras que en otro u otros, situados a distancias relativamente cortas, se sitúan transductores para así medir con la instrumentación adecuada (un sismógrafo u osciloscopio) los tiempos de transmisión de las ondas longitudinales y transversales. La causa fundamental de que las medidas se hagan a distancias cortas es el tratar de evitar, en lo posible, eventuales fenómenos de refracción y reflexión de ondas en capas próximas a los puntos de emisión y recepción.

Por cada impacto que se efectúa, la pantalla del aparato de registros de medidas, permite visualizar la llegada del tren de ondas así producido. La figura 1 permite distinguir tres partes del tren de ondas, la primera, situada a la izquierda, es una línea recta suave en la que no se aprecia todavía el movimiento del terreno; ésto es debido a que, aunque se ha producido el impacto que póne en funcionamiento el aparato de medida, todavía no ha llegado el tren de ondas al

transductor. Posteriormente se produce la llegada de las ondas de compresión (P) caracterizadas por tener baja amplitud y frecuencias altas (200 a 1.000 Hz) situadas en el tramo central. En la tercera parte del registro se aprecia la llegada de las ondas transversales (S), caracterizadas por amplitudes mayores y frecuencias menores (50 a 300 Hz).

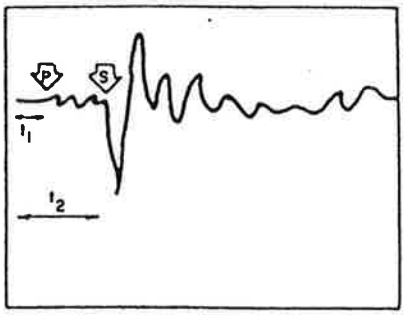


Fig. 1

La buena ejecución de una campaña de reconocimiento requiere una normativa apropiada, que contemple los siguientes puntos:

a) Situación y características de los sondeos y localización de las medidas.

b) Utilización de un sistema de generación de ondas sísmicas en sondeos, predominántemente cortantes.

c) Un sistema digital de adquisición de datos.

d) Transductores de velocidad de tres componentes.

e) Tarado del sismógrafo y corrección del retardo en el disparo.

La figura nº 2 muestra esquemáticamente el funcionamiento del método Cross-Hole.

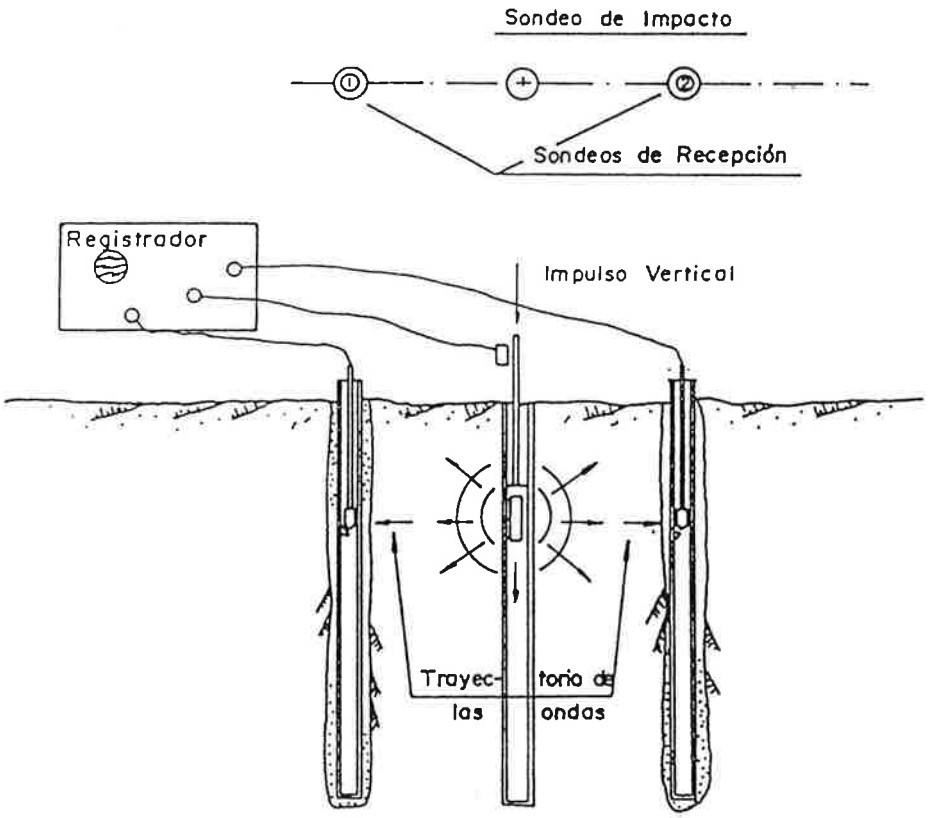


Fig. 2.- Esquema de funcionamiento del Cross-Hole

(En nuestro caso sólo hay un sondeo de impacto y uno de recepción)

2.2. Características dinámicas del terreno de cimentación de las pilas auscultadas

En hojas adjuntas se dan, para las pilas números 3,4, 5 y 7, los valores de propagación de ondas de deformación - transversal (ondas S), Vs, y el correspondiente módulo de - deformación transversal, Gd,

$$G_d = \rho V_s^2$$

siendo ρ la masa específica del terreno, para el terreno de cimentación de las pilas "ANTES" del tratamiento de inyección (según los resultados recogidos en el informe de Geoexperts, S.A., de 31 de Diciembre de 1984) y "DESPUES" de dicho tratamiento (según los resultados de la última campaña de mediciones).

En la pila nº 2 figuran sólo los resultados "DESPUES" del tratamiento, por no haberse hecho "cross-hole" "ANTES" del tratamiento, como ya se ha indicado.

Como se señalaba ya en el informe correspondiente a la pila nº 6, la presencia de agua freática interfiere en la propagación de ondas de compresión (ondas P). Por este motivo se ha considerado, como única medida significativa de la rigidez del subsuelo, la obtenida a partir de la propagación de ondas de deformación transversal (ondas S).

Para el cálculo de módulos dinámicos de rigidez de rigidez transversal, G_d, se ha tomado

$\rho = 1750$ Kg-m/m^3 "ANTES" del tratamiento (informe de 31 Diciembre 1984)

$\rho = 1850$ Kg-m/m^3 "DESPUES" del tratamiento.

Los módulos G_d se expresan en Gigapascales (GP_a), recordándose que

$$1\ GP_a = 10^9 P_a = 10^9\ N/m^2$$

A efectos de comparar la evolución del terreno entre la fase prelaminar de auscultación y la final se ha determinado, a cada nivel del terreno, el valor

$$\frac{G_f - G_i}{G_i},$$

G_f, módulo dinámico de rigidez transversal final

G_i, módulo dinámico de rigidez transversal inicial

para pilas números 3,4,5 y 7

Este cociente se expresa en las tablas adjuntas, en tanto por ciento.

Finalmente, se ha determinado en cada emplazamiento, el valor medio y la desviación típica muestral para el conjunto

de valores G_d, medidos en cada caso, así como para el cociente $\frac{G_f - G_i}{G_i}$ (en %), para los cuatro apoyos ya mencionados.

GEOEXPERTS S.A.

FILE:PILA2

Prospeccion sismica Metodo:Cross-hole

Puente de Piedra (Zaragoza) Abril-89

Comparacion de datos ANTES y DESPUES de la inyeccion

PILA 2

Densidad=1,75 gr/cm^3 Densidad=1,85 gr/cm^3

ANTES			DESPUES			
Prof. (mts)	Vs (m/seg)	Gd (GPa)	Prof. (mts)	Vs (m/seg)	Gd (GPa)	Gf-Gi/Gi %
			-15	333	0.21	
			-16	319	0.19	
			-17	375	0.27	
			-18	375	0.27	
			-19	375	0.27	
			-20	385	0.28	
			-21	345	0.22	
			-22	326	0.20	
			-23	319	0.19	
			-24	370	0.26	
			-25	380	0.27	
			-26	361	0.25	
			-27	326	0.20	
			-28	349	0.23	
			-29	319	0.19	
			MEDIA	[illegible]	[illegible]	
			DESVIACI	24	0.03	

GEOEXPERTS S.A.

FILE:PILA3

Prospeccion sismica Metodo:Cross-hole

Puente de Piedra (Zaragoza) Abril-89

Comparacion de datos ANTES y DESPUES de la inyeccion

PILA 3

Densidad=1,75 gr/cm^3 Densidad=1,85 gr/cm^3

ANTES			DESPUES			
Prof. (mts)	Vs (m/seg)	Gd (GPa)	Prof. (mts)	Vs (m/seg)	Gd (GPa)	Gf-Gi/Gi %
-14	320	0.18	-14	427	0.34	89%
-15	367	0.24	-15	369	0.26	7%
-16	382	0.26	-16	378	0.27	4%
-17	313	0.17	-17	440	0.36	109%
-18	289	0.15	-18	433	0.35	138%
-19	238	0.10	-19	433	0.35	249%
-20	257	0.12	-20	460	0.40	238%
-21	336	0.20	-21	453	0.39	93%
-22	262	0.12	-22	410	0.32	159%
-23	269	0.13	-23	421	0.33	158%
-24	267	0.13	-24	399	0.30	135%
-25	251	0.11	-25	427	0.34	207%
-26	234	0.10	-26	415	0.33	232%
-27	235	0.10	-27	433	0.35	259%
-28	247	0.11	-28	446	0.38	246%
-29	244	0.11	-29	369	0.26	141%
-30	216	0.08	-30	427	0.34	312%
MEDIA	278	0.14		420	0.33	135%
DESVIACION TIP.	47	0.05		27	0.04	+19%

NOTA: El Cross-hole "ANTES", Campaia-84, corresponde al 7 7' de aguas abajo.

GEOEXPERTS S.A.

FILE:PILA4

Prospeccion sismica Metodo:Cross-hole

Puente de Piedra (Zaragoza) Abril-89

Comparacion de datos ANTES y DESPUES de la inyeccion

PILA 4

Densidad=1,75 gr/cm^3 Densidad=1,85 gr/cm^3

ANTES			DESPUES			
Prof. (mts)	Vs (m/seg)	Gd (GPa)	Prof. (mts)	Vs (m/seg)	Gd (GPa)	Gf-Gi/Gi %
-15		0.40	-15	386	0.28	-30%
-16		0.31	-16	391	0.29	-7%
-17		0.23	-17	352	0.23	1%
-18		0.31	-18	417	0.33	7%
-19		0.27	-19	340	0.22	-18%
-20		0.21	-20	285	0.15	-27%
-21		0.18	-21	348	0.23	24%
-22		0.18	-22	377	0.27	50%
-23		0.19	-23	364	0.25	31%
-24		0.21	-24	386	0.28	32%
-25		0.22	-25	377	0.27	23%
-26		0.21	-26	368	0.26	24%
-27		0.20	-27	356	0.24	18%
-28		0.19	-28	360	0.24	28%
-29		0.19	-29	360	0.24	31%
MEDIA		0.23		364	0.25	12%
DESVIACION		0.06		29	0.04	23%

GEOEXPERTS S.A.

FILE:PILA5

Prospeccion sismica Metodo:Cross-hole

Puente de Piedra (Zaragoza) Abril-89

Comparacion de datos ANTES y DESPUES de la inyeccion

PILA 5

Densidad=1,75 gr/cm^3 Densidad=1,85 gr/cm^3

ANTES				DESPUES			
Prof. (mts)	Vs (m/seg)	Gd (GPa)	sondeo	Prof. (mts)	Vs (m/seg)	Gd (GPa)	Gf-Gi/Gi %
-14	248	0.11	8 8'	-14	374	0.26	140%
-15	296	0.15	8 8'	-15	399	0.30	100%
-16	248	0.11	8 8'	-16	443	0.37	239%
-17		0.06	4 4'	-17	413	0.32	428%
-18		0.09	4 4'	-18	417	0.33	270%
-19		0.10	4 4'	-19	427	0.34	252%
-20		0.07	4 4'	-20	443	0.37	464%
-21		0.12	4 4'	-21	427	0.34	176%
-22		0.13	4 4'	-22	408	0.31	144%
-23		0.10	4 4'	-23	355	0.24	133%
-24		0.13	4 4'	-24	390	0.29	121%
-25		0.09	4 4'	-25	403	0.31	236%
-26		0.12	4 4'	-26	339	0.22	88%
-27		0.10	4 4'	-27	359	0.24	154%
-28		0.09	4 4'	-28	374	0.26	184%
-29		0.10	4 4'	-29	417	0.33	214%
-30		0.10	4 4'	-30	408	0.31	221%
MEDIA		0.10			400	0.30	210%
DESVIACION		0.02			29.72	0.04	101%

NOTA:Los cross-holes utilizados en los calculos corresponden a los 8 8' aguas arriba y a los 4 4' aguas abajo.

GEOEXPERTS S.A.

FILE:PILA7

Prospeccion sismica Metodo:Cross-hole

Puente de Piedra (Zaragoza) Abril-89

Comparacion de datos ANTES y DESPUES de la inyeccion

PILA 7

Densidad=1,75 gr/cm^3 Densidad=1,85 gr/cm^3

ANTES			DESPUES			
Prof. (mts)	Vs (m/seg)	Gd (GPa)	Prof. (mts)	Vs (m/seg)	Gd (GPa)	Gf-Gi/Gi %
			-14	520	0.51	
15		0.10	-15	520	0.51	423%
16		0.12	-16	446	0.37	225%
17		0.10	-17	624	0.73	604%
18		0.11	-18	495	0.46	326%
19		0.09	-19	520	0.51	437%
20		0.13	-20	520	0.51	286%
21		0.18	-21	466	0.41	128%
22		0.16	-22	416	0.33	107%
MEDIA		0.12		501	0.48	317%
DESVIACION		0.03		59	0.12	157%

NOTA:Los datos del Cross-hole "ANTES" corresponden al 6 6' de aguas abajo.

3.- BALANCE DE RESULTADOS DE LA AUSCULTACION

En el informe, sobre la auscultación de la pila nº 6 se señalaba que, en general, el incremento relativo de rigidez transversal dinámico del terreno, como consecuencia de la inyección interior era muy marcado, del orden de o superior al 100%, y bastante homogéneo, lo que evidenciaba la eficacia del sistema de tratamiento previsto para el recalce del puente.

En la pila nº 7, el terreno en su estado final aparece localmente muy fuertemente mejorado respecto de su condición inicial. Esta última, por otra parte, era, cojuntamente con la de la pila nº 5, la peor detectada en el estudio de proyecto, con módulos medios iniciales de 0,10-0,12 GPa, y valores de resistencia al ensayo standard de penetración (S.P.T.) del orden de N = 8-12. En su situación final, las mejoras relativas del módulo dinámico, son del 100 al 604 % (media del 317%), con un valor medio final de G_d de 0,48 GPa.

En la pila nº 5 la mejora es también significativa (media del 210%) y el valor medio final de G_d alcanza un valor de 0,36 GPa. Los valores mínimos iniciales de G_d de 0,06 a 0,106 GPa pasan, tras el tratamiento, a valores mínimos de 0,24 a 0,26 GPa.

En la pila nº 3 la mejora obtenida es algo menos marcada (media del 161%) pero más homogénea el valor medio final de G_d es muy similar al anterior (G_d = 0,33 GPa). En este caso, en que el suelo presentaba inicialmente valores frecuentes de G_d del orden de 0,08-0,126 GPa los valores mínimos después del tratamiento son de 0,26-0,27 GPa.

En la pila nº 4 las mejoras obtenidas son menos significativas (media de 12%). El valor medio final de G_d es de 0,25 GPa. Los valores finales de G_d son bastante homogéneos, comprendidos entre 0,22 y 0,33 GPa.

En la pila nº 2 no ha habido contraste posible, por no haber valores iniciales de módulos dinámicos. El valor medio final es de 0,23 GPa y los mínimos valores de G_d son de 0,19 GPa.

En definitiva, se pone de manifiesto las posibilidades del sistema de tratamiento empleado. Los grados de mejora obtenidos no han sido homogéneos en los distintos emplazamientos. Sin embargo los valores mínimos de G_d medidos despues del tratamiento (0,19 a 0,22 GPa) son bastante más elevados que los mínimos iniciales (0,06 a 0,10 GPa), lo que implica la corrección de los niveles peores del terreno (equivalentes a N = 8-12) a valores equivalentes a compacidad mediana a alta (N _ 20-25), según las equivalencias aproximadas entre N y G_d que se deducirían de los datos sistemáticos recogidos en la campaña de reconocimiento de proyecto (informe Geoexperts de 31 de Diciembre de 1.984).

PUENTE DE PIEDRA (ZARAGOZA)

Informe de la auscultación mediante cross-hole en la pila nº 6

Abril 1989

1. INTRODUCCION

A petición de la Dirección de las obras de recalce del Puente de Piedra (Zaragoza), cuya ejecución fue encomendada a la sociedad Rodio, Geoexperts, S.A. ha efectuado dos fases de auscultación, mediánte la técnica "cross-hole", en la segunda pila del Puente, contada desde margen izquierda. En este informe se aplica a dicha pila su designación de obra: pila nº 6.

La primera fase de auscultación se llevó a cabo en tres pares de sondeos, perforados y equipados al efecto, por Rodio, una vez completada, en la pila nº 6, la etapa de inyecciones perimetrales y antes de inyectar los abanicos (ya instalados) de tratamiento interno del terreno de cimentación de la pila.

La segunda fase de auscultación se ha realizado en un nuevo par de sondeos, perforados y equipados por Rodio, una vez terminados los trabajos de inyección.

En este estudio se recogen los resultados de estas dos fases de reconocimiento a nivel del terreno de cimentación, y se interpretan en términos de módulos dinámicos de dicho terreno, a intervalos regulares de profundidad, antes y después del tratamiento de inyección interna a la pila nº 6.

2. RESULTADOS DE LA CAMPAÑA

2.1. Metodología de auscultación del terreno

La determinación "in situ" de las velocidades de transmisión de las ondas sísmicas permite conocer cualitativamente la calidad del terreno. Un claro ejemplo de aplicación de este dato son las tablas de Caterpillar que relacionan dichas velocidades en un terreno determinado con su ripabilidad.

Un método para obtener una mejor evaluación de las características mecánicas de un terreno, es la determinación de sus constantes elásticas a partir de las velocidades de ondas sísmicas longitudinales P, de las ondas sísmicas transversales S y de su densidad. Los módulos de elasticidad E, de rigidez G y el coeficiente de Poisson ν quedan relacionados con los parámetros antes citados por las siguientes expresiones:

$$V_p = \left\{ \frac{E\ (1-\nu)}{(1+\nu)\ \ (1-2\nu)} \right\}^{1/2}$$

$$V_s = \left\{ \frac{G}{\rho} \right\}^{1/2} = \left\{ \frac{E}{2\rho(1+\nu)} \right\}^{1/2}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

en donde:

V_p es la velocidad de las ondas de compresión

V_s es la velocidad de las ondas cortantes

ρ es la densidad (masa/unidad de volumen) del material

Los módulos de elasticidad y rigidez así obtenidos permiten una valoración cuantitativa de las características mecánicas del terreno. En estas características, aparte de su resistencia a compacidad, influirán la porosidad, grado de saturación, densidad, etc., datos que se deben de tener en cuenta a la hora de evaluar los resultados. Usualmente los valores obtenidos de los parámetros mediante ensayos geofísicos son distintos, normalmente mayores, de los valores obtenidos de los mismos parámetros en ensayos "quasi" estáticos. A este respecto, añadimos aquí la traducción literal de unos párrafos del Handbook of Mechanical Properties of Rocks (Vutukuri, 1977):

"La determinación de módulos estáticos da origen a una gran dispersión de resultados, pero éstos se pueden aplicar a deformaciones del orden de 10^{-2}. Conviene tener en cuenta que los módulos dinámicos se obtienen con deformaciones del orden de 10^{-5}, y por lo tanto una comparación de los módulos de elasticidad dinámicos y estáticos sólo será significativa con niveles de tensión equivalentes".

La obtención de los datos de campo que permite llegar al cálculo de los parámetros antes indicados, se realiza eficientemente utilizando técnicas de generación de ondas predominántemente cortantes, utilizando un sistema de golpeo superficial y registro en profundidad (sistema de Down-hole) o bien generando y registrando las ondas sísmicas a distintas

profundidad entre sondeos (sistema de Cross-Hole). En gran parte, la metodología que se describirá en el apartado siguiente, Procedimiento de Cross-Hole (sistema de medida, - transductores, calibrado del sismógrafo, etc) es aplicable al Procedimiento denominado Down-hole. Lo mismo ocurre en la interpretación y evaluación de resultados, que en ambos casos es muy semejante.

Procedimiento de Cross-Hole

Este método de prospección consiste fundamentalmente en la determinación de la variación de las velocidades de propagación de ondas en el terreno con la profundidad. Para ello se perforan y revisten con P.V.C. varios sondeos, a una distancia prefijada, hasta llegar a la profundidad deseada. La realización del ensayo consiste en la generación de ondas - sísmicas, a determinadas profundidades en uno de los sondeos, mientras que en otro u otros, situados a distancias relativamente cortas, se sitúan transductores para así medir con la instrumentación adecuada (un sismógrafo u osciloscopio) los tiempos de transmisión de las ondas longitudinales y transversales. La causa fundamental de que las medidas se hagan a distancias cortas es el tratar de evitar, en lo posible, eventuales fenómenos de refracción y reflexión de ondas en capas próximas a los puntos de emisión y recepción.

Por cada impacto que se efectúa, la pantalla del aparato de registros de medidas, permite visualizar la llegada del tren de ondas así producido. La figura 1 permite distinguir tres partes del tren de ondas, la primera, situada a la izquierda, es una línea recta suave en la que no se aprecia todavía el movimiento del terreno; ésto es debido a que, aunque se ha producido el impacto que pone en funcionamiento el aparato de medida, todavía no ha llegado el tren de ondas al

transductor. Posteriormente se produce la llegada de las ondas de compresión (P) caracterizadas por tener baja amplitud y frecuencias altas (200 a 1.000 Hz) situadas en el tramo central. En la tercera parte del registro se aprecia la llegada de las ondas transversales (S), caracterizadas por amplitudes mayores y frecuencias menores (50 a 300 Hz).

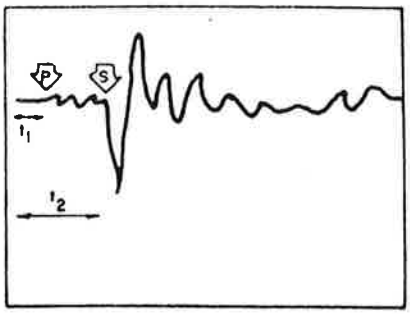


Fig. 1

La buena ejecución de una campaña de reconocimiento requiere una normativa apropiada, que contemple los siguientes puntos:

a) Situación y características de los sondeos y localización de las medidas.

b) Utilización de un sistema de generación de ondas sísmicas en sondeos, predominántemente cortantes.

c) Un sistema digital de adquisición de datos.

d) Transductores de velocidad de tres componentes.

e) Tarado del sismógrafo y corrección del retardo en el disparo.

La figura nº 2 muestra esquemáticamente el funcionamiento del método Cross-Hole.

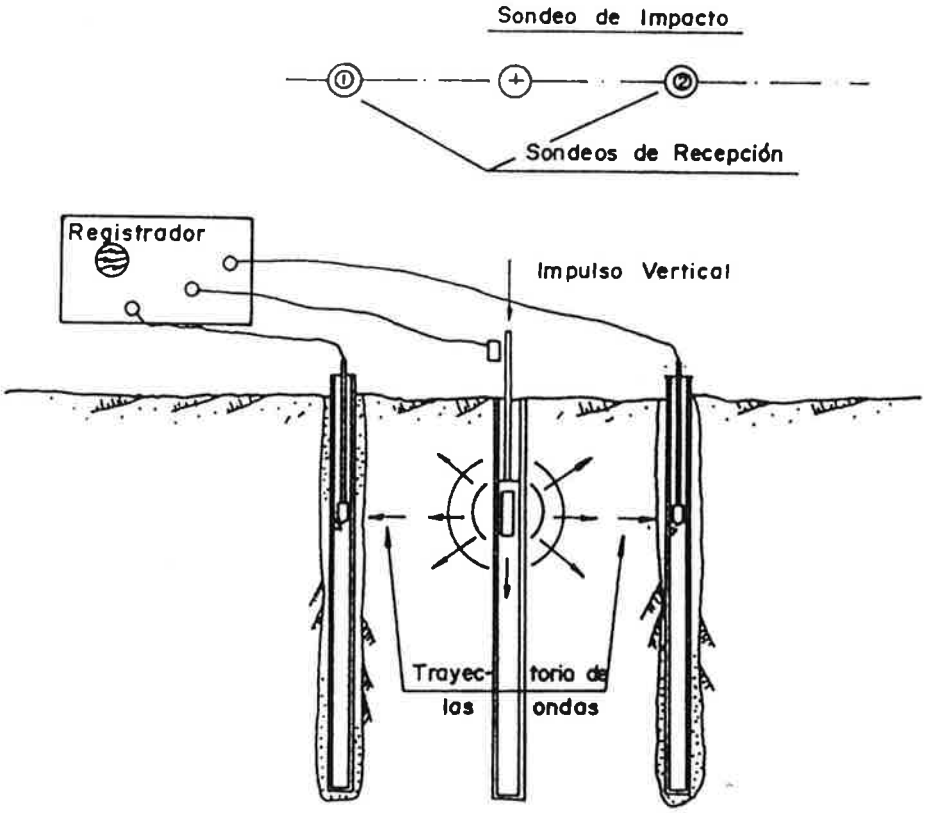


Fig. 2.- Esquema de funcionamiento del Cross-Hole

2.2. Características del subsuelo previas a las inyecciones interiores a la pila nº 6

Se han efectuado medidas en tres pares de sondeos. Dos de estos pares han sido verticales, situados, respectivamente, en zona de arranque de tajamar, aguas arriba del puente (sondeos A y B). Un par de sondeos, iniciado desde zona de arranque de tajamar fue inclinado 10° con la vertical hacia aguas abajo (sondeos C y D).

En hojas adjuntas se reflejan las variaciones de distancia entre sondeos, a lo largo de la zona en que atraviesan el terreno de cimentación. Estas modificaciones, debidas a desviaciones de los sondeos respecto de su eje teórico, se han determinado a través de medidas efectuadas con inclinómetro, en las perforaciones, una vez concluidos los trabajos de geofísica.

En el par de sondeos verticales (E, F), la distancia de 4,65 m. en boca puede reducirse, localmente, a 4,62 (del orden de un 0,6% de variación).

En el par de sondeos verticales (A, B), los 3,00 m. de separación en boca pueden crecer, localmente, hasta 3,02 (del orden de un 1% de variación).

En el par de sondeos inclinados (C, D) las variaciones de distancia son más acusadas, pudiendo reducir la separación, de 4,60 m. entre bocas, hasta 3,57 m. (del orden del 23,3% de variación).

CALCULO DE LOS DATOS DEL INCLINUMETRO

TRABAJO: Puente de Piedra (Zaragoza) FECHA: 3 Dic. 1988

Sondeos A y B (pila aguas abajo) Dist. entre bocas de sondeos: 3 mts

Sondeo A

Prof. (mts)	A	A'	Dif	Sum Dif	DAA' (mm)	delta AA'	B	B'	Dif	Sum Dif	DBB' (mm)	delta BB'	DISTANCIA (mts)	Prof (mts)
18	0	0	0	0	0.00	3.73	0	0	0	0	0.00	-1.38	3.01	18
17	105	-100	205	205	5.13	8.85	-14	37	-51	37	0.93	-0.45	3.01	17
16	103	-107	210	415	10.38	14.10	-14	35	-49	-16	-0.40	-1.78	3.02	16
15	105	-93	198	613	15.33	19.05	-10	28	-38	-21	-0.53	-1.90	3.02	15
14	80	-96	176	789	19.73	23.45	-3	13	-16	-25	-0.63	-2.00	3.03	14
13	94	-91	185	974	24.35	28.08	-39	-14	-25	-30	-0.75	-2.13	3.03	13
12	55	-47	102	1076	26.90	30.63	26	-8	34	-33	-0.83	-2.20	3.03	12
11	23	-18	41	1117	27.93	31.65	20	-11	31	23	0.58	-0.80	3.03	11
10	-3	-3	0	1117	27.93	31.65	12	-3	15	28	0.70	-0.68	3.03	10
9	-22	22	-44	1073	26.83	30.55	5	6	-1	21	0.53	-0.85	3.03	9
8	-36	34	-70	1003	25.08	28.80	37	-26	63	-27	-0.68	-2.05	3.03	8
7	-35	40	-75	928	23.20	26.93	86	-74	160	-11	-0.28	-1.65	3.03	7
6	-17	35	-52	876	21.90	25.63	103	-91	194	69	1.73	0.35	3.03	6
5	-28	48	-76	800	20.00	23.73	115	-104	219	90	2.25	0.88	3.02	5
4	-39	68	-107	693	17.33	21.05	103	-95	198	124	3.10	1.73	3.02	4
3	-82	109	-191	502	12.55	16.28	80	-65	145	133	3.33	1.95	3.01	3
2	-114	160	-274	228	5.70	9.43	56	-47	103	98	2.45	1.08	3.01	2
1	-189	188	-377	-149	-3.73	0.00	80	-48	128	55	1.38	0.00	3.00	1
0														0

Sondeo B

Prof. (mts)	A	A'	Dif	Sum Dif	DAA' (mm)	delta AA'	B	B'	Dif	Sum Dif	DBB' (mm)	delta BB'
18	0	0	0	0	0.00	28.48	0	0	0	0	0	0.33
17	-13	74	-87	-87	-2.18	26.30	306	-283	589	-283	-7.08	-6.75
16	-21	72	-93	-180	-4.50	23.98	297	-277	574	312	7.80	8.13
15	-5	57	-62	-242	-6.05	22.43	292	-278	570	296	7.40	7.73
14	-13	52	-65	-307	-7.68	20.80	272	-262	334	308	7.70	8.03
13	-26	70	-96	-403	-10.08	18.40	246	-238	484	296	7.40	7.73
12	-24	59	-83	-486	-12.15	16.33	181	-168	349	316	7.90	8.23
11	-20	44	-64	-550	-13.75	14.73	104	-90	194	259	6.48	6.80
10	-29	40	-69	-619	-15.48	13.00	69	-54	123	140	3.50	3.83
9	-35	48	-83	-702	-17.55	10.93	31	-15	46	108	2.70	3.03
8	-41	45	-86	-788	-19.70	8.77	-6	22	-28	68	1.70	2.03
7	-59	61	-120	-908	-22.70	5.77	-40	57	-97	29	0.73	1.05
6	-66	61	-127	-1035	-25.88	2.60	-70	87	-157	-10	-0.25	0.08
5	-63	50	-113	-1148	-28.70	-0.23	-80	98	-178	-59	-1.48	-1.15
4	-46	39	-85	-1233	-30.83	-2.35	-67	83	-150	-95	-2.38	-2.05
3	-7	8	-15	-1248	-31.20	-2.73	-22	34	-56	-116	-2.90	-2.58
2	49	-45	94	-1154	-28.85	-0.38	11	-2	13	-58	-1.45	-1.13
1	98	83	15	-1139	-28.48	0.00	30	-26	56	-13	-0.33	0.00
0												

TRABAJO:Puente de Piedra(Zaragoza) FECHA: 3 Dic. 1989
Sondeos C y D (sondeos inclinados 10 grados pila aguas arriba)
Dist. entre bocas de sondeos: 4,60 mts

Sondeo C

Prof mts	A	A'	Dif	Sum Dif	DAA' (mm)	delta AA'	B	B'	Dif	Sum Dif	DBB' (mm)	delta BB'	DISTANCIA (mts)	Pro mts
26	0	0	0	0	0.00	2084.35	0	0	0	0	0.00	1.00	3.67	26
25	-1692	1716	-3408	-3408	-85.20	1999.15	190	9	181	9	0.23	1.23	3.64	25
24	-1711	1734	-1751	-5159	-128.98	1955.38	194	6	188	187	4.68	5.68	3.61	24
23	-1670	1685	-3355	-8514	-212.85	1871.50	146	53	93	241	6.03	7.03	3.60	23
22	-17	1717	-1734	-10248	-256.20	1828.15	167	32	135	125	3.13	4.13	3.55	22
21	-1739	1754	-3493	-13741	-343.53	1740.83	197	4	193	139	3.48	4.48	3.55	21
20	-17	1719	-1735	-15476	-386.90	1697.45	124	79	45	272	6.80	7.80	3.53	20
19	-1738	1757	-3495	-18971	-474.28	1610.08	167	35	132	80	2.00	3.00	3.53	19
18	-1762	1782	-3544	-22515	-562.88	1521.48	192	13	179	145	3.63	4.63	3.55	18
17	-1764	1781	-3545	-26060	-651.50	1432.85	211	-10	221	169	4.23	5.23	3.58	17
16	-1777	1794	-3571	-29631	-740.78	1343.58	180	28	152	249	6.23	7.23	3.61	16
15	-1788	1798	-3586	-33217	-830.43	1253.93	117	93	24	245	6.13	7.13	3.65	15
14	-1756	1755	-3511	-36728	-918.20	1166.15	29	160	-131	184	4.60	5.60	3.69	14
13	-1757	1754	-3511	-40239	-1005.98	1078.38	-31	222	-253	91	2.28	3.28	3.73	13
12	-1743	1740	-3483	-43722	-1093.05	991.30	-26	259	-285	6	0.15	1.15	3.78	12
11	-1771	1770	-3541	-47263	-1181.58	902.78	39	160	-121	-125	-3.13	-2.13	3.83	11
10	-1759	1753	-3512	-50775	-1269.38	814.98	-32	232	-264	111	2.78	3.78	3.90	10
9	-1840	1830	-3670	-54445	-1361.13	723.23	-63	266	-329	2	0.05	1.05	3.96	9
8	-1820	1812	-3632	-58077	-1451.93	632.43	-76	278	-354	-51	-1.28	-0.28	4.03	8
7	-1804	1794	-3598	-61675	-1541.88	542.47	-87	279	-366	-75	-1.88	-0.88	4.10	7
6	-1779	1774	-3553	-65228	-1630.70	453.65	-132	319	-451	-47	-1.18	-0.18	4.18	6
5	-1812	1780	-3592	-68820	-1720.50	363.85	-157	349	-506	-102	-2.55	-1.55	4.25	5
4	-1826	1799	-3625	-72445	-1811.13	273.22	-126	325	-451	-181	-4.53	-3.53	4.33	4
3	-1847	1829	-3676	-76121	-1903.03	181.32	-51	271	-332	-180	-4.50	-3.50	4.42	3
2	-1815	1821	-3636	-79757	-1993.93	90.42	-27	235	-262	-97	-2.43	-1.43	4.51	2
1	-1798	1819	-3617	-83374	-2084.35	0.00	-33	222	-255	-40	-1.00	0.00	4.60	1
0													4.60	0

Sondeo D

Prof. mt	A	A'	Dif	Sum Dif	DAA' (mm)	delta AA'	B	B'	Dif	Sum Dif	DBB' (mm)	delta BB'
26	0	0	0	0	0.00	2673.98	0	0	0	0	0.000	-0.175
25	-2289	2209	-4489	-4489	-112.23	2561.75	-95	561	-656	561	14.025	13.850
24	-2293	2220	-4513	-9002	-225.05	2448.93	-87	555	-642	-101	-2.525	-2.700
23	-2368	2293	-4661	-13663	-341.58	2332.40	-110	580	-690	-62	-1.550	-1.725
22	-2350	2219	-4569	-18232	-455.80	2218.18	-138	595	-733	-95	-2.375	-2.550
21	-2333	2261	-4594	-22826	-570.65	2103.33	-163	623	-786	-110	-2.750	-2.925
20	-2296	2225	-4521	-27347	-683.68	1990.30	-52	516	-568	-270	-6.750	-6.925
19	-2292	2227	-4519	-31866	-796.65	1877.33	-41	512	-553	-56	-1.400	-1.575
18	-2264	2210	-4474	-36340	-908.50	1765.48	-15	492	-507	-61	-1.525	-1.700
17	-2231	2184	-4415	-40755	-1018.88	1655.10	-16	496	-512	-11	-0.275	-0.450
16	-2194	2150	-4344	-45099	-1127.48	1546.50	41	422	-381	-90	-2.250	-2.425
15	-2140	2106	-4246	-49345	-1233.63	1440.35	101	332	-231	-49	-1.225	-1.400
14	-2105	2081	-4186	-53531	-1338.28	1335.70	118	310	-192	79	1.975	1.800
13	-2089	2061	-4150	-57681	-1442.03	1231.95	102	328	-226	136	3.400	3.225
12	-2116	2017	-4133	-61814	-1545.35	1128.62	57	361	-304	135	3.375	3.200
11	-2111	2055	-4166	-65980	-1649.50	1024.48	-69	505	-574	201	5.025	4.850
10	-2132	2064	-4196	-70176	-1754.40	919.57	-82	518	-600	-56	-1.400	-1.575
9	-2112	2040	-4152	-74328	-1858.20	815.78	-115	550	-665	-50	-1.250	-1.425
8	-2117	2041	-4158	-78486	-1962.15	711.82	-115	554	-669	-111	-2.775	-2.950
7	-2131	2052	-4183	-82669	-2066.73	607.25	-112	552	-664	-117	-2.925	-3.100
6	-2117	2044	-4161	-86830	-2170.75	503.22	-123	559	-682	-105	-2.625	-2.800
5	-2105	2038	-4143	-90973	-2274.33	399.65	-108	539	-647	-143	-3.575	-3.750
4	-2085	2028	-4113	-95086	-2377.15	296.82	-16	506	-522	-141	-3.525	-3.700
3	-2024	1966	-3990	-99076	-2476.90	197.07	-60	494	-554	-28	-0.700	-0.875
2	-2026	1912	-3938	-103014	-2575.35	98.62	-41	412	-453	-142	-3.550	-3.725
1	-2030	1915	-3945	-106959	-2673.98	0.00	-48	460	-508	7	0.175	0.000

TRABAJO:Puente de Piedra(Zaragoza) FECHA: 3 Dic. 1988
Sondeos E y F (pila aguas arriba)
Dist. entre bocas de sondeos: 4,65 mts

Sondeo E

Prof mts	A	A'	Dif	Sum Dif	DAA' (mm)	delta AA'	B	B'	Dif	Sum Dif	DBB' (mm)	delta BB'	DISTANCIA (mts)	Pro mts
26	0	0	0	0	0.00	12.73	0	0	0	0	0.00	0.73	4.64	26
25	45	-57	102	102	2.55	15.28	164	-152	316	-152	-3.80	-3.08	4.63	25
24	48	-57	105	207	5.18	17.90	134	-112	246	204	5.10	5.83	4.64	24
23	57	-57	114	321	8.03	20.75	74	-61	135	185	4.63	5.35	4.64	23
22	46	-41	87	408	10.20	22.93	43	-37	80	98	2.45	3.18	4.63	22
21	54	-51	105	513	12.83	25.55	65	-56	121	24	0.60	1.33	4.63	21
20	65	-67	132	645	16.13	28.85	97	-84	181	37	0.93	1.65	4.62	20
19	69	-66	135	780	19.50	32.23	126	-111	237	70	1.75	2.48	4.62	19
18	64	-69	133	913	22.83	35.55	150	-135	285	102	2.55	3.28	4.62	18
17	39	-44	83	996	24.90	37.63	94	-79	173	206	5.15	5.88	4.62	17
16	-8	3	-11	985	24.63	37.35	105	-95	200	78	1.95	2.68	4.62	16
15	-62	53	-115	870	21.75	34.48	117	-114	231	86	2.15	2.88	4.62	15
14	-81	72	-153	717	17.93	30.65	135	-135	270	96	2.40	3.13	4.62	14
13	-83	74	-157	560	14.00	26.73	132	-131	263	139	3.48	4.20	4.63	13
12	-54	46	-100	460	11.50	24.23	124	-117	241	146	3.65	4.38	4.63	12
11	-75	65	-140	320	8.00	20.73	98	-91	189	150	3.75	4.48	4.63	11
10	-59	55	-114	206	5.15	17.88	40	-36	76	153	3.83	4.55	4.64	10
9	-55	56	-111	95	2.38	15.10	-31	31	-62	107	2.68	3.40	4.64	9
8	-51	54	-105	-10	-0.25	12.48	-78	80	-158	18	0.45	1.18	4.64	8
7	-42	41	-83	-93	-2.33	10.40	-69	76	-145	-82	-2.05	-1.33	4.64	7
6	-27	27	-54	-147	-3.68	9.05	-8	16	-24	-129	-3.23	-2.50	4.64	6
5	-30	38	-68	-215	-5.38	7.35	40	-39	79	-63	-1.58	-0.85	4.64	5
4	-28	39	-67	-282	-7.05	5.68	74	-70	144	9	0.23	0.95	4.65	4
3	-27	37	-64	-346	-8.65	4.07	12	-7	19	137	3.43	4.15	4.65	3
2	-33	41	-74	-420	-10.50	2.22	-42	44	-86	63	1.58	2.30	4.65	2
1	-44	45	-89	-509	-12.73	0.00	-62	57	-119	-29	-0.73	0.00	4.65	1
0													4.65	0

Sondeo F

Prof. (mt	A	A'	Dif	Sum Dif	DAA' (mm)	delta AA'	B	B'	Dif	Sum Dif	DBB' (mm)	delta BB'
26	0	0	0	0	0.00	-107.28	0	0	0	0	0.000	1.375
25	138	-131	269	269	6.73	-100.55	-282	292	-574	292	7.300	8.675
24	132	-126	258	527	13.18	-94.10	-280	288	-568	-286	-7.150	-5.775
23	126	-124	250	777	19.43	-87.85	-265	212	-477	-356	-8.900	-7.525
22	206	-200	406	1183	29.58	-77.70	-217	226	-443	-251	-6.275	-4.900
21	203	-194	397	1580	39.50	-67.78	-174	184	-358	-259	-6.475	-5.100
20	175	-160	335	1915	47.88	-59.40	-155	111	-266	-247	-6.175	-4.800
19	130	-121	251	2166	54.15	-53.13	-209	219	-428	-47	-1.175	0.200
18	127	-114	241	2407	60.18	-47.10	-189	199	-388	-229	-5.725	-4.350
17	117	-113	230	2637	65.93	-41.35	-170	178	-348	-210	-5.250	-3.875
16	108	-100	208	2845	71.13	-36.15	-132	141	-273	-207	-5.175	-3.800
15	102	-96	198	3043	76.08	-31.20	-145	155	-300	-118	-2.950	-1.575
14	56	-51	107	3150	78.75	-28.53	-98	105	-203	-195	-4.875	-3.500
13	57	-52	109	3259	81.48	-25.80	-104	113	-217	-90	-2.250	-0.875
12	45	-38	83	3342	83.55	-23.72	-106	115	-221	-102	-2.550	-1.175
11	71	-69	140	3482	87.05	-20.22	-57	62	-119	-159	-3.975	-2.600
10	46	-41	87	3569	89.23	-18.05	-30	39	-69	-80	-2.000	-0.625
9	32	-20	52	3621	90.53	-16.75	-29	43	-72	-26	-0.650	0.725
8	3	-4	7	3628	90.70	-16.58	-2	13	-15	-59	-1.475	-0.100
7	-4	-9	5	3633	90.83	-16.45	5	6	-1	-9	-0.225	1.150
6	-6	-10	4	3637	90.93	-16.35	-13	25	-38	24	0.600	1.975
5	62	-56	118	3755	93.88	-13.40	-31	39	-70	1	0.025	1.400
4	66	-58	124	3879	96.98	-10.30	-51	60	-111	-10	-0.250	1.125
3	72	-54	126	4005	100.13	-7.15	-82	91	-173	-20	-0.500	0.875
2	63	-56	119	4124	103.10	-4.17	-119	128	-247	-45	-1.125	0.250
1	83	-84	167	4291	107.28	0.00	-184	192	-376	-55	-1.375	0.000

Aunque el método "cross-hole" permite diferenciar los tiempos de llegada de ondas de compresión (ondas P) y de ondas de deformación transversal (ondas S), la presencia del agua freática modifica la velocidad de transmisión de las primeras. Por este motivo, y a efectos de determinar la rigidez relativa del subsuelo, se estima, como único valor significativo, el que proporciona la velocidad de propagación de las ondas de deformación transversal (ondas S).

Dado que las medidas de propapagión de ondas S, en segunda fase, se han efectuado en zona de tajamares, a continuación se detallan las velocidades de propagación, V_s, y módulos dinámicos de rigidez transversal, G_d, obtenidas, en esta primera fase, en los dos pares de sondeos situados aguas arriba, (E, F) y (C, D).

Para el cálculo de módulos G_d, se ha aplicado la fórmula

$$G_d = \rho \cdot V_s^2$$

siendo ρ la masa específica del terreno

En concordancia con los datos de reconocimiento del terreno (informe de Geoexperts, S.A., de fecha 31 de Diciembre de 1984), se ha adoptado en esta primera fase

$$\rho = 1.750 \text{ Kg-m/m}^3$$

Los módulos G_d se expresan en Gigapascales (GPa), recordándose, al efecto, que

$$1 \text{ GPa} = 10^9 \text{ Pa} = 10^9 \text{ N/m}^2$$

a) Resultados de la auscultación "cross-hole" en sondeos (E, F) a nivel del terreno

Prof. (m.)	V_s (m/seg.)	G_d (GP_a)
13	926	1,53
14	462	0,38
15	440	0,35
16	462	0,38
17	440	0,35
18	385	0,26
19	370	0,24
20	370	0,24
21	386	0,27
22	367	0,24
23	464	0,38
24	459	0,38
25	463	0,38
26	464	0,38

b) Resultados de la auscultación "cross-hole" en sondeos (C, D), a nivel del terreno

Prof. (m.)	V_s (m/seg.)	G_d (GP_a)
14	889	1,38
15	365	0,23
16	451	0,35
17	331	0,19

Prof. (m.)	V_s (m/seg.)	Gd (GP_a)
18	355	0,22
19	353	0,22
20	353	0,22
21	309	0,17
22	286	0,14
23	379	0,25

Como puede apreciarse, en el par de sondeos (C, D), la velocidad medida a 14 m. corresponde aún a la fábrica de la pila n° 6. Igual sucede en (E, F) a 13 m. En el par de sondeos (C, D) no se ha podido descender por debajo de 23 m. - de profundidad, por no resultar practicable a mayor profundidad uno de los dos sondeos del par.. Igualmente ha sucedido en(E, F) a partir de 26 m.

Con excepción de la medida, ya referida, a 14 m. de profundidad, los módulos dinámicos determinados en (C, D) son, generalmente, algo más bajos que los determinados en el par (E, F), probablemente por haber resultado algo menos afectado, el suelo conrrespondiente, por la fase de inyección perimetral.

2.3. Características del subsuelo de la pila n° 6 una vez completadas las inyecciones

Como se ha indicado, en la zona de arranque de tajamar de la pila n° 6, se realizó, una vez completada la inyección, un nuevo par de sondeos verticales, al haber resultado afectados los existentes por el proceso de inyección y ser impracticables para una nueva auscultación.

A continuación se recogen, en la misma forma anterior, los resultados de la auscultación "cross-hole" en el nuevo par de sondeos a nivel del terreno. En este nuevo cálculo de G_d se ha admitido ρ = 1.850 Kg/m^3 para tener en cuenta el incremento de compacidad del terreno.

Resultados de la auscultación "cross-hole" final en pila nº 6, a nivel del terreno

Prof. (m.)	V_s (m/seg.)	G_d (GPa)
14	591	0,66
15	647	0,79
16	674	0,86
17	622	0,73
18	557	0,59
19	527	0,52
20	522	0,51
21	539	0,55
22	539	0,55
23	539	0,55
24	539	0,55
25	606	0,69
26	485	0,44

3. BALANCE DE RESULTADOS DE LA AUSCULTACION REALIZADA EN PILA N° 6

En hoja adjunta se refleja la comparación de resultados de la auscultación "cross-hole" realizada, a través de sondeos verticales, en el subsuelo de la zona de arranque de tajamar, antes y después de la inyección de abanicos interiores a la pila.

Como puede apreciarse, el incremento relativo de rigidez del terreno, expresado por el cociente (en tanto por ciento) entre el incremento del módulo G_d (designado $G_f - G_i$) y el valor inicial del módulo G_d (designado G_i) es muy acusado en la mayor parte de los niveles del terreno. El módulo final es generalmente del orden de, o superior a , dos veces el módulo inicial, lo que supone una eficacia evidente del tipo de tratamiento realizado.

Madrid, 21 de Abril de 1989

Puente de Piedra (Zaragoza) Abril-89

Comparacion de datos ANTES y DESPUES de la inyeccion

PILA 6

Densidad=1,75 gr/cm^3			Densidad=1,85 gr/cm^3			
ANTES			DESPUES			
Prof. (mts)	Vs (m/seg)	Gd (GPa)	Prof. (mts)	Vs (m/seg)	Gd (GPa)	Gf-Gi/Gi %
-13	926	1.53	-13	ND	ND	ND
-14	462	0.38	-14	591	0.66	73%
-15	440	0.35	-15	647	0.79	128%
-16	462	0.38	-16	674	0.86	125%
-17	440	0.35	-17	622	0.73	111%
-18	385	0.26	-18	557	0.59	122%
-19	370	0.24	-19	527	0.52	115%
-20	370	0.24	-20	522	0.51	110%
-21	386	0.27	-21	539	0.55	106%
-22	367	0.24	-22	539	0.55	127%
-23	464	0.38	-23	539	0.55	43%
-24	459	0.38	-24	539	0.55	45%
-25	463	0.38	-25	606	0.69	81%
-26	464	0.38	-26	485	0.44	15%
			-27	441	0.37	
			-28	485	0.44	
			-29	453	0.39	
MEDIA	426	0.33		568	0.61	93%
DESVIA	41	0.06		53	0.12	36%

INFORME SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS OBRAS DE RECALCE DEL PUENTE DE PIEDRA DE ZARAGOZA

1. OBJETO

El presente informe recoge el balance de resultados de las operaciones realizadas con el fin de reforzar el terreno de cimentación del Puente de Piedra de Zaragoza. El mencionado refuerzo, cuyo planteamiento y justificación figuran en el Proyecto de Restauración y recalce del puente de Piedra sobre el rio Ebro en Zaragoza, redactado por Carlos Fernández Casado, S.A. bajo la dirección del Ingeniero del Ayuntamiento de Zaragoza D. Federico de Vicente, y con la colaboración de Geoexperts S.A. en lo referente a estudios geotécnicos y problemas de cimentación, ha persiguido dos objetivos:

- Proteger el terreno de cimentación, de pilas y estribos del Puente, de las acciones potenciales de socavación en crecidas del río Ebro.
- Mejorar, mediante el proceso combinado de inyecciones de compactación del suelo y cosido ("nailing") del suelo mejorado, las condiciones mecánicas del terreno de apoyo de las pilas y estribos hasta una profundidad superior a la previsible de socavación, alcanzándose siempre un nivel de subsuleo de compacidad adecuada al correcto comportamiento futuro

de las cimentaciones. Los detalles relativos a la situación original de la cimentación, a la naturaleza y estado mecánicos del subsuelo y al tipo de tratamiento aconsejable recogido en Proyecto, figuran en el informe geotécnico, elaborado por Geoexperts, S.A. para dicho proyecto, con fecha Diciembre de 1984.

En la ejecución de este refuerzo cabe diferenciar tres fases:

1°) Realización de una pantalla perimetral de protección de las cimentaciones frente a la erosión lateral, en crecida, de los primeros 7 m. de profundidad del terreno, mediante el procedimiento de "jet-grouting".

2°) Inyecciones perimetrales a las cimentaciones, destinadas a prolongar inferiormente la protección anterior (hasta alcanzar las profundidades previstas de tratamiento del terreno) y a confinar el subsuelo de cimentación a mejorar mediante inyecciones de compactación y cosido.

3°) Inyecciones interiores a las cimentaciones, destinadas a realizar la mejora perseguida del terreno de cimentación mediante impregnación de las zonas de estructura más abierta, compactación a presión de las zonas no susceptibles de impregnación, y cosido del suelo mejorado resultante mediante los tubos de acero, dotados de

manguitos, empleados en el proceso de inyección.

En apartados sucesivos se sintetizan los resultados, ya detallados en notas de progreso de obra, de las dos primeras fases de aplicación del "Jet Grouting" y ejecución de inyecciones perimetrales. En la tercera fase, de inyecciones del terreno de apoyo de las cimentaciones, la evaluación de resultados obtenidos se base en auscultaciones mediante la técnica "cross-hole", cuyas circunstancias y resultados se detallan en informes de Geoexperts, S.A., de fecha Abril y Junio de 1989, del suelo tratado y del terreno no tratado.

2. PANTALLAS DE PROTECCION ANTIEROSION MEDIANTE LA TECNICA "JET GROUTING"

La apliación de este método fué previamente contrastada mediante columnas de prueba realizadas en margen izquierda, aguas arriba del Puente. Se observó así el radio de acción del tratamiento, en función de la presión en bomba y de la velocidad de retirada del varillaje y del diámetro de tobera empleados.

Durante la ejecución de las pantallas de protección, con separación entre taladros de 60 cm., presión de 500 Kg/cm2 en bomba, tobera de 2,4 mm., extracción del varillaje con velocidad de 28 cm/min y utilización de lechada agua/cemento con relación 1:1 en peso, se efectuaron sondeos de control, a distancias crecientes de los taladros de

tratamiento. El resultado de estos sondeos, según información recogida el 31/7/88, fué positivo en cuanto a que confirmó los parámetros del tratamiento y en especial la distancia entre taladros adoptada; para esta distancia se obtiene, en general, un hormigón ciclópeo, con algunos pequeños tramos de gravas poco trabadas. Estas pequeñas "ventanas" aisladas se han considerado de menor relevancia, en cuanto a la protección esperable de la pantalla "jet-grouting", habida cuenta de la presencia vecina de los taladros de inyección perimetral.

3. INYECCIONES PERIMETRALES A LAS CIMENTACIONES DE LAS PILAS Y ESTRIBOS

Durante esta fase de tratamiento se produjeron dificultades en la inyección debidas básicamente a la dosificación del relleno perimetral de los tubos de tratamiento ("gaine"), a la secuencia de perforación y equipamiento de los taladros en los tiempos transcurridos desde dicho equipamiento hasta la primera fase de inyección de manguitos y al ritmo de la inyección. Esto ocasionó desperfectos locales en la fábrica del Puente debidos principalmente a un ritmo de inyección excesivos y distanciamiento insuficiente de los puntos de inyección, simultánea. Estos desperfectos no tienen importancia y fueron solucionados, por lo que se informó a finales de Abril de 1988, que las inyecciones perimetrales realizadas

eran suficientes para el propósito previsto de crear líneas perimetrales de confinamiento de los macizos de cimentación.

4. INYECCIONES INTERIORES DE CONSOLIDACION DEL TERRENO DE CIMENTACION

El estado final de consolidación del terreno después del tratamiento se analizó mediante una serie de ensayos cross-hole realizados en las diferentes pilas.

Los informes de Geoexperts, S.A., de fechas Abril y Junio de 1989, reflejan las circunstancias y resultados de estos ensayos realizados en el terreno de cimentación de la pila n° 6, por una parte, y de las pilas números 2,3,4,5 y 7 por otra.

En relación con la pila n° 6, el referido informe, de Abril de 1989, pone de manifiesto que el módulo dinámico de rigidez transversal del terreno, Gd, al finalizar el tratamiento interior es, en la mayor parte de los niveles, del orden de, o superior a dos veces el módulo medido al finalizar las dos primeras fases de tratamiento perimetral de la pila ("jet-grouting" e inyecciones perimetrales).

En relación con las restantes pilas, el informe ya mencionado, de Junio de 1989, compara los valores finales del módulo dinámico de rigidez transversal del terreno, a profundidades crecientes, variables de metro en metro, con los valores iniciales disponibles, en las mismas pilas, obtenidos en el reconocimiento geotécnico de proyecto, de

1984. En síntesis los grados de mejora obtenidos, en la compacidad del terreno, no son homogéneios en los distintos emplazamientos auscultados. No obstante, los valores mínimos del módulo dinámico de rígidez transversal medidos después del tratamiento son del orden de dos a tres veces los valores mínimos iniciales. Ello implica, según las correlaciones aproximadas entre N (resistencia al ensayo S.P.T.) y Gd (módulo dinámico de rigidez transversal) deducidas de la campaña de reconocimiento de proyecto, la corrección de los peores niveles del terreno (de resistencia equivalente a N-8-12) a suelos de compacidad mediana a alta (equivalente a N-20-25).

5. CONCLUSIONES

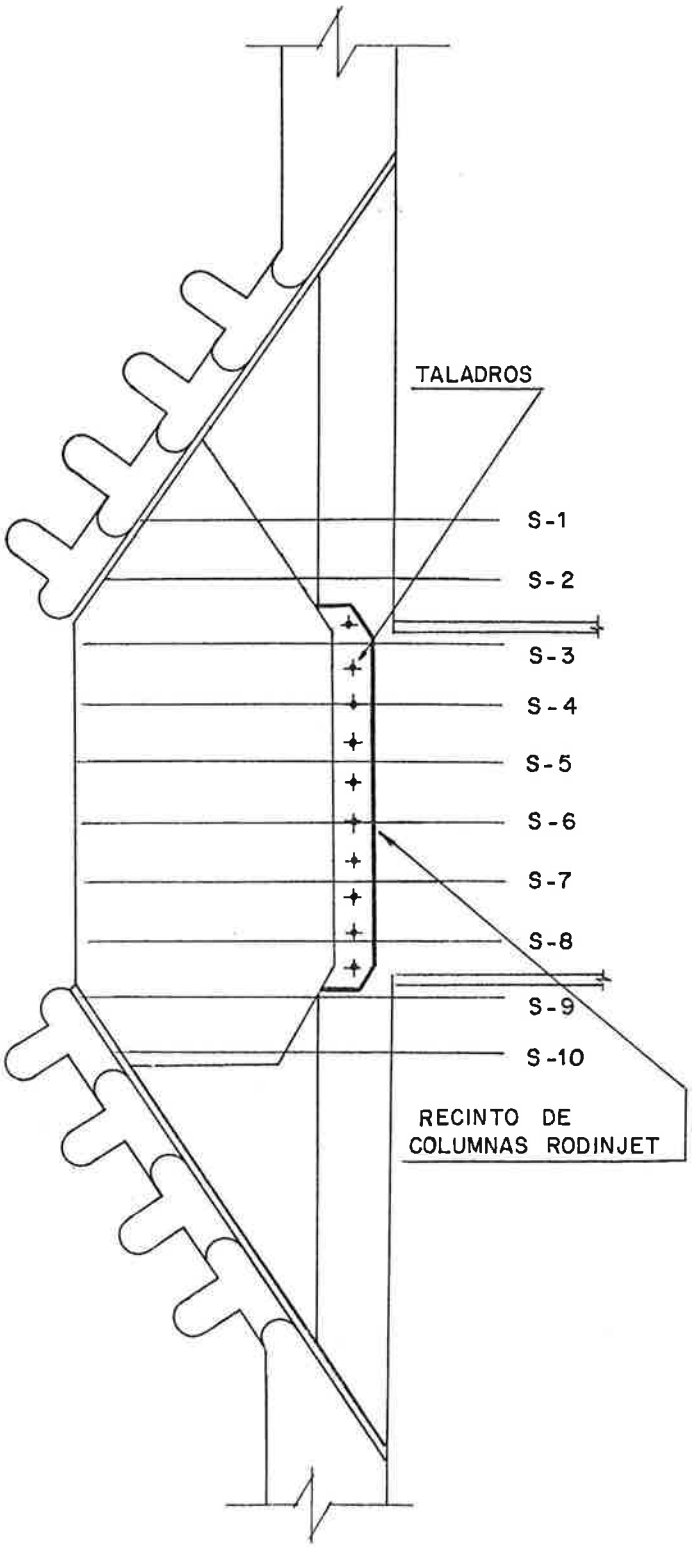
Mediante control directo en obra de la inyección de los taladros números 60, 64, 66, 68, 69, 71 y 73 de la pila 4, los días 3/2 a 9/2/88 la asesoría técnica comprobó directamente que las condiciones de inyección previstas en proyecto podrían materializarse en obra (el número necesario de fases de inyección no superó 4 por manguito, siendo, en general, necesarias únicamente 2 a 3) incluso en zona perimetral, sin existencia de barrera previamente inyectada.

Las posibilidades del método de inyección armada, previsto en proyecto, se han puesto claramente de manifiesto, especialmente a través del seguimiento efectuado en la pila nº 6.

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

PILA - 1 - PLANTA



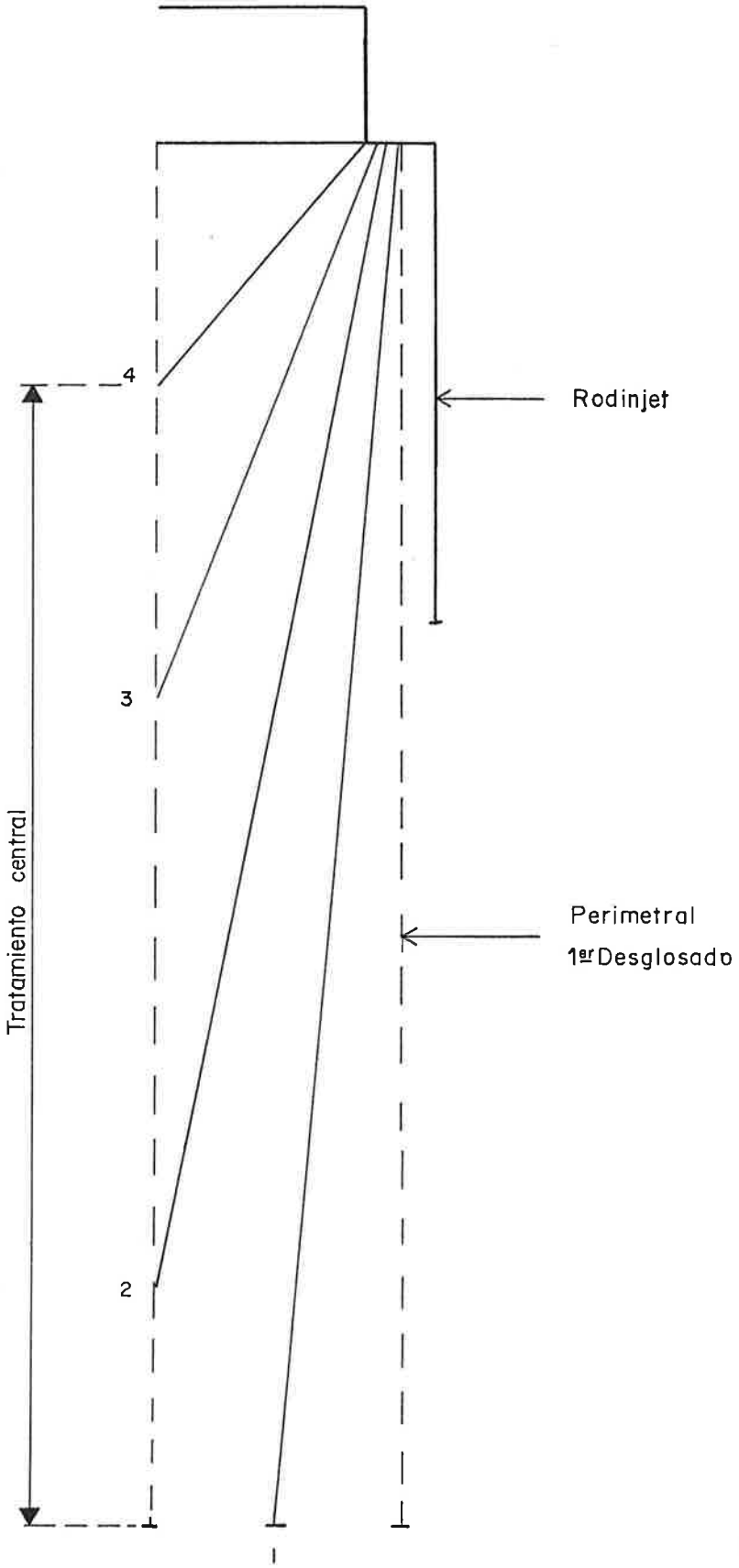
ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·I - S·I



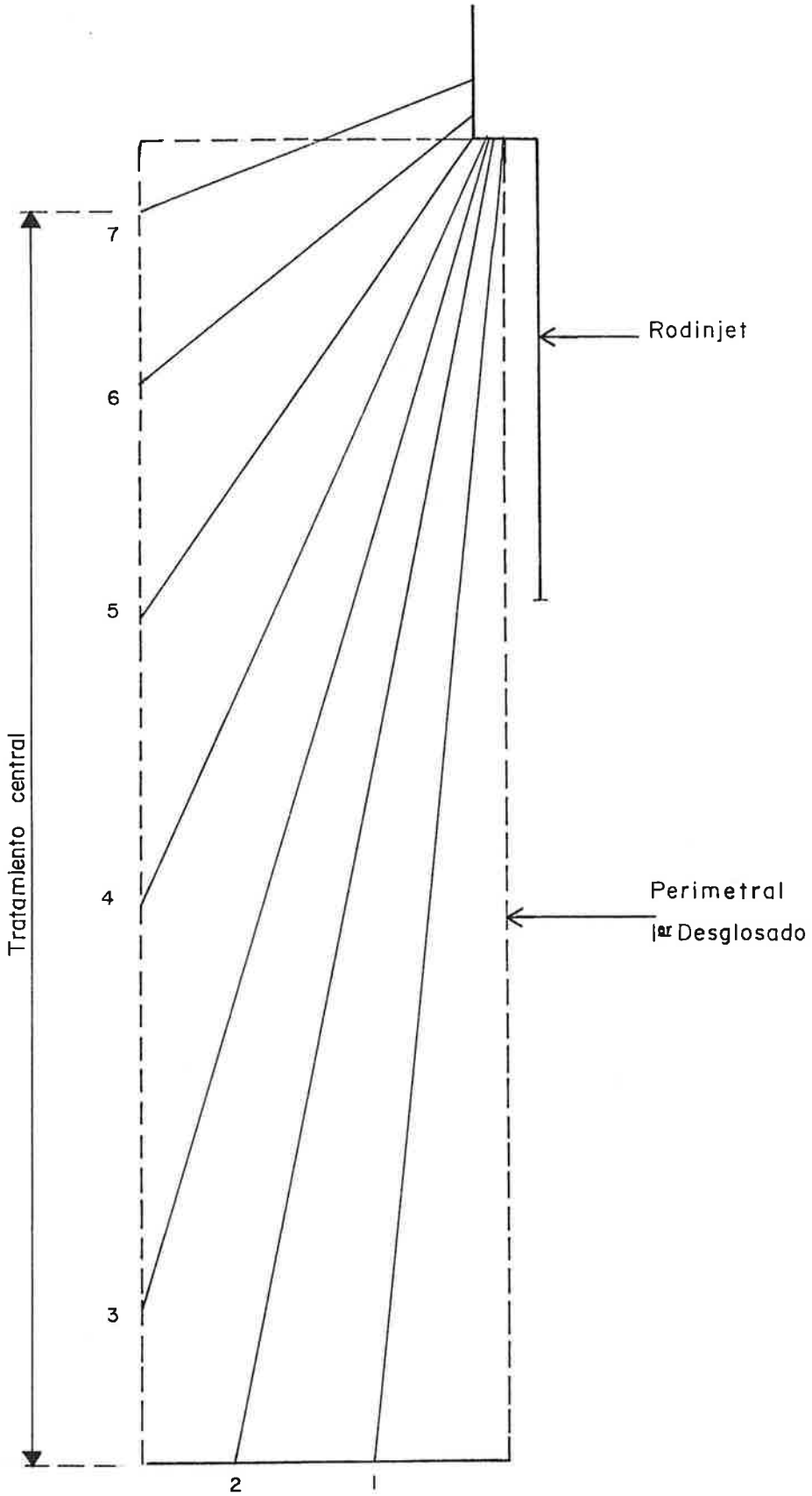
ESCALA 1:100

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·1 - S·2 - 10



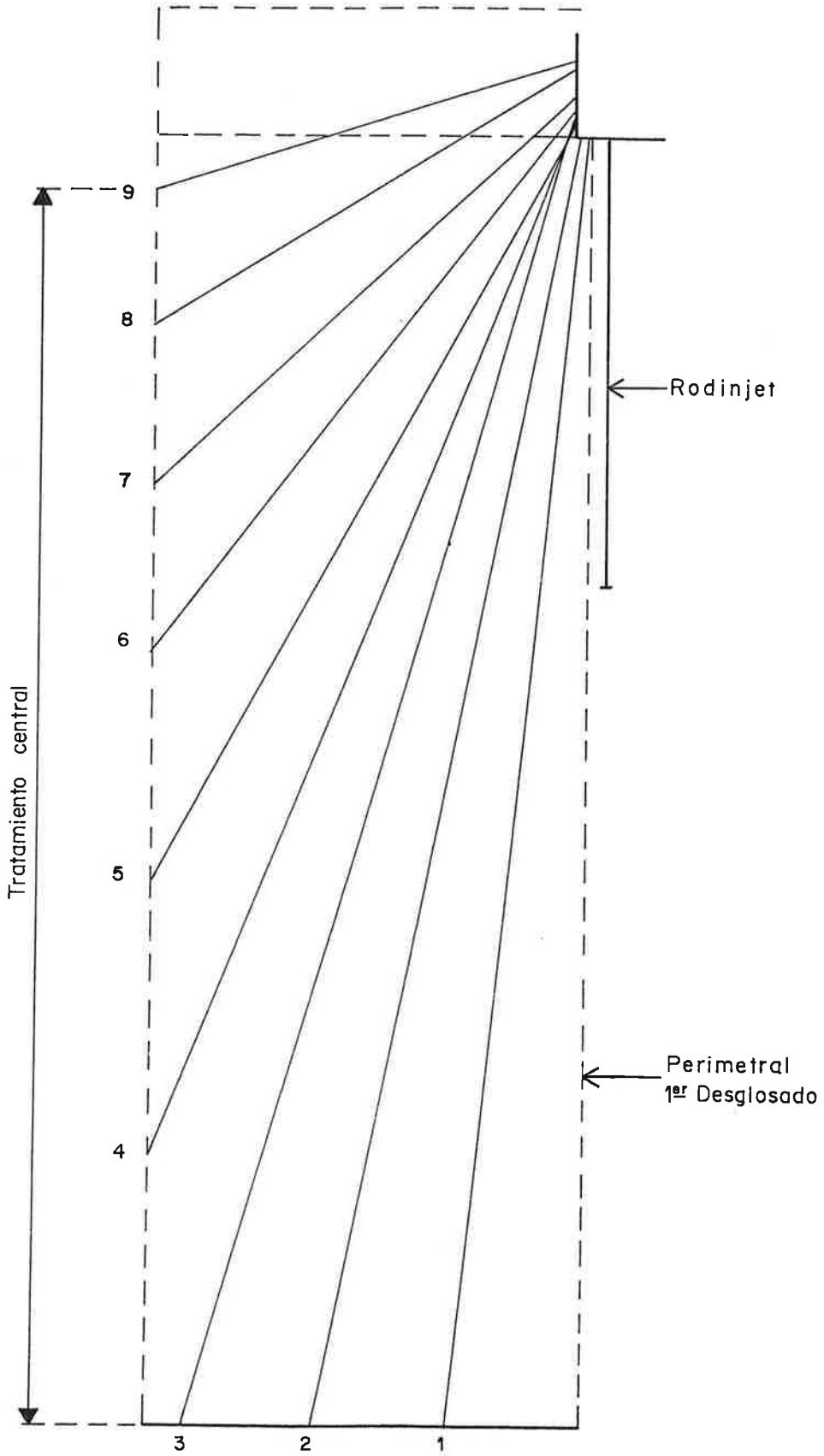
ESCALA 1:100

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·1 - S·3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9

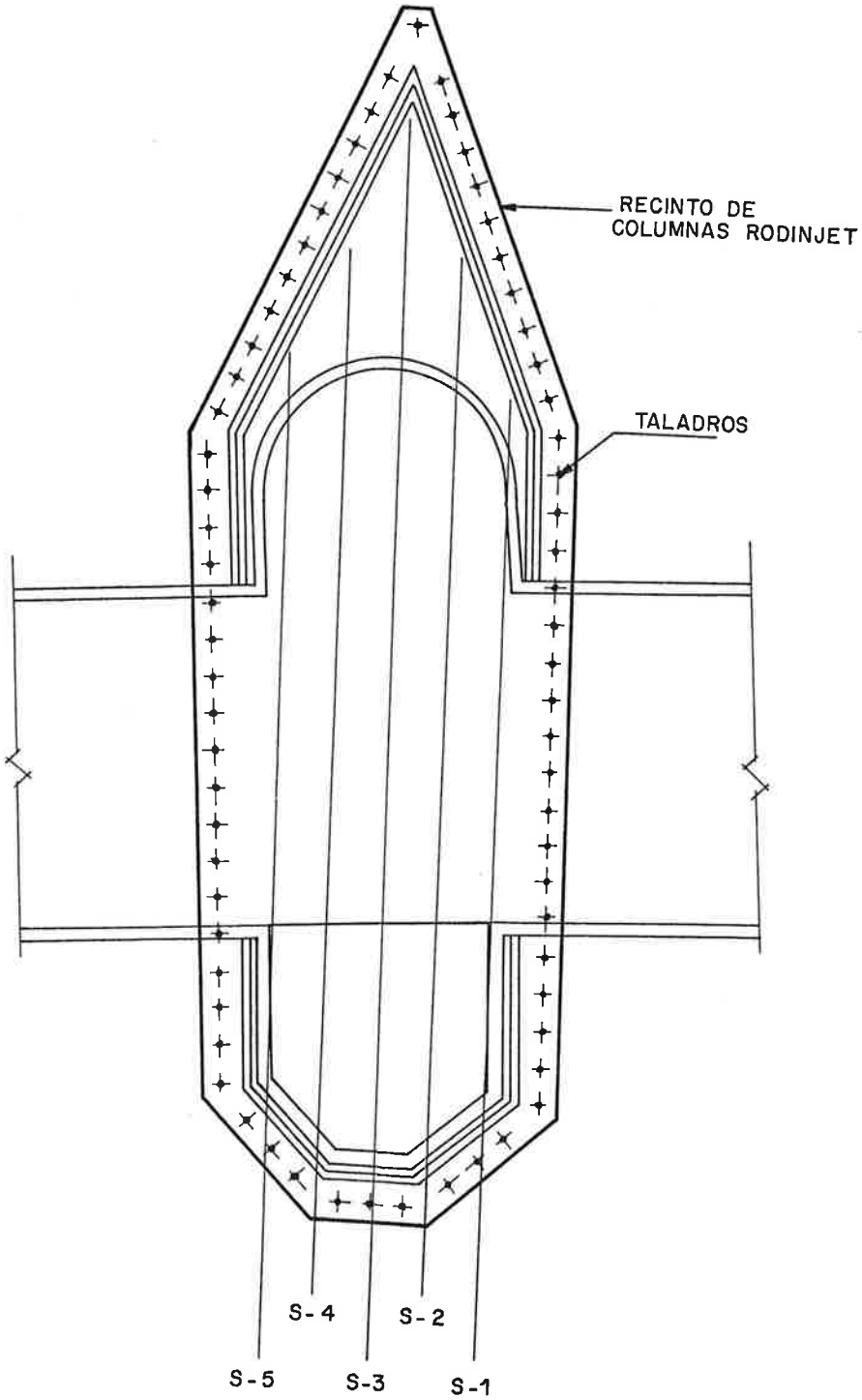


ESCALA 1:100

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

PILA - 2 - PLANTA



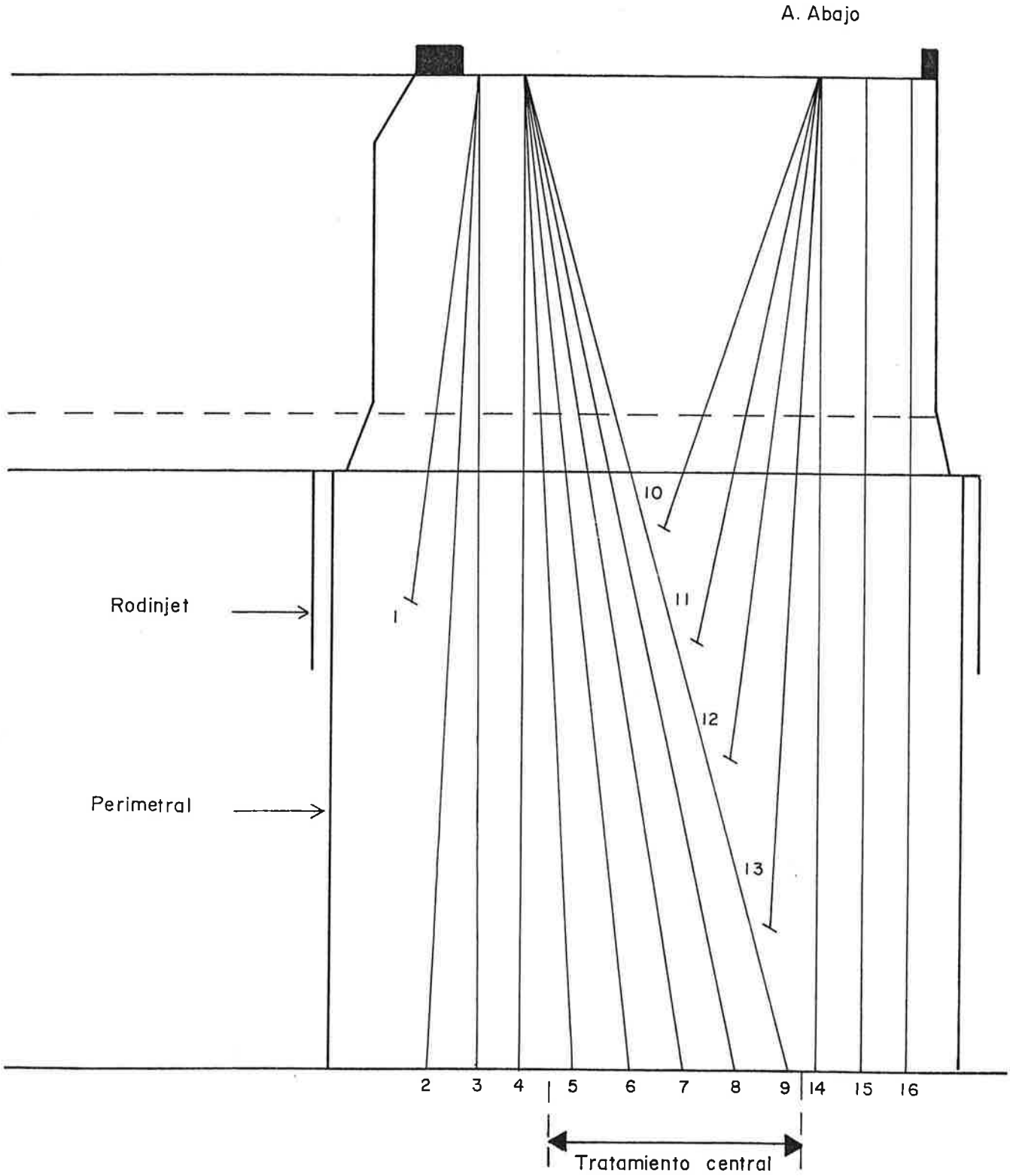
ESCALA 1 : 200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·2-S·1, P·2-S·5



ESCALA 1:200

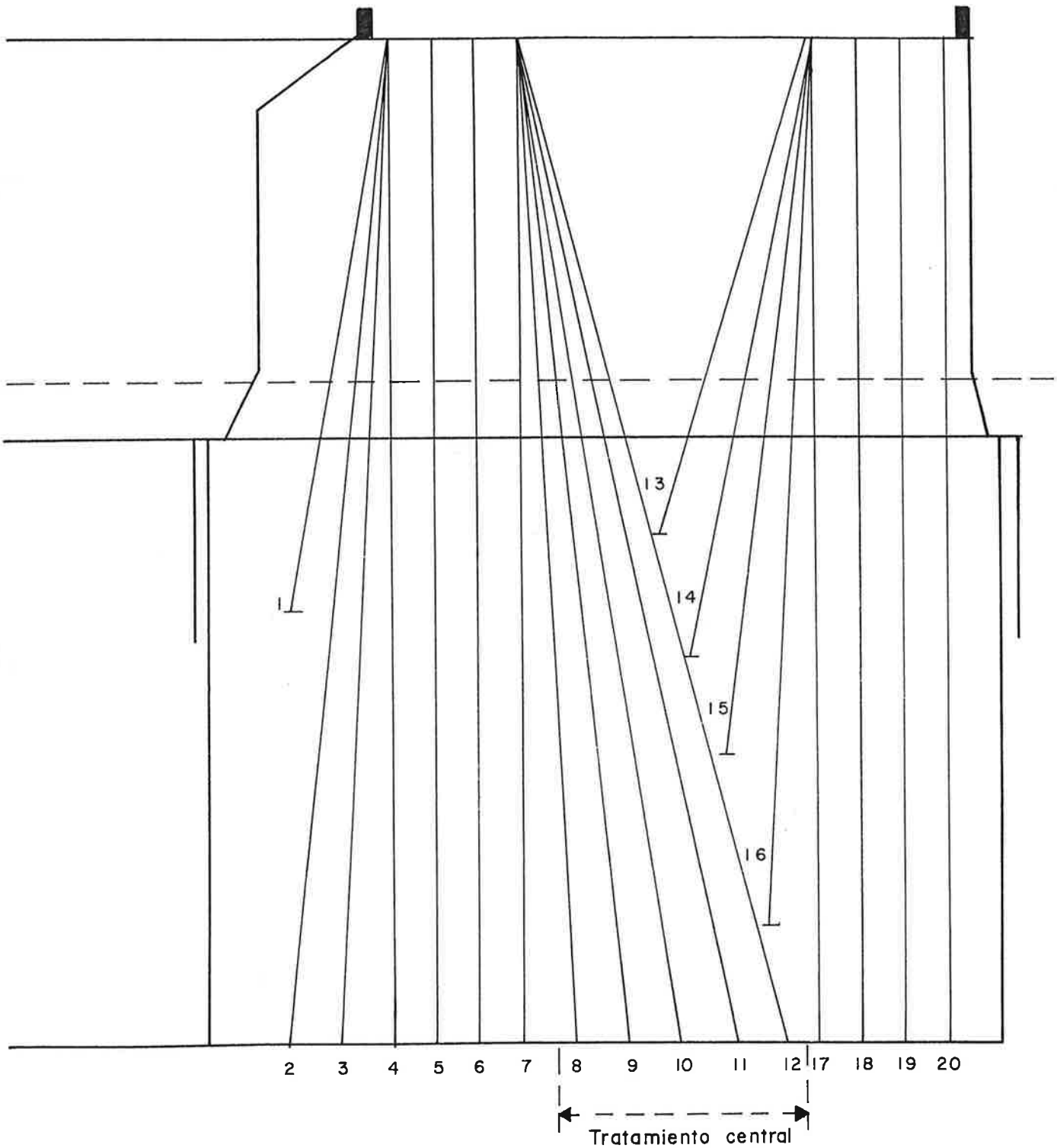
RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·2-S·2, P·2-S·4

A. Abajo



ESCALA 1:200

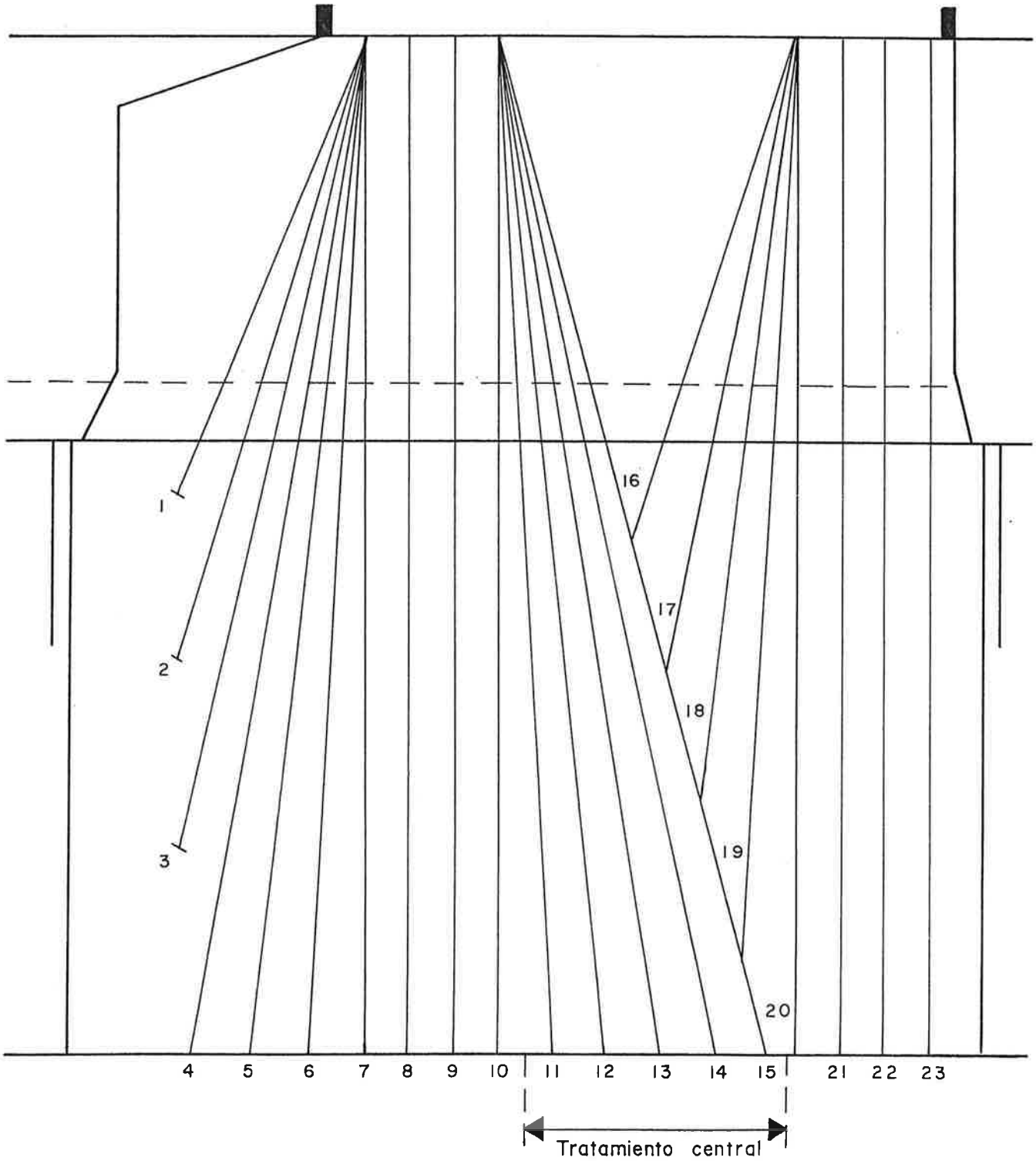
RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·2 - S·3

A. Abajo

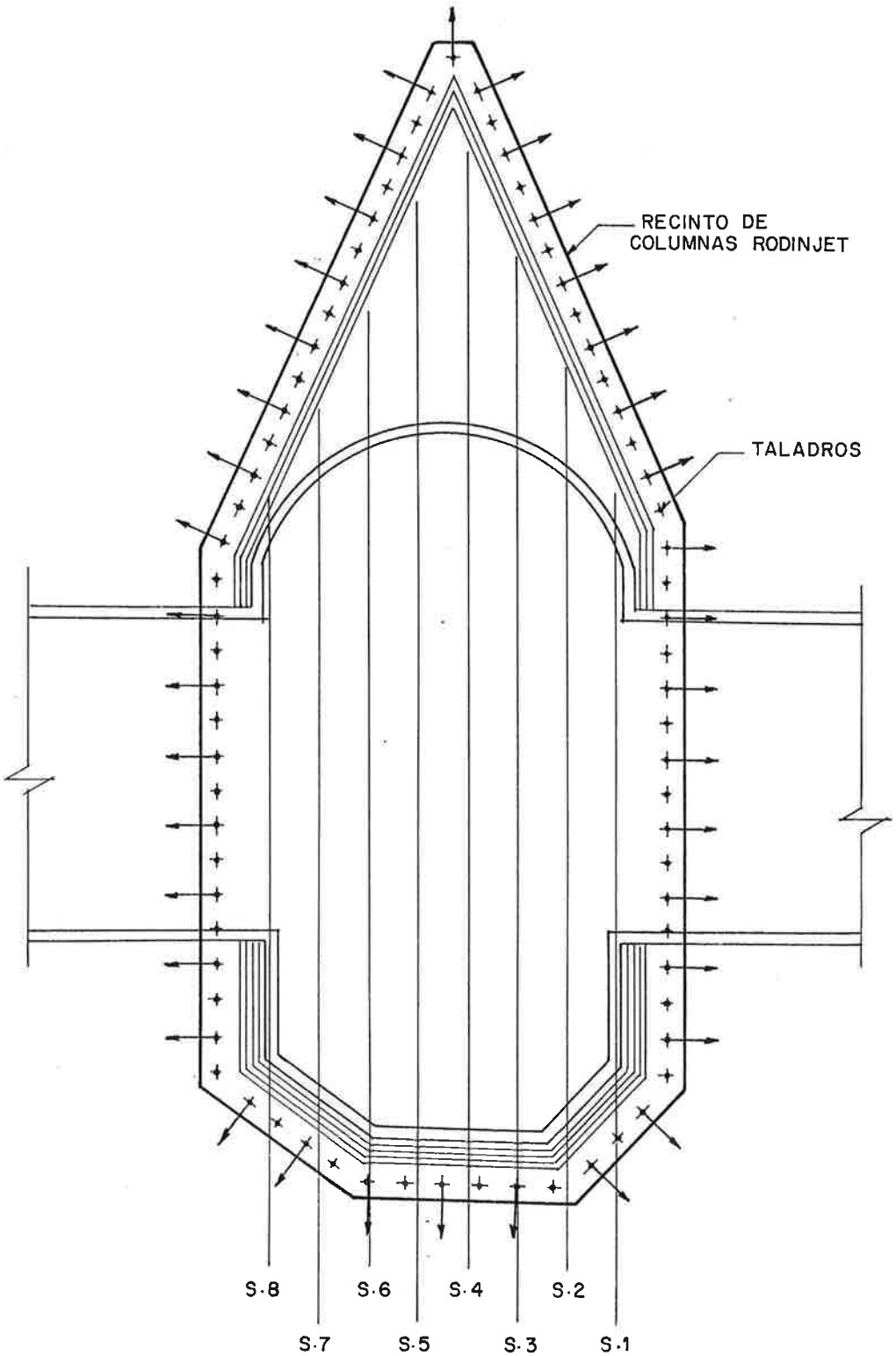


ESCALA 1 : 200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

PILA - 3 - PLANTA



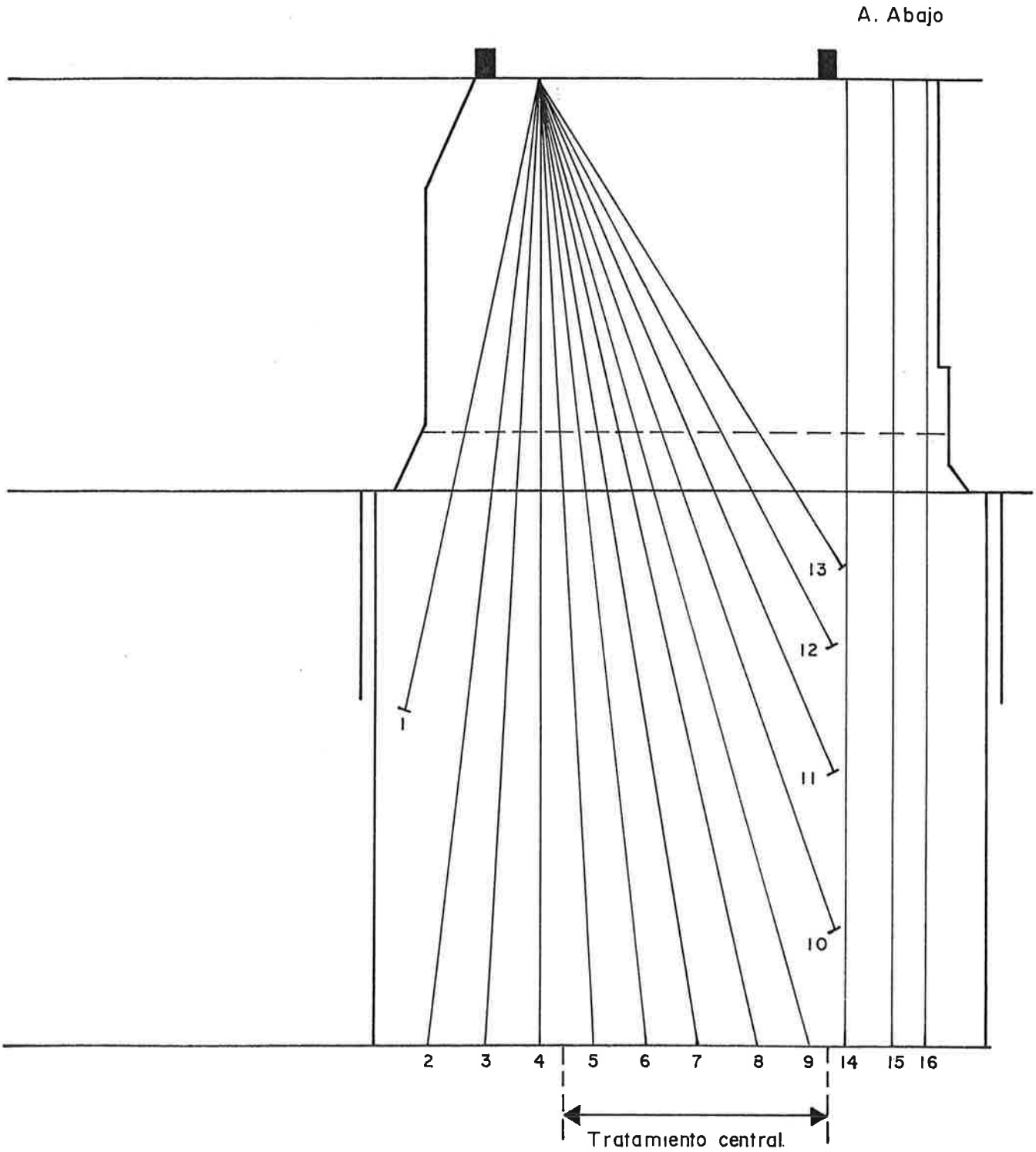
ESCALA 1: 200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·3 - S·1 , P·3 - S·8



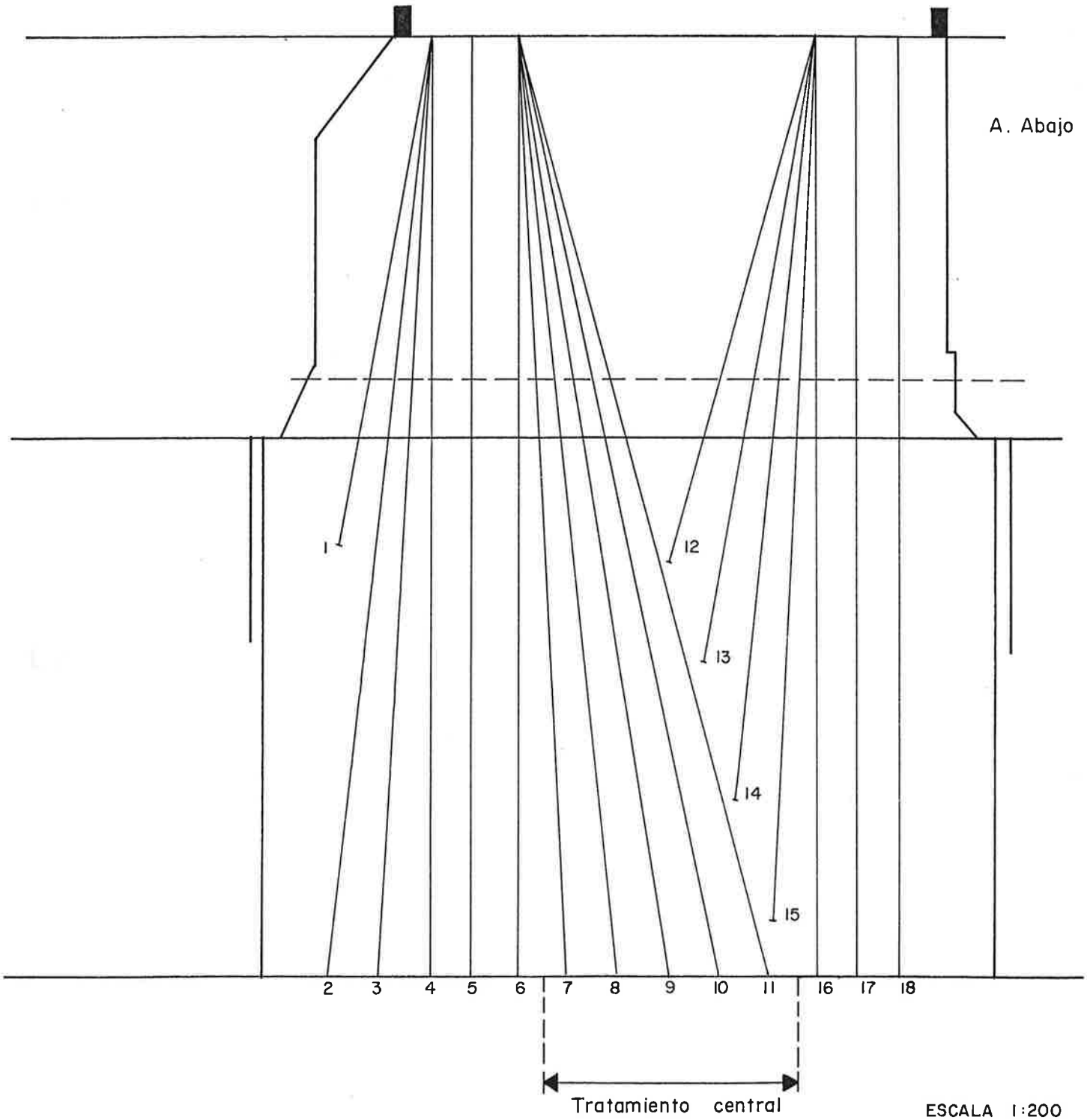
ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·3 - S·2 , P·3 - S·7



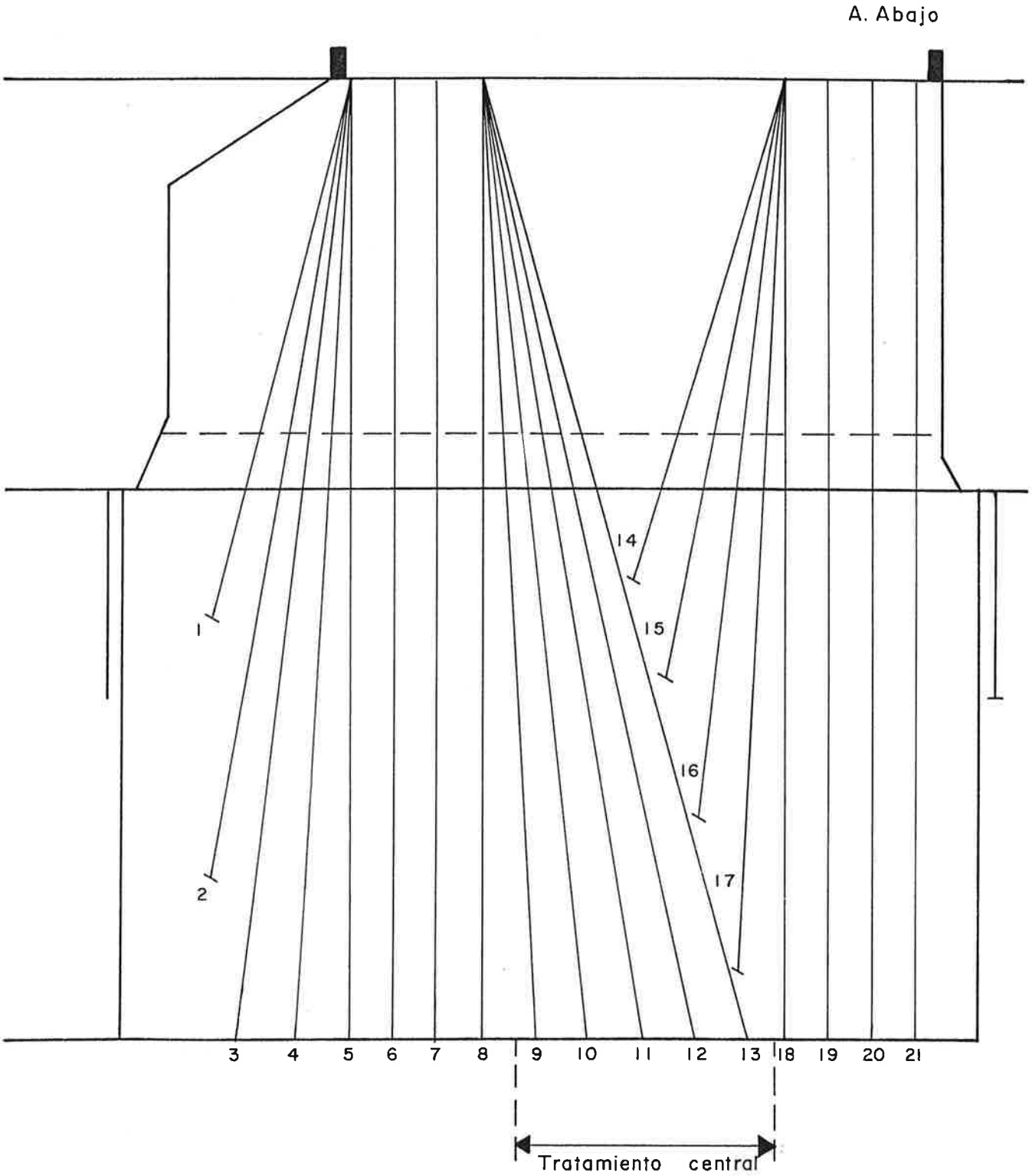
ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·3-S·3, P·3-S·6



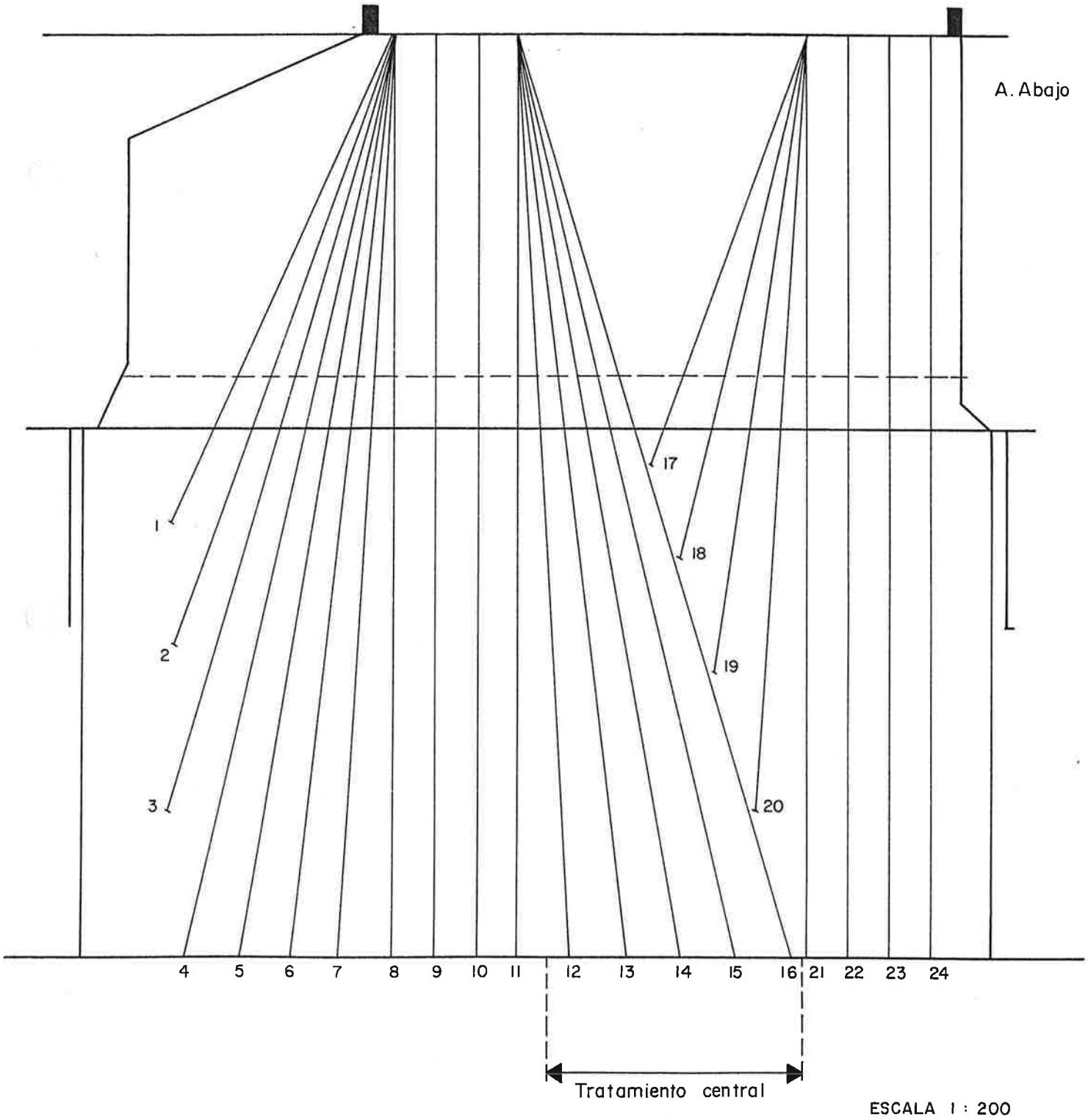
ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

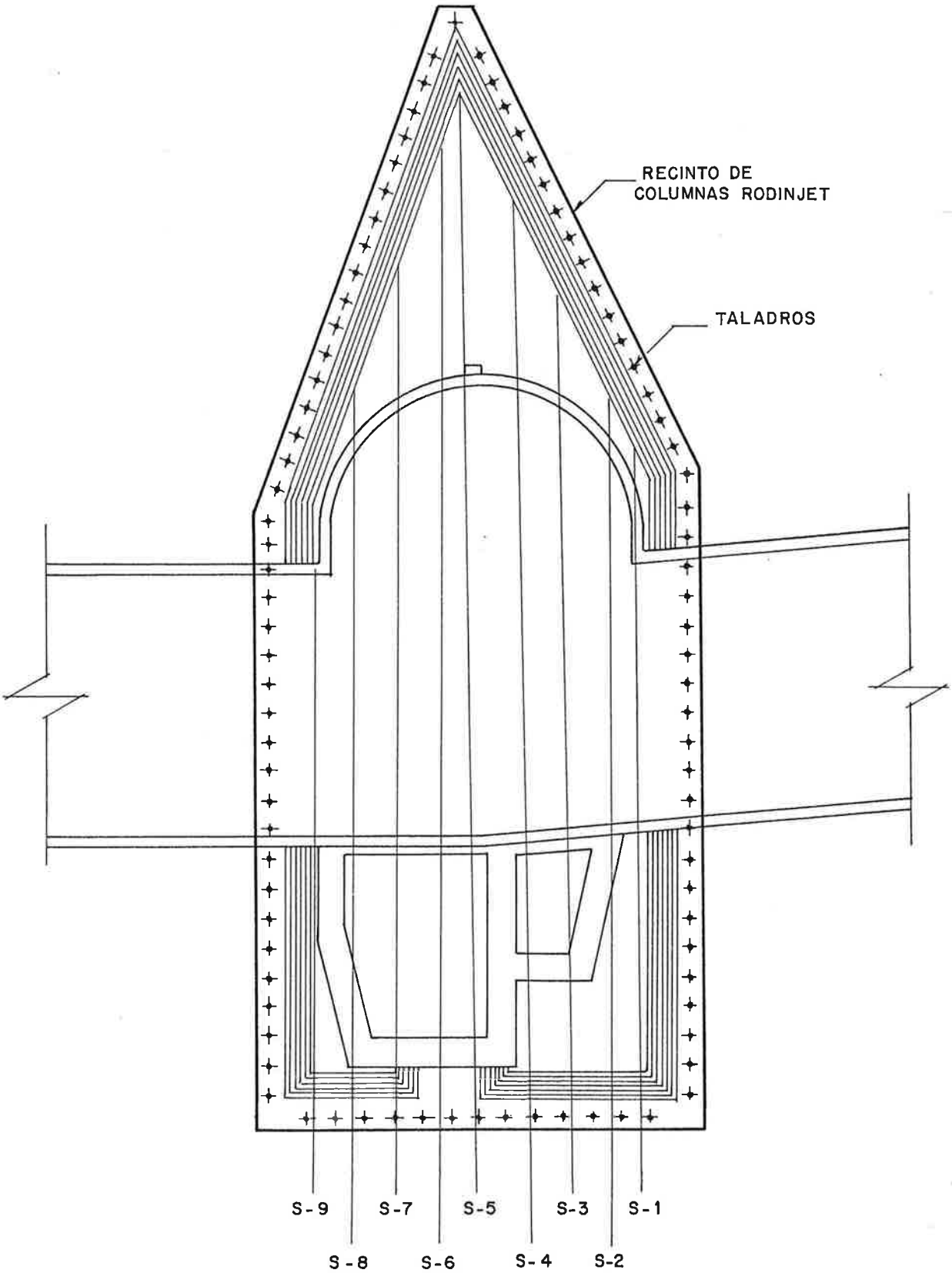
P·3 - S·4 , P·3 - S·5



RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

PILA -4- PLANTA



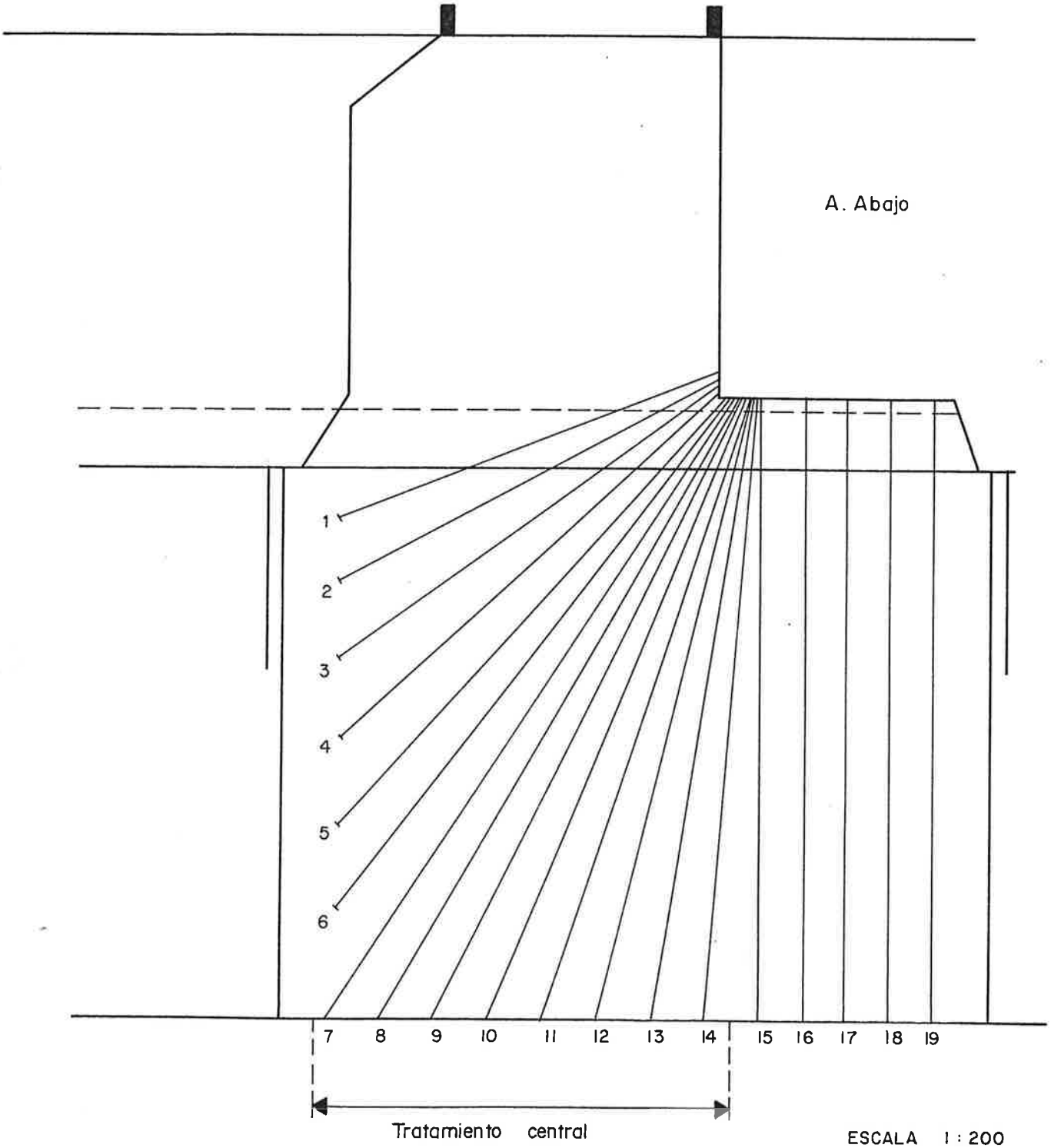
ESCALA 1: 200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·4 - S·1, P·4 - S·9

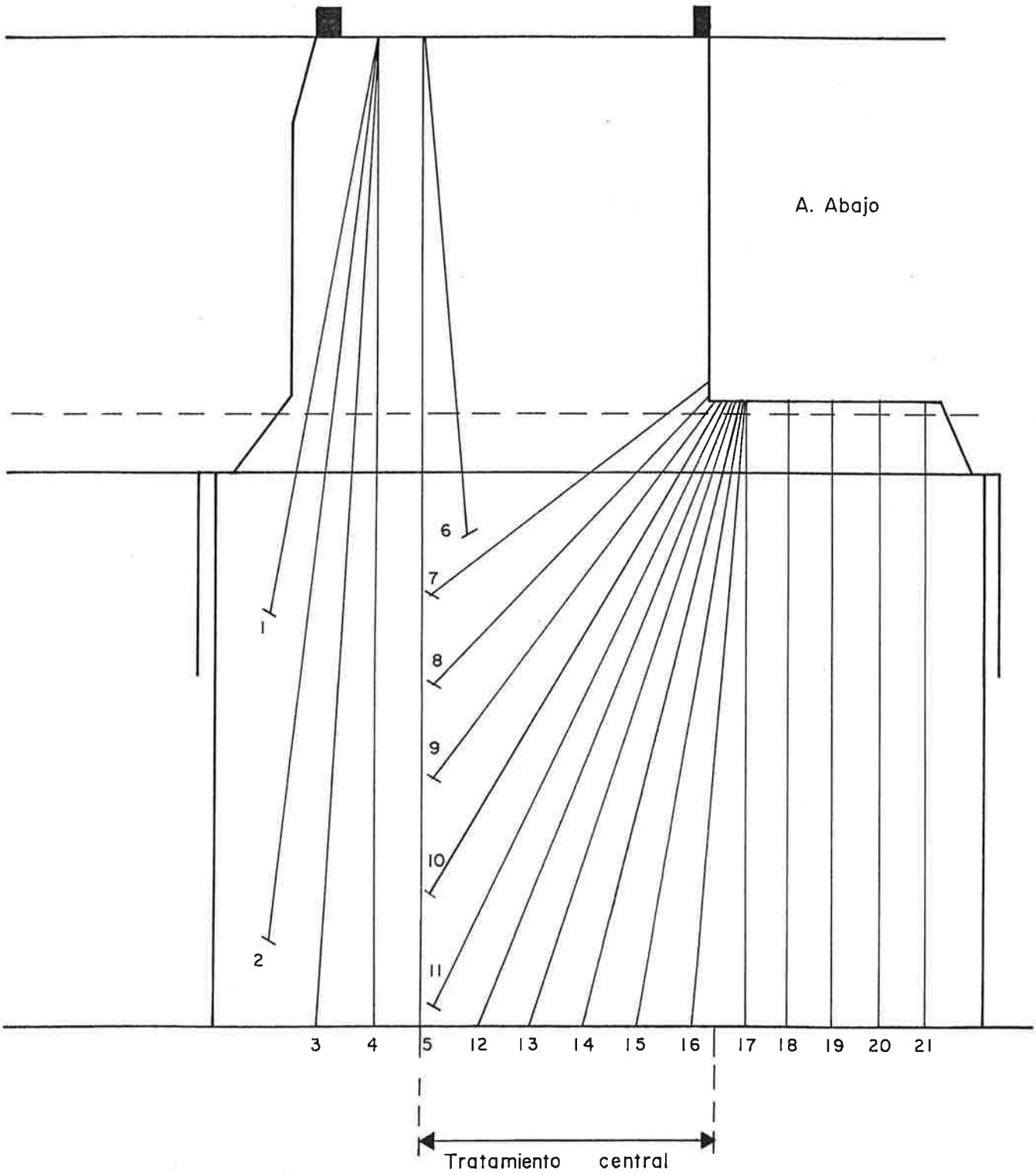


RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·4-S·2, P·4-S·8



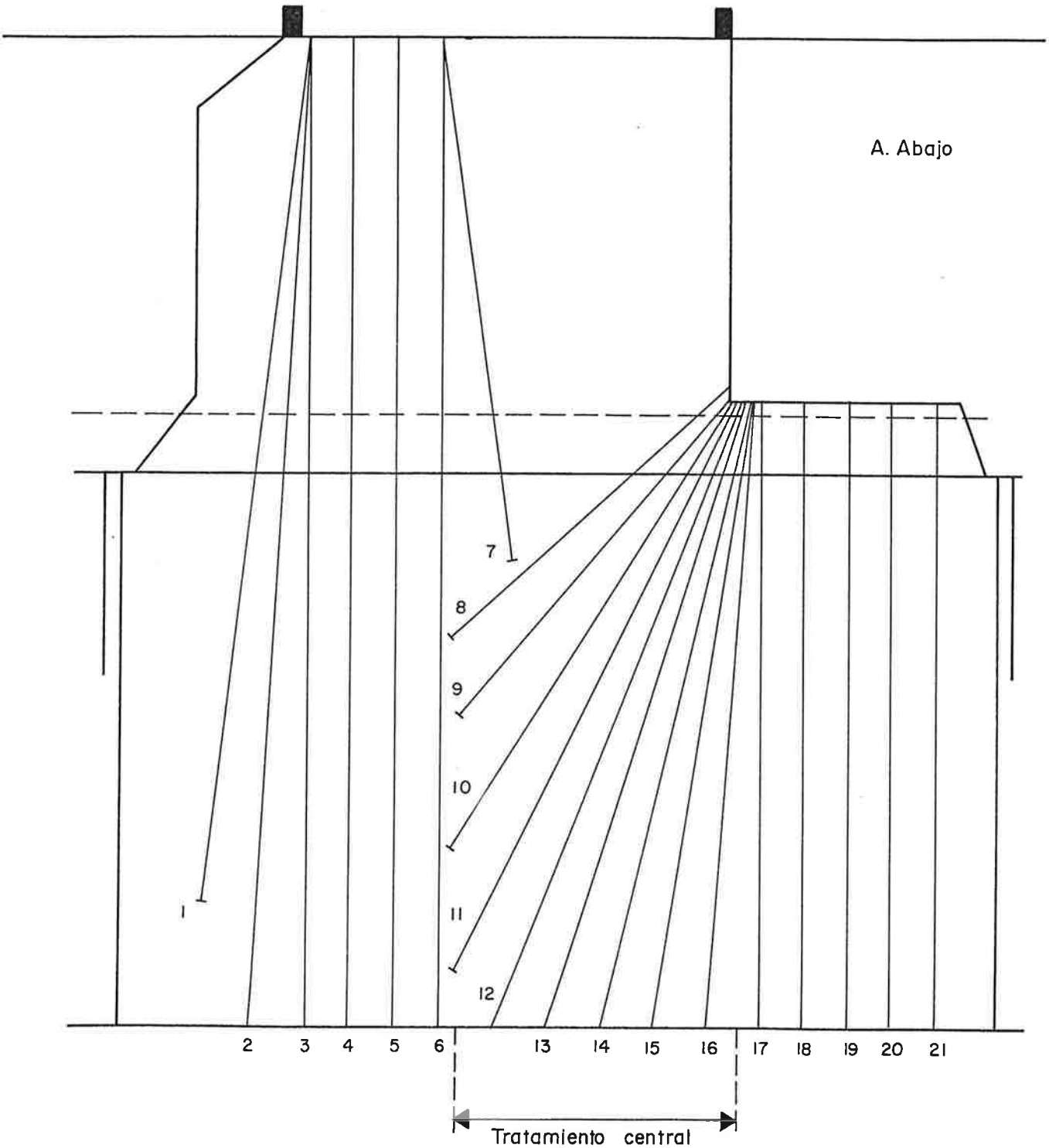
ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·4 - S·3, P·4 - S·7



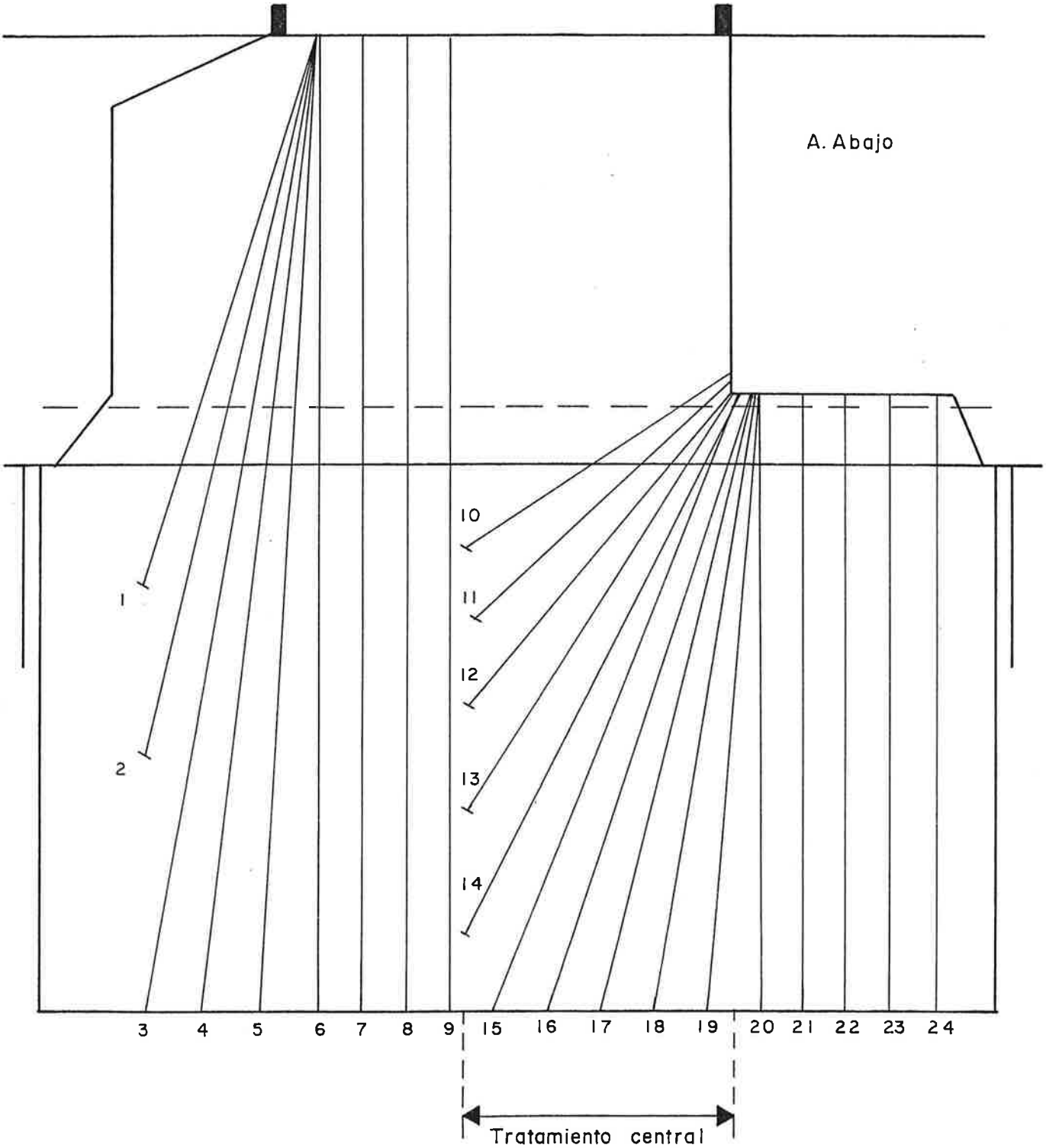
ESCALA 1 : 200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·4-S·4, P·4-S·6



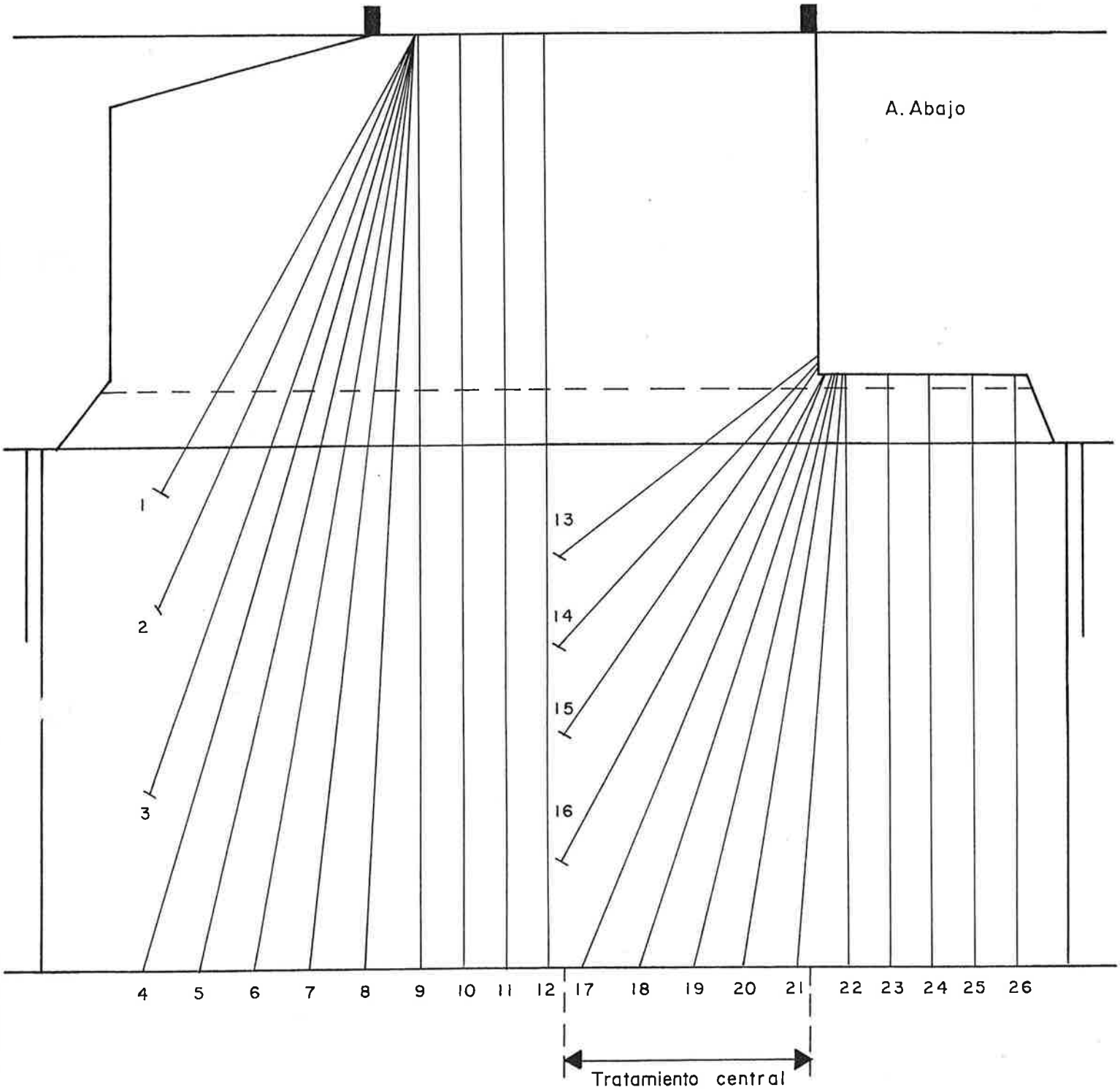
ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·4 - S·5

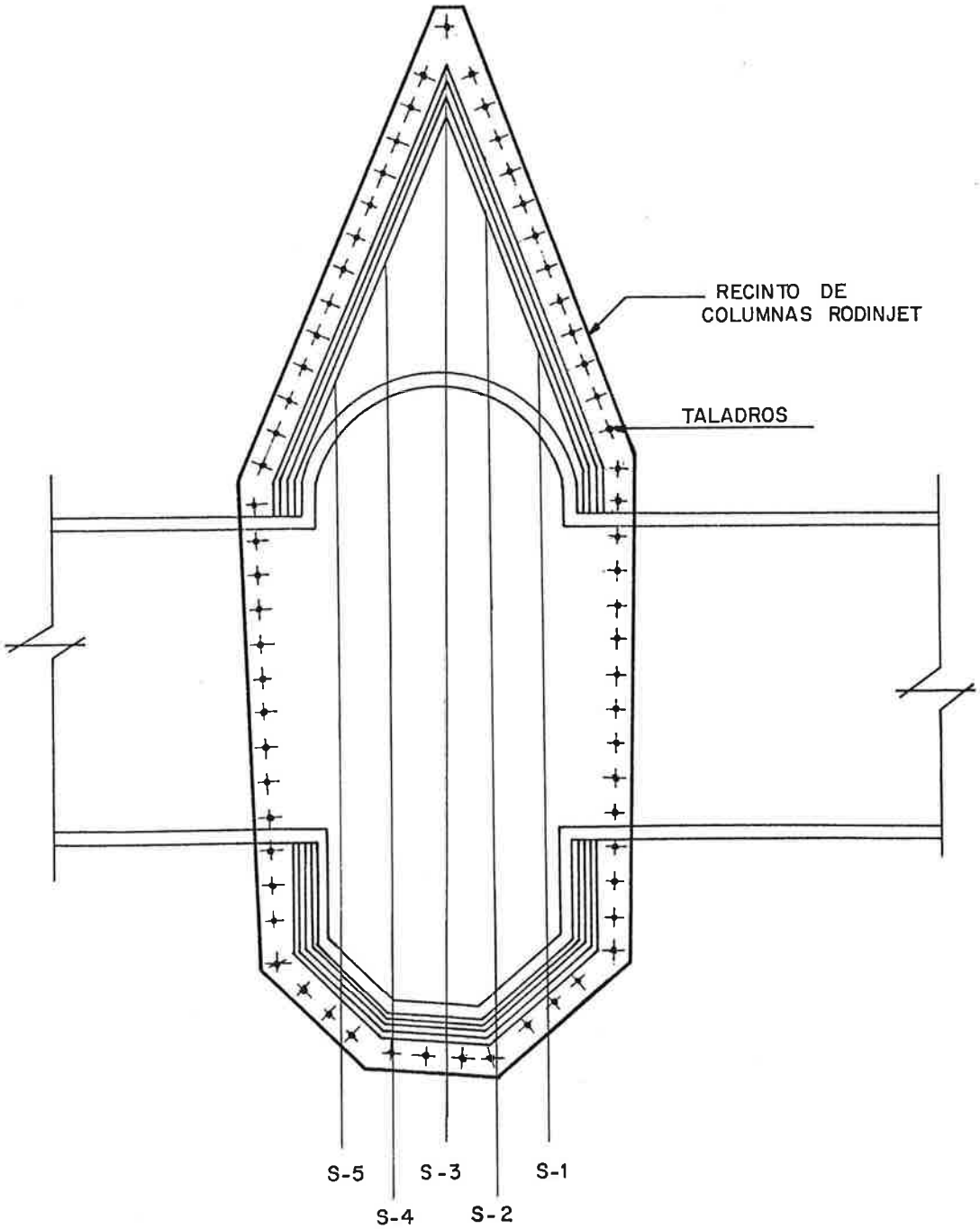


ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

PILA - 5 - PLANTA



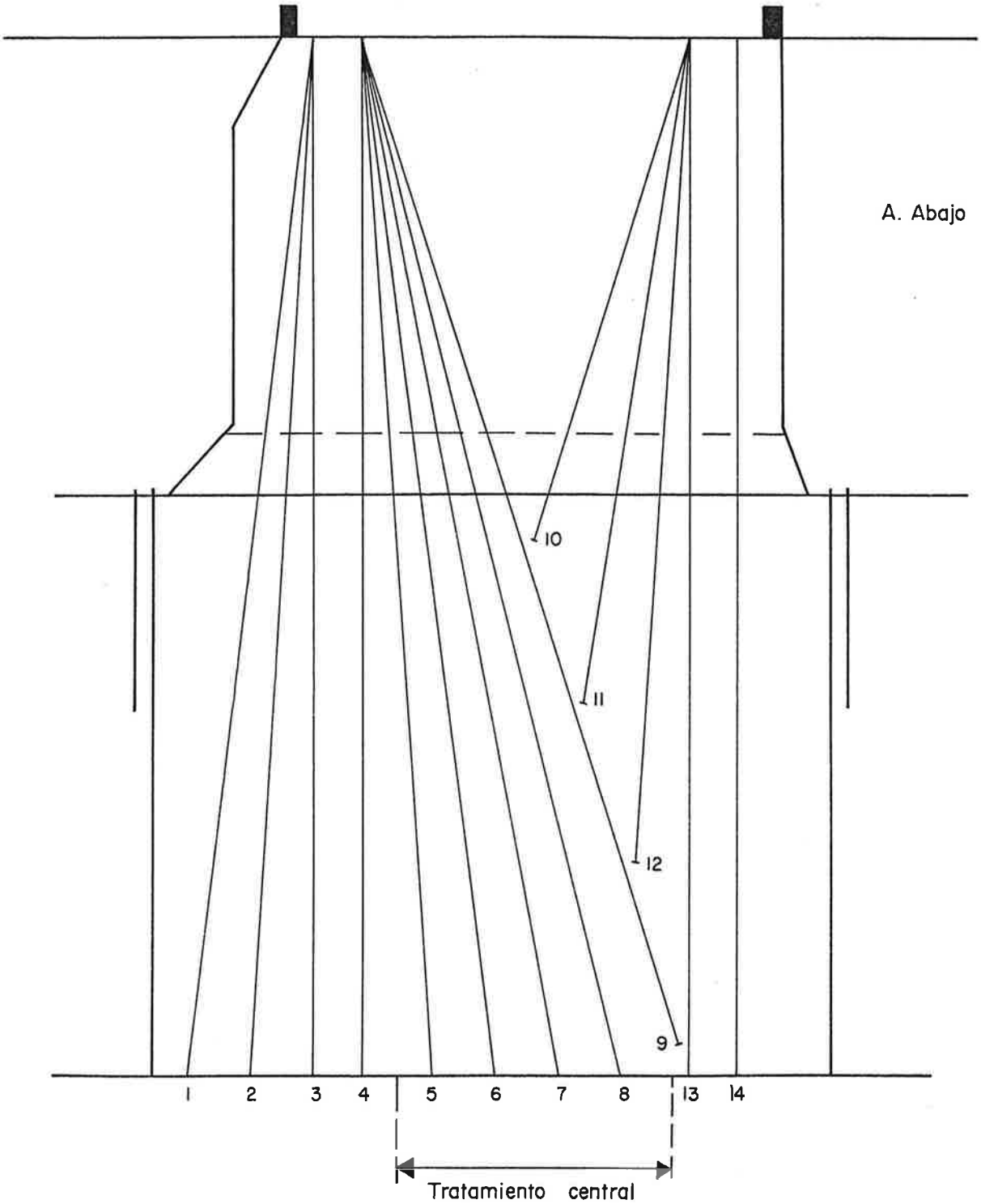
ESCALA 1 : 200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·5-S·1 , P·5-S·5



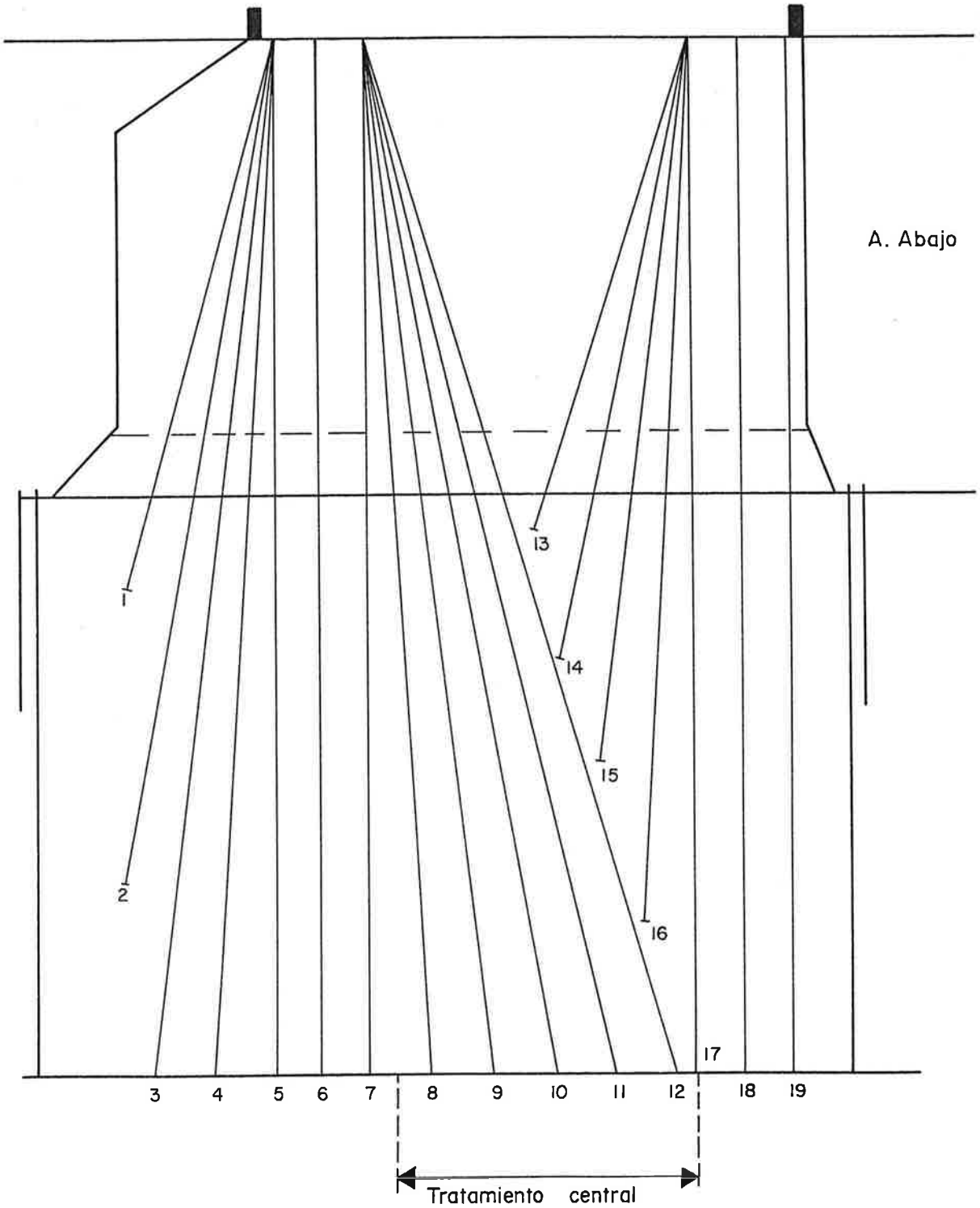
ESCALA 1 : 200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·5-S·2, P·5-S·4



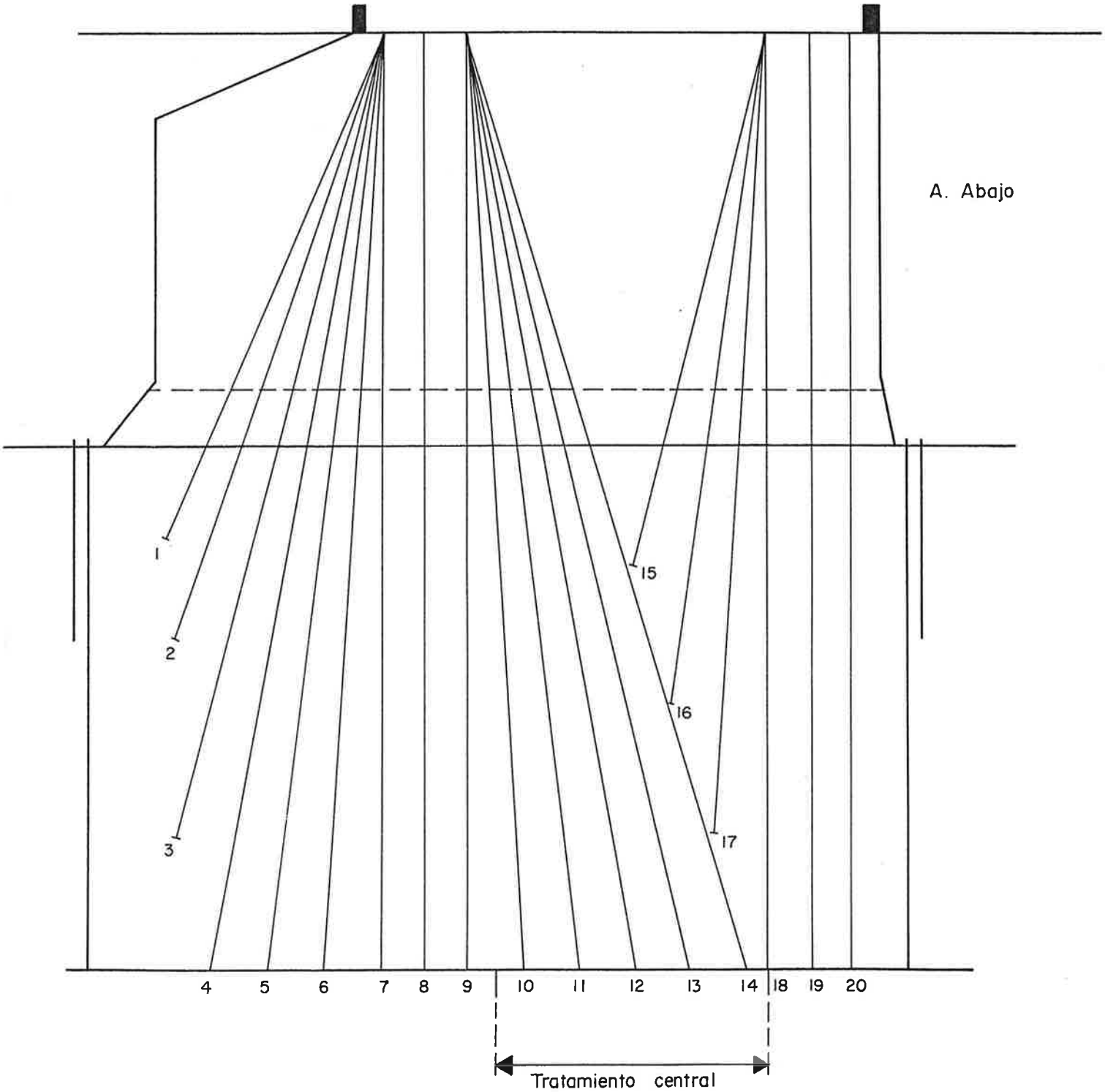
ESCALA 1 : 200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P· 5 - S·3

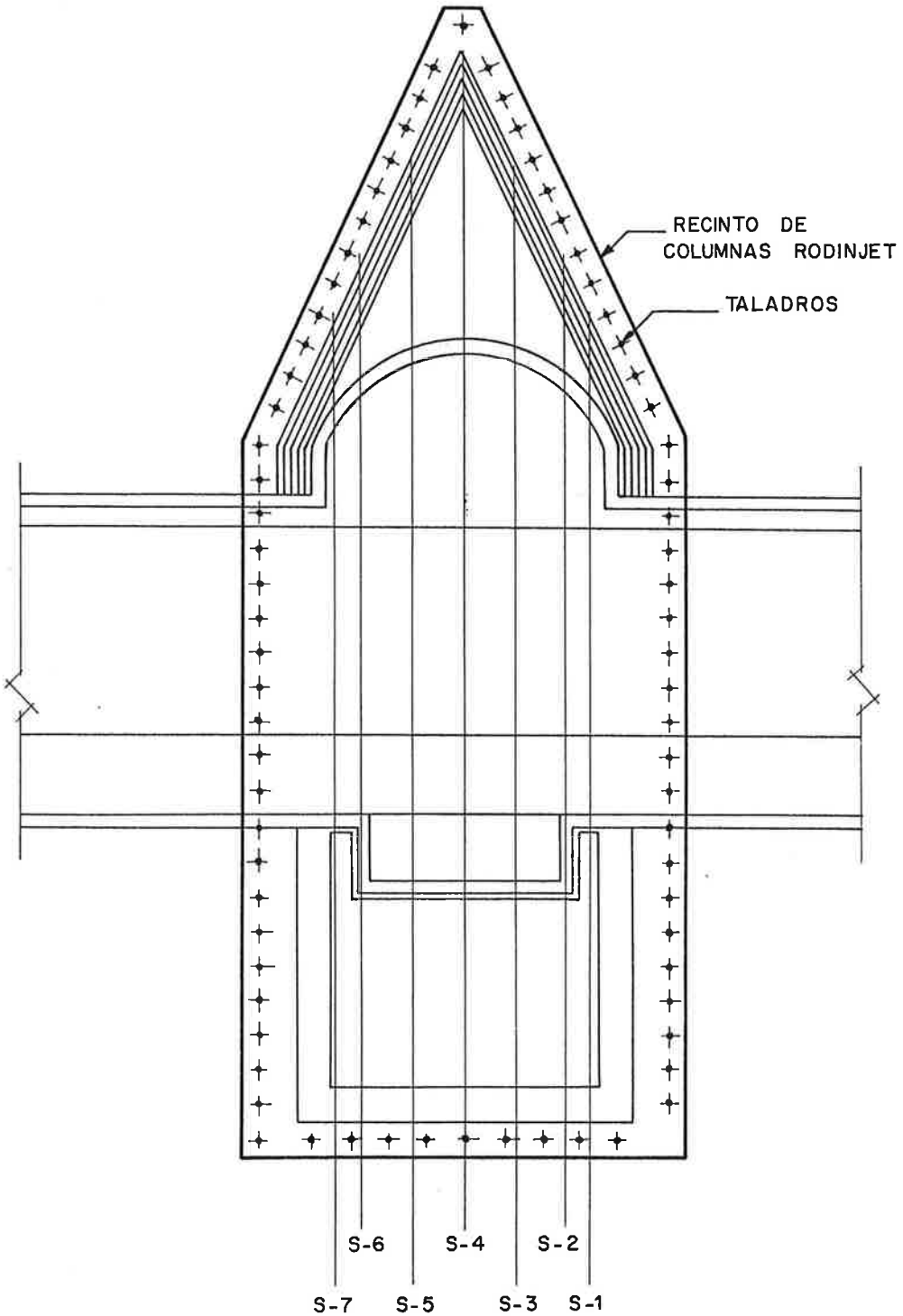


ESCALA 1: 200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

PILA - 6 - PLANTA



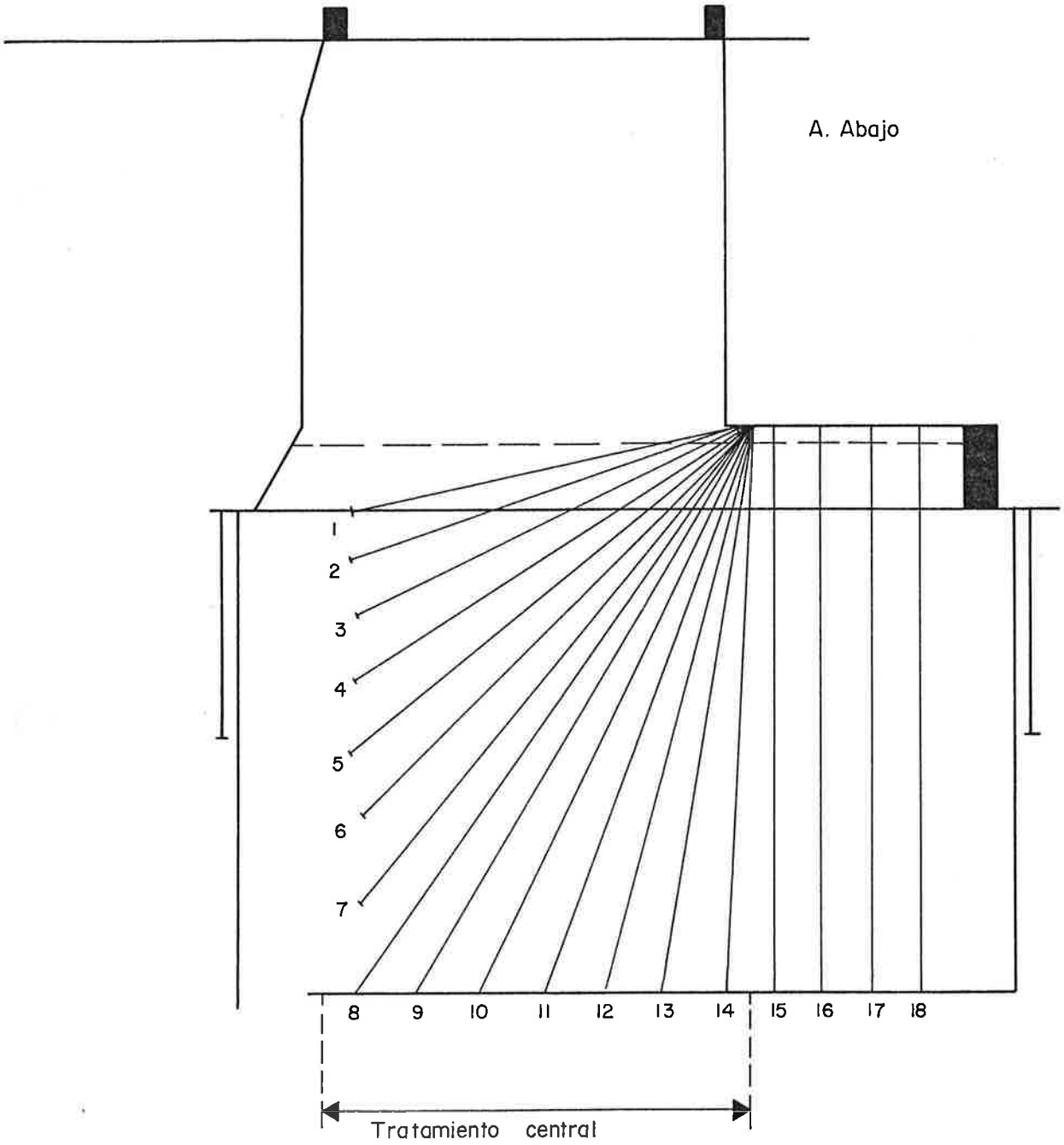
ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·6-S·1 , P·6-S·7



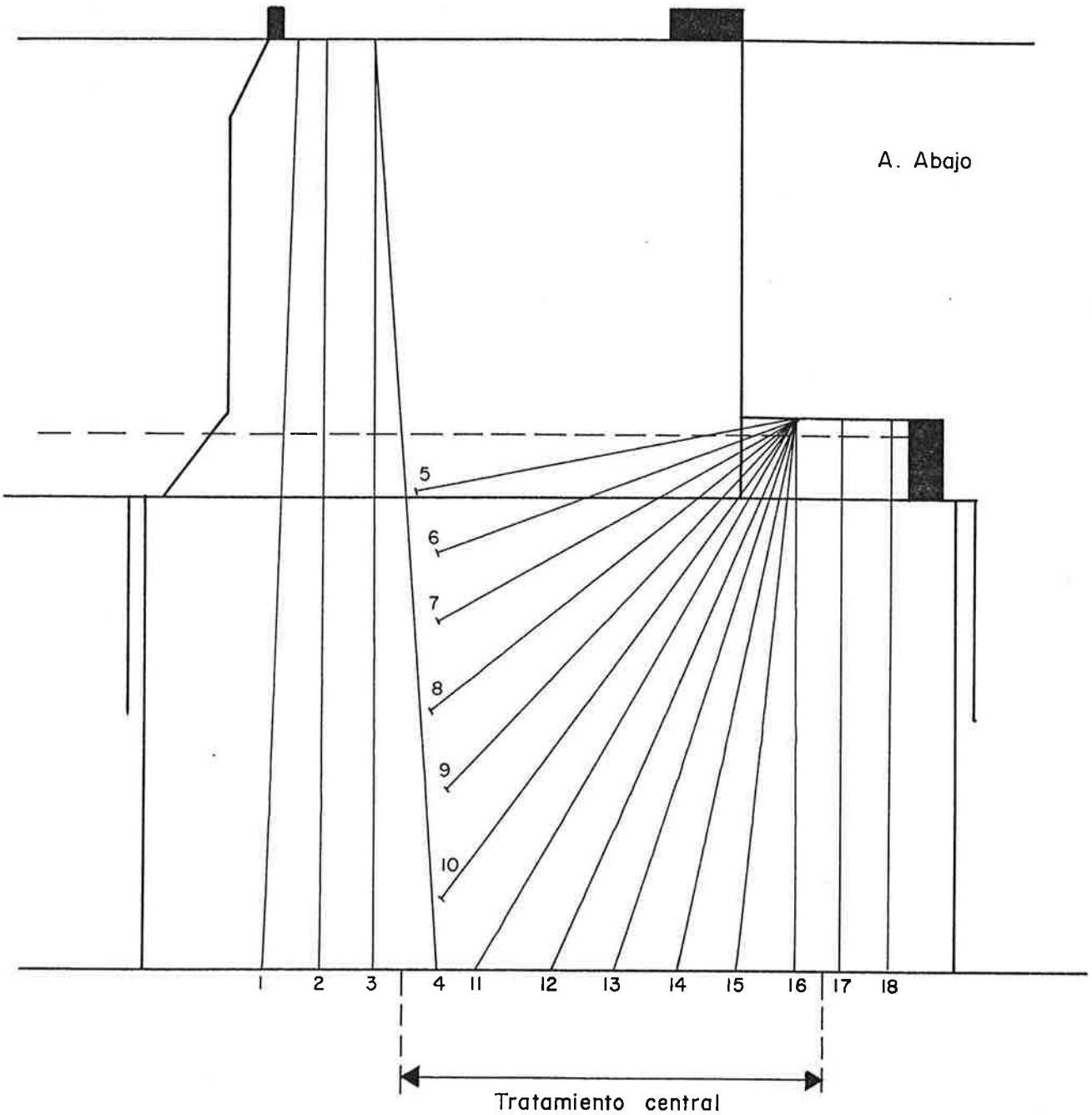
ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·6-S·2 , P·6-S·6



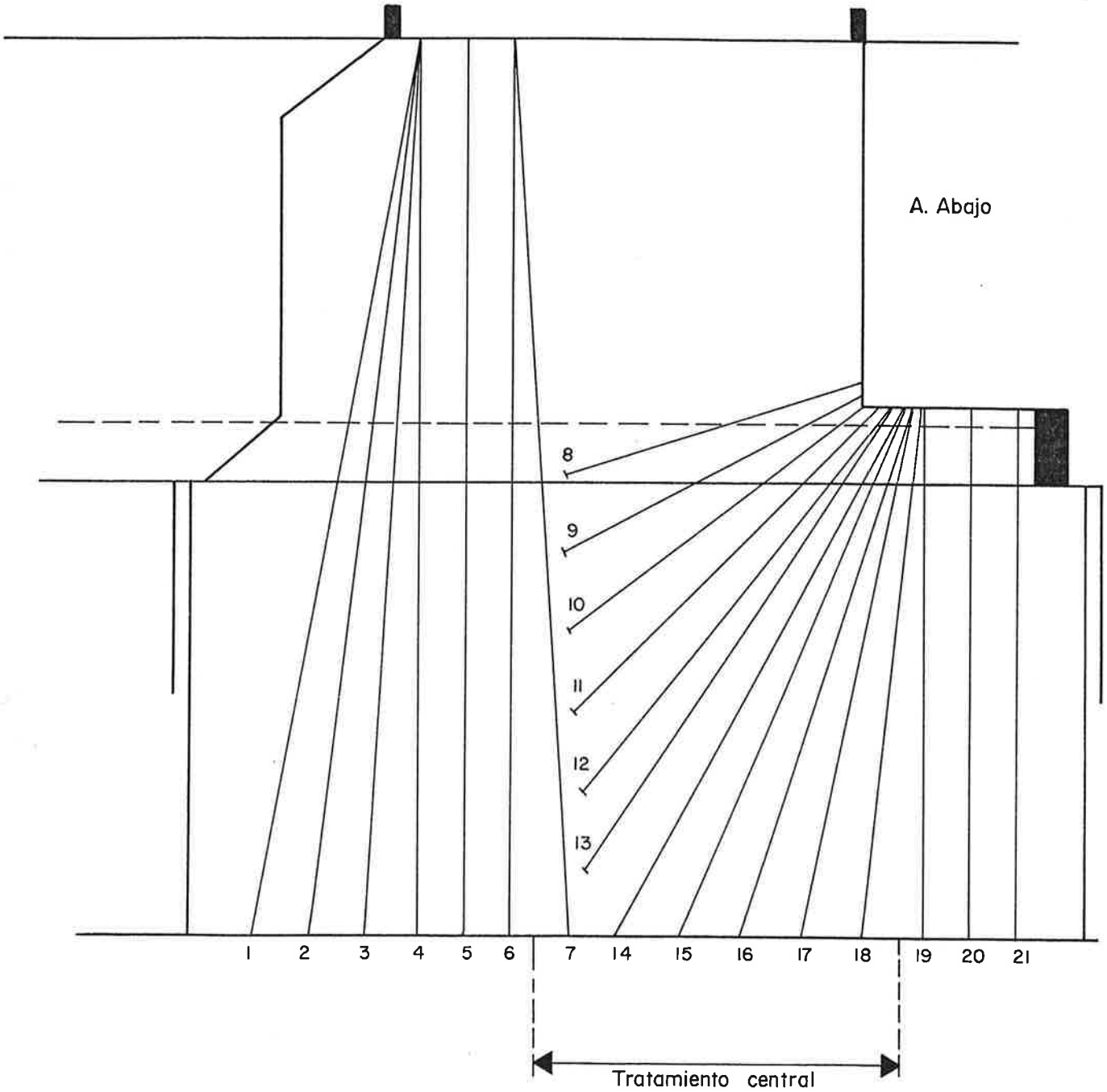
ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·6-S·3, P·6-S·5



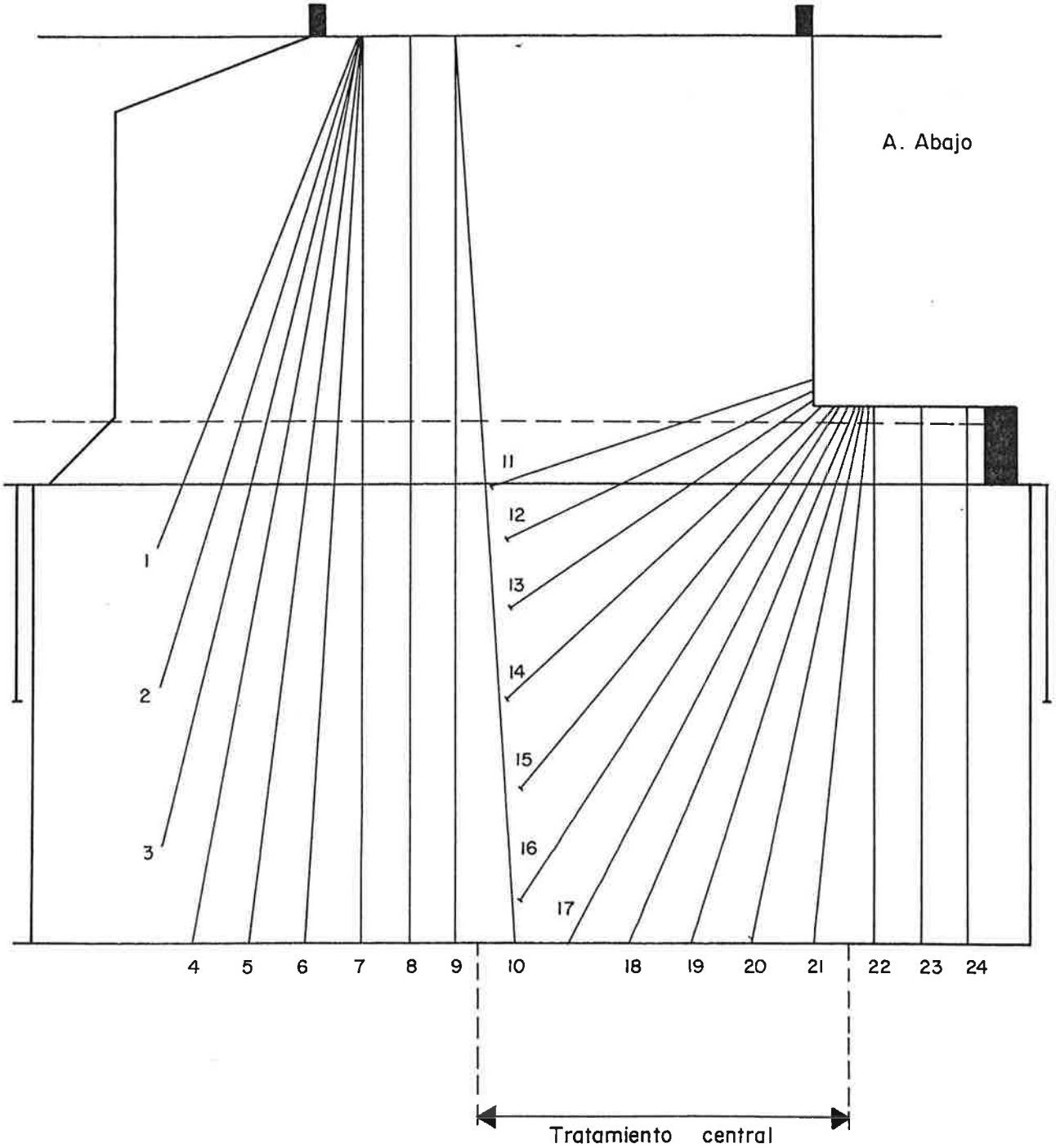
ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P-6-S-4

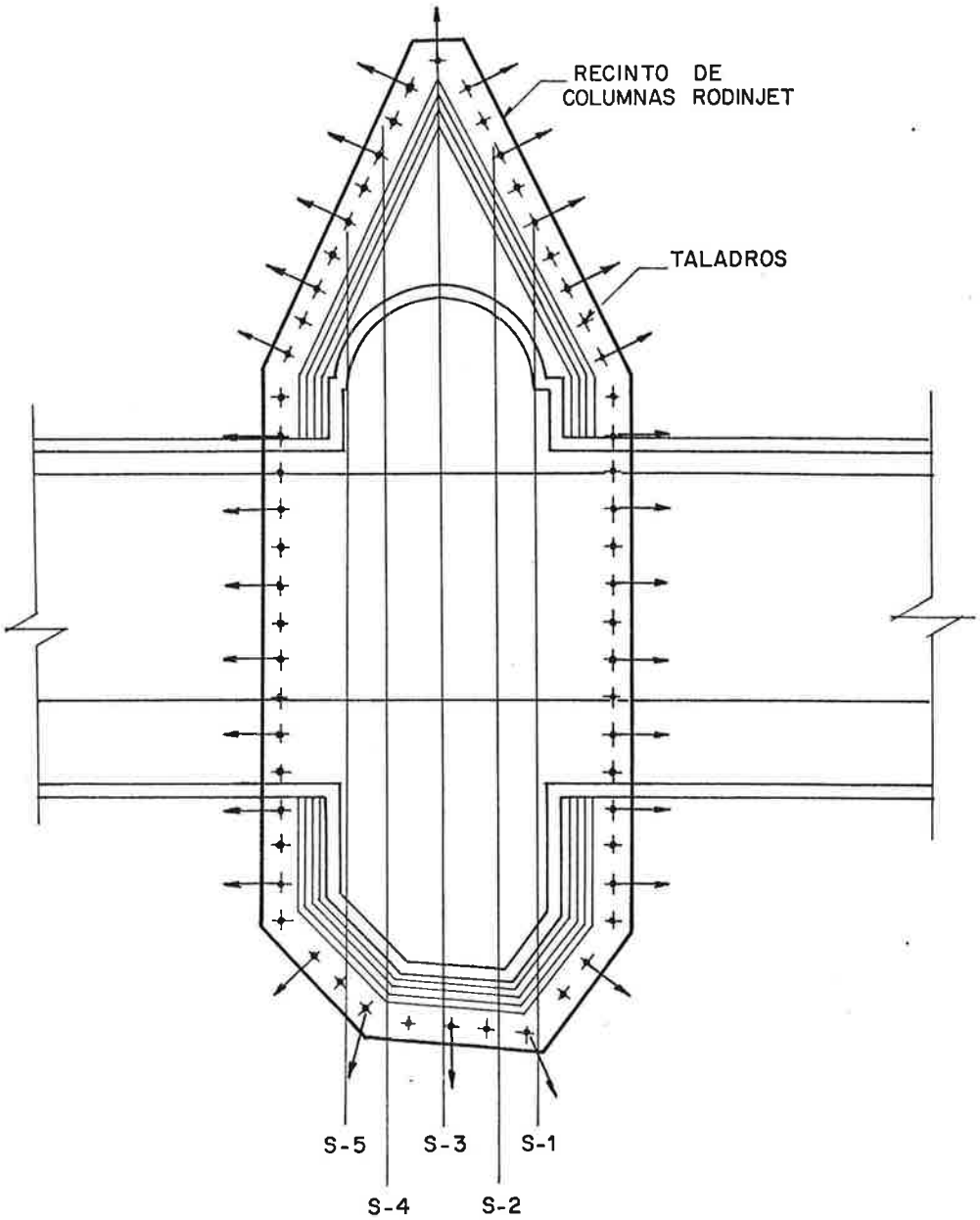


ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

PILA - 7 - PLANTA



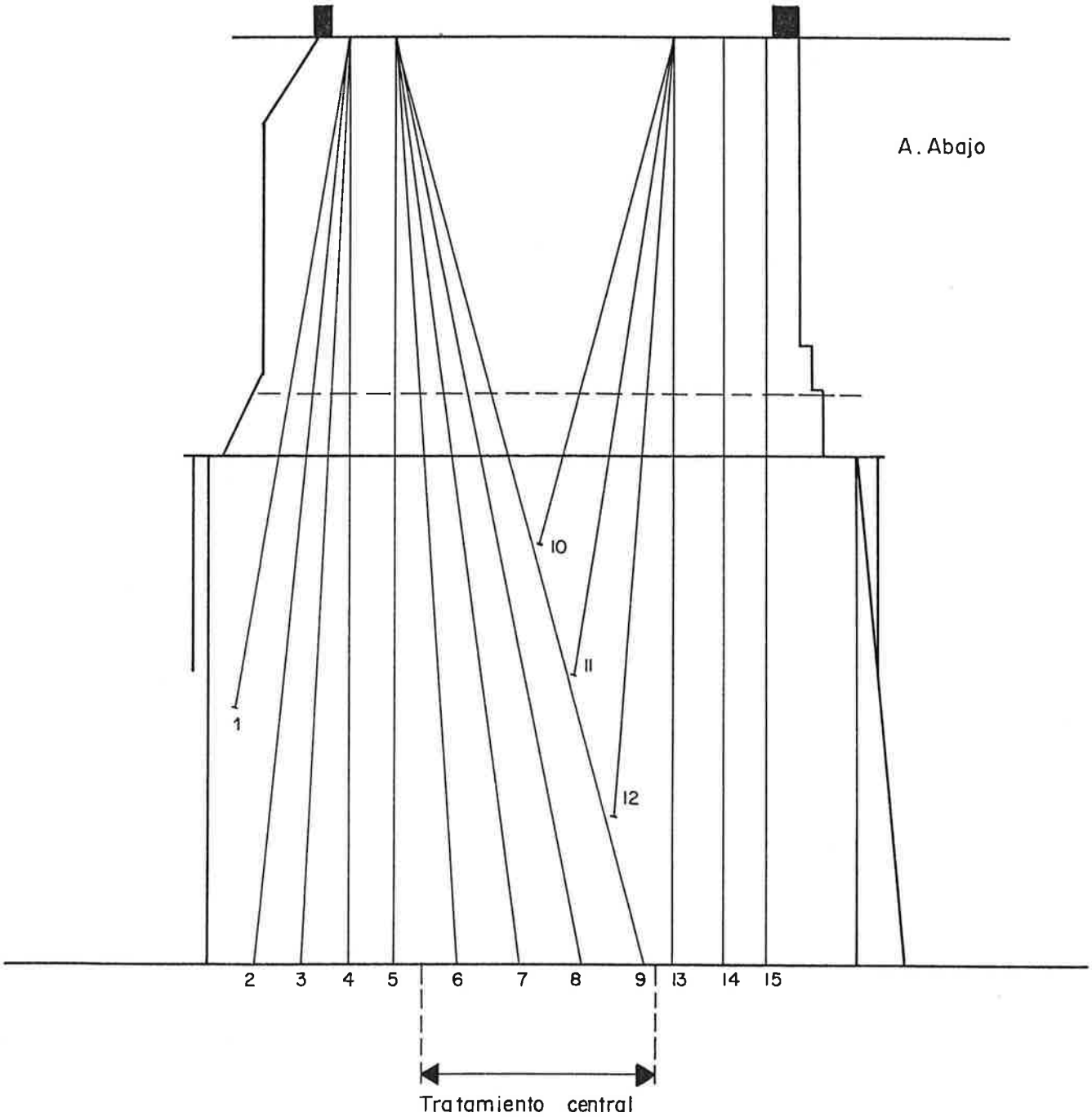
ESCALA 1 : 200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·7-S·1, P·7-S·5



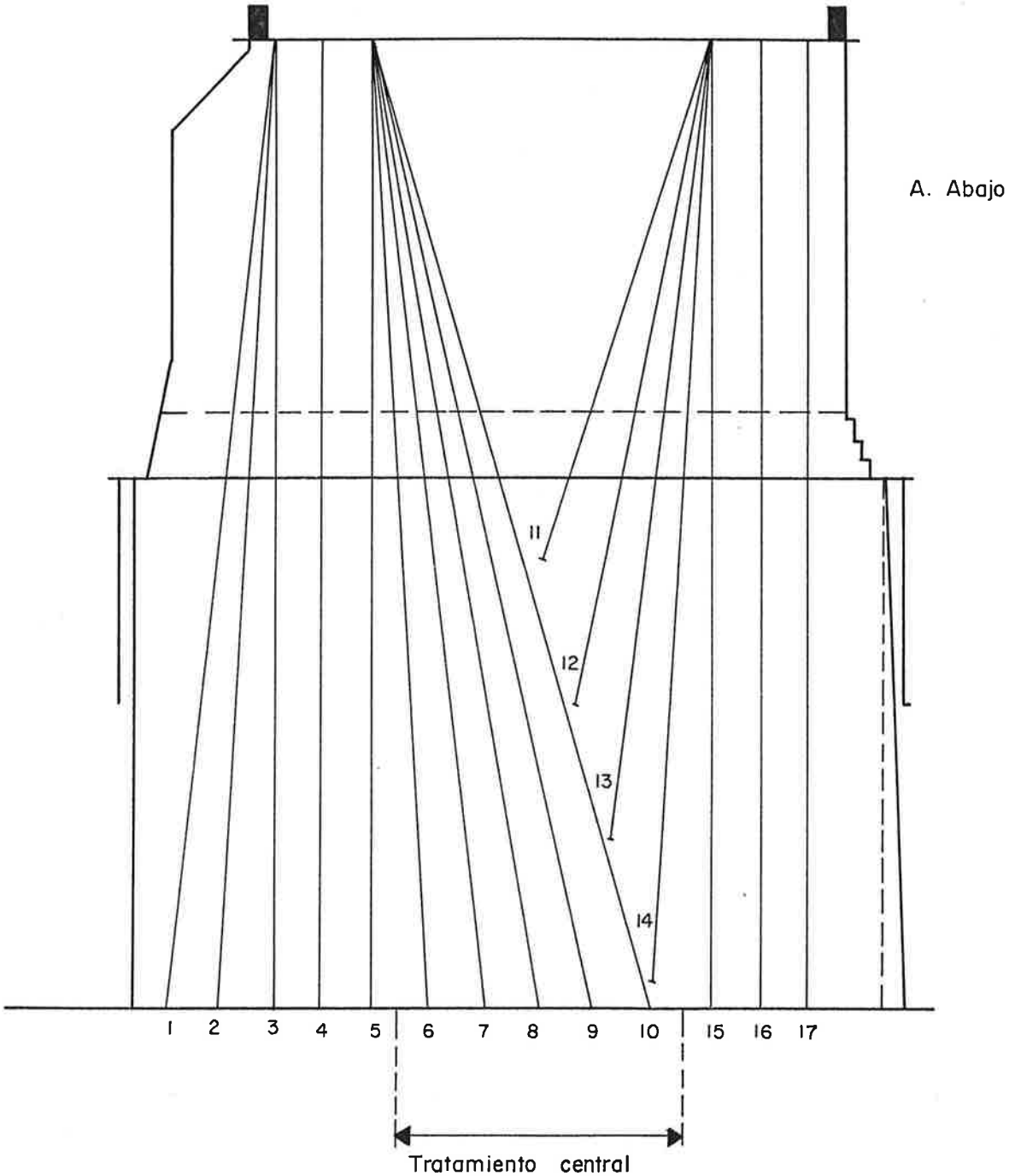
ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·7-S·2, P·7-S·4



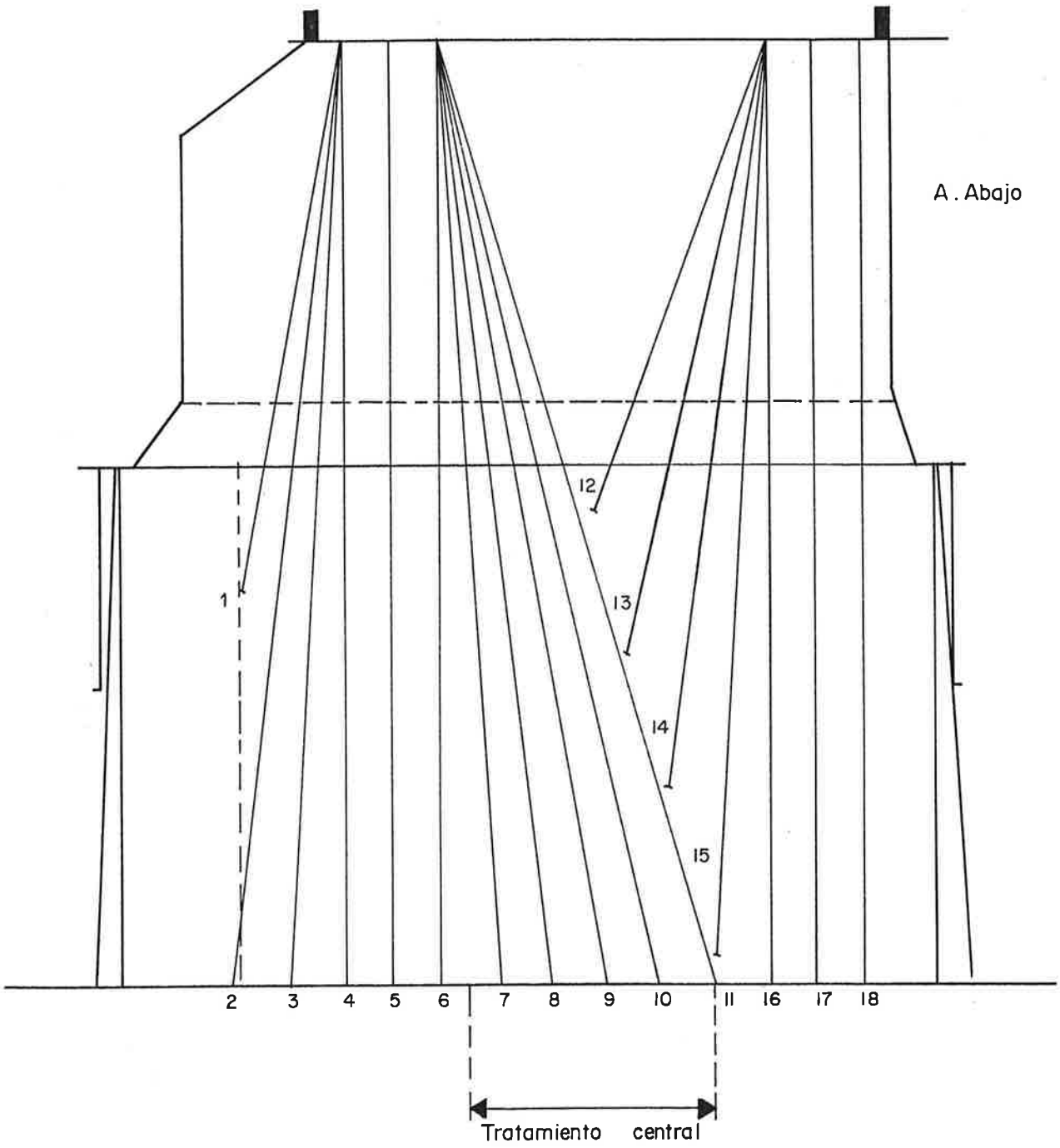
ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

P·7-S·3

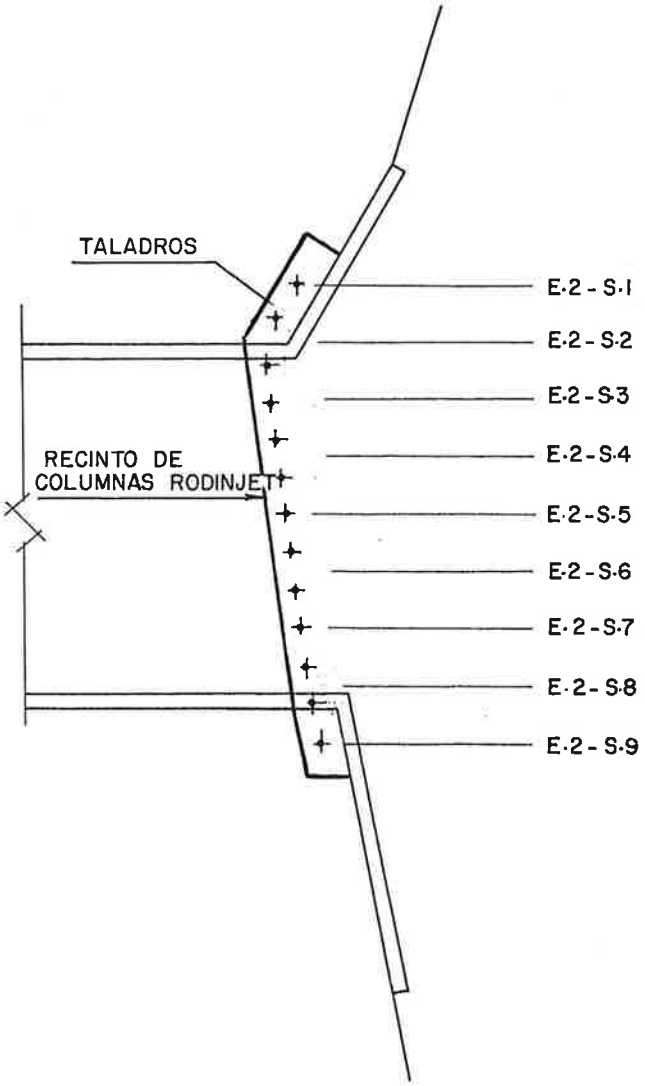


ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

ESTRIBO - 2 - PLANTA



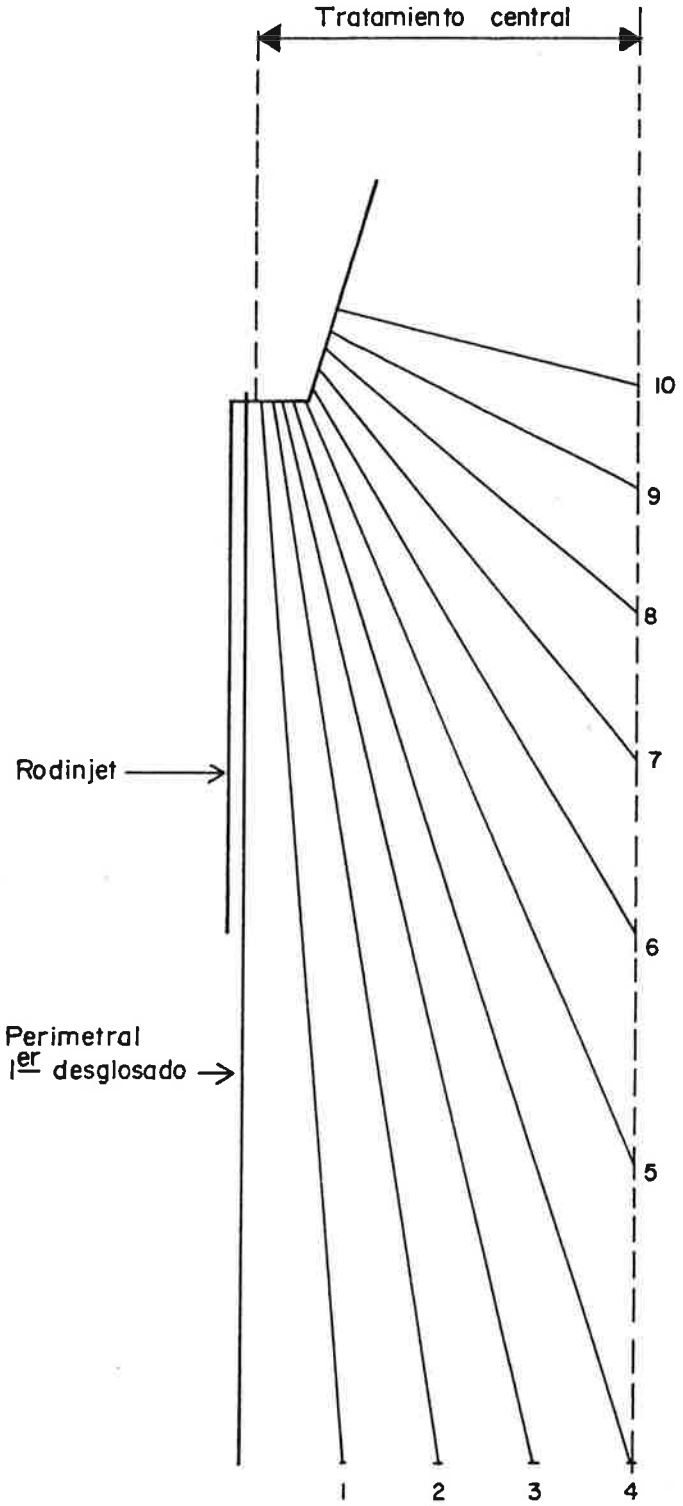
ESCALA 1:200

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

ESTRIBO 2
Perfiles E·2 - S·1, E·2 - S·9



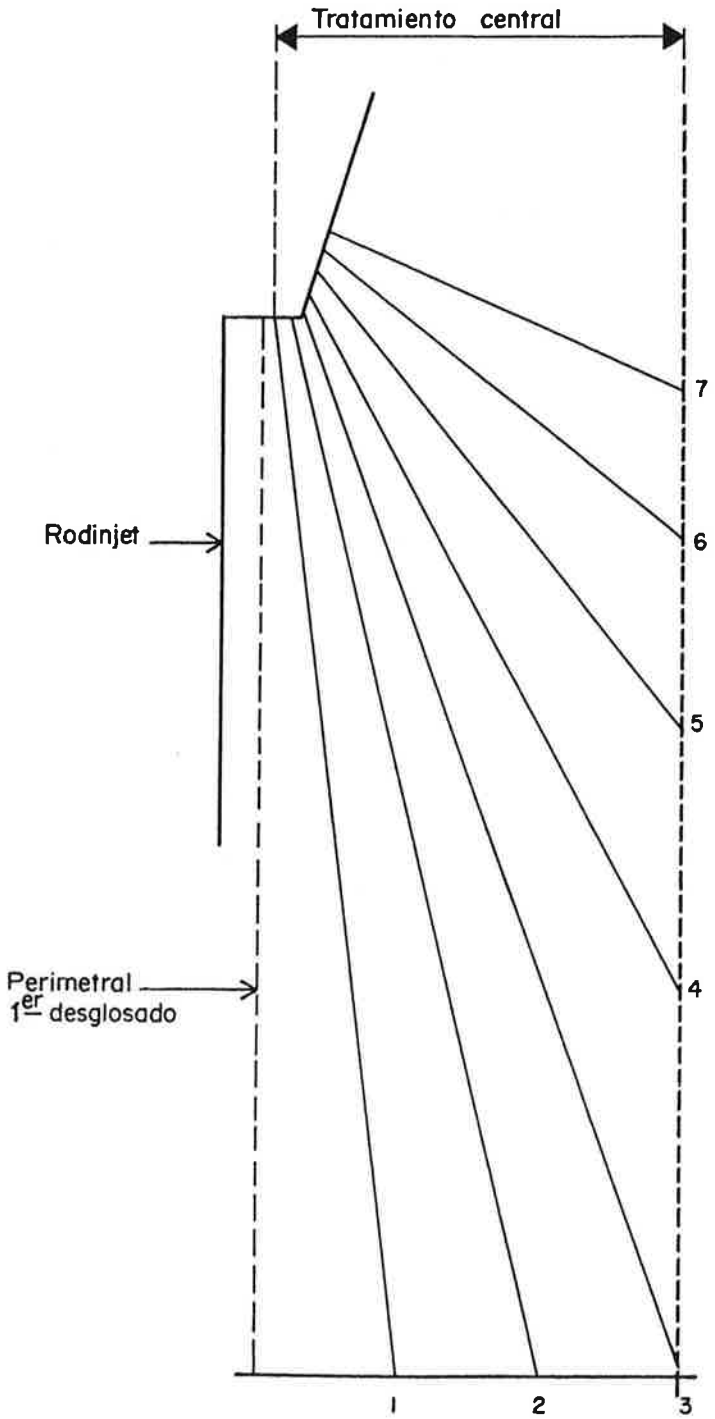
ESCALA 1: 100

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA

TRATAMIENTOS DE INYECCION

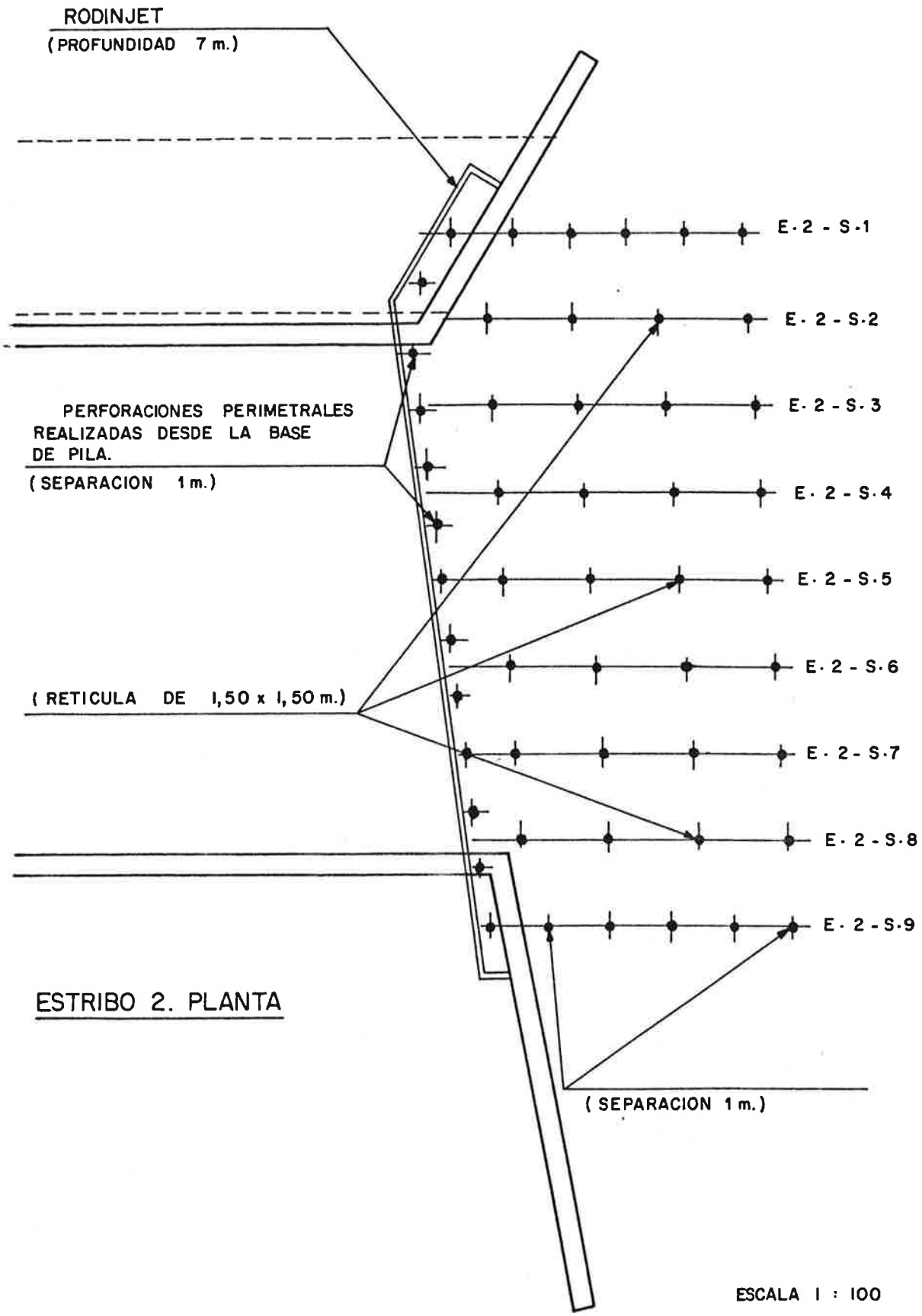
ESTRIBO 2
Perfiles E·2-S·2 al E·2-S·8



ESCALA 1 : 100

RODIO

PUENTE DE PIEDRA
ZARAGOZA



ESTRIBO 2. PLANTA

ESCALA 1 : 100

MEMORIA E INFORME DE LA PIEDRA

AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA

DIRECCION DE VIALIDAD Y AGUAS

Por haberse considerado de interés especial, a la vista de los antecedentes y bibliografía que se aporta, adjunto remitimos un ejemplar del "Estudio previo de restauración del Puente de Piedra", de esta Ciudad redactado por la oficina técnica del Ingeniero D. Carlos Fernandez Casado, con el fin de que pueda ser conservado en esa dependencia a los efectos que pueda interesar.

Dios guarde a V. muchos años.

I.C. de Zaragoza, 28 de Febrero de 1983.

EL INGENIERO DIRECTOR

RECIBI

DIRECCION DEL ARCHIVO MUNICIPAL

Número de Caja: 21894

Año: 1983

Sección: URBANISMO

Tipo: Estudio previo de restauración del Puente de Piedra. (Está encuadernado).

Zaragoza

AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA

DIRECCION DE VIALIDAD Y AGUAS

Por haberse considerado de interés especial, a la vista de los antecedentes y bibliografía que se aporta, adjunto remitimos un ejemplar del "Estudio previo de restauración del Puente de Piedra", de esta Ciudad redactado por la oficina técnica del Ingeniero D. Carlos Fernandez Casado, con el fin de que pueda ser conservado en esa dependencia a los efectos que pueda interesar.

Dios guarde a V. muchos años.

I.C. de Zaragoza, 28 de Febrero de 1983.

EL INGENIERO DIRECTOR

RECIBI

DIRECCION DEL ARCHIVO MUNICIPAL

Zaragoza

R.8195
G-4941

I N D I C E

- ENTIDADES Y PERSONAS QUE HAN COLABORADO EN ESTE ESTUDIO 1.-

ANEJO Nº 1.- Datos históricos del puente 2.-

ANEJO Nº 2.- Estudio de cimentaciones 26.-

1.- Introducción 27.-

2.- Naturaleza del terreno en la zona de apoyo del puente de piedra 28.-

3.- Posible sistema de cimentación del - puente 30.-

4.- Recomendaciones de estudio del estado actual de la cimentación 31.-

ANEJO Nº 3.- Estudio estructural 33.-

1.- Memoria descriptiva 34.-

2.- Cálculos 38.-

a) - Cálculo de esfuerzos en arcos . 39.-
b) - Determinación de tensiones 73.-
c) - Gráficos de esfuerzos y líneas de presión 78.-
d) - Cálculo de tensiones en pilas y zampeado 82.-

3.- Descripción del programa "SICAL" utilizado en el cálculo de esfuerzos .. 86.-

ANEJO Nº 4.- Levantamiento fotogramétrico de los paramentos del puente 90.-

- MEDICIONES Y PRESUPUESTOS 93.-

- Mediciones 94.-

- Resumen medición (Fase I) 95.-
- Mediciones (Fase I) 98.-
- Resumen medición (Fase II) 105.-
- Mediciones (Fase II) 107.-
- Resumen medición (Fase III) 109.-
- Mediciones (Fase III) 111.-

ARCHIVO Y BIBLIOTECA MUNICIPAL - ZARAGOZA
Zaragoza

- Presupuestos 114.-
  - Presupuesto de las obras a realizar (Fase I)... 115.-
  - Presupuesto de las obras a realizar (Fase II).. 119.-
  - Presupuesto de las obras a realizar (Fase III). 121.-
  - Presupuesto de prospección de las cimentaciones 124.-

---o0o---

Zaragoza

ENTIDADES Y PERSONAS QUE HAN COLABORADO EN ESTE ESTUDIO.

Zaragoza

ENTIDADES Y PERSONAS QUE HAN COLABORADO EN ESTE ESTUDIO

Este estudio se ha realizado en su mayor parte por las personas de la Oficina de Proyectos "Carlos Fernández Casado, S.A.".

Han colaborado las siguientes personas y entidades:

- TERESA IRANZU de la Universidad de Zaragoza, ha realizado la recopilación de datos históricos del puente que se adjuntan en el anejo nº 1 y que se han utilizado para el resto del trabajo.

- GEOEXPERTS, S.A. Ha realizado el estudio de la cimentación y el estudio y presupuesto de las prospecciones que hay que hacer en las cimentaciones.

- ANTONIO REVENGA, Ingeniero técnica topógrafo y HEPTATRES en el estudio y presupuesto para realizar el levantamiento fotogramétrico del puente. Este estudio se adjunta en el anejo 4.

Zaragoza

ANEJO Nº 1

-- Datos históricos del puente.

Zaragoza

EL PUENTE DE PIEDRA DE ZARAGOZA. INFORME PREVIO.

Teniendo en cuenta que los folios siguientes contienen sólo un primer avance de los datos obtenidos hasta el momento para el estudio de la historia del Puente de Piedra de Zaragoza, parece conveniente -en virtud también de la premura del tiempo- esbozar un esquema que detalle la documentación, de todo tipo, consultada, pero sin añadir un análisis pormenorizado de la misma y de los datos que contiene; por tanto, sólo se dan meras referencias a los trabajos, que se citan en la bibliografía. Por idéntico motivo -tratarse de un primer esquema-, se ha preferido seguir un criterio de ordenación cronológico, a pesar de los inconvenientes que plantea la lectura de una información así estructurada, dejando para más adelante una elaboración temática.

La colonia Caesaraugusta fue fundada en los años finales del siglo I a.C. (todavía se discute la fecha exacta) con una indudable función de control viario, es decir, como "cabeza de puente". De la existencia de ese puente, nadie duda; también parece lógico pensar que éste seguría la alineación del cardo máximo, más o menos una situación parecida a la actual, a pesar de las opiniones antiguas que lo ubican aguas abajo (Cfr. BELTRAN, 1976). El problema planteado por el puente romano es, pues, el del material con que estaría construído. Quienes lo creen de madera (FATAS, 1977) aducen como prueba el silencio de Estrabón (III, 4, 10; ed. GARCIA MERCADAL, 1952), que sí menciona el de Celsa (Velilla de Ebro). Este sería, pues, nuestro primer hito cronológico: los años 27-19 a.C., fechas de redacción del libro III. Las fuentes clásicas no añaden ningún dato más sobre este problema, por tanto, su planteamiento se traslada al campo de la polémica entre los autores modernos; ya hemos citado una opinión negativa (sobre el hecho de que fuese de piedra, se entiende); son afirmativas las de BELTRAN (1976) y FERNANDEZ CASADO (1980), por citar obras recientes.

Realmente, sólo en el siglo XV tenemos constancia documental de la existencia de un puente de piedra, llamado en la época Puente Mayor o de Piedras, frente a la denominación de Alcántara para el preexistente de madera.

Zaragoza

Las informaciones sobre la ciudad en época visigoda guardan silencio sobre el puente, que seguiría existiendo, es decir, prolongando la vida del romano. Hay que esperar al siglo IX.

- 827 (LACARRA, 1976), año de fuertes inundaciones que destruyeron los muros de Zaragoza, así como los de otras ciudades, y derribaron los machones del puente, por lo que el tráfico entre ambas orillas se realizó por medio de barcas (sin duda, la información procede de algún geógrafo árabe, todavía sin analizar).
- 823 (Ibidem y FERNANDEZ CASADO, 1980), Abd al-Rahman II envió a su hijo al-Hakam para conocer la situación y recursos de las regiones fronterizas y mandó reparar de nuevo el puente.

  Casí tres siglos más de silencio hasta la conquista cristiana de la ciudad. A partir de entonces, las reparaciones de la Alcántara y la preocupación por construir una obra sólida, esto es, en piedra, van a ser los temas dominantes, abundantemente registrados, de la documentación medieval, tanto de origen municipal como real.
- 1118, mayo. Durante el asedio de Zaragoza, sus habitantes musulmanes huyen hacia el Arrabal, siendo perseguidos por los cristianos; se prendió fuego al puente "que por ser de madera ardió en su totalidad. Sólo gracias al vado existente entre el Arrabal y el casco de la población pudieron los fugitivos ponerse a salvo y evitar un gran desastre" (IBN IDARI, Al-Byan..., edición de HUICI; cit. LACARRA, 1976). Los autores modernos suponen que la reconstrucción del puente sería preocupación prioritaria tras la conquista, pues posibilitaba el acceso a las tierras de cultivo (Cfr. LACARRA. 1976).
- Hacia 1154, IDRISI (ed. GARCIA MERCADAL, 1952), en su capítulo III de la Descripción de España, dice: "Existe en Zaragoza un gran puente, por el cual se pasa para entrar en la ciudad, la cual posee fuertes murallas y soberbios edificios".

Zaragoza

- 1187, marzo. Alfonso II, rey de Aragón, concede al monasterio de San Millán de la Cogolla, por consejo y autorización de los zaragozanos, la alcántara de Zaragoza con sus heredades y pertenencias y rentas, zanjando la reclamación existente entre el monasterio y el concejo de la ciudad, e imponiendo una serie de obligaciones en orden a la manutención y conservación del puente de tablas (San Millán, doc. 27; publica CANELLAS, 1972, doc. 21bis). El documento contiene interesantes noticias sobre detalles de la administración de las rentas del puente y de sus ingresos por vía de limosnas, etc., así como de técnicas constructivas: la existencia de un cigueñal con dos lechos para levantar el agua, cuya reparación y materiales estaban a cargo del citado monasterio riojano.

  Sin embargo,parece ser que este acuerdo no prosperó y, puesto que la preocupación de la ciudad era tener una obra permanente, se arbitró lo siguiente:

- 1188, noviembre, el rey concede la Alcántara a los canónigos de San Salvador de Zaragoza, con todas las heredades que posee desde los tiempos de los musulmanes, para que edifiquen, en el término de veinte años, un puente de piedra (ACA, reg. 447, f. 150; La Seo, Cart. grande, f. 43; publ. CANELLAS, 1972, doc. 22). El documento especifica el peligro que frecuentemente supone para personas y animales la fragilidad del puente, roto o arrasado por las aguas a menudo. A cambio de la obra, pueden percibir derechos de tránsito; también se dice, entre otras cosas, que pueden utilizar piedras en desuso para la construcción, así como vigas y madera de los bosques que estén en tierras del rey.

- 1191, febrero. El cabildo de San Salvador de Zaragoza, con la voluntad del obispo, rey y concejo de la ciudad, cede al hospital de San Bartolomé la barca del rio Gállego, debiendo éste abonar cien sueldos anuales al procurador del puente de Zaragoza (La Seo, Cart. grande, f. 159; publ. CANELLAS 1972, doc. 23). Es decir, ya entonces estaba constituída la figura del procurador o encargado de los asuntos del puente, que veremos actuar con frecuencia.

Zaragoza

- 1199, marzo, 5. Bernardo de Almenara y Pedro Tapiador, comendadores del puente de Zaragoza, ceden a los pobladores de Cinco Olivas las heredades del puente en esa localidad a cambio de un treudo anual de cincuenta sueldos y la mitad de los diezmos y caloñas que se impongan (AMZ, P-52; Cart. de la Ciudad, T.V, F. 150; publ. CANELLAS, 1972, doc. 28). Vemos que el puente era propietario y que los responsables de su administración arriendan estas tierras a cambio de dinero en efectivo; otros ingresos provenían por vía de la caridad.

- 1202, febrero, 5. Gombaldo, obispo de Lérida, exhorta a los feligreses de su diócesis a contribuir con sus limosnas a la obra del puente de Zaragoza sobre el Ebro (AMZ, Cart. de la Ciudad, T. V, f. 144; publ. CANELLAS, 1972, doc. 32). El obispo recuerda aquí los peligros que supone el mal estado del puente para los transeúntes, así como sus frecuentes desperfectos, ocasionados por las aguas. El rey de Aragón, Pedro II, había encargado de la percepción de estas limosnas a los freires de la Milicia de Santiago, extremo que también menciona el obispo, quien promete cuarenta días de indulgencia a los benefactores.

- 1210, febrero. Más datos sobre las propiedades del puente: el obispo de Zaragoza y el concejo de la ciudad conceden a Gil de Tarba, Ramón Vascón y Esteban de Huesca la percepción de los derechos que tiene el Puente de Zaragoza sobre las localidades de Cólera, Alforque y Cinco Olivas, a cambio de un censo anual de 300 sueldos jaqueses (AMZ, Cart. de la Ciudad T. V, f. 150v; publ. CANELLAS, 1972, doc. 39). Se especifica que estas propiedades son "res propias dicti pontis".

- 1210, abril, 1. Pedro II, rey de Aragón, confirma todas las disposiciones tomadas o por tomar por los encargados del puente de Zaragoza, da privilegios personales a los dos encargados de dicho puente por la ciudad y ordena la restitución de cuanto, siendo del puente, retengan indebidamente otras personas (AMZ, R-12; publ. CANELLAS, 1972, doc. 40).

Zaragoza

Los encargados del Puente eran diputados por el concejo, en número de dos, y aquí se les declara libres de una serie de servicios debidos al rey. También se faculta a la ciudad a tomar medidas de fuerza contra quien incumpla lo ordenado, y se impone una elevada multa a los contraventores.

- 1239, junio. El zalmedina y los jurados de Zaragoza conceden de por vida a Domingo de Montañana la explotación de dos viñas y tres campos propiedad del puente, a cambio de elaborar clavazón y demás útiles de hierro necesarios al puente (de madera) y un censo anual en hierro (AMZ, P-4; publ. CANELLAS, 1972, doc. 64). Este individuo pasa a ser considerado como herrero del puente y queda exento de una serie de servicios vecinales. Los útiles se podrán emplear en la reparación de otros puentes.
- 1248, mayo, 31. El papa Inocencio ~~II~~ IV, a petición del obispo y del concejo de Zaragoza, solicita de los fieles de la diócesis tarraconense que contribuyan con sus limosnas a la obra del puente de piedra sobre el Ebro (AMZ, Cart. de la Ciudad, T. V, f. 142v; publ. CANELLAS, 1972, doc. 74). La interpretación de este documento ha suscitado una cierta polémica (Cfr. FATAS, 1977) por su frase "pontem lapideum super fluvium Iberi iuxta muros civitatis Cesaraugustane inmediate fluentem cupiant de novo construere opere sumptuoso", es decir, parece que se quiera hacer un puente pétreo de nuevo; sin embargo, una exégesis filológica autoriza a suponer, con garantía, que el puente se va hacer "ex-novo", o sea, que carece de antecedentes y es el deseo de Alfonso II. Así, hemos visto que no hay mención anterior alguna, frente a las abundantes sobre la Alcántara.

De mediados del siglo XIII, datan dos noticas sobre las propiedades del puente en la localidad de Pina y su administración.

Zaragoza

- 1256 marzo, 31. Los procuradores de la ciudad entregan a censo una tierra en Pina, perteneciente al puente de Zaragoza, para plantar en ella una viña, a Juan López de Pina que pagará diez mos y primicias y dieciseis sueldos (AMZ, P-9; publ. CANELLAS, 1972, doc. 80).

- 1256 marzo, 31. Este documento es idéntico, variando, naturalmente, el concesionario, que deberá pagar catorce sueldos (AMZ, P-10; publ. CANELLAS, 1972, doc. 81). Es decir, se sigue la -- misma tónica en la administración de las propiedades, velando por su rentabilidad.

- 1257, diciembre, 2. Jaime I, rey de Aragón, autoriza en esta - fecha al concejo de Zaragoza la imposición, por tres años, de un impuesto de pontazgo sobre las bestias cargadas que atraviesen el puente (de madera), cuyo importe se destina a las reparaciones necesarias en el citado puente y las obras precisas - en la ribera, para que el río no irrumpa contra el arrabal - - (AMZ, R-23; ACA, reg. 9, f. 52v; publ. CANELLAS, 1972, doc. 84). En la misma fecha, el rey concede también a los jurados de Zaragoza una plaza, llamada Castillo del Rey. que está en el - - Arrabal, para las obras del puente de la ciudad (ACA, reg. 9, f. 52v; publ. CANELLAS, 1972, doc. 85).

- 1261. Hay noticias de una extraordinaria crecida del río Ebro, en este año, que destruyó la Alcántara (BLASCO IJAZO, 1959; -- ABBAD, 1957; ASSO, 1798), sustituyéndolo un puente de barcas - provisional. Los jurados tuvieron que recurrir a pedir ayuda - al cabildo, concesionario, como sabemos, de la obra. Precisa-- mente gracias a esta solicitud, se ha conservado el dato; en - respuesta, el obispo de Zaragoza y el cabildo concedieron mil sueldos para la reparación (Cart. grande de La Seo, f. 151v; - publ. CANELLAS, 1972, doc. 98, con fecha 4-VI).

- 1266, mayo, 16. De nuevo, el rey Jaime I hace una donación para la obra del puente, esta vez, las rentas del baño de los judíos durante dos años (AMZ, R-24; publ. CANELLAS, 1972, doc. - 118). No se especifica en el documento si se trata de la obra de la Alcántara o el proyecto del puente de piedra.

Zaragoza

- 1269, junio, 1. El rey de Aragón autoriza a los jurados de Zaragoza a cobrar pontaje en el puente de la ciudad durante tres años, destinándose los ingresos a las obras del mismo (BN, ms. 746, p. 284; publ. CANELLAS, 1972, doc. 129).

  En la misma fecha, Jaime I hace una donación a perpetuidad: a la ciudad de Zaragoza, para la obra del puente, entrega un soto sito en el Ramblar de la Puerta de Toledo, frente al convento de Predicadores (ACA, reg. 16, f. 167; publ. CANELLAS, 1972, doc. 128).

Quince años más tarde, el asunto del puente sigue preocupando a los reyes, y así:

- 1284, septiembre, 20. Pedro III manda al merino de Zaragoza que preste toda su ayuda a la construcción del puente en el Ebro (ACA, reg. 52, f.16; publ. CANELLAS, 1975, doc. 369).

  Según FATAS (1977), todas estas noticias de donativos, por su importancia, deben referirse a la obra del puente de piedra, a la que Alfonso II, en sus primeras disposiciones, vinculó a sus sucesores. Parece lógico coincidir con este autor: la consecución de un puente de piedra es lo que provoca esta masa documental regia.

- 1305. Donación de unas heredades en Longares para la obra del puente mayor. La realizan unos particulares, que vivían en la parroquia de San Andrés (cit. FALCON, 1981; AMZ, P-52).

- 1314. Don Hugo de Pina y su mujer, doña Sancha Ximénez de Aín, venden sus derechos en Alforque para el recaudador de las rentas del Puente (cit. XIMENEZ DE EMBUN, 1901).

- 1325. Se autoriza a los jurados de Zaragoza a cortar cuantos árboles quieran, en el valle de Echo, para la reparación del puente de madera (ACA, reg. 227, f. 244; cit. FALCON, 1981). El mismo año, Jaime II renueva la donación del soto en el Ramblar de la Puerta de Toledo (cit. DEL ARCO, 1941 y CANELLAS, 1976).

Zaragoza

- 1328. La Alcántara es, de nuevo, arrastrada por las aguas (ACA, reg. 477, f. 150; cit. FALCON, 1981), que también dañaron las cosechas; para paliar la gravedad de la situación, el rey Alfonso IV, con fecha 28 de febrero, ordenó a los jurados de la ciudad que pusieran dos barcas buenas en el Ebro para cubrir el servicio de transporte de personas y mercancías, autorizándoles a cobrar pontaje (cit. ASSO, 1798 y FALCO, 1981: AMZ, R-67), cuyos derechos debían revertir en la obra del puente de piedra (DEL ARCO, 1941).
- 1330. Se está reconstruyendo el puente de tablas y prosiguen las obras en el de piedra; esto se deduce de un documento emitido por Alfonso IV autorizando a los jurados de Zaragoza a cortar cuatrocientos robles para los arcos, y pinos y abetas para las almadías que los transportasen (AMZ, R-68; cit. FALCON, 1981); mientras, se hallaban sillares de piedra en El Castellar (Ibidem).
- 1331. La población de Alfocea pactó con la de Zaragoza un pago a tanto alzado como derecho de pontaje. En ese año, se habían asignado veinte mil sueldos para la obra del puente y trabajaba en ella un cantero, el cual talló mil sillares, que le fueron abonados por los encargados de la administración (CANELLAS, 1976, sin referencias).
- 1332. Se arbitra un impuesto de pontaje sobre un puente provisional, con destino a la obra del de piedra, y se prorroga su percepción por cuatro años (CANELLAS, 1976, sin referencia).
- 1334. El concejo de Zaragoza solicita del de El Castellar una confirmación de la autorización para tallar piedra en sus canteras para la construcción del puente (AMZ, P-80; cit. FALCON, 1981), lo que se concedió para un plazo de treinta años.
- 1336, octubre, 19. El rey Pedro IV autoriza la imposición de sisas, sin admitir las reclamaciones de los vecinos por el reparto de las mismas, para la fábrica del puente; se encarga de la

Zaragoza

obra a Mahoma Mazuela, carpintero moro, que no llegó a culminar la empresa (ACA, reg. 860, f. 47; cit. FALCON, 1981). El rey -- eximió a este obrero del pago de ciertos impuestos durante un - quinquenio (Cart. de la Ciudad, T.II, f. 140; cit. ASSO, 1798). Igualmente, se arbitra la venta libre de pan, en un establecimiento, como ingreso supletorio (cit. DEL ARCO, 1941 y CANELLAS, 1976; ambos,sin referencia).

- 1343, enero, 11. Prosiguen las obras del puente. Pedro IV prorroga el cobro de pontajes durante veinte años, para sufragarlas (AMZ, R-97; cit. FALCON, 1981; DEL ARCO, 1941). Según FALCON 91981) y CANELLAS (1976), fue diez años más tarde, es decir, en 1353, cuando se extendió el derecho a una veintena más.

- 1364 y 1369. Hay noticias de compra de madera de pino en Echo - y en Valencia, para la obra (cit. CANELLAS, 1976, sin referencia).

- 1370 y 1372. En estos años, se conocen bastantes datos: los nombres de los arrendatarios de los derechos de pontaje, la suma a que asciende el arriendo, los de los ponteros y de los sucesivos responsables de las obras (curiosamente, ninguno de los - - obreros conocidos es cristiano), los proveedores de fustas verdes para cigueñales, clavazón, herrajes, etc. Sigue vigente el pacto con Alfocea sobre el pago del impuesto (cit. CANELLAS, -- 1976, sin referencias; posiblemente, estos datos proceden de la inédita Colección Diplomática del Concejo; FALCON, 1981, cita - reparaciones).

- 1380. Hubo una gran crecida del Ebro (AMZ, R-127; cit. FALCON, 1981; ZURITA, X, XXVII; BLASCO IJAZO, 1959 y otros autores), -- que mudó su curso, formando las llamadas "Balsas de Ebro Viejo"; este grave percance obligó a gastar grandes sumas para corregir el cauce (noticias de gastos, arriendos, etc. en CANELLAS,1976).

- 1391 y 1397 (ACA, reg. 1900, f.76 y Crónica de Martín de Alpartir; cit. FALCON, 1981), también hubo grandes avenidas del Ebro, que hicieron centrar toda la atención en la obra, arrasada, del puente de fusta, olvidando el de piedra (ZURITA, X, LXIV; BLASCO IJAZO, 1959).

Zaragoza

- 1400 (Cit. FALCON, 1981, sin referencia). Una nueva riada se llevó la obra de madera, de la que sólo quedaron en pie los dos soportes más próximos a las orillas; esto obligó a utilizar barcas para cruzar el río.
  El ajetreado final de siglo fue, probablemente, lo que impulsó a los jurados de la ciudad a plantear seria y definitivamente la construcción de una obra estable. Un manuscrito conserva los acuerdos y gestiones entre los años 1401 y 1408 (AMZ, ms. 47; publ. en parte HERRANZ, 1887; estudiado por LEDESMA, 1959 y FALCON, 1981). Los jurados aprobaron el proyecto de la obra: constaría de cuatro arcadas y tres pies -de treinta palmos de ancho cada uno- y otro más hacia la Puerta -de veinte palmos-; las arcadas consecutivas a la Puerta debían de tener noventa palmos cada uno y ochenta las otras dos. En el pie de la Puerta se podrían adosar dos torretas. Dirigirían la obra los maestros Johan de Frenoya y Colrat, intervino también Mateo, italiano, en la cimentación. La piedra provino de las canteras de El Castellar y Mallén y, especialmente, de Fréscano (Burrén); la madera, de Leciñena. El material se transportaría por el río, construyéndose dos gruas al efecto, así como hornos de cal para la elaboración del cemento.
- 1401. En esta fecha, se alzaban los tres primeros arcos en la orilla izquierda (cit. FALCON, 1981, de la misma fuente).
- 1405, una crecida del río obligó a paralizar las obras (Ibidem).
- 1408. Un cambio en el curso del río amenazaba la zona de El Pilar, por lo que el rey escribe al concejo para que ponga los medios de concitar el peligro (ACA, reg. 2185, f.29; cit. FALCON, 1981, DEL ARCO, 1941; publ. GIMENEZ SOLER, 1923).
- 1408, marzo. Resumen de los gastos realizados hasta ese momento en las obras (AMZ, ms. 47; inédito).
- 1415. Una avenida del río se llevó una barca de las que formaban el puente que se utilizaba como paso; se conocen los gastos que originó la reparación y las medidas de vigilancia tomadas (cit. CANELLAS, 1976 y FALCON, 1981).

Zaragoza

- 1420, marzo, 20. Alfonso V autoriza al concejo de Zaragoza el cobro de un doble pontazgo para subvenir las necesidades de la obra del puente (cit. DEL ARCO, 1941; FALCON, 1981 y CANELLAS, 1976, sin referencias). Parece que las obras avanzaban con lentitud.
- 1433. Don Juan de Navarra, como Lugarteniente General del Reino, autoriza la percepción de nuevos impuestos con destino al puente (AMZ, R-144; cit. FALCON, 1981).
- 1435, agosto, 5. A punto de finalizar la obra y, a pesar de tener "muy bastantemente reforzados los bastimentos de las cimbrias" según Zurita, se derrumbó la arcada principal, ocasionando cinco muertos y varios heridos (ZURITA, XIV, XXVII; LOSTAL DE TENA, 1858 y FALCON, 1981).
- 1438, Falcón recoge la noticia de que la reparación del percance reseñado duró tres años (1981).
- 1440, marzo, 5. Se notifica a los jurados de la ciudad que el puente estaba terminado; Gil el Menestral fue el artífice de esta culminación. Como faltaba la obra de la Puerta, se nombran estimadores (AMZ, Actos Comunes, 1440, cit. FALCON, 1981).
- 1442. Noticias sobre el puente de barcas: su acceso fue reparado en esta fecha, limpiándolo de escombros y tierra acumulados en el mismo (Cit. FALCON, 1981, tomándolo de LEDESMA, 1969).
- 1443, en las Cortes celebradas ese año, se asignó una cantidad, deducible de la Generalidades, para reparar las riberas del rio (ADZ, ms. 20, cit. LEDESMA, 1959). El obrero era Juan Mur.
- 1448. Finalizan las obras iniciadas en la fecha anterior, que evitaron la desviación del cauce del Ebro hacia el Arrabal (Cit. CANELLAS, 1976, sin referencia).
- Hacia 1461. Descripción de Zaragoza por Al-Himyari (Kitab ar-rawd al-Mi' tar): "Zaragoza posee un puente de notables dimensiones, que hay que cruzar para ir a la ciudad; ésta está provista de sólidas murallas y construcciones elevadas (ed. -

Zaragoza

GARCIA MERCADAL, 1952): "Zaragoza... corre junto a ella un gran río llamado el Ebro, que cuando se desborda causa daños en la ciudad y en algunas leguas alrededor, y tiene un largo puente de piedra...".

- 1468, los jurados, que estaban obligados a realizar visitas periódicas de inspección para velar por el buen estado de la obra, observan este año la necesidad de reparar las pilas, para lo que asignan cierta cantidad (AMZ, Actos Comunes de 1468; cit. FALCO, 1981). También entonces se acordó arrendar los pies del puente para la construcción en ellos de molinos necesarios a la ciudad (proyecto que figuraba en el original), estableciendo un estatuto (publ. FALCON, 1978). Subastados los pies, fueron asignados a vecinos que no llevaron a cabo las obras en el tiempo convenido (un año), por lo que se hubo de repetir, en 1472 estaban ya los seis molinos terminados y funcionando (Cfr. FALCON, 1981).
- 1469. Este año se giraron seis visitas a la obra del puente y, en una de ellas, se observó una grieta de más de dos palmos en la arcada entre los pies quinto y sexto ("toda la arquada desde el quinto piet fins el sexto piet fendida e rebacada de cabo a cabo, lo qual era grant danyo del dito puent...") y la ruina de los pilares, en que faltaban piedras; ante la necesidad de repararlo urgentemente, se nombró una comisión que elaborase un presupuesto. Se arreglaron los pies, pero nada se sabe de la arcada (AMZ, Actos Comunes de 1469; cit. FALCON, 1981).
- 1471, Se conserva también notica de la visita realizada ese año y de lo pagado al mantenedor del empedrado del puente; de ello se deduce que todo iba bien, pues no se mencionan reparaciones (AMZ, Actos Comunes, 1471; cit. FALCON, 1981).
- 1472, lo mismo que el año anterior, consignando la cantidad del erario municipal gastada en el almuerzo (AMZ, Actos Comunes, 1472).

Zaragoza

- 1492. La bibliografía se refiere a algunas obras complementarias llevadas a cabo por el maestro vasco Domingo Urruzola, pero sin dar detalles (ABBAD, 1957 y ALIERTA, 1972, sin referencia).

- 1494-95, Jerónimo Munzer (ed. GARCIA MERCADAL, 1952) describe así Zaragoza en su Viaje: "La preclara ciudad de Zaragoza (...) poblada en las riberas del río, que se atraviesa por un soberbio puente de siete elevados arcos bajo los cuales hay un gran molino construído por alemanes".

- 1524, Andrés Navagero (ed. GARCIA MERCADAL, 1952) habla de los ríos de la zona: "... el Gállego entra en el Ebro poco después del punto por donde se pasa, cerca de Zaragoza; más adelante, el Ebro tiene un hermoso puente de piedra para entrar en la -- ciudad".

- 1542, otro viajero, Gaspar Barreiros (Ed. GARCIA MERCADAL,1952) menciona el puente: "Esta ciudad es regada del rio Ebro... Pasase en esta ciudad por una puente de piedra, de la cual hacen mención Estrabón y Plinio (sic) ...y le corre el rio Ebro por la puerta, que pasan por una hermosa y alta puente de piedra".

- 1563. El flamenco Anton van der Wyngaerde dibujó a plumilla y coloreó con acuarela una hermosa perspectiva caballera de la - ciudad; desde el Arrabal, se ve el puente con sus siete arcos enteros y dos casetas colgadas, una entre los arcos primero y segundo desde el espectador, y otra entre el tercero y cuarto, quizá destinada al cobro de impuestos (Cfr. el estudio de FA-- TAS y BORRAS; 1974; hay edición facsimilar).

- 1581, mayo, 6. Escueta noticia de una crecida del río "con notabilísimo exceso" (Lumen Domus del convento de Predicadores; -- cit. GONZALEZ RODRIGO, 1980).

- 1585, Enrique Cock (ed. GARCIA MERCADAL, 1952) conserva la imagen literaria del puente entero y el hundimiento del de madera en el río Gállego.

Zaragoza

- 1588. Se refieren a este fecha las noticas constructivas sobre la reparación de los pilares por Johan Ingles, arquitecto, al asentamiento de los arcos, etc. (AMZ, ms. 47, publ. HERRANZ, - 1887 y cit. DEL ARCO, 1947).

- 1591. Como consecuencia de las denominadas "Alteraciones de -- Aragón", Alfonso Vargas, consejero del rey Felipe II, le escribía enviándole un esquemático plano de la ciudad y una descripción: El rio (Ebro) está cruzado por dos puentes, el de piedra y el de madera, y en el centro, a la derecha, se ve una isla.." (Cit. GONZALEZ RODRIGO, 1980).

- 1603-1604. El Viaje por España de Bartolomé Joly (Ed. GARCIA - MERCADAL, 1959) conserva esta visión de la ciudad: "Zaragoza... y el hermoso puente de piedra sobre el mencionado Ebro (...), con su gran puente de piedra sobre el Ebro, levantado desde hace poco por un francés (sic)".

- 1610-1611. En este intervalo, el geógrafo portugués J.B. Labaña recorre el Reino de Aragón para realizar el informe encargado por la Diputación (Itinerario del Reino de Aragón; ed. GARCIA MERCADAL, 1959 y, en portugués, en Zaragoza, 1895). Atribuye al puente de Zaragoza las famosas citas de Estrabón y Plinio aunque añade: "pero no es el que hay hoy, pues no parece resto de antiguedad romano" y, más adelante, "Ebro... atraviésanlo - dos puentes, uno de piedra, del que los antiguos hicieron mención pero no tiene nada de aquella antiguedad, y otro de madera sobre pilastras de piedra".

- 1616, Murillo, en una obra sobre Zaragoza editada en esa fecha, recoge las anteriores descripciones (fines siglo XVI) de Ludovico Mono y Marineo Sículo; el primero dice: "...ac ponte, habet egregii operis, quo Iberus transitur"; del segundo no conserva la cita. El autor dice: "No es edificio de los muy antiguos, -- porque hasta el año de 1437 la puente, por donde se pasa el caudaloso Ebro, era de madera (...) la puente es de piedra, tiene más de quatro cientos y cincuenta passos de larga, diez y seys de ancha; y los arcos por donde se passa el Rio, tan altos y -- tan capaces, que casi por cada uno de los más dellos puede pa-- ssar un gran Rio (...) Atendióse en la fabrica della mas a la -

Zaragoza

fortaleza, que a la gallardia (...) aunque a los dos lados de la entrada de la Ciudad tiene dos hermosos, y suntuosos edificios, que hermosean mucho la puente".

- 1639. Fecha de edición de un estudio de Luis LOPEZ que incluye la historia de la variación del curso del rio, que antes iba contra la ciudad, fuera del puente de piedra, y noticias de restos en el Arrabal; por lo demás, errores históricos.

- 1643, febrero, 18. Una fortísima avenida del Ebro arrastró el puente de madera y, después, derribó los dos arcos de enmedio del de piedra (P. Fernández Marco, Lumen Domus del convento de Predicadores; cit. GONZALEZ RODRIGO, 1980; DEL ARCO, 1941 y BLASCO IJAZO, 1959, quien da una fecha anterior en un año, 1642). Esta crecida es importante por cuanto se nos ha conservado un interesante documento gráfico de los efectos de la misma: el lienzo titulado "Vista de Zaragoza" pintado conjuntamente por Velázquez y su yerno, J.B. Martínez del Mazo. Este último pintor acompañó a Felipe IV y a su hijo, Baltasar Carlos, en la visita que hicieron a la ciudad en 1645, tomando entonces los apuntes pertinentes para la ejecución, llevada a cabo en Madrid (Cfr. LORENTE, 1960; DEL ARCO, 1947; JUSTI, 1953). De la ruina del de piedra, surgió la idea de renovar el de madera, que inauguró el rey en 1644.

- Hacia 1645. De esta fecha data una versión diferente de la "Vista de Zaragoza" (colección particular. Madrid), debida exclusivamente al pincel de del Mazo. Muy similares en su concepción, esta obra muestra la particularidad de que el puente está entero, según PEREZ SANCHEZ, BUENDIA Y MORALES (1982) "idealmente reconstruído" por imposiciones formales, ya que pretende mostrar la comitiva regia entrando en la ciudad por el puente de piedra; añaden "este mismo espíritu idealizante que falsea la descripción de la arquitectura del puente envuelve la perspectiva general desde las negras tonalidades del cielo."

Zaragoza

- 1647. Fecha que muestra la versión de ambos pintores (Museo del Prado, Madrid, nº 889 del catálogo; su estudio ha provocado una bibliografía reseñada más arriba).

- 1659. Se cita este año como el de las obras de reconstrucción del puente, afectado por la riada citada. Fueron llevadas a cabo por el arquitecto rosellonés Felipe de Busignac. DEL ARCO lo cita en todas sus obras sobre el tema (1941, 1947 etc.), pero sin dar referencia documental alguna; la GUIA de Zaragoza (1860) da la nómina de los gastos, que asciende a más de 500 libras jaquesas; BELTRAN 91976) opina que esta reconstrucción dejó la obra como ahora la vemos en sus líneas generales, por lo que es posible pensar que los tajamares daten de entonces. ABBAD (1957) apunta que este arquitecto trabajaba en la torre de La Seo. Investigadores del Departamento de Historia del ARte de la Facultad de Letras nos han comunicado oralmente que están trabajando en el Archivo de Protocolos de la ciudad sobre datos de recibos por gastos de piedra entre 1657 y 1660.

- 1660. Un viajero anónimo (ed. GARCIA MERCADAL, 1959), al pasar por Zaragoza, nos muestra el puente entero de nuevo. "El Ebro, que pasa a lo largo de esa ciudad, es ya bastante grande, lleva buenos barcos y tiene dos puentes, el uno de piedra y el otro de madera".

- 1667. Viaje de Rodrigo Méndez Silva, que dice de Zaragoza: "Está rodeada de ríos, ceñida de fuerte muros, vistosas torres, cuatro puertas, dos famosos puentes..." (cit. GONZALEZ RODRIGO, 1980).

- 1668, Cosme de Médicis viajó por la Península ese año y el siguiente; aunque su texto nada dice del puente de piedra, se conservan una serie de acuarelas de Pier Maria Baldi con vistas de ciudades (ed. HORNO LIRIA, 1951, parcial; se reproduce también en la edición de 1947 de la obra de ASSO, de 1798). El puente, con una perpestiva algo forzada, tiene un aspecto general muy estilizado, pero se advierten la pervivencia de las dos casetas que dibujó Wyngaerde.

Zaragoza

- 1672. Aunque según el editor se trata de un viaje ficticio, A. Jouvin tiene un texto de esta fecha sobre Zaragoza (ed. GARCIA MERCADAL, 1959): "Hay dos puentes sobre el rio Ebro, uno de madera y uno de piedra, que sirven para pasar de la ciudad a un gran arrabal. No he visto puente tan hermoso como el de piedra, sobre el cual nos paseamos algunas veces, estando todo él pavimentado de hermosas y anchas losas, para gozar de la vista del rio, icapaz de llevar barcos a causa de las rocas y de los saltos de agua que hay en el medio de su curso".

- 1679-81. Madame d'Aulnoy estuvo en Zaragoza por esos años y cita el "puente magnífico" (ed. GARCIA MERCADAL, 1959).

- 1705. De esta fecha se conserva un interesante documento impreso (CAPITULACION...), que contiene la Concordia entre las autoridades municipales y Gerónimo de Osset con respecto a las obras y reparaciones en las riberas del Ebro, construcción de un pretil desde el puente hasta el convento de Santo Domingo, tres bajadas al río etc.; se le dan siete años de plazo y se financia el proyecto con el producto del impuesto de la sisa.

- 1710. Grabado inglés de la Batalla de Zaragoza, durante la Guerra de Sucesión (colección Almarza-Laguna de Rins, Zaragoza; ed. BORRAS, 1972), esquemático, muestra el puente en planta, con dos machones triangulares a ambos lados.

- 1713. Noticia, sin referencia documental, de la quema del puente de madera (DEL ARCO, 1941; ASSO, 1798; BLASCO IJAZO, 1959).

- 1729. Un resumen de las novedades y gastos habidos en el asunto entre el Municipio y Gerónimo Osset, escrito por L. VIDAL. Afecta a las obras del pretil y arreglo de las arcadas del puente. Ambos documentos (éste y el de 1705) contienen interesantes datos sobre las técnicas constructivas y los precios de materiales.

Zaragoza

- 1765. Transcripción (anónima) del balance económico de las finanzas municipales en ese año (publ. 1959), en que se citan también los propios de la ciudad, entre los que se encuentra el puente, arbitrios, rentas que producen y gastos que ocasionan.
- 1769. Plano de Zaragoza, de Casanova, que muestra la planta del puente con sus tajamares (varias ediciones y reproducciones).
- 1775. Un accidente es fuente indirecta de información sobre la "furiosa avenida del Ebro" acaecida en esa fecha (LOPEZ GONZALEZ, 1977; referencia a Casamayor, T. I, pp. 76 y 84).
- 1788. Relato de Antonio PONZ: "Los puentes de dichos ríos son, primeramente, el magnífico de piedra de siete ojos sobre el Ebro. Según una inscripción que sobre él se lee al pie de una cruz, se hizo en el año de 1437, y se reparó en el de 1659... La arcada mayor del puente tiene quarenta y ocho varas de diámetro". También cita la posesión (señorío) por parte del puente de algunas localidades vecinas, cuyas rentas se seguían destinando a subvenir las necesidades de la obra y mantenimiento. Más abajo, precisa que necesita algún arreglo, sobre todo en la zona tocante al Arrabal, pues el río estaba variando su curso y dejando en seco ese lugar; según parece, se había empezado ya a aportar piedra para las reparaciones, pero no se llevaban a efecto.
- 1789. En octubre se finalizó la obra de empedrado del paseo entre el Ebro y el Pilar (cit. LOPEZ GONZALEZ, 1977, de Casamayor, T. I, pp. 61 y 118) y, más tarde, se dio termino al pretil del Ebro, que iba desde el puente de piedra hasta San Lázaro (Ibidem), realizado por el arquitecto Agustín Sanz a cargo de la Real Hacienda, y cuya finalidad era prevenir las inundaciones de la ciudad en caso de avenida.
- 1801. Una avenida del río se lleva el puente de tablas, al parecer, definitivamente (DEL ARCO, 1941, quien señala que fue mayor que la de 1775).

Zaragoza

- 1805, gran crecida, sin más, reseña Blasco Ijazo (1959). De la misma fecha, grabado de Laborde, que muestra un arco con cim-- brado de madera (publ. FERNANDEZ CASADO, 1980).
- 1813. El ejército francés, en su retirada de la ciudad, procede a la voladura del último arco del puente, el que linda con la orilla del Arrabal (GUIA de Zaragoza, que da la fecha de -- 1814-1860-; DEL ARCO, 1941; BLASCO IJAZO, 1959; ABBAD, 1957). Parece ser que, inmediatamente, el general español al mando de la plaza ordenó que artífices locales procedieran a su reparación para facilitar el paso de las tropas, como se hizo.
- 1817. El puente ofrece pocas garantías y se ordena su reconocimiento (ALIERTA, 1972, sin referencia).
- 1820, octubre, 4. Los vecinos que trabajaban en las obras arriba citadas se quedaron sin empleo y promovieron un alboroto -- (ALIERTA, 1972, Actas Municipales).
- 1821, junio, 21. Decreto de las Cortes que declaran libres del pago del pontazgo a los vecinos de la ciudad, atendiéndose también a la situación del arrendador del Puente (ALIERTA, 1972).
- 1823. Grabado de Locker: muestra recompuesto con madera el arco volado por los franceses; tajamares irreales (publ. FERNANDEZ CASADO, 1980).
- 1829-30. Se registraron dos grandes crecidas de las aguas del Ebro. En el último año, el Huerva llegó a detener el curso del Ebro en la zona en que desemboca (algo más abajo del puente) - (BLASCO IJAZO, 1959, sin referencia).
- 1852. De este año data Ximénez de Embún (1901) el último empréstito solicitado por el Ayuntamiento para la reparación del puente.
- 1854. Fecha que aparece sobre la clave del arco quinto (cuarto a la vista; posiblemente responda a la gestión a que se refiere la noticia anterior. Visión directa (FERNANDEZ CASADO).

Zaragoza

- 1860, la GUIA de Zaragoza editada ese año describe así el puente: "Consta de siete arcos, casi iguales, y de los cuales el mayor, que ocupa el centro, tiene cuarenta y ocho varas de diámetro y ciento doce pies de longitud". (No es cierto pues el mayor es el tercero de los visibles).
- 1871, gran riada. Blasco Ijazo (1959) dice "como ésta, ninguna".
- 1902 junio, 10. La Gaceta Oficial publica una disposición por la cual el puente, su mantenimiento, etc. correrá, en adelante, a cargo del Estado (cit. ALIERTA, 1972).
- 1906 julio, 7. Se aprueba el proyecto del ensanche; no se aumentó la calzada, que mantenía 8,65 m. de anchura. Los pretiles son sustituídos por barandillas metálicas que permiten ganar 1,5 m. por medio de unos voladizos. Este espacio se reserva al tránsito de peatones. (ALIERTA, 1972).
- 1908. Se empiezan las obras para quitar los pretiles colocados en 1705-1729. Desaparecen también los leones, colocados cuando la reforma de Felipe de Busignac, dos hacia el lado de la ciudad y otros dos mirando al Arrabl (ALIERTA, 1972).
- 1917. Se procede al adoquinado de la calzada y aceras. Dirige el proyecto D. José Yarza, arquitecto municipal. El puente ha pasado a ser un asunto propio del Ayuntamiento (ALIERTA, 1972).

Una medición,realizada en 1972, da un largo de 224,73 m. y 12,10 de ancho (Cfr. ALIERTA, 1972, que ofrece más datos).

Zaragoza

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ABBAD RIOS, F. (1957) Catálogo Monumental de España. Zaragoza. Madrid.

- AL-HIMYARI, Kitad ar-rawd al-Mi'tar. Traduc. Mª Pilar MAESTRO GONZALEZ. Valencia, 1963.

- ALIERTA PERELA, C. (1972) Historia del Puente de Piedra. Zaragoza.

- ANONIMO (1951) Reglamento de las cargas y gastos, que se deberán satisfacer del caudal de propios, y arbitrios de la ciudad de Zaragoza. Año 1765. Zaragoza

- ARCO, R. DEL (1863) Descripción de Zaragoza, de las calles y plazas. Zaragoza.

- ID. (1941) Efemérides Zaragozanas. Zaragoza.

- ID (1947) "En el tricentenarios de la Vista de Zaragoza de Velazquez y Mazo" en Hispania VII (1947), pp. 417-461.

- ASSO, I.J. de (1798) Historia de la Economía Política de Aragón (prólogo e indices por J.M. CASAS TORRES. Zaragoza, 1947).

- BELTRAN, A.; LACARRA, J.Mª.; CANELLAS, A. (1976) Historia de Zaragoza. I, Edades Antigua y Media. Zaragoza

- BLASCO, c. (1890) Memorias de Zaragoza. Zaragoza.

- ID. (1882) Historia de Zaragoza. Zaragoza

- BLASCO IJAZO, J. (1959) Las avenidas del Ebro con un estudio de los puentes de este famoso río (1261-1959). Zaragoza

- BORRAS, G.M. (1972) La Guerra de Sucesión en Zaragoza. Zaragoza.

- CANELLAS, A. (1972) Colección Diplomática del Concejo de Zaragoza (1119-1285). Zaragoza; tomo I.

- ID (1975) Misma obra. tomo II.

- ID (1976) Historia de Zaragoza, I. Zaragoza.

- CAPITULACION y concorcia pactada...entre...la junta de la Sissa y Gerónimo de Osset...en razón de las fábricas y reparos pertenecientes a resguardar la ciudad de...las avenidas del Ebro y mantener el puente de piedra. Zaragoza, 1705.

- FALCON, Mª I. (1978) La organización municipal de Zaragoza en el siglo XV. Zaragoza.

Zaragoza

- FALCON, Mª I. (1981) Zaragoza en el siglo XV. Morfología urbana, huertas y término municipal. Zaragoza

- FATAS, G. y BORRAS, G.M. (1974) Zaragoza, 1563. Presentación y estudio de una vista panorámica inédita. Zaragoza.

- FATAS, G. (1977) "Para una biografía de las murallas y puente de piedras de Zaragoza según las fuentes escritas hasta 1285" en Homenaje a D. José Mª Lacarra y De Miguel en su jubilación de profesorado. T. II, pp. 305-328. Zaragoza.

- FERNANDEZ CASADO, C. (1980) Historia del puente en España. - - Puentes romanos. Madrid

- GARCIA MERCADAL, J. (1952) Viajes de extranjeros por España y Portugal, T. I, hasta fines del siglo XVI. Madrid.

- ID (1959) T. II, el siglo XVII. Madrid

- ID (1962), T. III, el siglo XVIII. Madrid.

- GIMENEZ SOLER, A. (1923) "El problema de la variación del clima en la cuenca del Ebro" en Memorias de la Facultad de Filosofía y Letras, I, pp. 1-131. Zaragoza.

- GONZALEZ RODRIGO, L. (1980) Luz, sobre el origen del puente de piedra y la fundación de Zaragoza. Zaragoza.

- GUIA (1860). ----de Zaragoza, o sea, breve noticia de las antiguedades, establecimientos públicos, oficina y edificios que - contiene. Zaragoza.

- HERRANZ Y LAIN, C. (1887) Fábrica del puente de piedras de Zaragoza. Zaragoza

- HORNO LIRIA, R. (1951) Viaje de Cosme de Médicis por España y Portugal (1668-1669) (Fragmentos de un diario). Zaragoza.

- HUICI MIRANDA, A. (1963) "Nuevas aportaciones de "Al-Bayan al--Mugrib" sobre los almorávides" en Al-Andalus, XXVIII (1963), pp. 313-330.

- IBN IDARI, Al-Bayan al-Mugrib (Traducc. HUICI). Vamecia, 1963.

- JUSTI, C. (1953) Velázquez y su siglo. Madrid.

- LABAÑA, J.B. Itinerario del Reino de Aragón, 1610-1611. Zaragoza, 1895.

- LACARRA, J.Mª (1976) Historia de Zaragoza, I. Zaragoza.

- LEDESMA, Mª L. (1959) "Aportación al estudio del Ebro a su paso por Zaragoza: el puente de piedra" en IV Congreso Historia de la Corona de Aragón, T. I, pp. 325-336. Palma de Mallorca, 1959.

Zaragoza

- LEDESMA, Mª L. (1969) La Hacienda municipal en 1442 en Homenaje al Dr. Canellas.

- LOPEZ, L. (1639) Tropheos y antiguedades de la imperial ciudad de Zaragoza. Barcelona.

- LOPEZ GONZALEZ, J-J. (1977) La ciudad de Zaragoza a finales del siglo XVIII (1782-1792). Zaragoza.

- LORENTE JUNQUERA, M. (1960) "La "Vista de Zaragoza" por Velázquez y Mazo" en Archivo Español de Arte, nº 130-131, pp.183-189. Madrid.

- LORENZO PARDO (1931) La conquista del Ebro. Zaragoza.

- LOSTAL DE TENA, J, (1858) Zaragoza histórica y descriptiva, o sea, tradiciones históricas y descripción de monumentos. Zaragoza.

- MURILLO, fr. D. de (1616) Excellencias de la imperial ciudad de Çaragoça. Barcelona.

- PEREZ SANCHEZ, A.A.; BUENDIA, J.R.; MORALES MARIN, J.L. (1982) Catálogo de la exposición "Jusepe Martínez y su tiempo". Zaragoza.

- PONZ, A. (1788) Viage de España. Tomo XV, trata de Aragón. Madrid.

- VIDAL, L. (1729) Resumen de las capitulaciones hechas en el año de 1705 para la erección del pretil, desde el puente de piedra... Zaragoza.

- XIMENEZ DE EMBUN (1901) Descripción histórica de la antigua Zaragoza y de sus términos municipales. Zaragoza.

- ZURITA, J. Anales de la Corona de Aragón (ed. de A. CANELLAS), vol 4, libros VIII, IX y X. Zaragoza, 1973; vol. 6, libros XIV y XV. Zaragoza, 1975.

Zaragoza

INFORME DE CIMENTACIONES

ANEJO Nº 2

- Estudio de cimentaciones.

Zaragoza

PROPUESTA DE ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL DE LA CIMENTACION DEL PUENTE DE PIEDRA (Zaragoza).

1.- INTRODUCCION

Como parte del estudio de restauración del Puente de Piedra, que cruza el río Ebro a la altura de la plaza del Pilar, en Zaragoza, se plantea el estudio del estado actual de su cimentación.

En relación con la cimentación del Puente se presentan "a priori" dos circunstancias favorables:

a) - El peso propio de la estructura es muy elevado en comparación con las sobrecargas de servicio. Estas últimas, por otro lado, no serán mayores que las que ha tenido anteriormente, pues el puente ha llegado a tener tres carriles de circulación y no se preveen en el futuro más de dos carriles.

b) - El estado actual visible de la estructura es bueno, apreciándose tan sólo algunos agrietamientos, generalmente localizados en la unión de los tambores de aguas abajo con el cuerpo del puente, y que parecen corresponder a una cierta tendencia al asentamiento de la cimentación en la zona de mayor turbulencia de las aguas del río.

Se considera, sin embargo, que, para realizar una restauración completa del puente es necesario conocer el estado de la cimentación, para decidir si es satisfactorio, o es necesario un recalce.

La presente propuesta hace referencia a la naturaleza que, en base a la información disponible, cabe suponer en el terreno de apoyo del Puente y al previsible --

Zaragoza

sistema de cimentación adoptado (y, posiblemente, sucesivamente modificado en el tiempo), para finalizar recomendando un sistema de exploración del subsuelo que, en base a tales condiciones, permita obtener datos significativos sobre las características actuales del terreno de apoyo del Puente, así como la conveniencia de su mejora y, en esta eventualidad, el procedimiento y extensión de tratamientos más idóneos.

2.- NATURALEZA DEL TERRENO EN LA ZONA DE APOYO DEL PUENTE DE PIEDRA.

En principio el perfil estratigráfico del subsuelo corresponde a fuertes espesores de aluvial del río, constituído por bolos y gravas con proporciones variables de arena y finos arcillo-limosos, y un substrato de arcillas y margas yesíferas.

Según información verbal, aguas abajo del Puente existen "hoyas" importantes, con profundidades del orden de 25 m., que ponen de manifiesto el importante espesor de acarreos.

Por otra parte, en el reconocimiento efectuado para el Puente sobre el Ebro, en Castejón, se detectaron espesores de aluvial de más de 35 m., si bien, hacia los 15 metros, aparecía una intercalación, de unos 5 m. de espesor, de limos arcillosos consolidados que parecía representar un episodio de transgresión (avance del mar) entre dos regresiones (representadas por el aluvial grueso), todo ello de época posterior al Terciario.

Como resultados de sondeos realizados en el Ebro a su paso por Zaragoza, se dispone de los de la campaña que, en los años 1934-35, llevó a cabo la Confederación Hidrográfica del Ebro, para el estudio de la cimentación de las obras de defensa de la margen izquierda. Se ejecutaron

Zaragoza

16 sondeos en la margen izquierda del río, 14 emplazados en la orilla y los dos restantes internados unos 300 a 400 m., al objeto de conocer las variaciones de profundidad al substrato terciario, tanto a lo largo del río, como transversalmente al mismo. De entre los sondeos de orilla del río, el designado como S-5 (de cota de boca +192,07) y el designado como S-6 (de cota de boca +190,32) son los más próximos al Puente de Piedra, estando emplazados, respectivamente, unos 25 m. aguas arriba y unos 100 m. aguas abajo del Puente. Los datos aportados por estos sondeos confirman las previsiones iniciales. Así, en S-5, a 35,90 m. de profundidad, máxima alcanzada (cota + 156,17), no se ha llegado al substrato terciario; entre 25,85 y 35,29 m. de profundidad (cotas +166,22 a +156,78) se describe una intercalación arcillo-arenosa compacta "de gran consistencia, pero de depósito moderno como lo atestiguan las arenas y la ausencia de yeso", similar, aunque de mayor espesor que la intercalación referida en el emplazamiento del nuevo Puente sobre el Ebro en Castejón. El techo de dicha intercalación arcillo-arenosa parece constituir el fondo de las importantes "hoyas" existentes aguas abajo del puente de Piedra. Por otra parte, el sondeo S-6, más alejado del Puente de Piedra, que alcanzó 26,29 m. de profundidad (cota +164,03) no llegó tampoco al substrato terciario. En este emplazamiento no se señala la intercalación arcillosa, si bien el terreno descrito entre 21,98 y 26,29 metros como "arenas muy compactas" aparece exento de la fracción granular más gruesa (gravas y bolos) y, consecuentemente, tanto su granulometría como su compacidad bastante sistemática parecen apuntar hacia un modo de deposición diferente del de los acarreos gruesos normales del río (en apariencia aguas más tranquilas).

Zaragoza

Como balance del referido estudio de la margen izquierda del Ebro en Zaragoza, se reconoce que la longitud de los sondeos ejecutados resulta "escasa para poder determinar por completo la configuración del terreno firme" (terreno terciario). Sin embargo, en base a los datos obtenidos se ha podido trazar aproximadamente las curvas de nivel +165, +175 y +185 del techo del substrato terciario (superficie de contacto entre los acarreos y las arcillas y margas yesíferas). Se obtiene así "para el primitivo alveo del río, un fuerte meandro cuyos ángulos interiores son, el estribo" (lado margen izquierda) "del puente del ferrocarril, el sondeo S-3" (situado en margen izquierda aproximadamente equidistante entre el puente del ferrocarril y el Puente de Piedra) "y los sondeos S-7 y S-8". Estos últimos sondeos marcan el ascenso del substrato terciario hacia el emplazamiento del Puente del Pilar. El sondeo S-8, ejecutado desde este último puente encuentra el Terciario a tan sólo 9,24 m. de profundidad.

3.- POSIBLE SISTEMA DE CIMENTACION DEL PUENTE.

En base a las técnicas empleadas para cimentar obras similares al Puente de Piedra, cabe pensar que en los emplazamientos de las pilas se efectuó la hinca de troncos de árboles, a modo de grupos de pilotes de madera. De hecho, en zonas de los apoyos son visibles actualmente restos de los extremos superiores de algunos de estos troncos.

Lógicamente con el sistema anterior no es factible alcanzar el substrato firme terciario, por lo que ha de pensarse que los grupos de pilotes sirvieron para constituir unos "macizos" de aluvial, compactados por las hincas y trabados por los troncos, que han actuado a modo de zapatas semiprofundas.

Zaragoza

4.- RECOMENDACION DE ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL DE LA CIMENTACION

En base al sistema de cimentación del Puente, señalado en el apartado 3, el reconocimiento de su estado actual debe establecerse el grado de compacidad y la profundidad de los referidos "macizos" de aluvial, que trabaron los troncos de madera. tanto en la zona de aguas arriba del puente, como en la zona de aguas abajo, donde la turbulencia de las aguas es susceptible de irlos minando y reduciendo su estensión.

A estos efectos se plantea la ejecución de los trabajos en dos fases. En la primera se harán 4 sondeos de 40 m., distribuidos alternativamente lado aguas arriba y aguas abajo, en los dos estribos y 2 pilas. En estos sondeos se efectuarán pruebas de permeabilidad puntual cada 2 ó 3 m. de profundidad. Los resultados de ensayos S.P.T. son cuestionables, toda vez que la presencia de elementos gruesos en el aluvial (bolos y gravas) entorpece el paso de la puntaza, conduciendo a golpeos o rechazos no correlacionables con la compacidad real del terreno.

Los sondeos correspondientes a apoyos de pilas (2 sondeos) se revestirán con tubo de P.V.C. sellado a la perforación y se emplearán como sondeos de escucha, efectuándose otros dos sondeos que sirvan para la auscultación de la compacidad del terreno por el método del "cross-hole", disponiéndose cada sondeo de emisión a unos 2 a 3 m. del sondeo de escucha.

La segunda fase del estudio incluye una campaña igual a la anterior en el resto de las 4 pilas, sondeos de reconocimiento y "cross-hole". Junto a ellos se dispondrán otros dos puntos aguas arriba y abajo, en los tajamares del puente y a nivel del agua, que permitan reconocer la zona posible de socavación.

Zaragoza

Este estudio de compacidad del terreno de apoyo de las pilas aguas arriba y aguas abajo del Puente, permitirá establecer, eventualmente, la conveniencia de proceder a una mejora de su estado por medio de inyecciones armadas, así como el dimensionamiento más adecuado de la zona a tratar, si esta mejora fuera necesaria.

Zaragoza

INFORME GEOTÉCNICO

CARLOS FERNANDEZ CASADO, S. A.
OFICINA DE PROYECTOS

GRIJALBA, 9
TELEFS. 261 58 49
262 86 46
TELEX: 45640 CFC E

Documento nº 1

MEMORIA

CARLOS FERNANDEZ CASADO, S. A.
OFICINA DE PROYECTOS

GRIJALBA, 9
TELEFS. 261 58 49
262 86 46
TELEX: 45640 CFC E

I N D I C E

- MEMORIA
- ANEJO Nº 1 - Cálculos estructurales
- ANEJO Nº 2 - Ensayos cualitativos sobre la piedra de la estructura.
- ANEJO Nº 3 - Definición de nueva rasante
- ANEJO Nº 4 - Justificación de precios

PROYECTO DE RESTAURACION DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE DE PIEDRA DE ZARAGOZA

I N D I C E

	Pág.
I - PLANTEAMIENTO GENERAL DE LA RESTAURACION DEL PUENTE DE PIEDRA DE ZARAGOZA. CRITERIOS DE ACTUACION	1
I-1 ESTUDIO GEOTECNICO	2
I-2 ESTUDIO HIDRAULICO	3
I-3 ACTUACIONES EN LA SUPERESTRUCTURA ..	3
II - RESTAURACION DE LA SUPERESTRUCTURA. ACTUACIONES A REALIZAR	6
II-1 DEMOLICION DE LOS VOLADIZOS Y CONSTRUCCION DEL NUEVO PRETIL	6
II-2 UTILIZACION DEL PUENTE PARA EL PASO DE SERVICIOS	9
II-2-1 DESVIOS PROVISIONALES DE SERVICIOS Y ALOJAMIENTO DEFINITIVO EN LAS GALERIAS	10
II-2-2 RECTIFICACION DE RASANTE ...	10
II-3 IMPERMEABILIZACION Y REFUERZO DE -- LOS ARCOS	13
II-3-1 RELLENO DE LOS TIMPANOS	14
II-4 RESTAURACION DE LAS ANTIGUAS TORRES SITUADAS EN LOS ESPOLONES DE LAS PILAS 3 Y 5	15

.../...

Pág.

II-5 RESTAURACION DE LA SILLERIA DEL -- PUENTE 17

II-5-1 CONSTRUCCION DE NUEVOS PRETILES 17

II-5-2 REPOSICION DE SILLARES EN -- LOS PARAMENTOS DEL PUENTE .. 18

II-5-3 LIMPIEZA DE PARAMENTOS Y DE ZAMPEADOS DEL PUENTE 18

II-5-4 TRATAMIENTO DE CONSOLIDACION DE LA PIEDRA 20

II-5-4-1 ESTUDIOS REALIZADOS DE LA PIEDRA QUE -- COMPONE EL PUENTE.. 20

II-5-4-2 TRATAMIENTOS ADECUADOS A LA PIEDRA DE ESTE PUENTE 21

III - EJECUCION DE LAS OBRAS 23

III-1 PASARELA PROVISIONAL 23

III-2 SECUENCIA DE OBRAS 24

IV - MATERIALES A UTILIZAR 27

V - DOCUMENTOS DE QUE CONSTA ESTE PROYECTO.. 28

VI - PRESUPUESTO DE LA OBRA 29

---o0o---

PROYECTO DE RESTAURACION DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE DE PIEDRA DE ZARAGOZA

M E M O R I A

I - PLANTEAMIENTO GENERAL DE LA RESTAURACION DEL PUENTE DE PIEDRA DE ZARAGOZA. CRITERIOS DE ACTUACION.

El puente de Piedra de Zaragoza se encuentra en un estado que, sin ser alarmante, tiene problemas serios de conservación; esta situación, sumada a un interés de revalorización de un monumento de gran importancia en la ciudad y cuya fisonomía se encuentra actualmente muy deteriorada, llevó al Ayuntamiento de Zaragoza a establecer un plan de actuación para su estudio y restauración.

Este plan se inició con un estudio previo que permitiera conocer la situación actual del puente y las actuaciones que requería para dejarlo en un estado satisfactorio en todos los aspectos de la obra: a) como monumento histórico-artístico de importancia en la ciudad de Zaragoza, b) como estructura estable y en condiciones de durabilidad, c) como vía de comunicación que es el fin para el que se realizan los puentes.

En este estudio previo se realizó también una investigación documental lo mas exhaustiva posible para conocer su historia y todas las transformaciones que ha sufrido a lo largo del tiempo.

De este estudio se obtuvieron las siguientes conclusiones que han servido para plantear las siguientes actuaciones:

I-1 ESTUDIO GEOTECNICO

Es necesario realizar un estudio geotécnico mediante sondeos que permita conocer el estado actual de la cimentación para determinar si es necesario una actuación en la infraestructura o puede dejarse el puente en su situación actual.

A lo largo de la historia el puente ha sufrido varios hundimientos parciales en avenidas por problemas de insuficiencia de cimentación, pero en 1910 se aumentaron los zampeados de las pilas lo que es posible que sea una solución definitiva para las exigencias actuales, sin necesidad de obras adicionales.

Para determinar si la cimentación es suficiente o si hay necesidad de un refuerzo de la cimentación, se ha planteado un estudio geotécnico, mediante sondeos, que permita un conocimiento lo mas preciso posible de la situación actual.

I-2 ESTUDIO HIDRAULICO

Es necesario un estudio hidráulico del río a su paso por el puente para determinar su capacidad de desague para grandes avenidas, y fundamentalmente para determinar los niveles de socavación que pueden porducirse para las máximas avenidas previsibles. Este dato, sumado al estudio geotécnico, es fundamental para determinar si es necesaria una actuación de recalce en la infraestructura del puente.

Para este estudio es necesario obtener los perfiles del fondo del río en el entorno del puente.

I-3 ACTUACIONES EN LA SUPERESTRUCTURA

A este tema se refiere el presente proyecto de restauración de la superestructura del puente.

Las actuaciones en la superestructura que se planteaban en el estudio previo son las siguientes:

I - Demolición de los voladizos realizados en 1910 - dejando el puente en su ancho original con pretiles de piedra como tenía antes de la reforma.

III - Las antiguas torres que existian en las pilas cuatro y seis se derribaron parcialmente al hacer la ampliación de 1910, quedando unicamente - las zonas inferiores, sin ningún tipo de termina

ción; por ello es necesario dar una solución a - estas zonas que actualmente están en muy mal estado.

IV - El estado general de la piedra, que en algunas - zonas se encuentra muy deteriorada y en otras se han hecho reparaciones incluso con ladrillos o - con mortero de cemento. Por ello es necesario -- sustituir sillares de muchas áreas del puente, y reparaciones mas importantes en puntos aislados. Las más importantes son: Las antiguas torres y - el tajamar de pila ocho.

V - La vegetación que existe sobre las cimentaciones, y que en algunos casos nace en el cuerpo del puente. En principio parece conveniente suprimir esta vegetación, localizandolas a zonas que se preparen adecuadamente para ello, para evitar que deteriore las cimentaciones y la sillería del puente.

VI - El estado general del relleno de los tímpanos, - de los servicios existentes, y estudiar un sistema de impermeabilización, drenaje y desague del puente para evitar al máximo las filtraciones en el interior del relleno.

VII - El arco y la pila que actualmente se encuentran enterrados. Sobre esta pila existe un arquillo - cuyas dovelas se ven parcialmente fuera del muro. Será conveniente estudiar las posibilidades de - dejar al descubierto total o parcialmente estos elementos.

VIII- El tráfico en el puente que actualmente es muy - intenso, tanto de vehículos como de peatones. Se preven dos fases: una primera fase con dos carriles para vehículos y una acera para peatones, - análoga a la existente actualmente.

En una segunda fase se pasaría a un solo carril para transporte público y dos aceras para - peatones.

IX - Supresión de las casetas e instalaciones del limnigrafo de la Comisaría de Aguas del Ebro situados sobre el tambor aguas arriba de pila dos.

X - Estudio estructural de los arcos y de las tensiones transmitidas al terreno.

Estos problemas planteados en el estudio previo - son los que se han desarrollado en este proyecto para llevar a efecto la restauración del puente.

II - RESTAURACION DE LA SUPERESTRUCTURA. ACTUACIONES A REALIZAR.

Las actuaciones a realizar según se indica en el apartado anterior son las siguientes:

II-1 DEMOLICION DE LOS VOLADIZOS Y CONSTRUCCION DEL - NUEVO PRETIL.

Los voladizos, realizados en 1910, están formados por losas de hormigón apoyadas en su borde exterior mediante tornapuntas metálicas oblicuas ancladas en la - piedra. El tiro que se produce en la losa de hormigón se compensa con el del paramento opuesto mediante tirantes formados por flejes metálicos situados bajo la calzada del puente. Debido al mal estado de estos voladizos están cerrados al tráfico desde hace varios meses, y su demolición es inevitable.

Planteada su demolición se presentan dos alternativas: a) rehacer los voladizos conservando el ancho - actual, o b) rehacer los pretiles anteriores al ensanche recuperando el ancho original del puente.

El ancho total de la plataforma, incluidos los voladizos, es de 12 m. (9,50 el ancho del puente original mas un voladizo de 1,25 a cada lado); las aceras son - de 1,68 por lo que la calzada tiene 8,64 m., excesiva para dos carriles y escasa para tres.

En la situación actual el puente se utiliza para tráfico urbano, habiendo pertido su carácter de paso - fundamental en las comunicaciones Españolas, como se - indicaba en el estudio previo; el tráfico circula en - un solo sentido, complementandose con el puente del Pilar cuyo tráfico circula en sentido contrario. Existe también en el puente un tráfico de peatones intenso y por tanto es necesario prever una acera amplia.

Esta situación de tráfico descrita no se considera definitiva según el planeamiento de la ciudad, que preve un puente aguas abajo y la modificación del puente de Almozara aguas arriba, lo que mejorará considerablemente la comunicación entre ambas margenes, hoy en día muy escasa. Con este aumento de las comunicaciones entre ambas margenes se preve dejar el puente de piedra unicamente para vehículos públicos con un solo carril de tráfico rodado y el resto de la plataforma para uso peatonal.

Por ello, se ha decidido reconstruir el puente -- con su ancho original de 9,50 m. y pretiles de 0,30 m. lo que deja una plataforma útil de 9,80 m.

Esta se ha repartido de la siguiente forma:

Dos carriles de 3 m. para tráfico rodado; el an-- cho de 3 m. por carril es suficiente para una vía urbana de tráfico lento como ésta.

Una acera útil de 2,30 en el lado aguas arriba, y una acera no utilizable de 0,50 en el lado aguas abajo para evitar el efecto pared que pueda producir el pretil en los vehículos.

De esta forma pueden resolverse las necesidades del tráfico actual con el ancho primitivo del puente, y aunque el tráfico peatonal y el rodado están un poco escasos, hay que considerar que es una situación transitoria y mejorará en el momento en que el puente se utilice exclusivamente para transporte público y tráfico peatonal.

En el estudio previo se había planteado realizar una cornisa bajo el pretil que permitiera ampliar la plataforma 0,20 m. a cada lado. Esta cornisa servía además de separación entre la obra original y la obra nueva. Pero al desmontar los voladizos es necesario rehacer la parte superior de los paramentos afectados por las tornapuntas de los voladizos de hormigón y por tanto esa separación no es real; el ancho que se gana es mínimo, y sobre todo se introduce un elemento formal en el puente que nunca ha tenido, y que no es propio de un puente de las características de éste.

Por todo ello se ha decidido prolongar el paramento en su mismo plano hasta el remate de los pretiles recuperando la fisonomía del puente original.

Los tambores que coronan los tajamares y los espolones formaban parte originalmente de la plataforma -- del puente. En las obras de 1910 se dejaron inexplicablemente inaccesibles al pasar la barandilla por delante de ellos.

Al realizar la restauración deben elevarse los - pretiles en ellos a la misma altura que en el resto del puente, incorporandose a las aceras del puente y dandoles el mismo tratamiento que a ellas para que de esta forma sean utilizables por los peatones.

II-2 UTILIZACION DEL PUENTE PARA EL PASO DE SERVICIOS

El puente de piedra ha sido la principal comunicación entre ambas márgenes y por tanto se ha utilizado para el paso de la mayoría de los servicios urbanos -- que necesitaban cruzar el río.

Una investigación realizada por el Ayuntamiento para suprimir al máximo los servicios que pasaran por el puente ha dado como resultado que no solo no es posible suprimir estos servicios, sino que es necesario preveer espacio para otros nuevos, que no tienen otra alternativa de paso.

Las catas realizadas por el Ayuntamiento y el perfil de la rasante, situan la profundidad a que se en-- cuentran los arcos y el espacio disponible para los -

servicios que es insuficiente para las previsiones existestes; este problema se plantea fundamentalmente en - el paso sobre el arco 4 que define el punto mas alto de la rasante.

II-2-1 DESVIOS PROVISIONALES DE SERVICIOS Y ALOJAMIENTO DEFINITIVO EN LAS GALERIAS.

Para realizar la obra de vaciado de rellenos y refuerzo de arcos será necesario retirar los servicios de su posición actual. Para ello, y para el paso de -- peatones durante la ejecución de la obra, se ha previsto la colocación de una pasarela apoyada en los tambores de aguas arriba donde podrán alojarse los servicios que no puedan suprimirse durante la ejecución de la -- obra.

Dada la complejidad de servicios existentes no se han estudiado ni valorado los desvios provisionales y colocación definitiva de ellos, que tendrá que realizar cada una de las compañías afectadas.

II-2-2 RECTIFICACION DE RASANTE

La insuficiencia de espacio para servicios en - la clave del arco 3 obliga a una rectificación de la - rasante del puente; este es un problema muy delicado, pues es uno de los mas determinantes de la forma y fisonomía del puente.

Los puentes históricos en una proporción muy grande, y casi podríamos decir que todos los que se encuentran en servicio, han sufrido rectificaciones de rasante, al suavizar o suprimir totalmente la doble pendiente (lomo de asno) que en la mayoría de los casos existía. En muchos casos esta rectificación de rasante cambia sustancialmente su fisonomía perdiendo el puente su composición original.

El puente de Piedra de Zaragoza ha sufrido ya una rectificación de rasante en sus extremos, pues las cotas finales del puente se elevaron al hacer los muros de ribera.

Por este motivo el puente tiene pendiente variable, es decir, en las proximidades del arco tres, en cuya clave se situa el vértice del puente, las pendientes son mayores, suavizandose hacia los extremos mediante un recrecido de tímpanos; la rasante original tenía probablemente pendiente constante hacia ambos lados.

Al levantar la rasante sobre el arco 4 para alojar los servicios puede volverse a una pendiente constante hacia ambos lados, sin aumentar las pendientes máximas, que se encontraban en el entorno del arco tres.

La rasante sobre el arco tres ha sufrido rectificaciones, pues este arco, el mayor de todo el puente, tiene dos roscas superpuestas. En la situación actual la rasante está por debajo de la segunda rosca, y por tanto ésta ha sido desmontada en la zona de clave.

En el estudio previo se indicaba la conveniencia de elevar la rasante en la clave del arco tres para recuperar la segunda rosca de este arco. Esta elevación que se recomendaba por razones puramente formales era muy poco menor que la que exige la nueva galería.

Al no resultar necesaria estructuralmente esta segunda rosca, puede rehacerse unicamente en los paramentos, ganando su altura para alojar la galería de servicios, por lo que el recrecido aparente sobre la clave es bastante menor que la altura de la galería y por tanto no produce una excesiva masa aparente sobre el arco.

El acuerdo circular del perfil longitudinal que está situado sobre el arco tres, se ha reducido al máximo, dentro de las limitaciones que permite el tráfico, para darle al puente una fisonomía mas apuntada, como originalmente tienen todos los puentes de estas características; para acentuar este apuntamiento el acuerdo en el borde del pretil se ha hecho mas reducido que el de la calzada, dandole altura variable en es

ta zona; esta variación es del orden de 0,20 m. que no produce ningún efecto extraño desde el interior del -- puente y en cambio permite una fisonomía exterior mas próxima a la original.

II-3 IMPERMEABILIZACION Y REFUERZO DE LOS ARCOS

Las bóvedas de los arcos se encuentran en general en buen estado, aunque existen zonas muy localizadas - en que se han producido deterioros y será necesario -- sustituir alguna dovela de paramentos y del interior - de los arcos. Este deterioro en el interior de las bóvedas se debe en general a un problema muy común en este tipo de puentes: las filtraciones de agua que, provinientes de la superficie, atraviesan el relleno hasta llegar al trasdós de los arcos.

En muchas zonas del intradós de los arcos se ha - realizado un revoco de mortero, lo cual es contraproducente, pues no evita las filtraciones y en cambio no - deja de salir el agua. Por esta razón, y por dejar la piedra limpia, debe quitarse el revoco.

Por todo ello se considera necesario una impermeabilización de los arcos en el trasdós que al mismo tiempo proporcione a la bóveda un cierto monolitismo longitudinal y transversal.

Para ello se ha dispuesto una capa de hormigón de 0,20 m. sobre el trasdós de los arcos que realiza este doble efecto: por un lado impermeabiliza las bóvedas, evitando las filtraciones a la piedra y por otro monolitiza el conjunto. Este hormigón lleva una armadura ligera para evitar fisuraciones por retracción del hormigón que lo haría permeable.

La impermeabilización de bóvedas está previsto hacerla hasta un ángulo de aproximadamente 120°, zona eficaz de los arcos. A partir de esta abertura el arco se empotra en las pilas, y por tanto hasta ese nivel de los arcos las pilas son en general macizas de sillería o de una mampostería trabada con cal.

Por tanto el vaciado de tímpanos deberá hacerse hasta la altura en que la pila sea maciza de sillería o bien se encuentre una mampostería fuerte. Se ha previsto que ésta aparecerá a la altura antes indicada como se refleja en los planos; de encontrarse mas profunda sería necesario rellenar de hormigón la pila hasta las alturas indicadas en planos.

II-3-1 RELLENO DE LOS TIMPANOS

Un problema importante en todos los puentes históricos de arcos de sillería y que ha sido motivo de muchos hundimientos es el relleno de los tímpanos entre

los muros de piedra que forman los paramentos. En general este relleno se hace con gravas, que en algunos casos se mezcla con un mortero de cal con lo que se consigue una cierta cementación que reduce los empujes en los muros laterales.

Pero al aumentar las cargas de tráfico, los empujes crecen, y en muchos casos han producido la rotura de los muros de los tímpanos.

No conocemos el relleno actual ni las características de los muros de los tímpanos, aunque sabemos que en la situación actual del puente no se aprecian problemas en ellos. Ahora bién, al sustituir el relleno, es necesario utilizar un material que reduzca al mínimo los empujes en los muros y que no plantee problemas de asientos. Por ello se ha llegado a la solución de realizar el relleno con grava cemento extendida en tongadas de poco espesor para obtener un material con la suficiente cohesión para no transmitir empujes y con la suficiente rigidez para evitar todo problema de asiento en la calzada.

II-4 RESTAURACION DE LAS ANTIGUAS TORRES SITUADAS EN LOS ESPOLONES DE LAS PILAS 3 Y 5

Como ya se indicó en el estudio previo, y existen documentos gráficos de ellas, en los espolones de las pilas 4 y 6 existian dos torres que ya aparecen en los grabados del siglo XVI.

Estas torres se derribaron en las reformas realizadas en 1910, dejandose unicamente las bases en un estado lamentable.

En el análisis efectuado en el estudio previo se llegó a la conclusión de que estas torres no aportaban nada positivo al puente sino mas bien todo lo contrario y por tanto no deben reconstruirse.

La solución más adecuada es dejarlas en su situación actual pero en buenas condiciones, restaurando su fábrica y rematandolas horizontalmente. Su interior, mediante un revestido de hormigón, se llenará de tierra para poder regenerar la vegetación existente actualmente, sin peligro para la fábrica y las cimentaciones. De esta forma se conservan las plantas de las torres que han existido durante casi toda la vida del puente y se conserva en cierta medida la fisonomía del puente entre 1910 y la fecha actual, época en la que ha crecido mucha vegetación en los zampeados de las pilas, aunque esta vegetación se limitará en el futuro a las bases de las torres. De esta forma se consigue también dejar parcialmente cubiertos los muros de los tímpanos en esas dos pilas, que por encontrarse bastante deteriorados no tienen un aspecto muy positivo.

II-5 RESTAURACION DE LA SILLERIA DEL PUENTE

II-5-1 CONSTRUCCION DE NUEVOS PRETILES

Una vez demolidos los voladizos de hormigón, - será necesario restaurar la coronación actual del puente, pues los cuchillos de los voladizos están intercalados en la sillería. Por ello se ha supuesto que es - necesario desmontar la sillería hasta la cota inferior de los cuchillos y rehacer el paramento desde esta cota hasta la coronación de pretiles, aunque en algunas zonas existen sillares aprovechables.

En el arco 4 será necesario rehacer las dovelas - de la segunda rosca unicamente en los paramentos, pues como ya se ha indicado, estructuralmente no es necesaria, y por tanto en el interior del puente se utiliza su altura para alojar la galería.

El remate de los pretiles se hará con sillares de la misma forma que los remates existentes actualmente en los tambores, que lógicamente son los originales.-- El pretil contorneará los tambores de los tajamares, y los espolones, incorporando estas áreas a las aceras - del puente y deberá construirse con el perfil fijado - en el plano correspondiente; tiene un espesor de 0,30 metros y se hará con sillería del mismo tipo que el conjunto de los paramentos.

II-5-2 REPOSICION DE SILLARES EN LOS PARAMENTOS DEL - PUENTE

Los sillares del puente son de una piedra bastante blanda, y por ello la meteorización ha desecho - algunos de ellos que es necesario reponer. En los arcos se han deteriorado algunas dovelas que en algún - punto se han rellenado incluso con ladrillos.

Todos estos sillares, que o están muy deteriorados o han desaparecido, deben reponerse. No pueden indicarse cuales son sillar a sillar, aunque en planos - se han marcado las zonas mas deterioradas. Otros sillares en mal estado no se ven actualmente debido a los - revocos que hay que limpiar. Por tanto la decisión de los sillares a reponer será del director de la obra que los determinará directamente sobre la obra.

Existen también zonas en que la sillería se en-- cuentra en mal estado como en el tajamar de la pila 7 en que es necesario recolocar los sillares que están a punto de caerse trabandolos con mortero, aunque la apariencia exterior debe ser de mampostería en seco.

Las zonas en que se deben realizar todo este tipo de reparación y reposición se han fijado en planos.

II-5-3 LIMPIEZA DE PARAMENTOS Y DE ZAMPEADOS DEL PUENTE

Esta limpieza consta de tres partes:

a) Supresión de todo tipo de vegetación que ha

aparecido en juntas de sillares, que en algunos casos son matas de tamaño considerable, esta limpieza deberá hacerse extensiva a toda la vegetación existente en los zampeados; para evitar una reproducción de las mismas plantas será necesario matarlas mediante la inyección de productos adecuados a este fin. Este producto deberá inyectarse con la planta sin cortar para que la circulación de la savia mate las raices de las plantas. - Una vez conseguido este efecto se suprimirán, dejando los zampeados limpios.

b) Limpieza de todos los revocos y rejuntado de - sillares mediante el rascado de todo el mortero que se ha añadido, tanto en paramentos como en el intradós de los arcos; para esta operación será necesario un andamio en forma de pasarela colgada de ambos paramentos - para poder acceder a todas las áreas del intradós de - los arcos. Los paramentos pueden limpiarse mediante andamios colgados de la coronación.

c) Limpieza de la piedra mediante chorro de arena. Esta limpieza deberá realizarse con cuidado para - eliminar unicamente la capa de suciedad que tiene la - sillería, teniendo en cuenta que la piedra es blanda y no debe insistirse mucho en ella, sino unicamente conseguir un aspecto uniforme en toda la piedra del puente. La arena a utilizar será de origen calizo para evitar una abrasión excesiva.

II-5-4 TRATAMIENTO DE CONSOLIDACION DE LA PIEDRA

II-5-4-1 ESTUDIOS REALIZADOS DE LA PIEDRA QUE COMPONE EL PUENTE

Para conocer las características de la piedra que compone el puente se han realizado una serie de análisis en laboratorio sobre muestras de piedra obtenidas directamente del puente. Dada la diversidad de la piedra utilizada, lo que concuerda con los distintos origenes descritos, se han utilizado cuatro muestras diferentes.

Los ensayos fundamentales son los siguientes:

a) Resistencia a compresión simple:

Resultan valores variables desde 42 kg/cm2 mínimo en la arenisca hasta 141 kg/cm2 máximo en la caliza. La tensión máxima que se produce en la piedra según los cálculos realizados es de 16 kg/cm2, por lo que el coeficiente de seguridad mínimo es de 2.63.

b) Reactividad frente al cemento.

Se ha realizado para asegurar que no existe problema de compatibilidad entre la piedra y el hormigón de refuerzo que se coloca en distintas zonas de la obra.

c) Ensayos de restauración de la superficie.

Se han realizado pruebas de absorción en una solución consolidante de silicato de etilo para evaluar el consumo de material.

El informe de los ensayos está en el anejo nº 2 - de esta memoria.

II-5-4-2 TRATAMIENTOS ADECUADOS A LA PIEDRA DE ESTE -- PUENTE

Ya se ha indicado que la piedra utilizada en la construcción del puente es bastante blanda y ha sufrido deterioros importantes, lo que en algunos casos obliga a la sustitución de sillares.

Por todo ello resulta conveniente darle a la piedra algún tipo de tratamiento que aumente su durabilidad de cara a resistir la acción de los agentes externos.

No resulta conveniente ningún tratamiento superficial porque produce una impermeabilización que no permite un equilibrio de la humedad interior lo que muchas veces hace saltar la capa exterior, y mata la microflora superficial. Por ello es mas conveniente un - tratamiento de impregnación, que mantiene en parte las condiciones de porosidad de la piedra, produciendo un endurecimiento en una profundidad de uno a dos centímetros.

Los ensayos realizados en laboratorio se han hecho con silicato de etilo dando en principio buenos resultados. Ahora bien, es necesario realizar ensayos in situ del comportamiento a la intemperie de los posibles

tratamientos. Por ello se ha considerado en el proyecto el tratamiento de la piedra con copolimeros de poliuretano, que en principio da mas garantias que el silicato de etilo, aunque no se descarta realizar ensayos in situ con silicato de etilo y si estos son satisfactorios utilizar este material que tiene la ventaja de ser bastante mas económico.

En cualquier caso es necesario realizar ensayos - in situ del tratamiento que se le de a la piedra será cualquiera de los dos indicados, u otro que se considere adecuado en este caso.

III - EJECUCION DE LAS OBRAS

III-1 PASARELA PROVISIONAL

La ejecución de las obras plantea un primer problema fundamental que es el vaciado de los rellenos, lo que obliga a cortar el tráfico en el puente y a retirar los servicios existentes para alojarlos posteriormente en las galerías.

El tráfico de vehículos puede desviarse por el puente de Santiago, lo que producirá problemas de funcionamiento urbano, pero que pueden admitirse en el tiempo relativamente corto que supone la ejecución de la obra.

El tráfico de peatones es mas conflictivo, pues cualquier desvio supone un aumento excesivo de la distancia a recorrer. Por ello se ha previsto la construcción de una pasarela provisional que se apoye en los tambores de los tajamares y que permita mantener el tráfico de peatones durante la obra.

Los servicios también plantean problemas durante la ejecución de las obras, pues algunos de ellos no podrán suprimirse en ningún momento y es necesario retirarlos para efectuar la excavación. Por ello la pasarela se ha previsto también para alojar los servicios que tengan que mantenerse durante la ejecución de las obras.

La pasarela planteada se realizará mediante vigas metálicas en celosía de alquiler que es la solución mas económica para un caso temporal como éste.

III-2 SECUENCIA DE OBRAS

Las distintas operaciones a realizar podemos separarlas en dos grupos, en función de la afectación al tráfico y servicios que circulan por el puente.

Las que alteran el tráfico serán las que deberán realizarse en un tiempo menor para plantear las mínimas dificultades a la ciudad.

Paralelamente a ellas pueden realizarse las demás operaciones, que por actuar en zonas externas no producen alteración ninguna en el funcionamiento del puente.

Las que alteran el tráfico y por tanto producen el camino crítico de la obra en cuanto a su afectación a la ciudad son las siguientes:

1 - Instalación de la pasarela provisional en el lado aguas arriba apoyandose en los tambores de los tajamares.

Para ello será necesario demoler previamente las casetas de la Confederación Hidrográfica del Ebro situadas en pila 1 y retirar provisionalmente la cruz situada en la pila 3.

2 - Desvio de los servicios que no puedan suprimirse, o que afecten al vaciado posterior de los tímpanos y a las obras a realizar en los arcos.

Estos servicios se alojarán en el piso inferior de la pasarela.

3 - Demolición de los voladizos, vaciado de los rellenos, impermeabilización y refuerzo de los arcos, y nuevo relleno de los tímpanos mediante grava cemento.

4 - Ejecución de las galerías de servicios sobre el relleno de los tímpanos, y construcción del nuevo -- pretil.

5 - Colocación de los servicios en las nuevas galerías.

6 - Pavimentación del puente.

7 - Paso del tráfico por encima del puente y retirada de la pasarela provisional.

Paralelamente a ellas pueden realizarse el resto de las actuaciones que no afectan a la circulación en el puente:

1 - Restauración y actuación en las bases de las antiguas torres situadas en los espolones de las pilas 3 y 5.

2 - Sustitución y reposición de sillares y restauración de zonas en mal estado.

3 - Limpieza de la sillería mediante chorro de arena y rascado de revocos existentes.

4 - Tratamiento de la piedra mediante el producto de - impregnación que después de ensayado resulte ade-- cuado.

IV - MATERIALES A UTILIZAR

Para toda la reposición de sillares y construcción del nuevo pretil deberá usarse la misma piedra que la original del puente. Historicamente se tienen datos de las canteras utilizadas para la construcción y reparaciones sucesivas. Son las siguientes:

Cantera de el Castellar - es la mas próxima a Zaragoza pues debe encontrarse cerca del castillo del Castellar situado en la margen izquierda del Ebro aguas - arriba de la desembocadura del Jalón en éste.

Las otras dos canteras situadas en Mallen y Frescano (Burren) se encuentran en el río Huecha en el partido judicial de Borja.

Será necesario un estudio de las posibilidades de obtención de piedra en estas canteras y su similitud - con la piedra del puente, que como ya se ha indicado - varía de unas zonas a otras. Por ello será necesario - obtener piedra análoga en cada caso a la de la zona -- donde se vayan a reponer sillares.

Las características de los demás materiales se detallan en el Pliego de Condiciones.

V - DOCUMENTOS DE QUE CONSTA ESTE PROYECTO .

Documento nº 1: MEMORIA

Anejo nº 1 Cálculos Estructurales

Anejo nº 2 Ensayos realizados con la piedra del puente

Anejo nº 3 Cálculos del nuevo perfil del puente

Anejo nº 4 Justificación de precios

Documento nº 2: PLANOS

Documento nº 3: PLIEGO DE CONDICIONES

Documento nº 4: PRESUPUESTOS

VI - PRESUPUESTO DE LA OBRA

El presupuesto de ejecución material asciende a la cantidad de CIENTO CUARENTA Y SIETE MILLONES SEISCIENTAS TREINTA Y DOS MIL CIENTO DOCE (147.632.112.-) PESETAS y el presupuesto de ejecución por contrata a la cantidad de CIENTO OCHENTA Y SEIS MILLONES DIECISEIS MIL CUATROCIENTAS SESENTA Y UNA (186.016.461.-) PESETAS.

Madrid, Agosto de 1984
LOS INGENIEROS DE CAMINOS,

CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.

PROCEDIMIENTOS RODIO

PUENTE DE PIEDRA – ZARAGOZA

ENSAYOS CUALITATIVOS SOBRE LA PIEDRA DE LA ESTRUCTURA

M E M O R I A

En el presente trabajo se recogen los resultados de los ensayos que, solicitados por D. LEONARDO FERNANDEZ TROYANO, hemos efectuado en nuestro Laboratorio de Geotecnia sobre muestras pertenecientes al "Puente de Piedra" sobre el rio Ebro en Zaragoza.

Para la realización de estos ensayos, se recibieron varias piezas de la sillería de dicho puente.

De las cuatro con suficiente tamaño, a la que hemos denominado "CALIZA 1", "CALIZA 2", "CALIZA CONCHIFERA" y "ARENISCA", se extrajeron mediante una sonda provista de corona de diamantes, testigos a rotación, siendo el diámetro de éstos en el caso de las dos primeras de aproximadamente 50 mm. y de unos 60 mm. para las restantes.

Sobre estos testigos se han realizado los ensayos pedidos.

En las páginas siguientes se recogen dichos resultados.

E N S A Y O S R E A L I Z A D O S

ENSAYOS REALIZADOS

De cada una de las muestras elegidas se han realizado los siguientes ensayos :

1 - DESCRIPCION VISUAL

2 - PESO ESPECIFICO APARENTE SECO

Determinado sobre muestras perfectamente secas, calculando el volumen mediante medida con aproximación a la décima de milimetro de los diámetros (valor medio de ocho determinaciones) y alturas (media de cuatro medidas) y pesada de las mismas en balanza (precisión 0,01 gr.).

Se ha elegido este método de ensayo por considerarlo el más exacto para este tipo de muestras.

3 - PESO ESPECIFICO DE LAS PARTICULAS

Determinado por el método del picnómetro.

4 - INDICE DE HUECOS

Obtenido mediante cálculo a partir de los valores de los pesos específicos.

5 - RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE

Determinada sobre probetas talladas de los testigos extraidos de las muestras y refrentado de ambas caras con mortero de azufre.

Se ha utilizado una prensa universal de 10 TM. electrónica digital de clase 1ª con precisión mejor que el 1 %.

6 - CONTENIDO DE CARBONATOS

Determinado mediante análisis químico volumétrico, expresando los resultados en tanto por ciento de carbonato cálcico con respecto al suelo seco inicial.

7 - REACTIVIDAD FRENTE AL CEMENTO

Para ver el posible ataque de los álcalis del cemento sobre el material constituyente de las calizas ensayadas, se pulió perfectamente una cara plana de las mismas, parte de la cual fué sometida a la acción de una lechada de cemento; observándose posteriormente la diferencia de brillo entre la zona en contacto con el cemento y la parte no expuesta.

8 - RESTAURACION DE LA SUPERFICIE

Ensayo dirigido a regenerar la superficie de la sillería del puente y evitar que continue la degradación de la misma.

Se ha determinado la adsorción por inmersión de las muestras en una disolución consolidante de silicato de etilo con el 20 % de sólidos precipitables, permitiendo evaluar el consumo de material.

Los resultados expresan de forma aproximada el consumo en función de la superficie tratada a la hora y cuando ha terminado el proceso de fraguado.

Para mostrar el efecto se adjuntan muestras tratadas y sin tratar.

R E S U L T A D O S

C A L I Z A 1

1 - Descripción visual

Bloque de forma irregular de conglomerado calcáreo color blanquecino, de aspecto heterogéneo con huecos generalmente alargados y de pequeño diámetro.

2 - Peso específico aparente seco

$\gamma_d = 2,16$ kg/dm^3
$\gamma_d = 2,08$ kg/dm^3
$\gamma_d = 2,28$ kg/dm^3

3 - Peso específico de las partículas

$\gamma_s = 2,641$ kg/dm^3
$\gamma_s = 2,647$ kg/dm^3
Media = 2,644 kg/dm^3

4 - Indice de huecos (Volumen de huecos/Volumen de sólidos)

e = 0,22
e = 0,27
e = 0,16

5 - Resistencia a compresión simple

R = 96 kg/cm^2
R = 92 kg/cm^2

6 - Contenido de carbonatos

CO_3Ca = 92,1 %

7 - Reactividad frente al cemento

No se aprecia pérdida de brillo de la superficie tratada, lo que indica que no se ha producido ataque por los álcalis, como era de esperar dado la naturaleza de la misma.

8 - Ensayo de adsorción

Consumo estimado :

A 1 hora = 0,60 kg/m^2
Al término del fraguado = 0,65 "

C A L I Z A 2

1 - Descripción visual

Muestra similar a la denominada "CALIZA 1", en cuanto aspecto y composición, lo que induce a suponer que se trata de la misma muestra.

2 - Peso específico aparente seco

$\gamma_d = 2,11$ kg/dm^3
$\gamma_d = 2,14$ kg/dm^3
$\gamma_d = 1,97$ kg/dm^3
$\gamma_d = 2,07$ kg/dm^3

3 - Peso específico de las partículas

$\gamma_s = 2,645$ kg/dm^3
$\gamma_s = 2,646$ kg/dm^3 Media = 2,646 kg/dm^3

4 - Indice de huecos (Volumen de huecos/Volumen de sólidos)

e = 0,25
e = 0,24
e = 0,34
e = 0,28

5 - Resistencia a compresión simple

R = 97 kg/cm^2
R = 141 kg/cm^2

6 - Contenido de carbonatos

CO_3Ca = 92,7 %

7 - Reactividad frente al cemento

No se aprecia pérdida de brillo de la superficie tratada, lo que indica que no se ha producido ataque por los álcalis, como era de esperar dado la naturaleza de la misma.

8 - Ensayo de adsorción

No se ha hecho este ensayo por considerar que esta muestra es igual que la "CALIZA 1"

C A L I Z A C O N C H I F E R A

1 - Descripción visual

Pieza de mayor tamaño que las demás, de formas geométricas perfectamente definidas y aparentemente de la tajamar del puente.

Exteriormente es de color verde muy oscuro y se encuentra muy deteriorada. Interiormente es de color marrón amarillento claro y presenta un gran número de perforaciones realizadas por pequeños moluscos gasterópodos, apareciendo abundantes restos de sus caparazones; mas abundantes en los 10 cms. próximos a la superficie exterior.

2 - Peso específico aparente seco

$\gamma_d = 1,71$ kg/dm^3
$\gamma_d = 1,65$ kg/dm^3
$\gamma_d = 1,64$ kg/dm^3
$\gamma_d = 1,67$ kg/dm^3
$\gamma_d = 1,64$ kg/dm^3

3 - Peso específico de las partículas

$\gamma_s = 2,634$ kg/dm^3
$\gamma_s = 2,637$ kg/dm^3 Media = 2,635 kg/dm^3

4 - Indice de huecos (Volumen de huecos/Volumen de sólidos)

e = 0,54
e = 0,60
e = 0,61
e = 0,58
e = 0,61

5 - Resistencia a compresión simple

R = 68 kg/cm^2
R = 56 kg/cm^2

6 - Contenido de carbonatos

$$CO_3Ca = 94,9\ \%$$

7 - Reactividad frente al cemento

No se aprecia pérdida de brillo de la superficie tratada, lo que indica que no se ha producido ataque por los álcalis, como era de esperar dado la naturaleza de la misma.

8 - Ensayo de adsorción

Consumo estimado :

A 1 hora = 0,25 kg/m^2
Al término del fraguado = 0,37 kg/m^2

A R E N I S C A

1 - Descripción visual

Pieza prismática de pequeño tamaño de color marrón claro grisáceo. Su composición corresponde a la de una arenisca calcárea, arenas cementadas con carbonato cálcico.

2 - Peso específico aparente seco

$\gamma_d = 1,84$ kg/dm^3
$\gamma_d = 1,81$ kg/dm^3

3 - Peso específico de las partículas

$\gamma_s = 2,718$ kg/dm^3
$\gamma_s = 2,716$ kg/dm^3 Media = 2,717 kg/dm^3

4 - Indice de huecos (Volumen de huecos/Volumen de sólidos)

e = 0,48
e = 0,50

5 - Resistencia a compresión simple

R = 63 kg/cm^2
R = 42 kg/cm^2

6 - Contenido de carbonatos

CO_3Ca = 49,0 %

7 - Reactividad frente al cemento

No se ha realizado este ensayo ante la dificultad de obtener una superficie pulida.

8 - Ensayo de adsorción

Consumo estimado :

A 1 hora = 0,77 kg/m^2
Al término del fraguado = 0,87 kg/m^2

CIMENTACIONES ESPECIALES, S. A.
PROCEDIMIENTOS RODIO

Este informe consta de 14 páginas numeradas.

En Torrejón de Ardoz a 14 de junio de 1.984

El Jefe de Laboratorio,

Lorenzo Bondrí

V° B°

Jefe Sección Nuevos Productos

LABORATORIO HOMOLOGADO POR EL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO EN LA CLASE C MECÁNICA DE SUELOS

FOTOGRAFIAS DE LAS MUESTRAS

PATOLOGÍAS

Anejo 6 FOTOGRAFÍAS DE DETERIOROS

ÍNDICE

Fotografía nº 1. Alteración superficial por acción del clima en la bóveda del vano nº 2. 4

Fotografía nº 2. Detalle de alteración superficial y reposición de piezas de sillería en la bóveda del vano nº 2. 4

Fotografía nº 3. Alteración superficial en los tímpanos de las bóvedas. ... 5

Fotografía nº 4. Alteración superficial en las boquillas de las bóvedas. ... 5

Fotografía nº 5. Detalle de alteración superficial en la boquilla de la bóveda del vano nº 4. 6

Fotografía nº 6. Detalle de alteración superficial en la boquilla de la bóveda del vano nº 4. 6

Fotografía nº 7. Alteración superficial por acción del clima en las pilas. . 7

Fotografía nº 8. Alteración superficial en la pila nº 6. 7

Fotografía nº 9. Alteración superficial y pérdida de piezas en el muro frontal portante del estribo nº 2. 8

Fotografía nº 10. Lavado de llagas por una deficiente impermeabilización y grietas debidas a esfuerzos en la bóveda del vano nº 2. 8

Fotografía nº 11. Grietas por esfuerzos en la bóveda del vano nº 3. 9

Fotografía nº 12. Grieta por asiento diferencial y vegetación enraizada entre el tajamar y el fuste de la pila nº 2 9

Fotografía nº 13. Grieta por asiento diferencial entre la pila nº 3 y la bóveda. 10

Fotografía nº 14 Grieta por asiento diferencial en la pila nº 7. 10

Fotografía nº 15. Vegetación en la cimentación de las pilas aguas abajo. 11

Fotografía nº 16. Vegetación en la cimentación de las pilas aguas arriba. 11

Fotografía nº 17. Vegetación espesa en la cimentación de la pila nº 7. .. 12

Fotografía nº 18. Vegetación en los tajamares aguas abajo. 12

Fotografía nº 19. Vegetación en los tajamares aguas arriba. 13

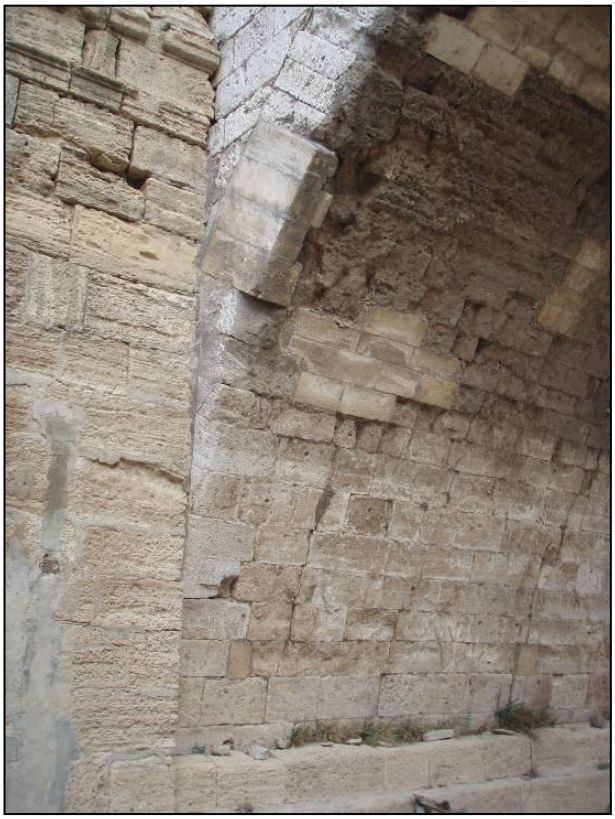
Fotografía nº 20. Lavado de llagas por una deficiente impermeabilización y pérdida de piezas en el muro lateral izquierdo del estribo nº 2. 13

Fotografía nº 21.Lavado de llagas por una deficiente impermeabilización en la pila nº 6 14

Fotografía nº 22. Lavado de llagas y alteración superficial en la pila nº 2. 134

Fotografía nº 23. Detalle de lavado de llagas en las bóvedas.....145

Fotografía nº 1. Alteración superficial por acción del clima en la bóveda del vano nº 2.



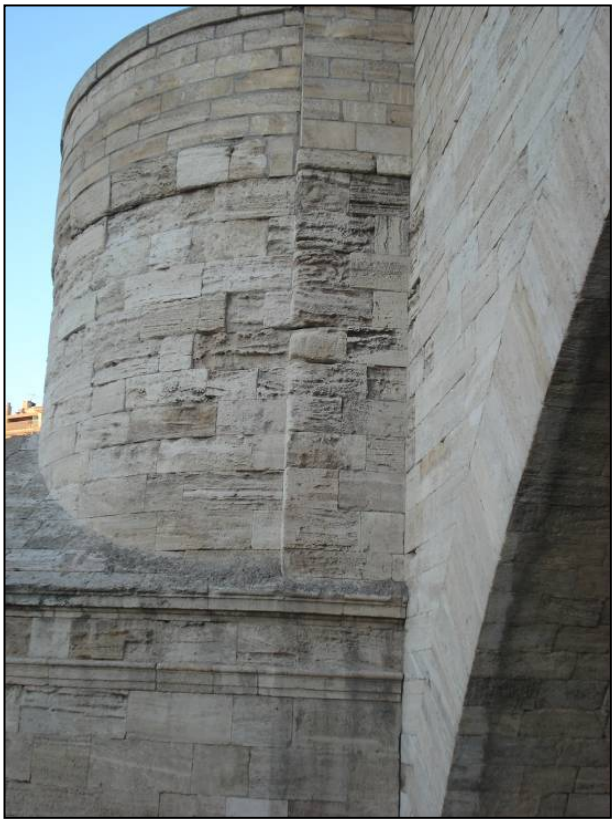
Fotografía nº 2. Detalle de alteración superficial y reposición de piezas de sillería en la bóveda del vano nº 2.

Fotografía nº 3. Alteración superficial en los tímpanos de las bóvedas.

Fotografía nº 4. Alteración superficial en las boquillas de las bóvedas.

Fotografía nº 5. Detalle de alteración superficial en la boquilla de la bóveda del vano nº 4.

Fotografía nº 6. Detalle de alteración superficial en la boquilla de la bóveda del vano nº 4.

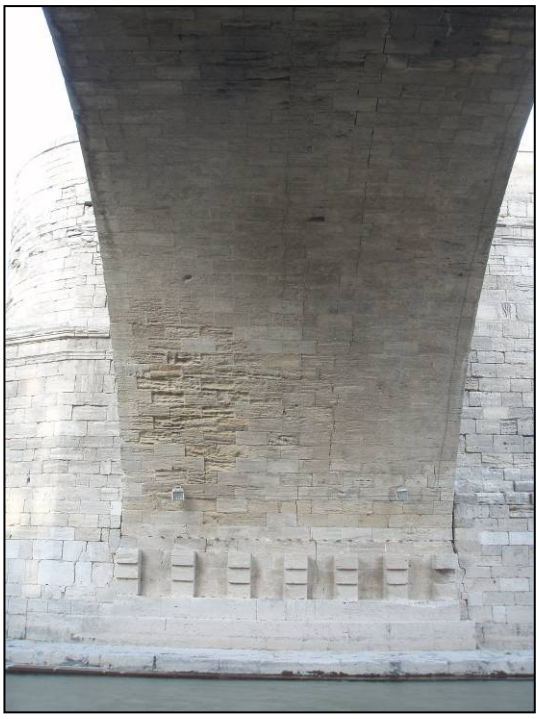


Fotografía nº 7. Alteración superficial por acción del clima en las pilas.

Fotografía nº 8. Alteración superficial en la pila nº 6.

Fotografía nº 9. Alteración superficial y pérdida de piezas en el muro frontal portante del estribo nº 2.

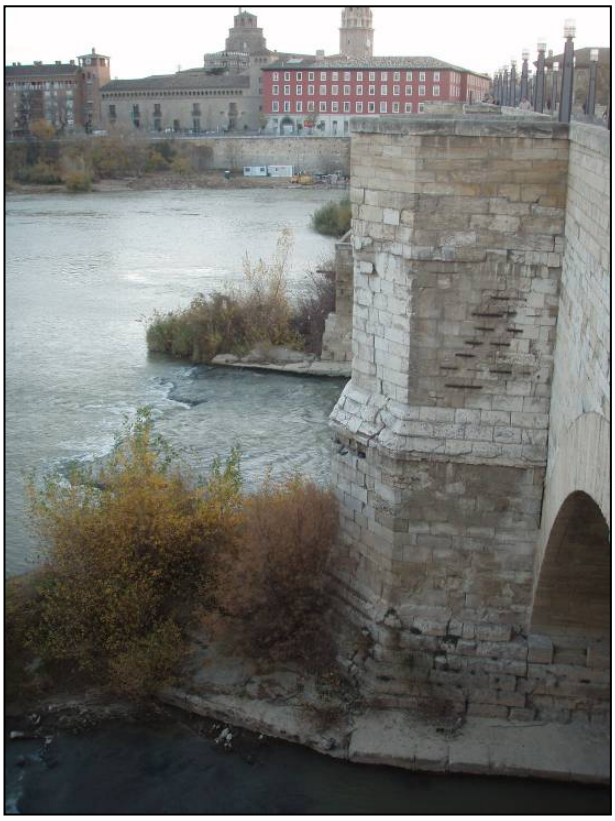
Fotografía nº 10. Lavado de llagas por una deficiente impermeabilización y grietas debidas a esfuerzos en la bóveda del vano nº 2.



Fotografía nº 11. Grietas por esfuerzos en la bóveda del vano nº 3.

Fotografía nº 12. Grieta por asiento diferencial y vegetación enraizada entre el tajamar y el fuste de la pila nº 2

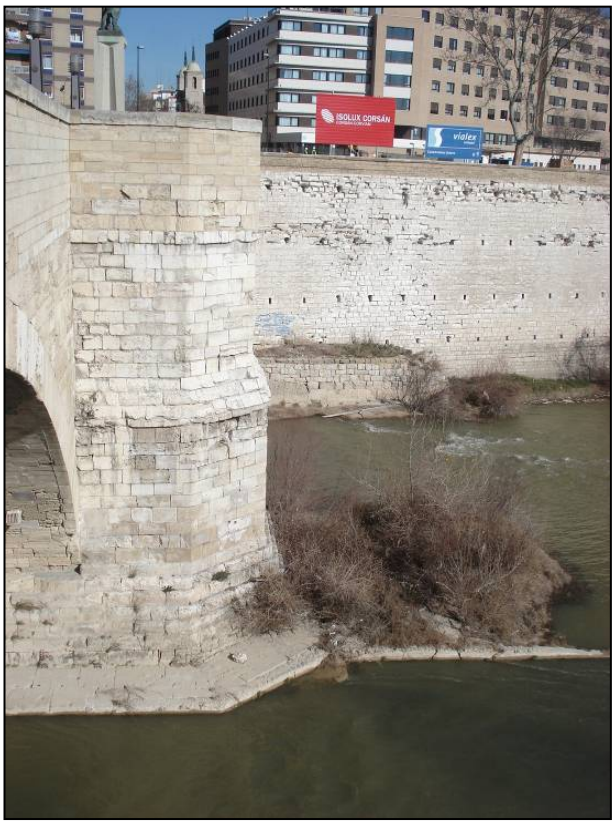
Fotografía nº 13. Grieta por asiento diferencial entre la pila nº 3 y la bóveda.



Fotografía nº 14. Grieta por asiento diferencial en la pila nº 7.

Fotografía nº 15. Vegetación en la cimentación de las pilas aguas abajo.

Fotografía nº 16. Vegetación en la cimentación de las pilas aguas arriba.



Fotografía nº 17. Vegetación espesa en la cimentación de la pila nº 7.

Fotografía nº 18. Vegetación en los tajamares aguas abajo.

Fotografía nº 19. Vegetación en los tajamares aguas arriba.

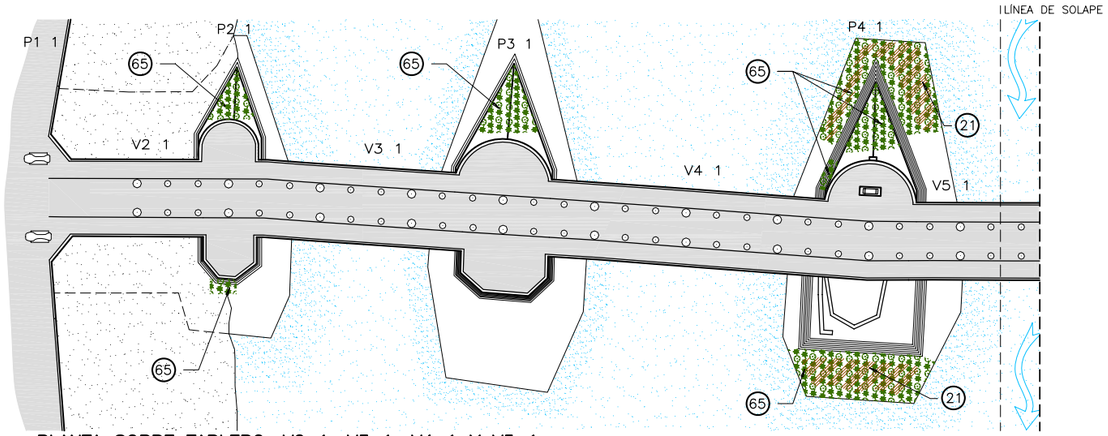
Fotografía nº 20. Lavado de llagas por una deficiente impermeabilización y pérdida de piezas en el muro lateral izquierdo del estribo nº 2.

Fotografía nº 21.Lavado de llagas por una deficiente impermeabilización en la pila nº 6.

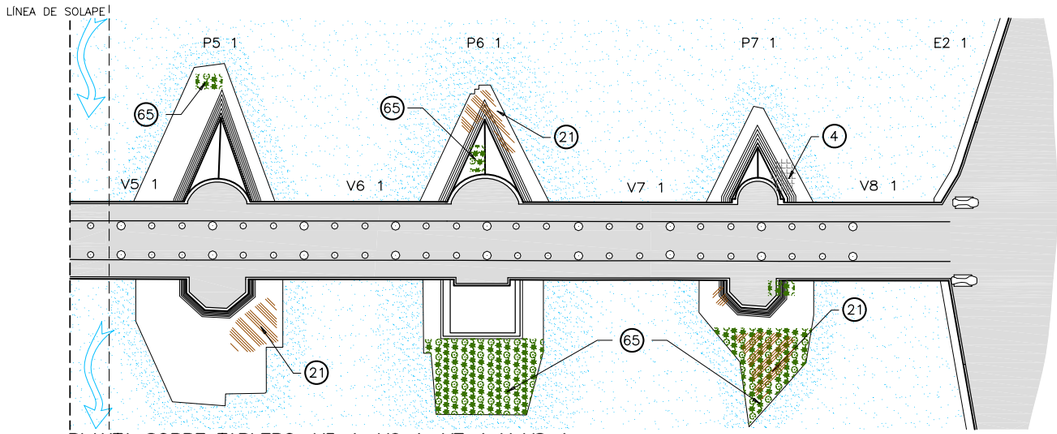
Fotografía nº 22. Lavado de llagas y alteración superficial en la pila nº 2.

Fotografía nº 23. Detalle de lavado de llagas en las bóvedas.

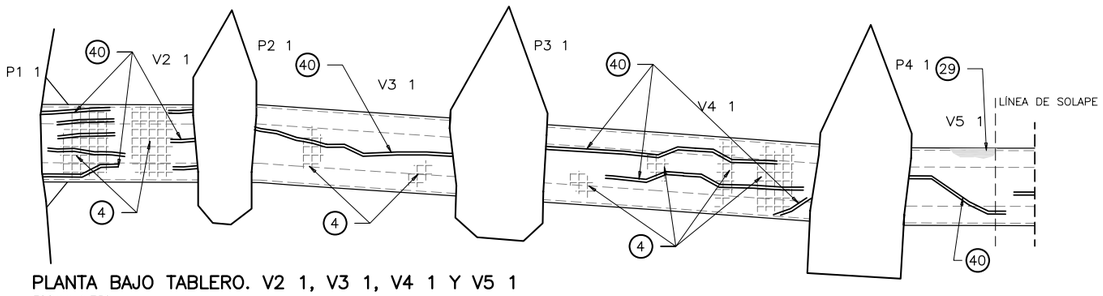
Anejo 7 CROQUIS DE DETERIOROS



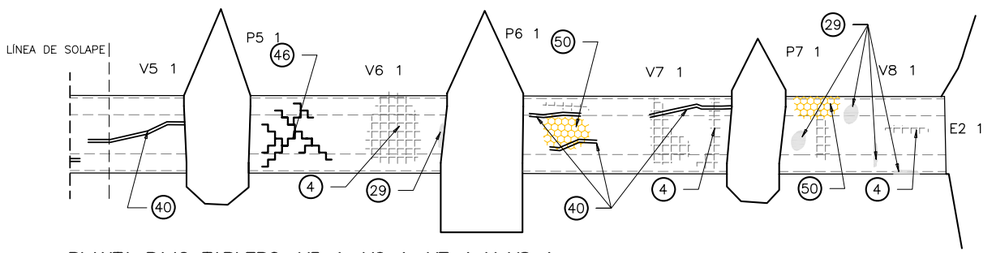
PLANTA SOBRE TABLERO. V2 1, V3 1, V4 1 Y V5 1
ESCALA 1:750



PLANTA SOBRE TABLERO. V5 1, V6 1, V7 1 Y V8 1
ESCALA 1:750



PLANTA BAJO TABLERO. V2 1, V3 1, V4 1 Y V5 1
ESCALA 1:750

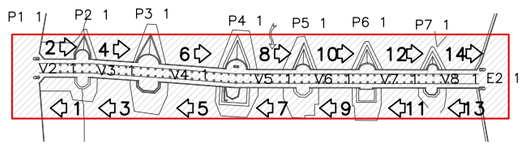


PLANTA BAJO TABLERO. V5 1, V6 1, V7 1 Y V8 1
ESCALA 1:750

VEGETACIÓN ENRAIZADA POR SEDIMENTACIÓN ORGÁNICA EN EL TAJAMAR DE LA P4 1 AGUAS ABAJO.

VEGETACIÓN ENRAIZADA POR SEDIMENTACIÓN ORGÁNICA EN EL TAJAMAR DE LA P4 1 AGUAS ARRIBA.

DEPÓSITO SUPERFICIAL DE MATERIALES EN EL TAJAMAR AGUAS ARRIBA DE LA P6 1.

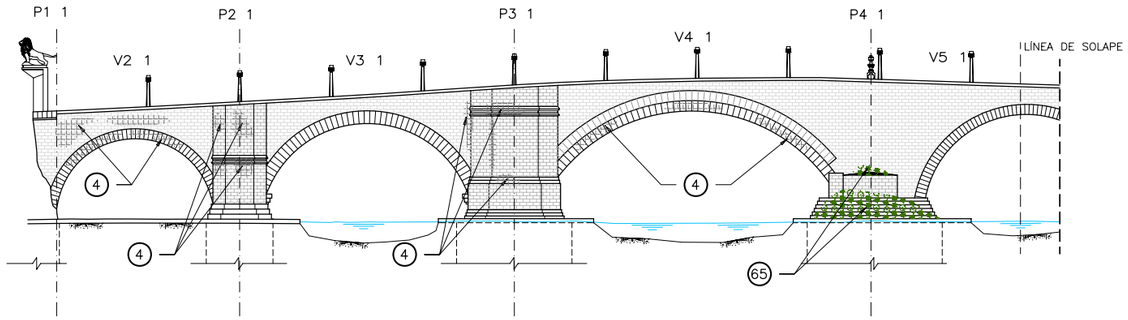


PLANO LLAVE

LEYENDA DETERIOROS

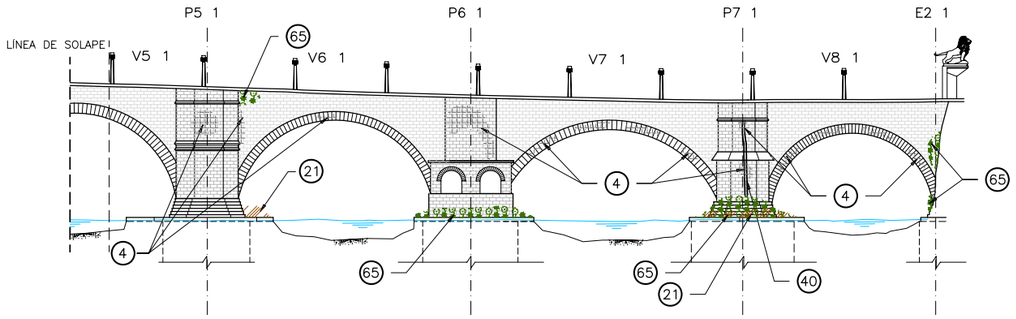
1. ABOLLADURA
2. ABOMBAMIENTO
3. ALABEO
4. ALTERACIÓN SUPERFICIAL
5. ANCLAJES OXIDADOS
6. ANCLAJES SUELTOS
7. APERTURA DE JUNTA
8. ARMADURA VISTA AISLADA
9. ASENTAMIENTO EXCESIVO
10. ATERRAMIENTO
11. BACHES
12. BLOQUEO
13. CABECEO
14. CÁRCAVAS
15. CIRCULACIÓN O PRESENCIA DE AGUA
16. COQUERAS, NIDOS DE GRAVA
17. CORROSIÓN
18. COSTRAS
19. DEFORMACIÓN EXCESIVA
20. DELAMINACIÓN
21. DEPÓSITO SUPERFICIAL
22. DESCALCE
23. DESCONCHÓN CON ARMADURA VISTA
24. DESCONCHÓN SIN ARMADURA VISTA
25. DESGASTE
26. DESPEGUE
27. DESPLAZAMIENTO
28. DESPLOME
29. EFLORESCENCIAS O CRIPTOEFLORESCENCIAS
30. ENTALLADURAS
31. ENTRAMADO DE ARMADURA VISTA
32. FALTA DE ALINEACIÓN
33. FALTA DE ANCLAJES
34. FALTA DE PROTECCIÓN DE ANCLAJES
35. FISURAS
36. FISURAS CONCENTRADAS BAJO APOYOS
37. FISURAS EN MAPA
38. FISURAS EN RETÍCULA
39. GIRO EXCESIVO
40. GRIETAS (>5 mm)
41. HINCHAMIENTO
42. HUMEDADES, FILTRACIONES
43. HUNDIMIENTO
44. INOPERANCIA LUMINOSA
45. LAJACIÓN
46. LAVADO DE LLAGAS
47. MADRIGUERAS
48. OBSTRUCCIÓN
49. PANDEO
50. PÁTINA, MANCHA DE ÓXIDO
51. PÉRDIDA DE MATERIAL
52. PÉRDIDA DE PIEZA
53. PÉRDIDA DE REVESTIMIENTO
54. PÉRDIDA DE SECCIÓN
55. PÉRDIDA DE TORNILLOS, ROBLONES ...
56. PÉRDIDA DE TRATAMIENTO PROTECTOR
57. PICADURAS
58. PIEZAS SUELTAS
59. PINTADAS
60. PUTREFACCIÓN
61. RESTOS DE EJECUCIÓN (CLAVOS, BARRAS, TABLAS ...)
62. RODERAS
63. ROTURA
64. SOLDADURAS DAÑADAS O ERRÓNEAS
65. VEGETACIÓN

Zaragoza AYUNTAMIENTO	AREA DE INFRAESTRUCTURAS Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA	SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS	EL INGENIERO DE CAMINOS DIRECTOR DEL CONTRATO JESUS GIMENEZ PEREZ Nº 12134	CONSULTOR ines ingenieros consultores	EL INGENIERO DE CAMINOS AUTOR DEL ESTUDIO GONZALO ARIAS HOFMAN Nº 13265	PROYECTO SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE PUENTES. INSPECCIÓN DE LOS PUENTES SOBRE LOS RIOS EBRO Y HUERVA DEL AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA	FECHA / ARCHIVO / ESCALA 1:750 ESCALA GRAFICA 0 — 15	PLANO COD. 0010 PUENTE DE PIEDRA CROQUIS DE DETERIOROS. TABLERO.	PLANO Nº 03 HOJA 1/6



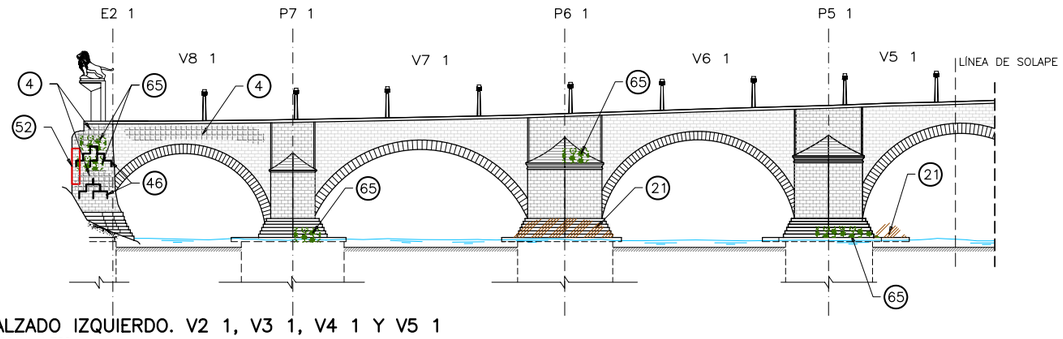
ALZADO DERECHO. V2 1, V3 1, V4 1 Y V5 1

ESCALA 1:750



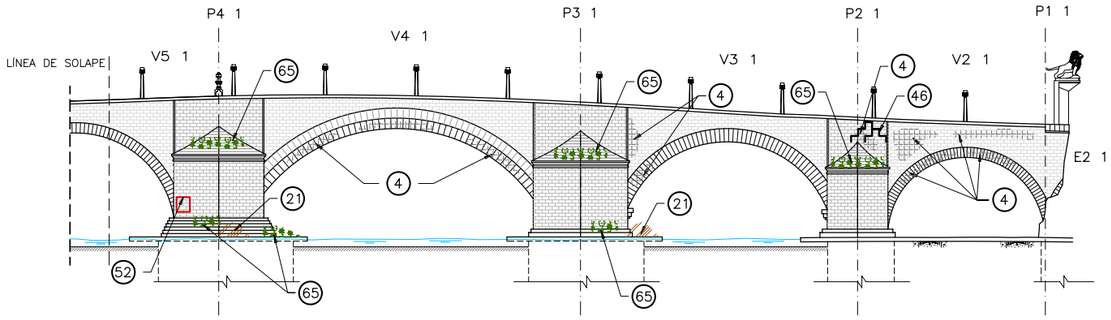
ALZADO DERECHO. V5 1, V6 1, V7 1 Y V8 1

ESCALA 1:750



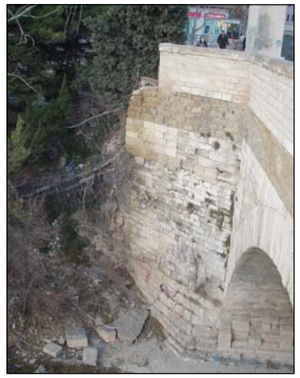
ALZADO IZQUIERDO. V2 1, V3 1, V4 1 Y V5 1

ESCALA 1:750



ALZADO IZQUIERDO. V5 1, V6 1, V7 1 Y V8 1

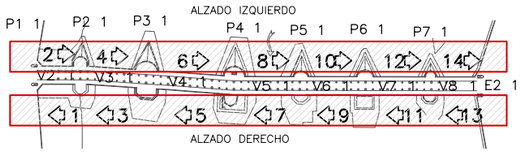
ESCALA 1:750



ALTERACIÓN SUPERFICIAL DEL MLI E2 1 POR ACCIÓN CLIMÁTICA.

DEPÓSITO SUPERFICIAL DE MATERIALES SOBRE EL TAJAMAR AGUAS ARRIBA DE LA P6 1.

ALTERACIÓN SUPERFICIAL DEL TAJAMAR AGUAS ABAJO DE LA P6 1.

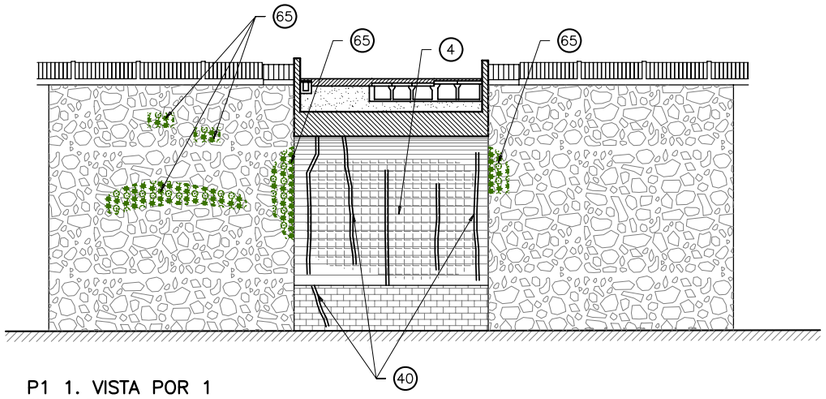


PLANO LLAVE

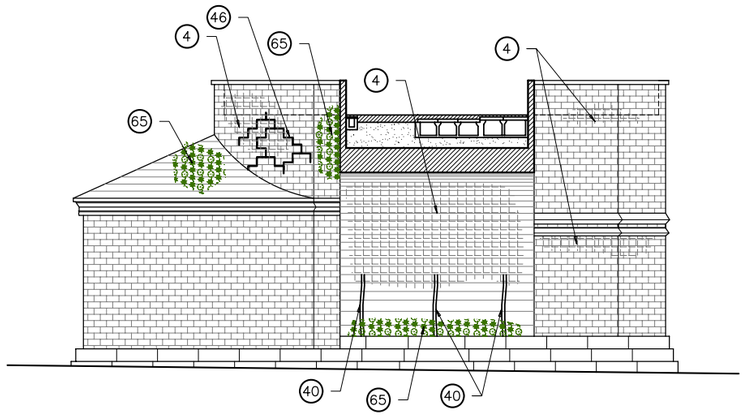
LEYENDA DETERIOROS

1. ABOLLADURA
2. ABOMBAMIENTO
3. ALABEO
4. ALTERACIÓN SUPERFICIAL
5. ANCLAJES OXIDADOS
6. ANCLAJES SUELTOS
7. APERTURA DE JUNTA
8. ARMADURA VISTA AISLADA
9. ASENTAMIENTO EXCESIVO
10. ATERRAMIENTO
11. BACHES
12. BLOQUEO
13. CABECEO
14. CÁRCAVAS
15. CIRCULACIÓN O PRESENCIA DE AGUA
16. COQUERAS, NIDOS DE GRAVA
17. CORROSIÓN
18. COSTRAS
19. DEFORMACIÓN EXCESIVA
20. DELAMINACIÓN
21. DEPÓSITO SUPERFICIAL
22. DESCALCE
23. DESCONCHÓN CON ARMADURA VISTA
24. DESCONCHÓN SIN ARMADURA VISTA
25. DESGASTE
26. DESPEGUE
27. DESPLAZAMIENTO
28. DESPLOME
29. EFLORESCENCIAS O CRIPTOEFLORESCENCIAS
30. ENTALLADURAS
31. ENTRAMADO DE ARMADURA VISTA
32. FALTA DE ALINEACIÓN
33. FALTA DE ANCLAJES
34. FALTA DE PROTECCIÓN DE ANCLAJES
35. FISURAS
36. FISURAS CONCENTRADAS BAJO APOYOS
37. FISURAS EN MAPA
38. FISURAS EN RETÍCULA
39. GIRO EXCESIVO
40. GRIETAS (>5 mm)
41. HINCHAMIENTO
42. HUMEDADES, FILTRACIONES
43. HUNDIMIENTO
44. INOPERANCIA LUMINOSA
45. LAJACIÓN
46. LAVADO DE LLAGAS
47. MADRIGUERAS
48. OBSTRUCCIÓN
49. PANDEO
50. PÁTINA, MANCHA DE ÓXIDO
51. PÉRDIDA DE MATERIAL
52. PÉRDIDA DE PIEZA
53. PÉRDIDA DE REVESTIMIENTO
54. PÉRDIDA DE SECCIÓN
55. PÉRDIDA DE TORNILLOS, ROBLONES ...
56. PÉRDIDA DE TRATAMIENTO PROTECTOR
57. PICADURAS
58. PIEZAS SUELTAS
59. PINTADAS
60. PUTREFACCIÓN
61. RESTOS DE EJECUCIÓN (CLAVOS, BARRAS, TABLAS ...)
62. RODERAS
63. ROTURA
64. SOLDADURAS DAÑADAS O ERRÓNEAS
65. VEGETACIÓN

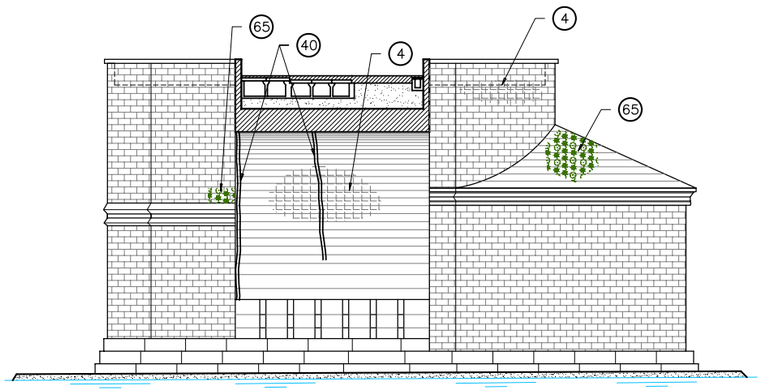
Zaragoza AYUNTAMIENTO	AREA DE INFRAESTRUCTURAS Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA	SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS	EL INGENIERO DE CAMINOS DIRECTOR DEL CONTRATO JESUS GIMENEZ PEREZ Nº 12134	CONSULTOR ines Ingenieros consultores	EL INGENIERO DE CAMINOS AUTOR DEL ESTUDIO GONZALO ARIAS HOFMAN Nº 13265	PROYECTO SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE PUENTES. INSPECCIÓN DE LOS PUENTES SOBRE LOS RIOS EBRO Y HUERVA DEL AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA	FECHA	ARCHIVO	ESCALA 1:750 ESCALA GRAFICA 0 — 15	PLANO COD. 0010 PUENTE DE PIEDRA CROQUIS DE DETERIOROS. ALZADOS.	PLANO Nº 03 HOJA 2/6



P1 1. VISTA POR 1
ESCALA 1:300



P2 1. VISTA POR 2
ESCALA 1:300

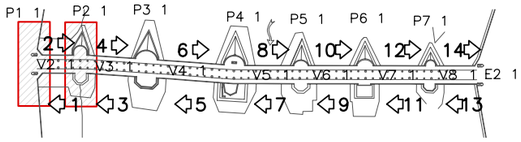


P2 1. VISTA POR 3
ESCALA 1:300

GRIETA POR ASIENTO DIFERENCIAL ENTRE EL FUSTE DE LA P2 1 Y EL TAJAMAR DE LA MISMA AGUAS ABAJO.

ALTERACIÓN SUPERFICIAL Y LAVADO DE LLAGAS DEL TAJAMAR DE LA P2 1 AGUAS ARRIBA POR ACCIÓN CLIMÁTICA.

GRIETAS POR ESFUERZOS Y ALTERACIÓN SUPERFICIAL POR ACCIÓN CLIMÁTICA EN EL V2 1.

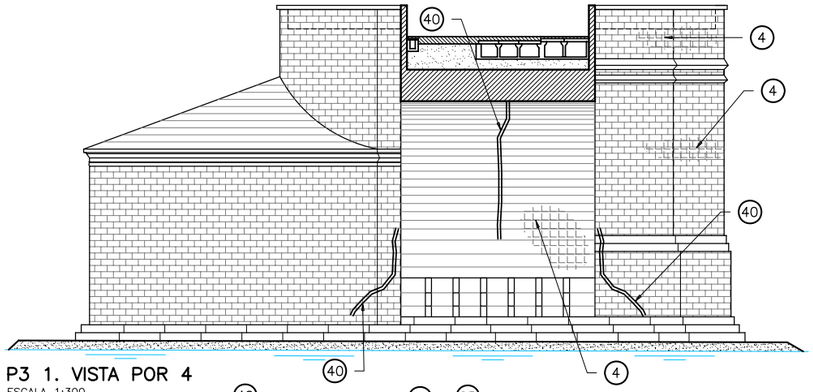


PLANO LLAVE

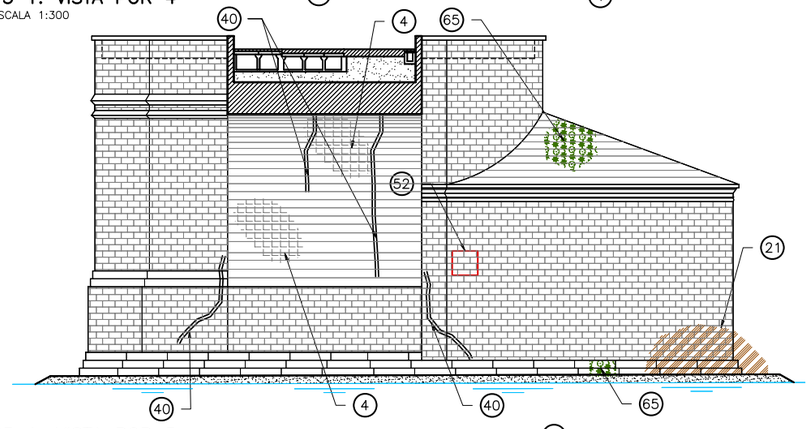
LEYENDA DETERIOROS

1. ABOLLADURA
2. ABOMBAMIENTO
3. ALABEO
4. ALTERACIÓN SUPERFICIAL
5. ANCLAJES OXIDADOS
6. ANCLAJES SUELTOS
7. APERTURA DE JUNTA
8. ARMADURA VISTA AISLADA
9. ASENTAMIENTO EXCESIVO
10. ATERRAMIENTO
11. BACHES
12. BLOQUEO
13. CABECEO
14. CÁRCAVAS
15. CIRCULACIÓN O PRESENCIA DE AGUA
16. COQUERAS, NIDOS DE GRAVA
17. CORROSIÓN
18. COSTRAS
19. DEFORMACIÓN EXCESIVA
20. DELAMINACIÓN
21. DEPÓSITO SUPERFICIAL
22. DESCALCE
23. DESCONCHÓN CON ARMADURA VISTA
24. DESCONCHÓN SIN ARMADURA VISTA
25. DESGASTE
26. DESPEGUE
27. DESPLAZAMIENTO
28. DESPLOME
29. EFLORESCENCIAS O CRIPTOEFLORESCENCIAS
30. ENTALLADURAS
31. ENTRAMADO DE ARMADURA VISTA
32. FALTA DE ALINEACIÓN
33. FALTA DE ANCLAJES
34. FALTA DE PROTECCIÓN DE ANCLAJES
35. FISURAS
36. FISURAS CONCENTRADAS BAJO APOYOS
37. FISURAS EN MAPA
38. FISURAS EN RETÍCULA
39. GIRO EXCESIVO
40. GRIETAS (>5 mm)
41. HINCHAMIENTO
42. HUMEDADES, FILTRACIONES
43. HUNDIMIENTO
44. INOPERANCIA LUMINOSA
45. LAJACIÓN
46. LAVADO DE LLAGAS
47. MADRIGUERAS
48. OBSTRUCCIÓN
49. PANDEO
50. PÁTINA, MANCHA DE ÓXIDO
51. PÉRDIDA DE MATERIAL
52. PÉRDIDA DE PIEZA
53. PÉRDIDA DE REVESTIMIENTO
54. PÉRDIDA DE SECCIÓN
55. PÉRDIDA DE TORNILLOS, ROBLONES ...
56. PÉRDIDA DE TRATAMIENTO PROTECTOR
57. PICADURAS
58. PIEZAS SUELTAS
59. PINTADAS
60. PUTREFACCIÓN
61. RESTOS DE EJECUCIÓN (CLAVOS, BARRAS, TABLAS ...)
62. RODERAS
63. ROTURA
64. SOLDADURAS DAÑADAS O ERRÓNEAS
65. VEGETACIÓN

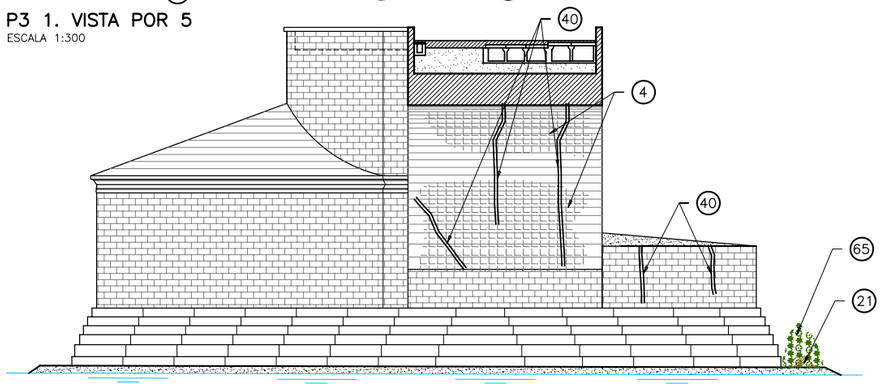
Zaragoza AYUNTAMIENTO	AREA DE INFRAESTRUCTURAS Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA	SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS	EL INGENIERO DE CAMINOS DIRECTOR DEL CONTRATO JESUS GIMENEZ PEREZ Nº 12134	CONSULTOR ines ingenieros consultores	EL INGENIERO DE CAMINOS AUTOR DEL ESTUDIO GONZALO ARIAS HOFMAN Nº 13265	PROYECTO SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE PUENTES. INSPECCIÓN DE LOS PUENTES SOBRE LOS RIOS EBRO Y HUERVA DEL AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA	FECHA	ARCHIVO	ESCALA 1:300 ESCALA GRAFICA 0 6	PLANO COD. 0010 PUENTE DE PIEDRA CROQUIS DE DETERIOROS. PILAS Y ESTRIBO.	PLANO Nº 03 HOJA 3/6



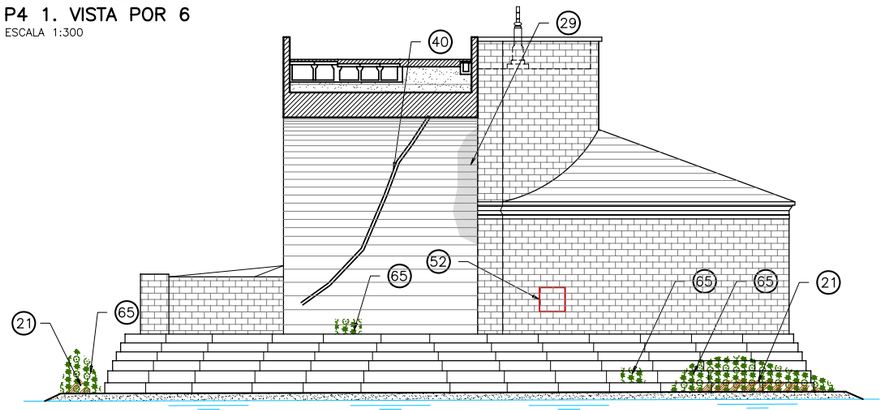
P3 1. VISTA POR 4
ESCALA 1:300



P3 1. VISTA POR 5
ESCALA 1:300



P4 1. VISTA POR 6
ESCALA 1:300

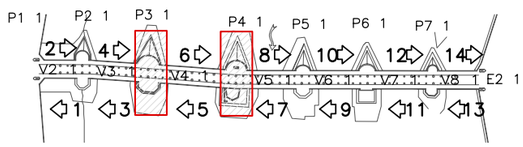


P4 1. VISTA POR 7
ESCALA 1:300

ALTERACIÓN SUPERFICIAL POR ACCIÓN CLIMÁTICA Y GRIETA POR ESFUERZOS EN LA BÓVEDA DE V3 1.

GRIETAS EN EL TAJAMAR DE LA P4 1 Y VEGETACIÓN ENRAIZADA POR SEDIMENTACIÓN ORGÁNICA.

DETALLE DE LA ALTERACIÓN SUPERFICIAL POR ACCIÓN CLIMÁTICA EN LA BÓVEDA DEL V3 1.

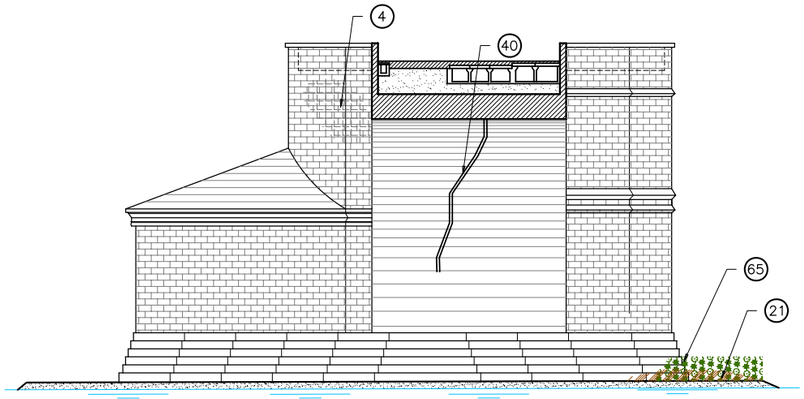


PLANO LLAVE

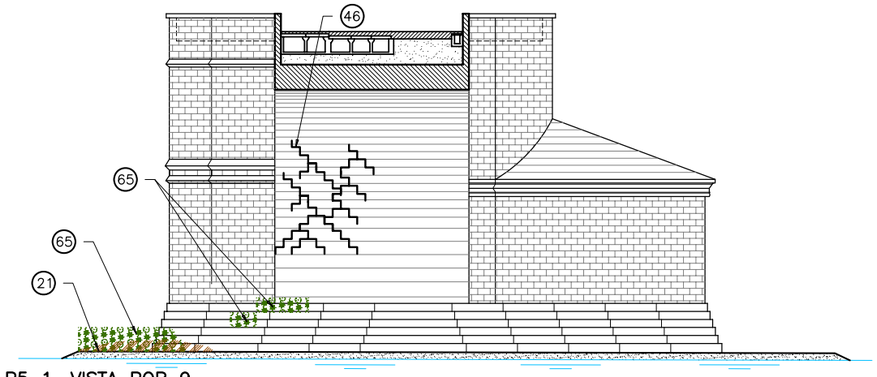
LEYENDA DETERIOROS

1. ABOLLADURA
2. ABOMBAMIENTO
3. ALABEO
4. ALTERACIÓN SUPERFICIAL
5. ANCLAJES OXIDADOS
6. ANCLAJES SUELTOS
7. APERTURA DE JUNTA
8. ARMADURA VISTA AISLADA
9. ASENTAMIENTO EXCESIVO
10. ATERRAMIENTO
11. BACHES
12. BLOQUEO
13. CABECEO
14. CÁRCAVAS
15. CIRCULACIÓN O PRESENCIA DE AGUA
16. COQUERAS, NIDOS DE GRAVA
17. CORROSIÓN
18. COSTRAS
19. DEFORMACIÓN EXCESIVA
20. DELAMINACIÓN
21. DEPÓSITO SUPERFICIAL
22. DESCALCE
23. DESCONCHÓN CON ARMADURA VISTA
24. DESCONCHÓN SIN ARMADURA VISTA
25. DESGASTE
26. DESPEGUE
27. DESPLAZAMIENTO
28. DESPLOME
29. EFLORESCENCIAS O CRIPTOEFLORESCENCIAS
30. ENTALLADURAS
31. ENTRAMADO DE ARMADURA VISTA
32. FALTA DE ALINEACIÓN
33. FALTA DE ANCLAJES
34. FALTA DE PROTECCIÓN DE ANCLAJES
35. FISURAS
36. FISURAS CONCENTRADAS BAJO APOYOS
37. FISURAS EN MAPA
38. FISURAS EN RETÍCULA
39. GIRO EXCESIVO
40. GRIETAS (>5 mm)
41. HINCHAMIENTO
42. HUMEDADES, FILTRACIONES
43. HUNDIMIENTO
44. INOPERANCIA LUMINOSA
45. LAJACIÓN
46. LAVADO DE LLAGAS
47. MADRIGUERAS
48. OBSTRUCCIÓN
49. PANDEO
50. PÁTINA, MANCHA DE ÓXIDO
51. PÉRDIDA DE MATERIAL
52. PÉRDIDA DE PIEZA
53. PÉRDIDA DE REVESTIMIENTO
54. PÉRDIDA DE SECCIÓN
55. PÉRDIDA DE TORNILLOS, ROBLONES ...
56. PÉRDIDA DE TRATAMIENTO PROTECTOR
57. PICADURAS
58. PIEZAS SUELTAS
59. PINTADAS
60. PUTREFACCIÓN
61. RESTOS DE EJECUCIÓN (CLAVOS, BARRAS, TABLAS ...)
62. RODERAS
63. ROTURA
64. SOLDADURAS DAÑADAS O ERRÓNEAS
65. VEGETACIÓN

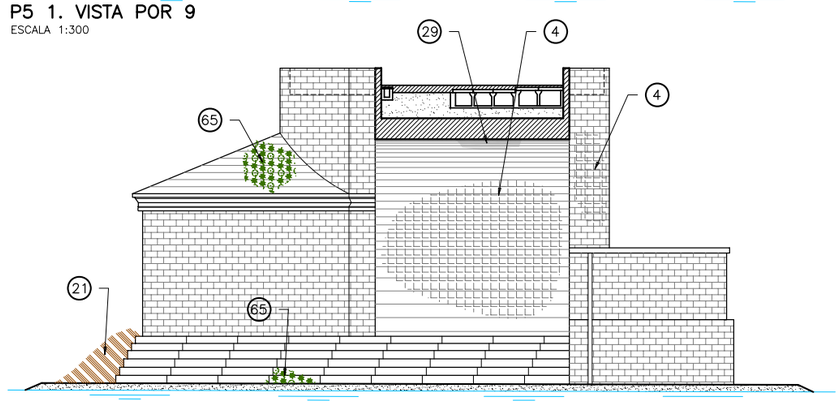
Zaragoza AYUNTAMIENTO	AREA DE INFRAESTRUCTURAS Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA	SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS	EL INGENIERO DE CAMINOS DIRECTOR DEL CONTRATO JESUS GIMENEZ PEREZ Nº 12134	CONSULTOR ines Ingenieros consultores	EL INGENIERO DE CAMINOS AUTOR DEL ESTUDIO GONZALO ARIAS HOFMAN Nº 13265	PROYECTO SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE PUENTES. INSPECCIÓN DE LOS PUENTES SOBRE LOS RIOS EBRO Y HUERVA DEL AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA	FECHA / ARCHIVO / ESCALA 1:300 ESCALA GRAFICA 0 — 6	PLANO COD. 0010 PUENTE DE PIEDRA CROQUIS DE DETERIOROS. PILAS Y ESTRIBO.	PLANO Nº 03 HOJA 4/6



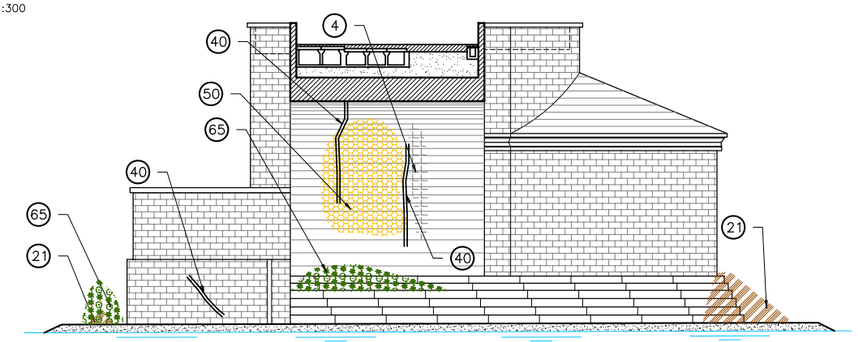
P5 1. VISTA POR 8
ESCALA 1:300



P5 1. VISTA POR 9
ESCALA 1:300



P6 1. VISTA POR 10
ESCALA 1:300

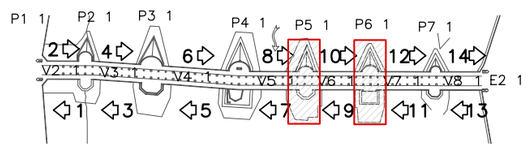


P6 1. VISTA POR 11
ESCALA 1:300

DETALLE DE LAVADO DE LLAGAS EN LA BÓVEDA DEL V6 1.

DETALLE DE LA SEDIMENTACIÓN DE MATERIALES Y LA VEGETACIÓN ENRAIZADA EN EL TAJAMAR AGUAS ARRIBA DE LA P5 1.

ALTERACIÓN SUPERFICIAL POR ACCIÓN CLIMÁTICA DE LA BOQUILLA DE LA EMBOCADURA DE V7 1.

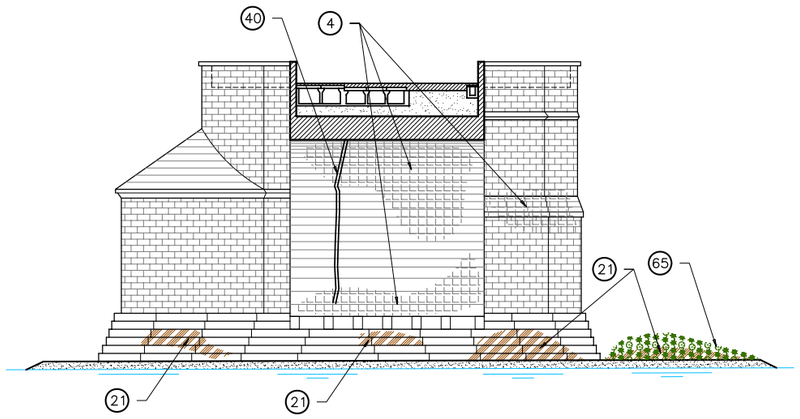


PLANO LLAVE

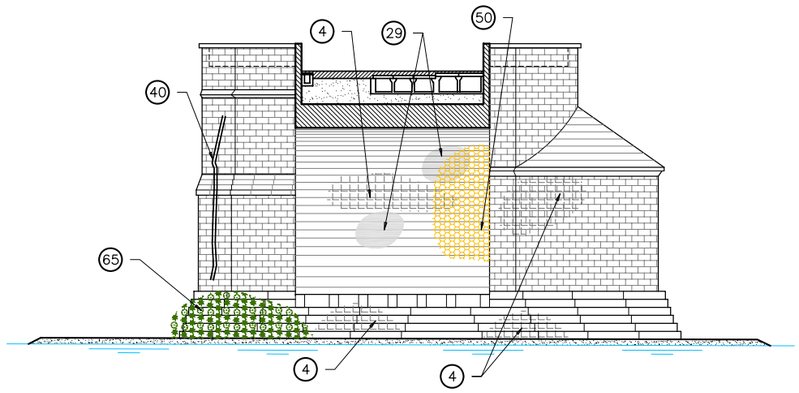
LEYENDA DETERIOROS

1. ABOLLADURA
2. ABOMBAMIENTO
3. ALABEO
4. ALTERACIÓN SUPERFICIAL
5. ANCLAJES OXIDADOS
6. ANCLAJES SUELTOS
7. APERTURA DE JUNTA
8. ARMADURA VISTA AISLADA
9. ASENTAMIENTO EXCESIVO
10. ATERRAMIENTO
11. BACHES
12. BLOQUEO
13. CABECEO
14. CÁRCAVAS
15. CIRCULACIÓN O PRESENCIA DE AGUA
16. COQUERAS, NIDOS DE GRAVA
17. CORROSIÓN
18. COSTRAS
19. DEFORMACIÓN EXCESIVA
20. DELAMINACIÓN
21. DEPÓSITO SUPERFICIAL
22. DESCALCE
23. DESCONCHÓN CON ARMADURA VISTA
24. DESCONCHÓN SIN ARMADURA VISTA
25. DESGASTE
26. DESPEGUE
27. DESPLAZAMIENTO
28. DESPLOME
29. EFLORESCENCIAS O CRIPTOEFLORESCENCIAS
30. ENTALLADURAS
31. ENTRAMADO DE ARMADURA VISTA
32. FALTA DE ALINEACIÓN
33. FALTA DE ANCLAJES
34. FALTA DE PROTECCIÓN DE ANCLAJES
35. FISURAS
36. FISURAS CONCENTRADAS BAJO APOYOS
37. FISURAS EN MAPA
38. FISURAS EN RETÍCULA
39. GIRO EXCESIVO
40. GRIETAS (>5 mm)
41. HINCHAMIENTO
42. HUMEDADES, FILTRACIONES
43. HUNDIMIENTO
44. INOPERANCIA LUMINOSA
45. LAJACIÓN
46. LAVADO DE LLAGAS
47. MADRIGUERAS
48. OBSTRUCCIÓN
49. PANDEO
50. PÁTINA, MANCHA DE ÓXIDO
51. PÉRDIDA DE MATERIAL
52. PÉRDIDA DE PIEZA
53. PÉRDIDA DE REVESTIMIENTO
54. PÉRDIDA DE SECCIÓN
55. PÉRDIDA DE TORNILLOS, ROBLONES ...
56. PÉRDIDA DE TRATAMIENTO PROTECTOR
57. PICADURAS
58. PIEZAS SUELTAS
59. PINTADAS
60. PUTREFACCIÓN
61. RESTOS DE EJECUCIÓN (CLAVOS, BARRAS, TABLAS ...)
62. RODERAS
63. ROTURA
64. SOLDADURAS DAÑADAS O ERRÓNEAS
65. VEGETACIÓN

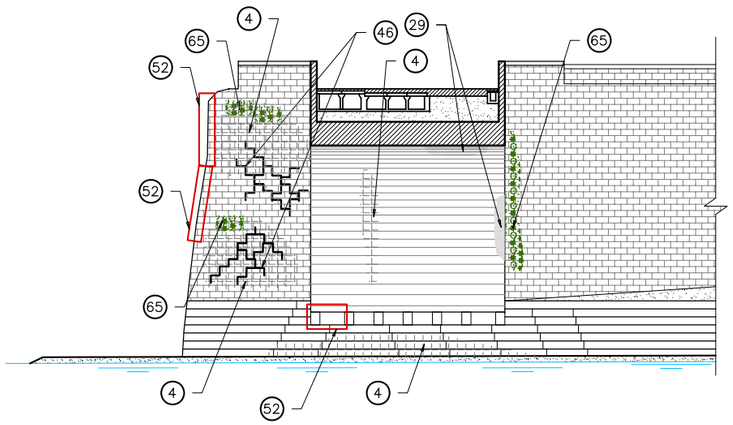
Zaragoza AYUNTAMIENTO	AREA DE INFRAESTRUCTURAS Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA	SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS	EL INGENIERO DE CAMINOS DIRECTOR DEL CONTRATO JESUS GIMENEZ PEREZ Nº 12134	CONSULTOR ines ingenieros consultores	EL INGENIERO DE CAMINOS AUTOR DEL ESTUDIO GONZALO ARIAS HOFMAN Nº 13265	PROYECTO SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE PUENTES. INSPECCIÓN DE LOS PUENTES SOBRE LOS RIOS EBRO Y HUERVA DEL AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA	FECHA	ARCHIVO	ESCALA 1:300 ESCALA GRAFICA 0 — 6	PLANO COD. 0010 PUENTE DE PIEDRA CROQUIS DE DETERIOROS. PILAS Y ESTRIBO.	PLANO Nº 03 HOJA 5/6



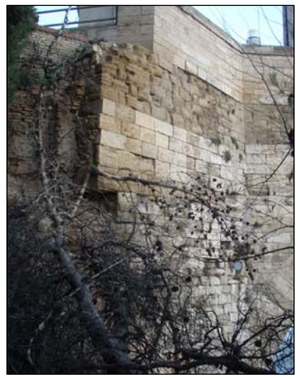
P7 1. VISTA POR 12
ESCALA 1:300



P7 1. VISTA POR 13
ESCALA 1:300



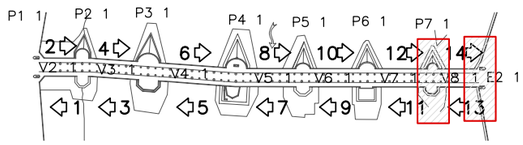
E2 1. VISTA POR 14
ESCALA 1:300



PÉRDIDA DE PIEZAS Y ALTERACIÓN SUPERFICIAL EN EL MLI E2 1.

DEPÓSITO SUPERFICIAL Y VEGETAIÓN ENRAIZADA EN EL TAJAMAR AGUAS ABAJO DE LA P7 1.

DETALLE DE LA ALTERACÓN SUPERFICIAL POR ACCIÓN CLIMÁTICA EN EL V7 1.



PLANO LLAVE

LEYENDA DETERIOROS

1. ABOLLADURA
2. ABOMBAMIENTO
3. ALABEO
4. ALTERACIÓN SUPERFICIAL
5. ANCLAJES OXIDADOS
6. ANCLAJES SUELTOS
7. APERTURA DE JUNTA
8. ARMADURA VISTA AISLADA
9. ASENTAMIENTO EXCESIVO
10. ATERRAMIENTO
11. BACHES
12. BLOQUEO
13. CABECEO
14. CÁRCAVAS
15. CIRCULACIÓN O PRESENCIA DE AGUA
16. COQUERAS, NIDOS DE GRAVA
17. CORROSIÓN
18. COSTRAS
19. DEFORMACIÓN EXCESIVA
20. DELAMINACIÓN
21. DEPÓSITO SUPERFICIAL
22. DESCALCE
23. DESCONCHÓN CON ARMADURA VISTA
24. DESCONCHÓN SIN ARMADURA VISTA
25. DESGASTE
26. DESPEGUE
27. DESPLAZAMIENTO
28. DESPLOME
29. EFLORESCENCIAS O CRIPTOEFLORESCENCIAS
30. ENTALLADURAS
31. ENTRAMADO DE ARMADURA VISTA
32. FALTA DE ALINEACIÓN
33. FALTA DE ANCLAJES
34. FALTA DE PROTECCIÓN DE ANCLAJES
35. FISURAS
36. FISURAS CONCENTRADAS BAJO APOYOS
37. FISURAS EN MAPA
38. FISURAS EN RETÍCULA
39. GIRO EXCESIVO
40. GRIETAS (>5 mm)
41. HINCHAMIENTO
42. HUMEDADES, FILTRACIONES
43. HUNDIMIENTO
44. INOPERANCIA LUMINOSA
45. LAJACIÓN
46. LAVADO DE LLAGAS
47. MADRIGUERAS
48. OBSTRUCCIÓN
49. PANDEO
50. PÁTINA, MANCHA DE ÓXIDO
51. PÉRDIDA DE MATERIAL
52. PÉRDIDA DE PIEZA
53. PÉRDIDA DE REVESTIMIENTO
54. PÉRDIDA DE SECCIÓN
55. PÉRDIDA DE TORNILLOS, ROBLONES ...
56. PÉRDIDA DE TRATAMIENTO PROTECTOR
57. PICADURAS
58. PIEZAS SUELTAS
59. PINTADAS
60. PUTREFACCIÓN
61. RESTOS DE EJECUCIÓN (CLAVOS, BARRAS, TABLAS ...)
62. RODERAS
63. ROTURA
64. SOLDADURAS DAÑADAS O ERRÓNEAS
65. VEGETACIÓN

Zaragoza AYUNTAMIENTO	AREA DE INFRAESTRUCTURAS Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA	SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS	EL INGENIERO DE CAMINOS DIRECTOR DEL CONTRATO JESUS GIMENEZ PEREZ Nº 12134	CONSULTOR ines Ingenieros consultores	EL INGENIERO DE CAMINOS AUTOR DEL ESTUDIO GONZALO ARIAS HOFMAN Nº 13265	PROYECTO SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE PUENTES. INSPECCIÓN DE LOS PUENTES SOBRE LOS RIOS EBRO Y HUERVA DEL AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA	FECHA / ARCHIVO / ESCALA 1:300 ESCALA GRAFICA 0 — 6	PLANO COD. 0010 PUENTE DE PIEDRA CROQUIS DE DETERIOROS. PILAS Y ESTRIBO.	PLANO Nº 03 HOJA 6/6

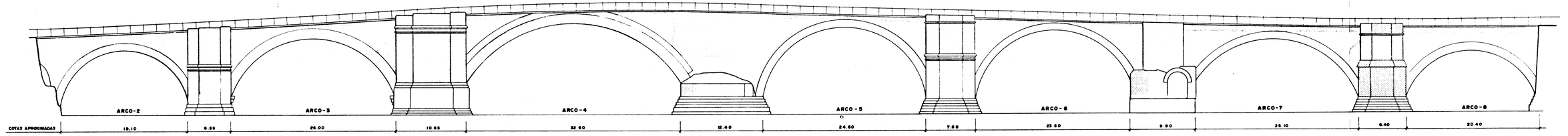
ANEXO I.
PLANOS Y LÁMINAS DEL AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA

PLANOS

LAMINAS

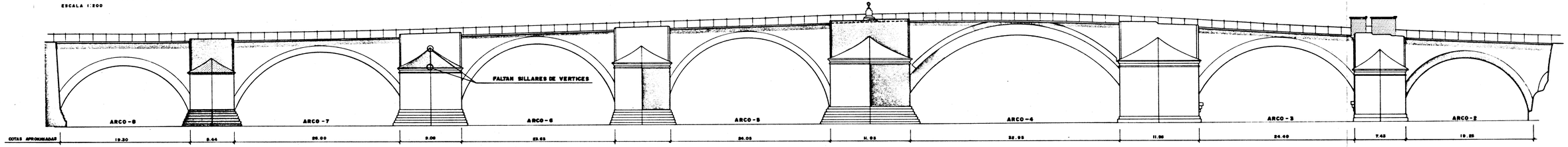
DOCUMENTOS ANTIGUOS (MONTEMUZO)

PLANOS



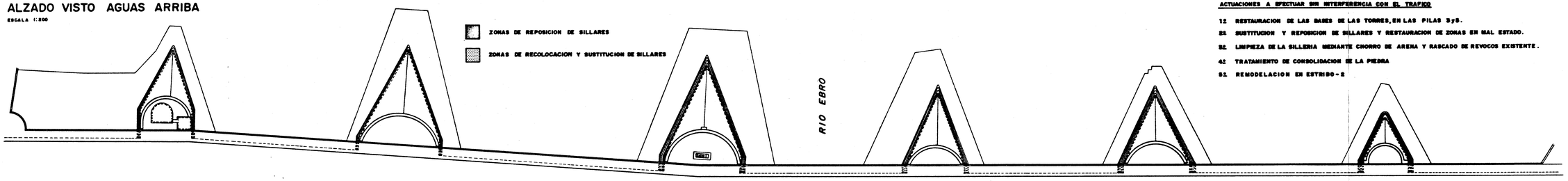
ALZADO VISTO AGUAS ABAJO

ESCALA 1:200



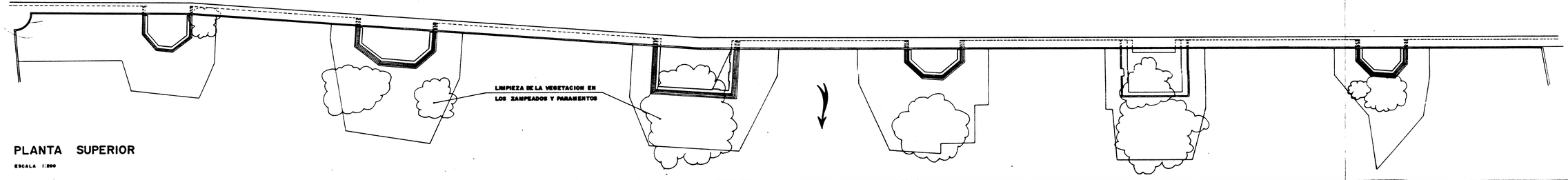
ALZADO VISTO AGUAS ARRIBA

ESCALA 1:200



ACTUACIONES A EFECTUAR SIN INTERFERENCIA CON EL TRAFICO

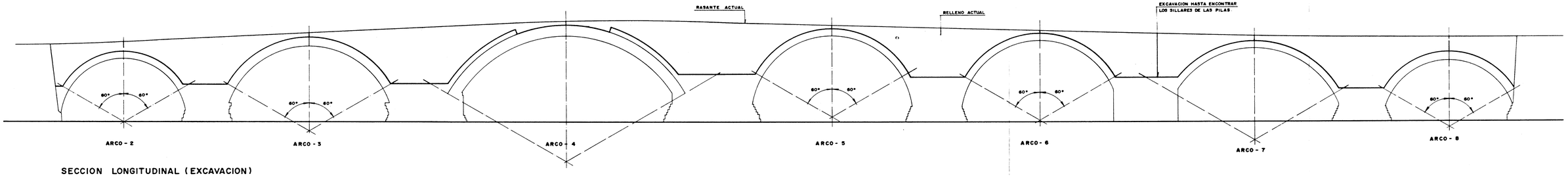
1º RESTAURACION DE LAS BASES DE LAS TORRES, EN LAS PILAS 3 y 5.
2º SUSTITUCION Y REPOSICION DE SILLARES Y RESTAURACION DE ZONAS EN MAL ESTADO.
3º LIMPIEZA DE LA SILLERIA MEDIANTE CHORRO DE ARENA Y RASCADO DE REVOCOS EXISTENTE.
4º TRATAMIENTO DE CONSOLIDACION DE LA PIEDRA
5º REMODELACION EN ESTRIBO-2



PLANTA SUPERIOR

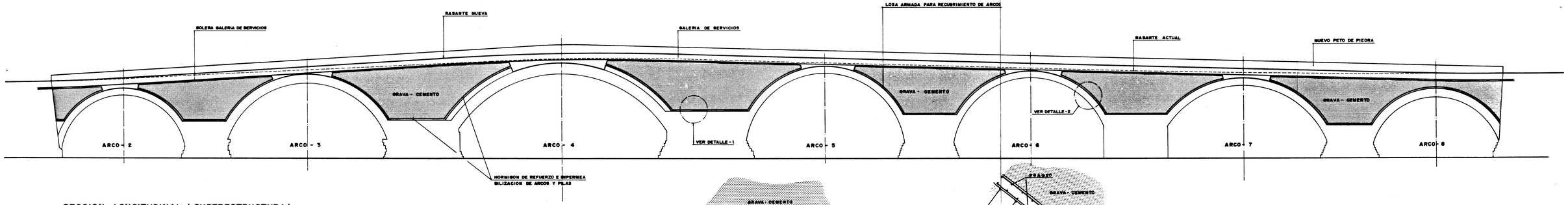
ESCALA 1:200

AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA	CARLOS FERNANDEZ CASADO, S.A. OFICINA DE PROYECTOS	PROYECTO	DIBUJO	DIRECTOR DEL PROYECTO FEDERICO DE VICENTE	SUSTITUYE A / SUSTITUIDO POR	ESCALAS 1:200	TITULO DEL PROYECTO RESTAURACION Y RECALCE DEL PUENTE DE PIEDRA SOBRE EL RIO EBRO EN ZARAGOZA	Nº 1-14	DESIGNACION DEL PLANO PROCESO CONSTRUCTIVO (II)	FECHA SETIEMBRE-1988 HOJA 14 DE 14



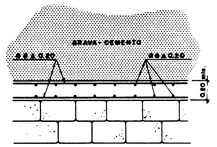
SECCION LONGITUDINAL (EXCAVACION)

ESCALA 1:200



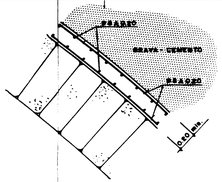
SECCION LONGITUDINAL (SUPERESTRUCTURA)

ESCALA 1:200



DETALLE - 1

ESCALA 1:20

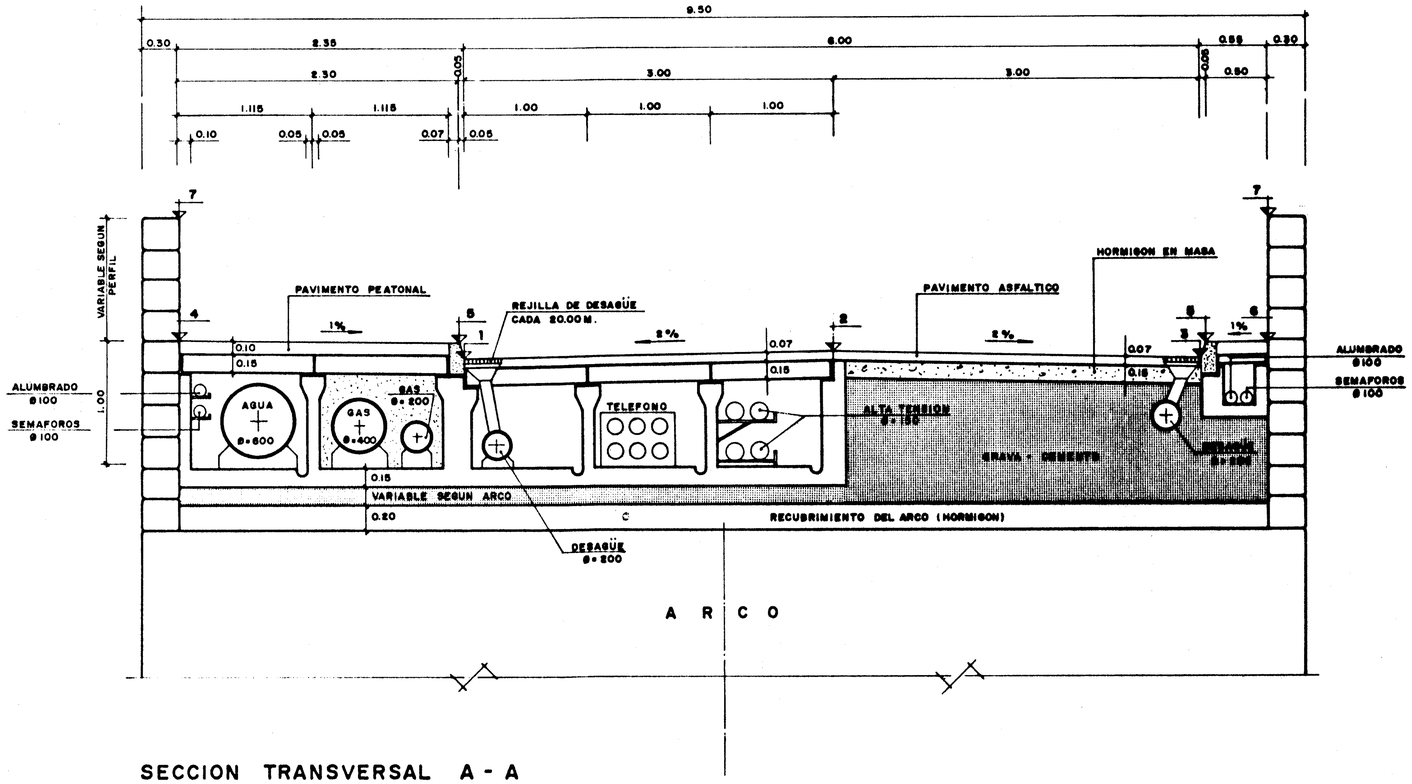


DETALLE - 2

ESCALA 1:20

NOTA.- LA EXCAVACION DE RELLENO SE EFECTUARA HASTA ENCONTRAR LA SILLERIA DE LAS PILAS O UNA MAMPOSTERIA TRABADA.
ESTA SE ENCONTRARA APROXIMADAMENTE EN LAS LINEAS FIJADAS EN LOS PLANOS.
DE ENCONTRARSE MAS PROFUNDA SE RELLENARA DE HOMIGON HASTA LA LINEA INDICADA.

AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA	CARLOS FERNANDEZ CASADO, S.A. OFICINA DE PROYECTOS	PROYECTO	DIBUJO	DIRECTOR DEL PROYECTO / FUNCIONARIO DE VISADO	SUSTITUYE A / SUSTITUIDO POR	ESCALAS 1:200 1:20	TITULO DEL PROYECTO: RESTAURACION Y RECALCE DEL PUENTE DE PIEDRA SOBRE EL RIO EBRO EN ZARAGOZA	Nº 1-5	DESIGNACION DEL PLANO: REFUERZO E IMPERMEABILIZACION DE LOS ARCOS - SECCION LONGITUDINAL	FECHA SETIEMBRE - 1996 HOJA 8 DE 14

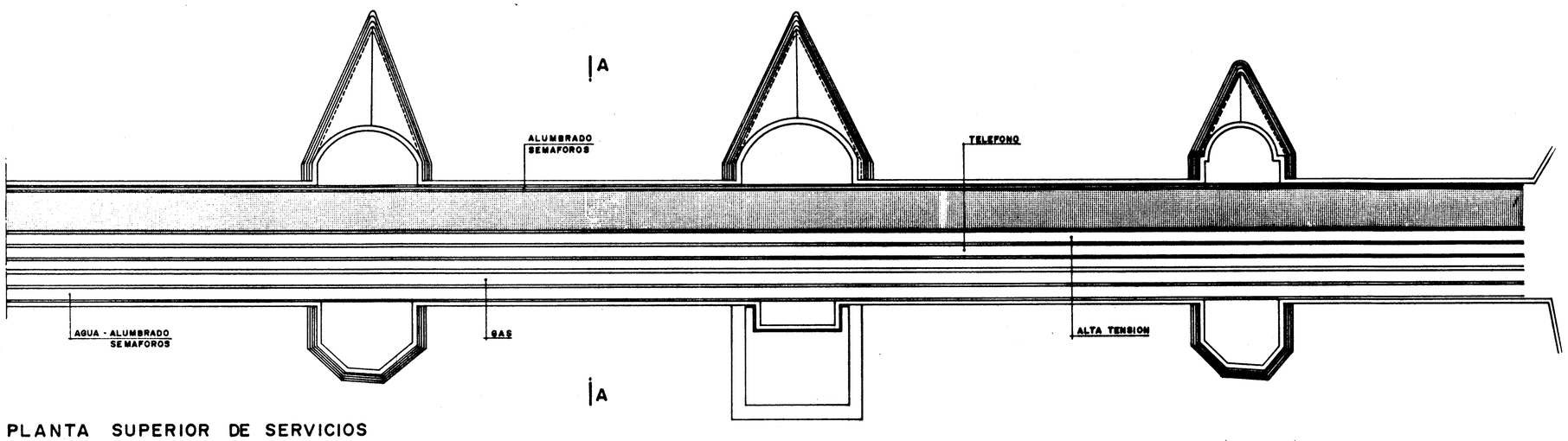


SECCION TRANSVERSAL A - A

ESCALA 1 : 25

CUADRO DE ELEVACIONES

ESTACION	COTA 1	COTA 2	COTA 3	COTA 4	COTA 5	COTA 6	COTA 7
0.000	6.290	6.350	6.290	6.444	6.420	6.425	
5.000	6.430	6.390	6.330	6.485	6.460	6.465	
10.000	6.454	6.514	6.454	6.607	6.584	6.589	7.478
15.000	6.661	6.721	6.661	6.814	6.791	6.796	7.789
20.000	6.949	7.009	6.949	7.102	7.079	7.084	8.184
25.000	7.264	7.324	7.264	7.417	7.394	7.399	8.418
30.000	7.578	7.638	7.578	7.731	7.708	7.713	8.733
35.000	7.893	7.953	7.893	8.046	8.023	8.028	9.047
40.000	8.208	8.268	8.208	8.361	8.338	8.343	9.362
45.000	8.522	8.582	8.522	8.675	8.652	8.657	9.676
50.000	8.837	8.897	8.837	8.990	8.967	8.972	9.991
55.000	9.151	9.211	9.151	9.304	9.281	9.286	10.305
60.000	9.466	9.526	9.466	9.619	9.596	9.601	10.620
65.000	9.781	9.841	9.781	9.934	9.911	9.916	10.934
70.000	10.093	10.153	10.093	10.246	10.223	10.228	11.249
75.000	10.360	10.420	10.360	10.513	10.490	10.495	11.563
80.000	10.564	10.624	10.564	10.717	10.694	10.699	11.878
85.000	10.706	10.766	10.706	10.859	10.836	10.841	12.151
90.000	10.786	10.846	10.786	10.939	10.916	10.921	12.200
95.000	10.802	10.862	10.802	10.955	10.932	10.937	12.078
100.000	10.757	10.817	10.757	10.910	10.887	10.892	11.950
105.000	10.649	10.709	10.649	10.802	10.779	10.784	11.822
110.000	10.515	10.575	10.515	10.668	10.645	10.650	11.694
115.000	10.382	10.442	10.382	10.535	10.512	10.517	11.566
120.000	10.248	10.308	10.248	10.401	10.378	10.383	11.438
125.000	10.115	10.175	10.115	10.268	10.245	10.250	11.310
130.000	9.981	10.041	9.981	10.134	10.111	10.116	11.182
135.000	9.847	9.907	9.847	10.000	9.977	9.982	11.054
140.000	9.714	9.774	9.714	9.867	9.844	9.849	10.925
145.000	9.580	9.640	9.580	9.733	9.710	9.715	10.797
150.000	9.447	9.507	9.447	9.600	9.577	9.582	10.669
155.000	9.313	9.373	9.313	9.466	9.443	9.448	10.541
160.000	9.180	9.240	9.180	9.333	9.310	9.315	10.413
165.000	9.046	9.106	9.046	9.199	9.176	9.181	10.285
170.000	8.913	8.973	8.913	9.066	9.043	9.048	10.157
175.000	8.779	8.839	8.779	8.932	8.909	8.914	10.029
180.000	8.646	8.706	8.646	8.799	8.776	8.781	9.901
185.000	8.512	8.572	8.512	8.665	8.642	8.647	9.773
190.000	8.379	8.439	8.379	8.532	8.509	8.514	9.645
195.000	8.245	8.305	8.245	8.398	8.375	8.380	9.517
200.000	8.112	8.172	8.112	8.265	8.242	8.247	9.389
205.000	7.978	8.038	7.978	8.131	8.108	8.113	9.261
210.000	7.845	7.905	7.845	7.998	7.975	7.980	9.133
215.000	7.711	7.771	7.711	7.864	7.841	7.846	9.005
220.000	7.578	7.638	7.578	7.731	7.708	7.713	8.877
225.000	7.460	7.520	7.460	7.613	7.590	7.595	8.749
230.000	7.402	7.462	7.402	7.555	7.532	7.537	8.621



PLANTA SUPERIOR DE SERVICIOS

ESCALA 1:200

AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA	CARLOS FERNANDEZ CASADO. S.A. OFICINA DE PROYECTOS	PROYECTO	DIBUJO	DIRECTOR DEL PROYECTO FEDERICO DE VICENTE	SUSTITUYE A / SUSTITUIDO POR	ESCALAS 1:25 1:200	TITULO DEL PROYECTO RESTAURACION Y RECALCE DEL PUENTE DE PIEDRA SOBRE EL RIO EBRO EN ZARAGOZA	Nº 1-9	DESIGNACION DEL PLANO DEFINICION DE LAS GALERIAS DE SERVICIOS Y CUADRO DE COTAS	FECHA SETIEMBRE - 1986 HOJA 9 DE 14

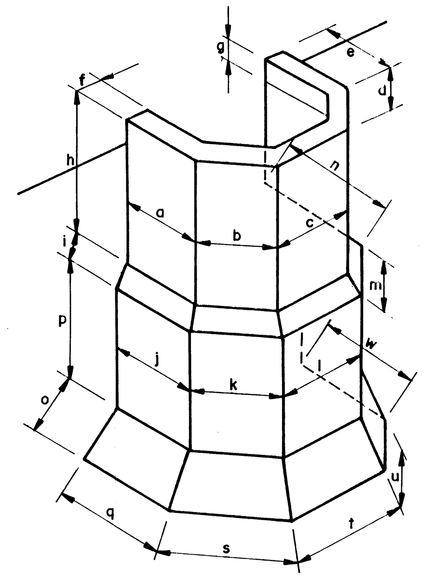
PILA – A (TAMBOR) DE AGUAS ABAJO

PILA	2	3	4	5	6	7
a	3.73	4.10	----	3.60	2.46	3.32
b	2.63	3.86	----	3.00	----	2.52
c	2.63	4.10	----	3.29	6.23	3.21
d	2.44	4.00	----	3.00	----	2.21
e	4.43	4.10	----	3.38	2.46	3.90
f	0.30	0.47	----	0.33	----	0.33
g	0.50	0.33	----	0.30	----	0.33
h	5.85	10.13	----	5.56	6.14	5.35
i	1.28	1.08	----	0.96	----	1.50
j	3.76	4.05	7.19	3.27	10.32	2.15
k	2.74	3.73	----	3.42	----	2.58
l	2.92	4.66	11.02	3.27	10.05	3.60
m	2.69	4.64	----	3.37	----	2.58
n	4.56	3.73	4.82	3.29	9.82	2.15
o	1.91	1.11	3.70	3.67	----	3.26
p	5.97	3.20	2.95	6.70	6.53	4.76
q	4.15	4.17	8.44	3.55	----	2.30
s	3.15	4.58	----	4.30	----	2.83
t	3.30	4.83	12.54	4.53	----	3.85
u	3.09	4.32	----	4.25	----	2.83
w	4.83	3.52	6.08	3.53	----	2.30

----: NO EXISTE

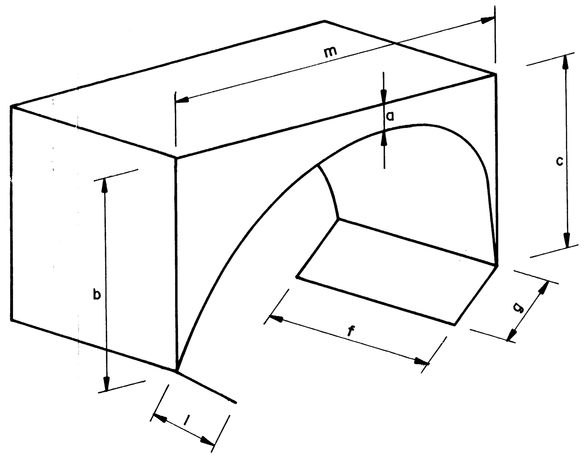
A	(a + b + c + d + e) f
B	(a + b + c + d + e) g
C	(a + b + c + d + e) h
D	(j + k + l + m + n) i
E	(j + k + l + m + n) p
F	(q + s + t + u + w) o

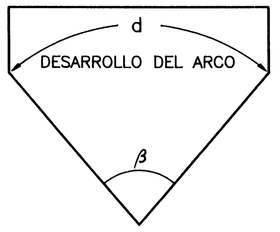
PILA	2	3	4	5	6	7
A	4.75	9.47	---	5.36	---	5.00
B	7.93	6.65	---	4.88	---	5.00
C	92.781	204.22	125.95	90.46	68.46	81.11
D	21.34	22.48	---	15.96	---	19.59
E	99.52	66.59	67.94	111.35	197.14	62.17
F	35.37	23.78	100.12	73.99	---	46.00



ARCO

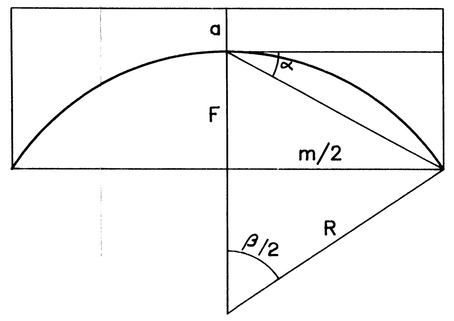
ARCO	2	3	4	5	6	7	8
a	2.90	2.40	2.04	1.90	1.70	2.00	3.70
b	11.00	10.65	9.30	12.45	12.15	10.25	10.90
c	11.20	11.85	10.70	12.30	11.15	10.70	10.70
f	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50
g	2.15	2.70	3.20	3.67	1.96	3.26	---
l	1.05	2.90	3.70	3.70	3.67	1.96	3.26
m	20.00	24.50	31.80	23.70	23.90	25.20	20.70
d–Desarrollo del arco	26.28	30.56	36.88	34.57	33.74	32.22	26.67
β	158.77	143.38	118.32	184.33	176.80	150.78	153.10
R	10.54	13.57	19.84	11.94	12.15	13.60	11.09
$m(\frac{b+c}{2})$	222.00	275.62	318.00	293.41	278.43	263.97	223.56
$\frac{R^2 \pi \beta}{400}$	138.52	207.37	365.79	206.39	204.99	219.03	147.89
$\frac{R^2 \operatorname{sen} \beta}{2}$	33.51	71.51	188.71	17.36	26.31	64.59	41.31





A	$\left[m \left(\frac{b+c}{2}\right) - \frac{R^2}{2} \left(\frac{\pi \beta}{200} - \operatorname{sen} \beta \right) \right] \times 2$
B	f (d + g + l)

ARCO	2	3	4	5	6	7	8
A	233.99	279.52	281.86	208.54	199.51	219.04	233.98
B	285.05	343.52	415.91	397.48	374.02	355.68	284.34



$F = \left(\frac{b+c}{2}\right) - a$

$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{F}{m/2}$

$\beta = 4\alpha$

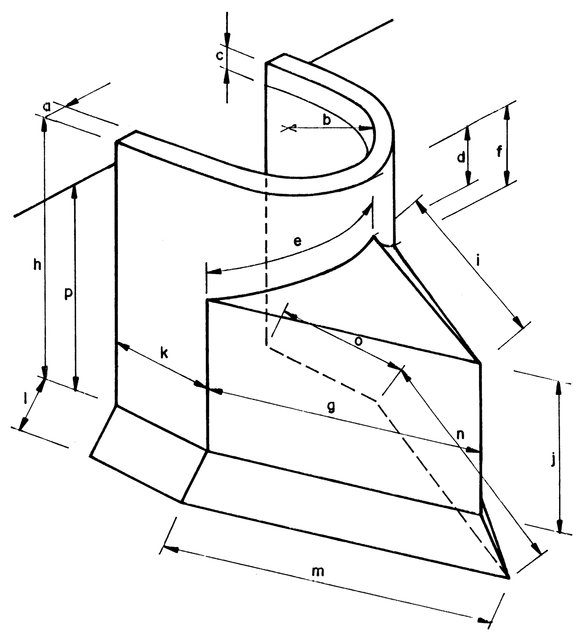
$R = \frac{m/2}{\operatorname{sen} \beta/2}$

PILA – B (TAJAMAR) DE AGUAS ARRIBA

PILA	2	3	4	5	6	7
a	0.30	0.33	0.30	0.36	----	----
b	9.54	15.80	15.70	9.70	8.60	8.80
c	0.38	0.40	0.41	0.40	----	----
d	2.30	2.04	3.05	2.90	2.23	2.62
e	5.20	8.35	8.22	5.38	4.90	5.10
f	5.20	8.19	8.09	5.50	5.60	5.22
g	7.35	9.80	10.23	8.56	7.72	4.33
h	9.50	13.12	14.49	12.23	11.56	8.08
i	10.25	12.82	15.28	11.87	12.33	8.57
j	7.30	8.60	7.53	7.40	6.13	4.76
k	3.90	1.93	1.90	1.28	0.81	1.50
l	1.91	1.11	3.70	3.67	1.96	3.26
m	9.70	14.80	16.05	13.30	12.68	8.33
n	10.30	14.40	17.35	13.10	13.92	8.82
o	4.46	1.92	1.30	1.10	1.43	1.62
p	11.80	14.10	12.50	11.80	10.70	11.15

----: NO EXISTE

A	c (b + k + o)
B	$\left[p(b+k+o)\right] - \left\{ \left(\left[p - \frac{(d+j)}{2} \right] b \right) + (b \times j) \right.$
C	(h + i) j
D	$\sqrt{p_1(p_1-e)(p_1-h)(p_1-g)} + \sqrt{p_2(p_2-f)(p_2-g)(p_2-i)}$ $p_1 = \frac{e+h+g}{2} \qquad p_2 = \frac{f+g+i}{2}$
F	(k + m + n + o) l



PILA	2	3	4	5	6	7
A	6.82	7.86	7.75	4.83	---	---
B	131.08	113.85	102.96	63.51	53.21	74.44
C	144.18	223.08	224.17	178.34	146.45	79.55
D	37.16	81.79	80.13	41.82	29.49	19.49
E	54.16	36.36	135.42	105.62	56.52	66.08

M^2. DE SUPERFICIE DE PIEDRA

	PILA AGUAS ABAJO	PILA AGUAS ARRIBA	ARCO	
2	261.69	374.09	519.04	
3	333.19	469.76	623.04	
4	294.01	556.08	697.77	
5	302.07	397.27	606.02	
6	265.60	278.33	573.53	
7	218.86	239.26	574.72	
8			518.32	
SUMA	1675.42	2314.79	4112.44	TOTAL 8102.65

TITULO LIQUIDACION RESTAURACION Y RECALCE DEL PUENTE DE PIEDRA SOBRE EL RIO EBRO EN ZARAGOZA. TERCER DESGLOSADO			AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA DENOMINACION RESTAURACION DE PARAMENTOS Y ARCOS SUPERFICIE DEL PUENTE
ESCALA SIN ESCALA	FECHA DICIEMBRE 1992	PLANO 6.1	DIRECCION FACULTATIVA D. Leonardo Fernandez Troyano D. Jose Miguel Marco Tello
			CONFORME EL CONTRATISTA

LÁMINAS

R 8195
G-4941

AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA

PUENTE DE PIEDRA

ESTUDIO PREVIO DE RESTAURACIÓN

ARCHIVO Y BIBLIOTECA MUNICIPAL - ZARAGOZA

Nº de Caja: 21895
Año 1983
Sección: Urbanismo
Tipo: Estudio previo de restauración del Puente de Piedra (está encuadernado)

TRABAJO REALIZADO POR CARLOS FERNANDEZ CASADO S.A. OFICINA DE PROYECTOS BAJO LA DIRECCION DE LOS INGENIEROS DE CAMINOS CARLOS FERNANDEZ CASADO JAVIER MANTEROLA ARMISEN Y LEONARDO FERNANDEZ TROYANO

ZARAGOZA JUNIO DE 1982

COLABORACIONES:
TERESA IRANZU LICENCIADA EN HISTORIA, EN LA RECOPILACION DE DATOS HISTORICOS
GEOEXPERTS S.A. EN EL ESTUDIO DEL SUELO Y CIMENTACIONES

Zaragoza

R 8195
G-4941

AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA

PUENTE DE PIEDRA

ESTUDIO PREVIO DE RESTAURACIÓN

ARCHIVO Y BIBLIOTECA MUNICIPAL - ZARAGOZA

TRABAJO REALIZADO POR CARLOS FERNANDEZ CASADO S.A. OFICINA DE PROYECTOS
BAJO LA DIRECCION DE LOS INGENIEROS DE CAMINOS CARLOS FERNANDEZ CASADO
JAVIER MANTEROLA ARMISEN Y LEONARDO FERNANDEZ TROYANO

ZARAGOZA JUNIO DE 1982

COLABORACIONES:
TERESA IRANZU LICENCIADA EN HISTORIA, EN LA RECOPILACION
DE DATOS HISTORICOS
GEOEXPERTS S.A. EN EL ESTUDIO DEL SUELO Y CIMENTACIONES

Zaragoza

INDICE GENERAL

A - INTRODUCCION 1

A- I - EL PUENTE EN LA RED DE COMUNICACIONES 1

A- II - GENESIS HISTORICA 2

A- III - SITUACION ACTUAL 3

A- IV - PLANTEAMIENTOS GENERALES DE ESTUDIO Y RESTAURACION DEL PUENTE 4

B - DESCRIPCION DEL PUENTE 6

B- I - DESCRIPCION GENERAL 6

B-I- I - Arcos 6

B-I- II - Pilas y Estribos 6

B-I-II-1 - Tajamares aguas arriba 7

B-I-II-2 - Espolones aguas abajo 8

B-I- III - Cimentaciones 8

B-I- IV - Planta y rasante del puente 9

B- II - DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS DEL PUENTE 9

B-II- I- Arco 1 9

B-II- II- Pila 1 10

B-II- III- Arco 2 10

B-II- IV- Pila 2 11

B-II- V- Arco 3 11

B-II- VI- Pila 3 12

B-II- VII- Arco 4 12

B-II-VIII- Pila 4 13

B-II- IX- Arco 5 14

B-II- X- Pila 5 14

B-II- XI- Arco 6 15

B-II- XII- Pila 6 15

B-II-XIII- Arco 7 15

B-II- XIV- Pila 7 16

B-II- XV- Arco 8 16

B-II- XVI- Estribo 2 17

C - ESTUDIO HISTORICO 17

C- I - ORIGENES DEL PUENTE 17

C- II - CONSTRUCCION DEL PUENTE MEDIEVAL 18

C- III - EL PUENTE DESDE SU CONSTRUCCION HASTA LA ACTUALIDAD 18

C- IV - ANALISIS HISTORICO ARTISTICO DEL PUENTE 20

C- V - DATOS CRONOLOGICOS FUNDAMENTALES 22

D - RESTAURACION DEL PUENTE 26

D- I - SUPRESION DE LOS VOLADIZOS Y VARIACIONES DE RASANTE 26

D- II - SUPRESION DE LAS CASETAS SOBRE LA PILA II 27

D- III - ANTIGUAS TORRES DE LAS PILAS CUATRO Y SEIS 27

D- IV - ARCO UNO Y PILA UNO ACTUALMENTE ENTERRADOS 28

D- V - RESTAURACIONES PARCIALES Y ESTUDIO DE LA PIEDRA 29

D- VI - CALZADA Y ACERAS 29

D- VII - DRENAJE E ILUMINACION 30

D-VIII - VEGETACION SOBRE EL ZAMPEADO 30

D- IX - ESTUDIOS REALIZADOS Y A REALIZAR DEL PUENTE 31

D-IX- I - Estudio de cimentaciones 31

D-IX- II - Estudio estructural 31

D-IX-III - Estudio hidráulico 32

D-IX- IV - Levantamiento fotogramétrico 32

PLANOS 33

ANEJOS (En tomo aparte)

Zaragoza

VISTA TOTAL DEL PUENTE AGUAS ABAJO.

Zaragoza

VISTA PARCIAL DEL PUENTE AGUAS ARRIBA. SE VEN LOS ARCOS, TRES, CUATRO, CINCO, SEIS Y SIETE

Zaragoza

construya, no hay posibilidad de reducir la calzada del puente, pues el tráfico en la situación actual es muy intenso y no parecen existir posibilidades de canalizar facilmente el tráfico de este puente hacia los demás.

Sería conveniente realizar un estudio de tráfico para ver si es posible dejar el puente de piedra desde el momento actual reducido al transporte público con un solo carril y el resto de la plataforma para paso de peatones.

En la restauración del puente que se propone, se prevee una primera fase con dos carriles de tráfico y una acera de 2,00 m. de anchura en un solo borde, que resulta escasa para el tráfico de peatones existente; y una segunda fase con un solo carril de tráfico rodado y dos aceras de 2 y 3 m. a ambos lados del puente.

La situación del tráfico en la primera fase sería análoga a la que existe actualmente al haberse suprimido el uso de los voladizos. El intenso tráfico de peatones,excesivo para el ancho de la acera prevista,puede hacer conveniente la construcción de una pasarela de peatones paralela al puente, a una distancia que no perturbe la visión de éste.

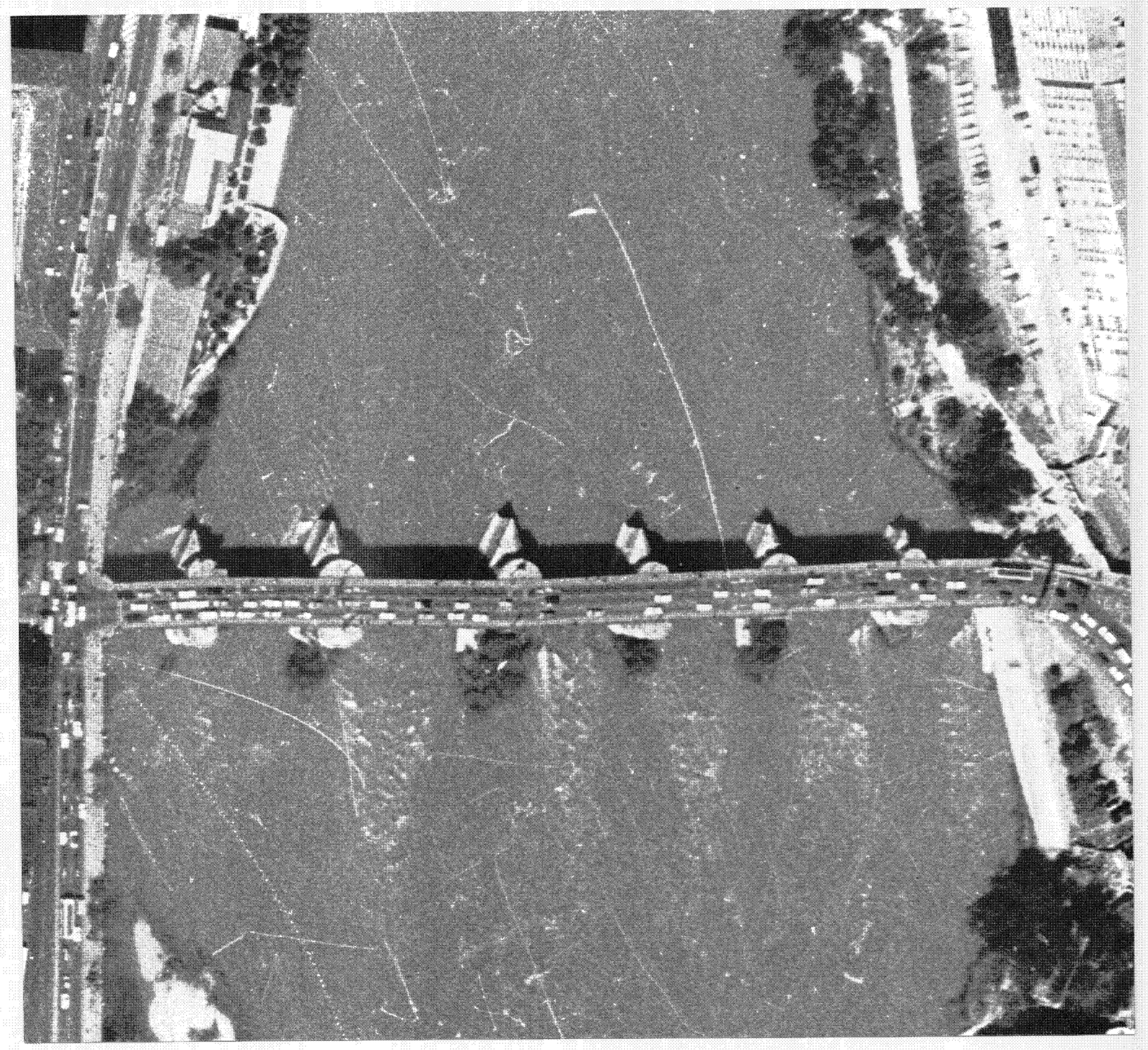
A-II - GENESIS HISTORICA.

Los primeros datos concretos del puente que se conocen corresponden a la iniciación de su construcción en 1.188 existiendo duda sobre la posible existencia de un puente romano anterior. Al iniciarse el puente medieval, del puente romano no habría quedado nada, o restos mínimos, pues en esta fecha el cruce del rio se realizaba por un puente de madera situado aguas abajo del actual.

La construcción resultó muy accidentada y se terminó en 1.440. Durante la construcción y en épocas posteriores existen muchos datos de hundimientos parciales del puente producidos por avenidas del rio, y de malas condiciones del puente que obligaban a continuas reparaciones.

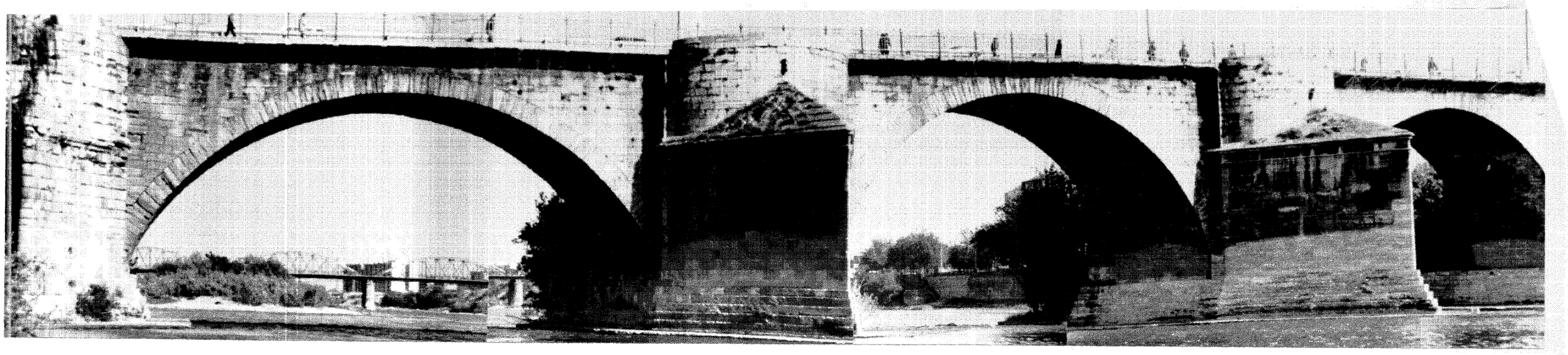
Estos hundimientos se debieron probablemente a descalces de pilas, ya que las cimentaciones, realizadas en las gravas mediante pilotes de madera, no tendrían probablemente el suficiente tamaño, y sobre todo suficiente profundidad, para sobrepasar la altura de socavación del rio en avenidas.

Este motivo, sumado a otras causas de destrucción del puente, como la producida por la voladura de un arco por los franceses en su salida de Zaragoza, hacen que hayan existido muchas reconstrucciones y reparaciones del puente, lo que da como resultado una heterogeneidad muy grande entre todos los elementos que lo componen, pues se han ido realizando en distintas épocas.

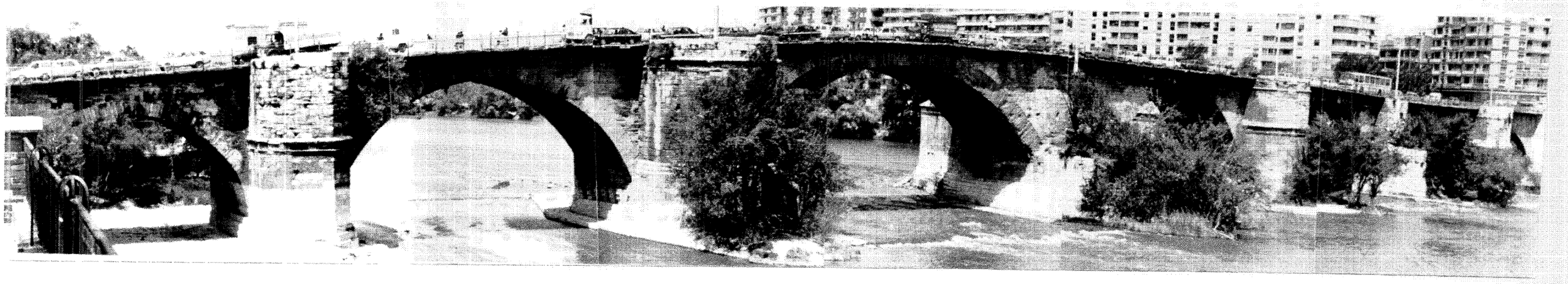


VISTA AEREA DEL PUENTE Y SUS ACCESOS REALIZADA EN 1975
LOS VOLADIZOS ESTABAN EN SERVICIO Y EL PUENTE TENIA TRES CARRILES DE CIRCULACION.

Zaragoza



VISTA DE LOS ARCOS CINCO SEIS Y SIETE DESDE AGUAS ARRIBA



VISTA LATERAL DEL PUENTE DESDE AGUAS ABAJO

Zaragoza

En los sillares de los tajamares se ven muchas marcas de cantero; - en el resto de la sillería del puente en cambio no se ve ninguna.

B-I-II-2 - Espolones de aguas abajo.

Aguas abajo las pilas, salvo la uno y las que tuvieron torres (cuatro y seis) tienen unos espolones formados por un tambor de planta semirectangular con las esquinas chaflanadas, que llegan hasta la rasante con sección practicamente constante.

Son análogos los de pila dos y cinco, variando el de pila tres por su anchura y por la sustitución de la moldura intermedia por un escalonado un poco más abajo.

El de pila ocho también conserva la misma forma, pero esta construído en fecha posterior, simultaneamente al tajamar de aguas arriba.

B-I-III - Cimentaciones

Las cimentaciones han debido plantear siempre los problemas más complicados y delicados del puente, tanto en su construcción, como en su con-- servación y restauración.

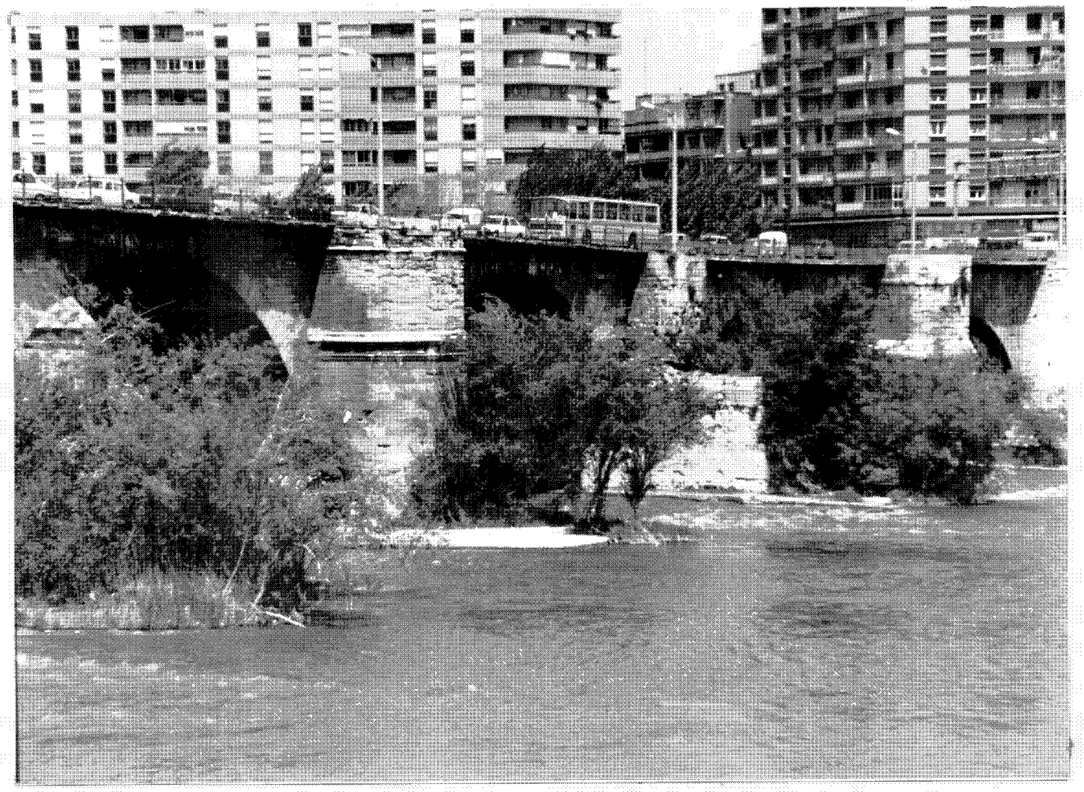
Actualmente el tamaño del zampeado alrededor de las pilas es descomunal y ha debido realizarse en diferentes épocas. Su mayor ampliación se - debió realizar en las obras de ensanche del puente pues en fotografías anteriores a este, su tamaño es mucho menor en casi todas las pilas, y en las - zonas en que faltan las losas de piedra que lo cubren aparece hormigón.

Entre los zampeados de las pilas y debajo de los arcos existe una - protección del cauce realizada con hormigón o piedra.

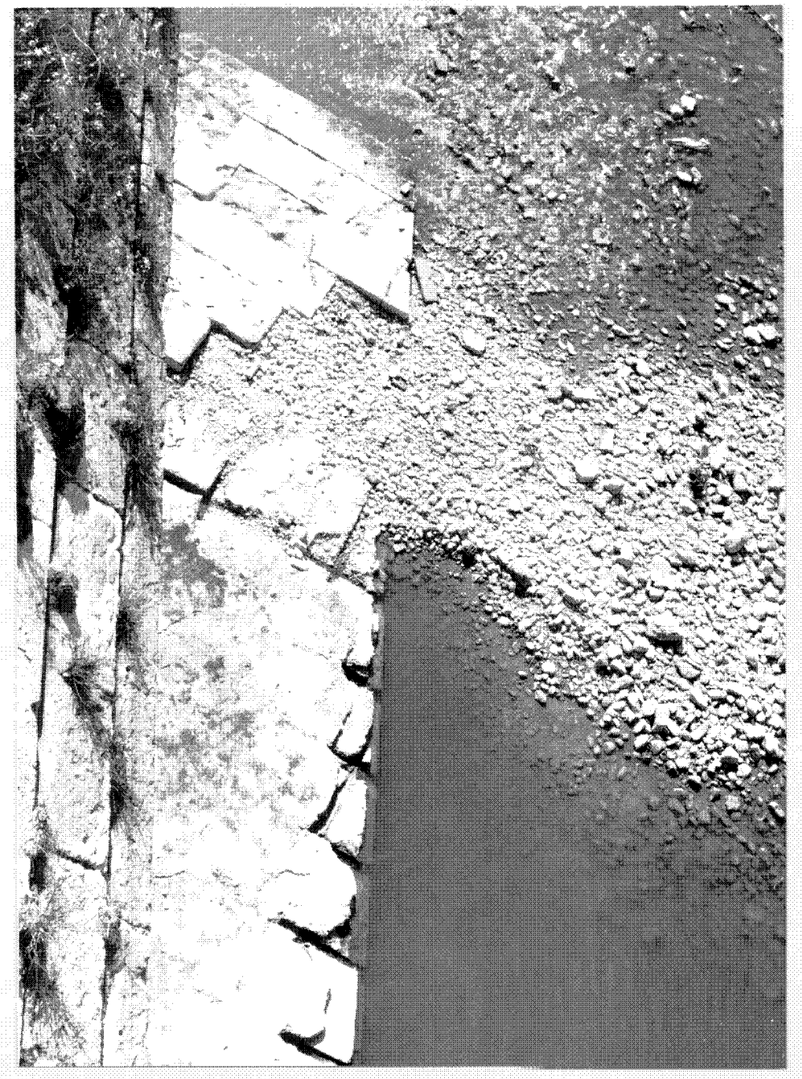
La cimentación del puente se realizó probablemente mediante pilotes de madera, que se corrobora porque en algunos puntos se ven las cabezas de los troncos.

Estas grandes cimentaciones se encuentran en bastante buen estado - aunque en muchas zonas han perdido las losas que lo cubrian, y en otras zonas de borde, se aprecian hundimientos por descalce.

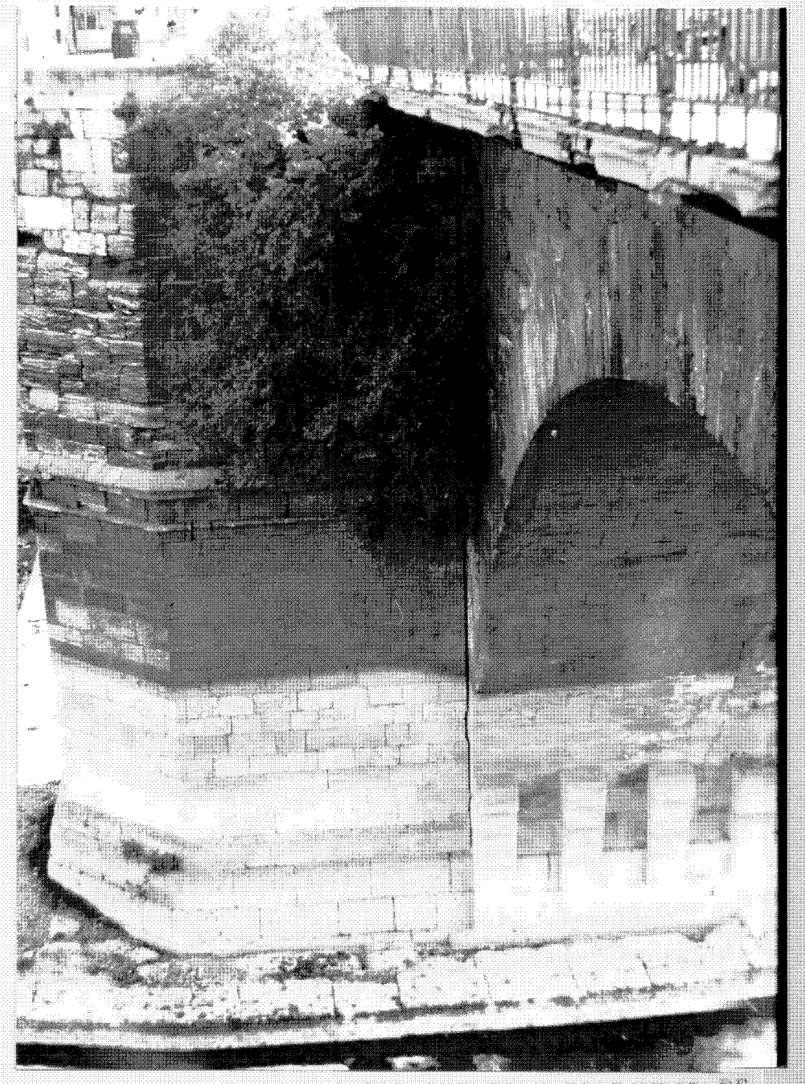
La estructura no parece haber sufrido movimientos importantes por - asientos de cimentación, salvo los tambores de aguas abajo de las pilas - - uno y dos en los que se aprecia un giro diferencial de estos respecto del - cuerpo del puente.



VISTA DE LOS TAMBORES DE AGUAS ABAJO DE LAS PILAS CINCO Y SIETE Y LOS RESTOS DE LA TORRE DE PILA SEIS.

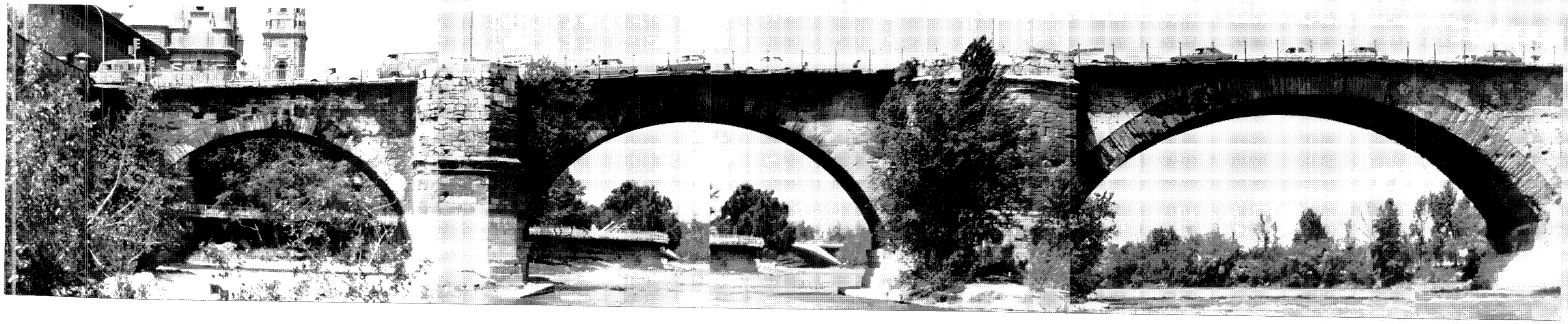


ZAMPEADO DE LA PILA TRES. EN LA ZONA QUE FALTAN -- LAS LOSAS DE PIEDRA SE VE EL HORMIGON INFERIOR.

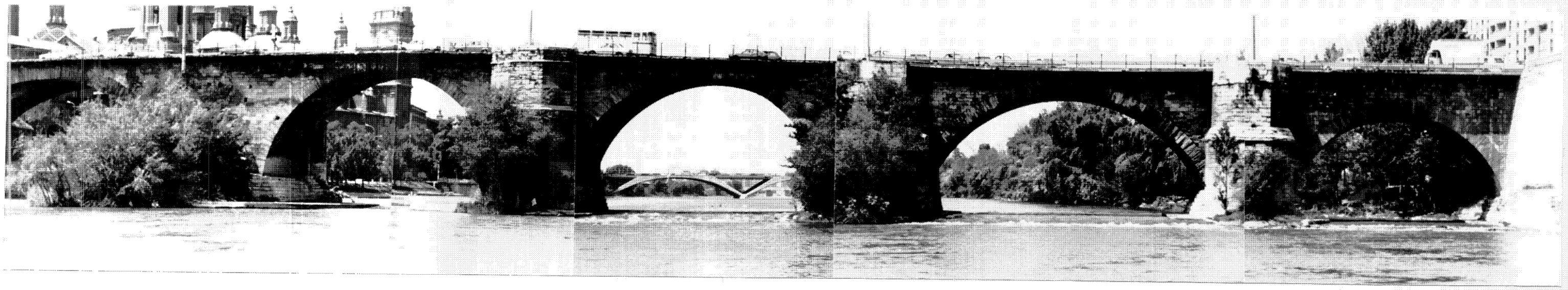


GRIETA ENTRE EL CUERPO DEL PUENTE Y EL TAMBOR DE - PILA DOS POR GIRO DIFERENCIAL DE ESTE.

Zaragoza



VISTA DE LOS ARCOS DOS, TRES Y CUATRO DESDE AGUAS ABAJO



VISTA DE LOS ARCOS CUATRO, CINCO, SEIS, SIETE Y OCHO DESDE AGUAS ABAJO

Zaragoza

B-I-IV - Planta y rasante del puente.

El puente presenta tres alineaciones en planta, una desde origen a pila dos, otra de pila dos a pila cuatro y una tercera de pila cuatro al estribo dos. No existe ningún motivo para estas variaciones, que probablemente se deben a defectos de construcción.

La rasante del puente ha sufrido modificaciones a lo largo de la historia, reduciendose el lomo de asno que tenía inicialmente y que se aprecia claramente en el grabado de Wyngaerde. Esta rectificación se aprecia en los timpanos de los arcos dos y ocho en que el recrecimiento se distingue claramente por la variación del tipo de sillería, delimitada por una lina inclinada.

El arco cuatro, vertice del lomo también ha podido sufrir modificaciones probablemente al realizar el ensanche, por que la segunda rosca del arco está rota.

B-II - DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS DEL PUENTE.

B-II-I - Arco 1.

El arco uno y la mayor parte de la pila uno quedaron enterrados al construirse el muro de la margen derecha que esta situado a la altura del arranque del arco dos.

En el grabado de Wyngaerde de 1.563 y en el cuadro de Velazquez-Mazo de 1.645 el arco uno se encuentra todavía al descubierto, pero no en el cuadro de del Mazo de 1.646 en el que ya aparece el muro de margen, y por tanto el arco uno está ya enterrado.

Los datos existentes de este arco se deben a la excavación a cielo abierto realizada para la construcción del colector de la margen derecha en los años 1975-1976 y que pasa por el claro de este arco.

En esta excavación se descubrió parcialmente el arco y se realizaron fotografías en las cuales puede verse el buen estado de las dovelas -- que son de gran tamaño, pero no puede hacerse ninguna comparación con la fábrica de los demás arcos.

Mediante la posición de la galería respecto de la calle y respecto del arco puede hacerse un cálculo de su luz; esta es de 14,50 m. suponiendo que la pila uno tiene siete metros de ancho como todas las pilas estrechas del puente lo que concuerda bastante bien con la parte del arquillo al descubierto.

ZONA SUPERIOR DEL TIMPANO DEL ARCO UNO CON LA VARIACION DE LA SILLERIA POR EL RECRECIDO DE RASANTE.

VISTA DEL ARCO UNO EN LA EXCAVACION REALIZADA EN 1.976 PARA LA CONSTRUCCION DEL COLECTOR DE MARGEN.

Zaragoza

Como ya se ha indicado el descubrimiento de este arco podría ser un date importante para fijar el origen de este puente.

B-II-II Pila 1.

Igual que el arco uno ,esta pila se encuentra enterrada casi total-- mente, pues el muro de margen e tá situado aproximadamente a la altura del arranque del arco dos, aunque es muy irregular y su paramento se inclina ha cia el interior.

Puede verse tanto aguas arriba como aguas abajo la iniciación de los tajamares, que pueden ser trapeciales o triangulares dada la forma del arran que.

Estos tajamares son distintos a los de las demás pilas que se cons- truyeron después de enterrar la pila uno, por tanto deben ser los origina-- les del puente; llegan hasta una altura de 4,5 m. que coincide aproximada-- mente con la línea de máximas avenidas que se aprecia en el color de la pie dra. El tajamar aguas arriba esta perfectamente trabado con el arco, lo que indica su construcción simultanea; el de aguas abajo por el contrario pare- ce superpuesto. Sobre estos tajamares existe un arquillo cuyas dovelas se - ven parcialmente quedando el resto tapado por el muro. Este arquillo y el - arranque del arco dos son anteriores al resto de este arco porque hay una - diferencia clara de fábrica y de calidad de piedra; esta diferencia se apre cia mas claramente en el paramento aguas abajo.

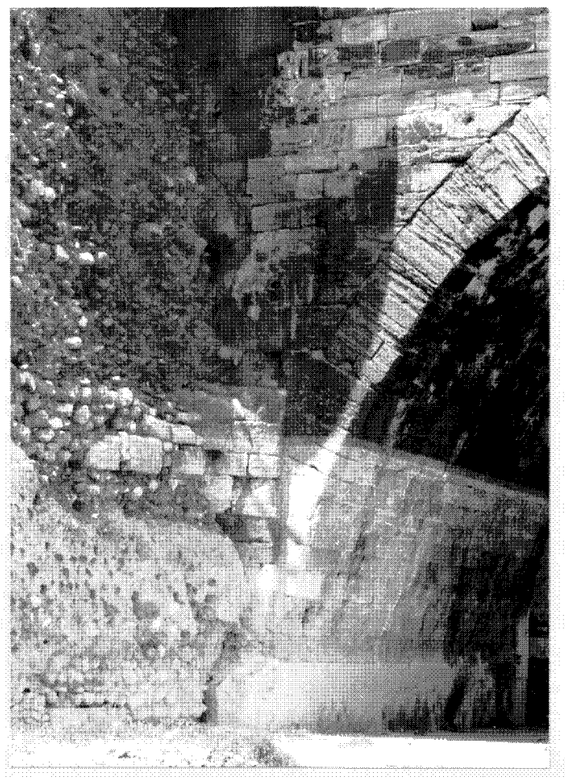
B-II-III - Arco 2.

Tiene una luz aproximada de 19,50 m. Esta luz coincide practicamen- te con la del arco extremo de la otra margen. Desde arranques es practica- mente un arco de medio punto pues tiene un rebajamiento de 1/2,5.

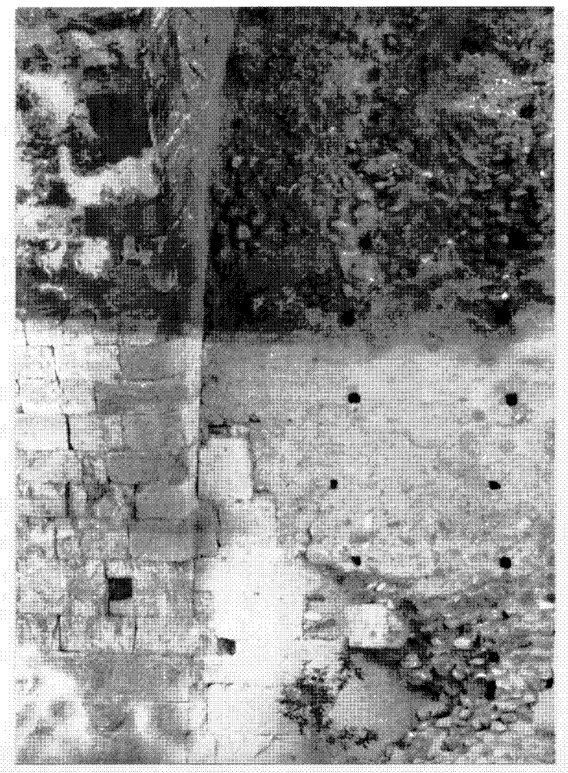
Como ya se ha indicado, el arranque de este arco y parte del timpa- no sobre pila uno son de diferente fábrica y distinta calidad de piedra por lo que deben ser anteriores al resto.

La antigua rasante del puente en lomo de asno tenía mucha pendiente sobre este arco, siendo casi tangente a las dovelas en la clave. Posterior- mente, al rectificar la rasante, se recrecieron los timpanos como se advier te en las fotografías.

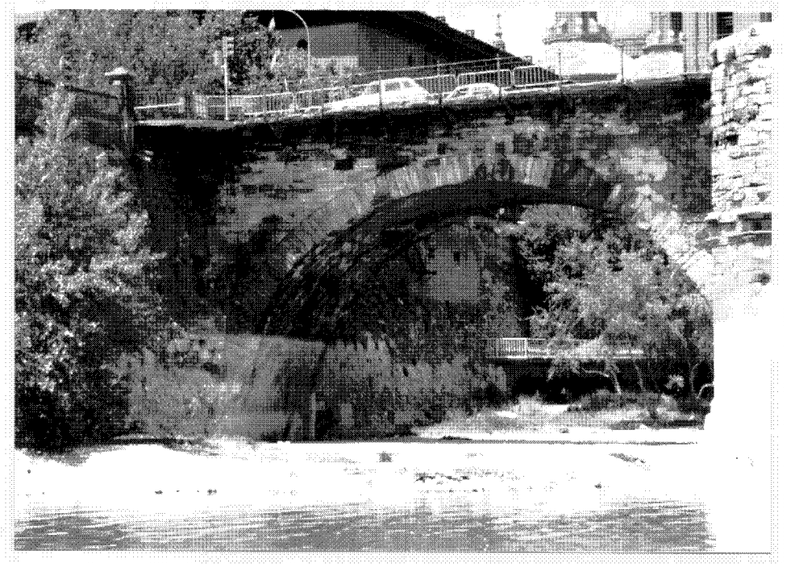
En uno de los arcos que se encuentra en peor estado; pueden verse - tanto en los arcos como en los timpanos reparaciones hechas con ladrillos - y con mortero de cemento; parece necesaria una restauración importante de -



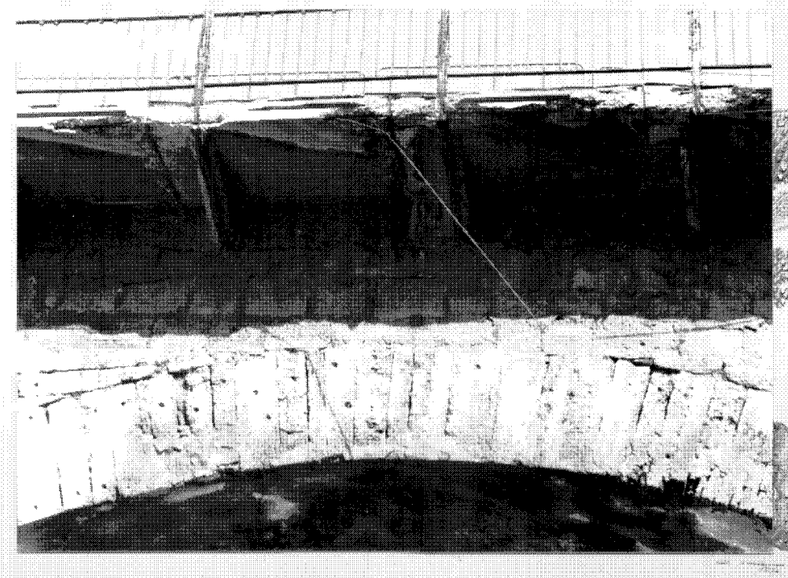
PILA UNO. VISTA DEL TAJAMAR ENTE-- RRADO AGUAS ABAJO Y DEL ARQUILLO - DE ALIGERAMIENTO. SE VE TAMBIEN LA DIFERENCIA ENTRE EL ARRANQUE DEL - ARCO DOS Y EL RESTO DE LAS DOVELAS



PILA UNO. VISTA DEL TAJAMAR ENTE-- RRADO AGUAS ARRIBA.



ARCO DOS VISTO DESDE AGUAS ABAJO. PUEDE VERSE EL MAL ESTADO DE LAS DOVELAS Y EL TIMPANO.



ARCO DOS AGUAS ARRIBA. PUEDE VERSE EL MAL ESTADO DE LAS DOVELAS Y LAS REPARACIONES CON LADRILLO Y EL RECRECIMIENTO DE RASANTE A PARTIR DE LA CLAVE DEL ARCO.

Zaragoza

este arco porque es de las zonas de peor aspecto del puente, y de las más visibles.

B-II-IV Pila 2.

Tiene siete metros de anchura y por tanto corresponde a la serie de pilas estrechas.

El tajamar de aguas arriba, análogo de forma a los demás, es más corto con una diferencia notable, salvo con el de pila ocho que se construyó posteriormente a los demás; como en casi todos ellos se encuentra en muy buen estado y no se aprecia movimiento respecto del cuerpo del puente. Sobre el tajamar se encuentran actualmente las casetas de la comisaría de aguas para el antiguo limnigrafo que ya no está en uso, y por tanto pueden suprimirse sin problemas.

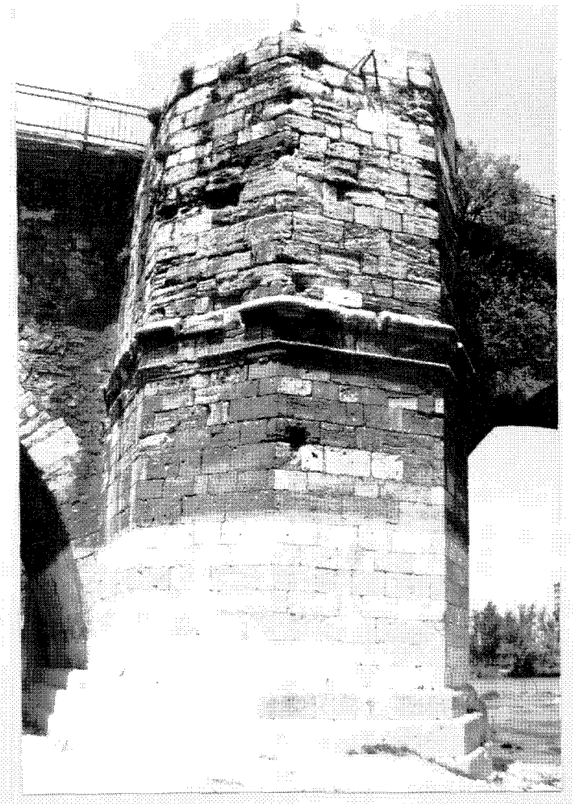
El tambor de aguas abajo se encuentra despegado del cuerpo del puente debido a un giro diferencial de su cimentación. Existen en él, sillares en mal estado, fundamentalmente en la parte superior que tiene piedra de peor calidad a partir de la moldura central; esta diferencia tan acusada puede deberse a una reconstrucción del tambor o a un recrecimiento desde la moldura central; esta hipótesis parece poco probable porque la altura de esta moldura no parece adecuada para remate del espolon. En la unión del tambor con el timpano del arco tres ha salido un arbusto que conviene suprimir.

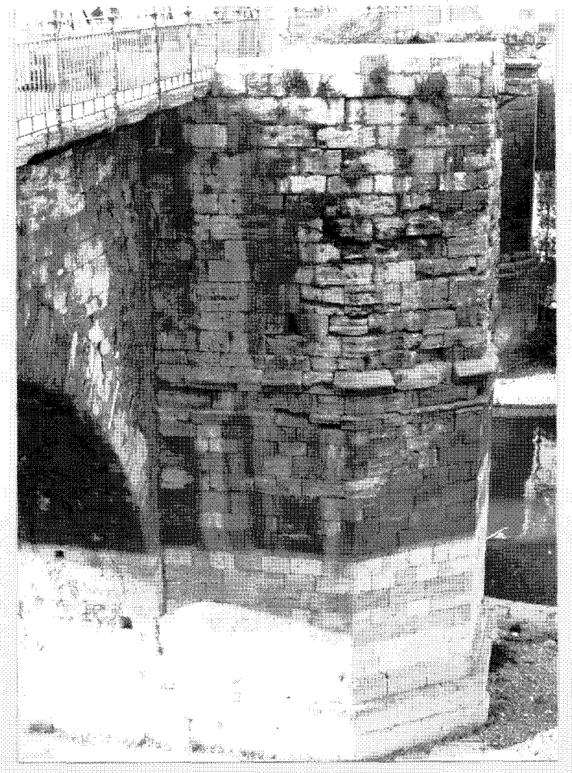
B-II-V - Arco 3.

Tiene una luz de 25 m. aproximadamente, igual a la de los arcos cinco, seis y siete y por tanto la más generalizada en el puente. El rebajamiento de este arco es de 1/3.

Es uno de los arcos en mejor estado de todo el puente; ello puede deberse a una reconstrucción reciente, lo que concuerda con la cimbra de madera que tiene este arco en el grabado de Laborde.

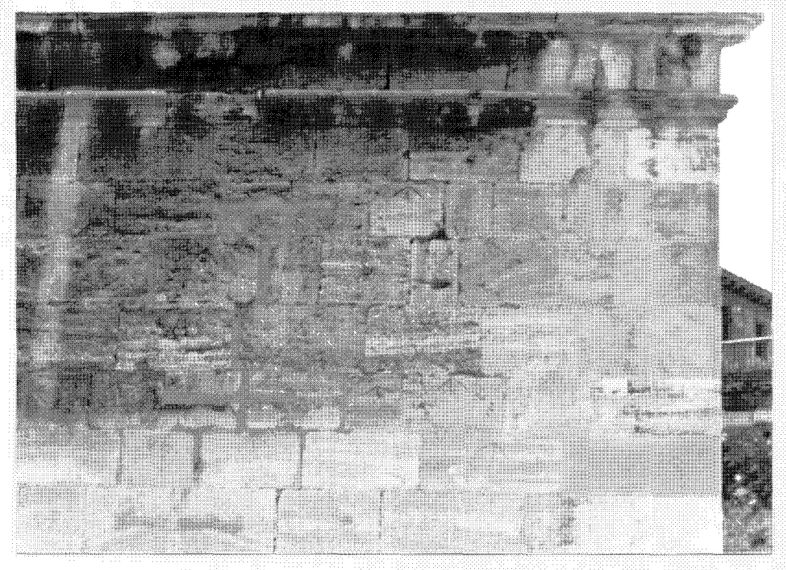
En los arranques del arco existen unas mensulas escalonadas muy bien hechas que logicamente serian para el apoyo de la cimbra. Estas mensulas solo aparecen en este arco, pues en los demás el apoyo de la cimbra parece haberse resuelto de otra manera: bien mediante un escalonado, o bien mediante agujeros en la piedra. Sobre estas mensulas en el arranque del arco en la pila tres aparecen unas cuñas metálicas incrustadas entre las piedras, que podrían ser para el apoyo de la cimbra, aunque pueden haberse colocado posteriormente para alguna reparación.



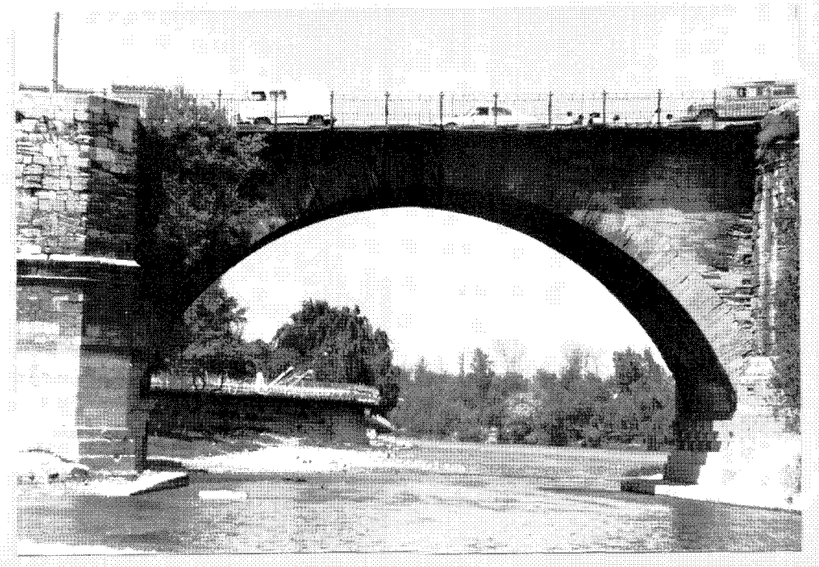


PILA DOS TAMBOR DE AGUAS ABAJO. PUEDE VERSE LA DIFERENCIA DE CALIDAD DE LA PIEDRA ENTRE LOS SILLARES BAJO LA MOLDURA Y LOS SILLARES SOBRE ELLA. EN EL TIMPANO DEL ARCO DOS SE VEN LAS REPARACIONES HECHAS CON LADRILLO Y CON MORTERO DE CEMENTO.

BIBLIOTECA MUNICIPAL - ZARAGOZA



DETALLE DEL TAJAMAR AGUAS ARRIBA DE PILA DOS. PUEDE VERSE LAS MARCAS DE CANTERO QUE SE REPITEN EN TODOS LOS TAJAMARES.



ARCO DOS. VISTA AGUAS ABAJO

ARCO DOS. VISTA AGUAS ARRIBA

PUEDEN VERSE LAS MENSULAS DE LOS ARRANQUES PARA APOYO DE LA CIMBRA

Zaragoza

Todos estos datos parecen corroborar la reconstrucción reciente de este arco..

B-II-VI - Pila 3.

Su anchura de 11,50 corresponde a la serie de las pilas anchas, probablemente por ser estribación del arco principal.

El tambor de aguas abajo es similar a los de las pilas dos y cinco, pero con variaciones de detalle: la moldura central que existe en estas dos, en la pila tres se ha situado cerca de la coronación y el escalonado de la base se ha levantado a una altura aproximadamente de 3,50 m.

Se aprecia también una separación entre el tambor y el cuerpo del puente, producida por un giro diferencial de la cimentación.

El tajamar aguas arriba es del tipo general con la piedra en buen estado, mejor en el tajamar que en el tambor superior donde existen piedras deterioradas. No existe movimiento entre el tajamar y el cuerpo del puente.

B-II-VII - Arco 4.

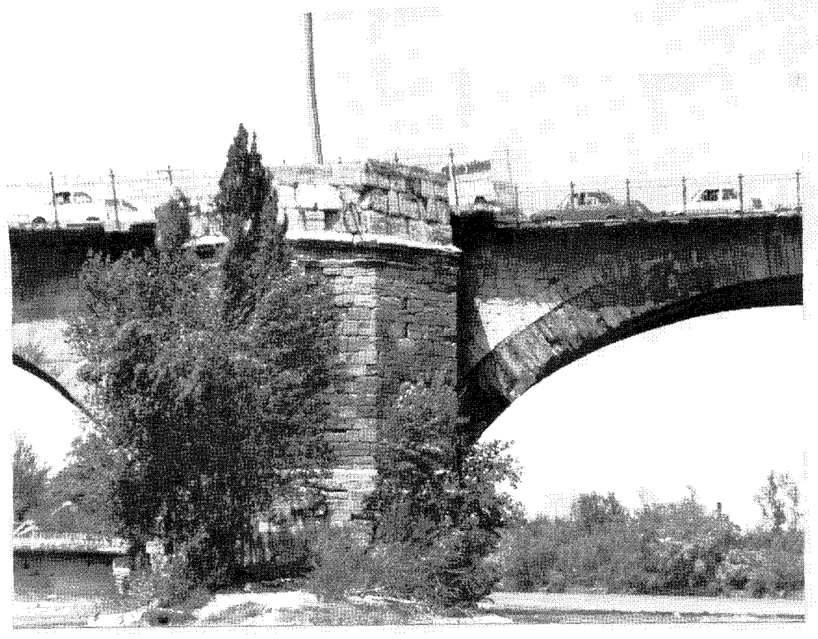
El arco cuatro es singular en todas sus características: Tiene una luz de 32,50 m. aproximadamente con un rebajamiento de 1/3,8 lo que difiere claramente de los demás pues la luz más próxima es de 25 m. y el rebajamiento de 1/3. En los arranques del arco existe un escalonado que, como en casi todos ellos, se prolonga bordeando las pilas.

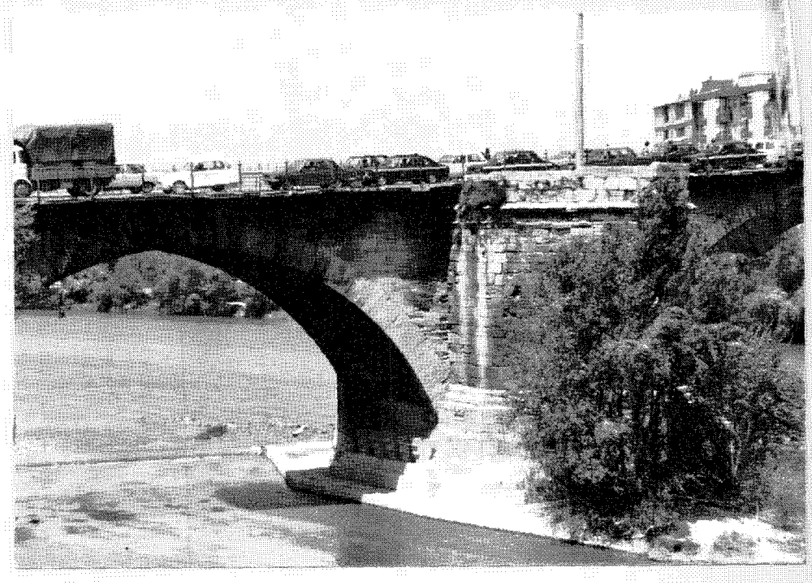
El arco está formado por dos roscas, una inferior con más canto que en los demás arcos, y una superior con menor canto.

La rosca inferior está realizada casi en su totalidad con una arenisca gris verdosa totalmente diferente a la piedra del resto del puente. Esta piedra se ha utilizado también en el muro de acompañamiento aguas arriba del estribo del arrabal. La zona central del arco está hecha con la arenisca normal del puente.

La calidad de esta arenisca es mala y se encuentra muy deteriorada. Las juntas entre dovelas parece que están tomadas con mortero de cal porque se ve una línea blanca en ellas. En el intradós se ven zonas muy deterioradas, incluso faltan algunas dovelas.

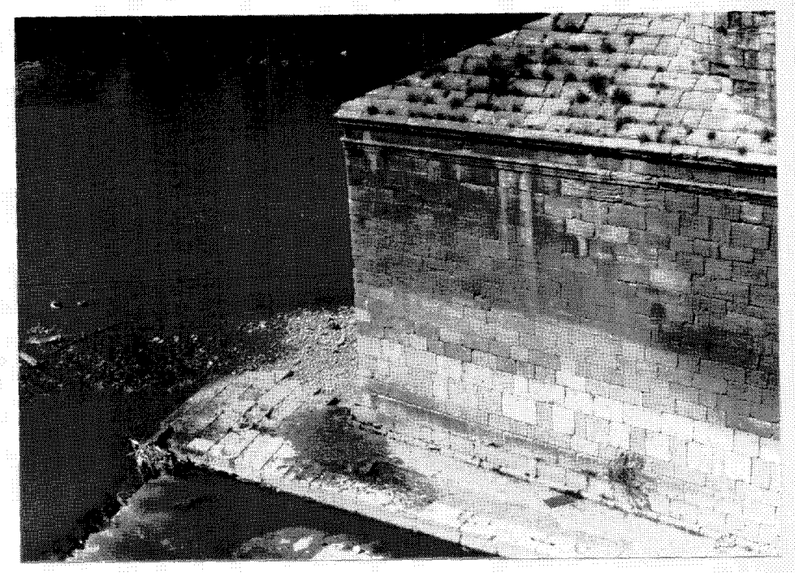
La segunda rosca, realizada con la arenisca normal del puente es similar a los demás arcos pero con dos diferencias importantes: Primero tiene menos canto que estos, y segundo está mal estribado. pues en la pila cuatro se terminan las dovelas antes del arranque, enlazandose con el timpano mediante un sillar. En la pila tres, la última dovela que puede verse -



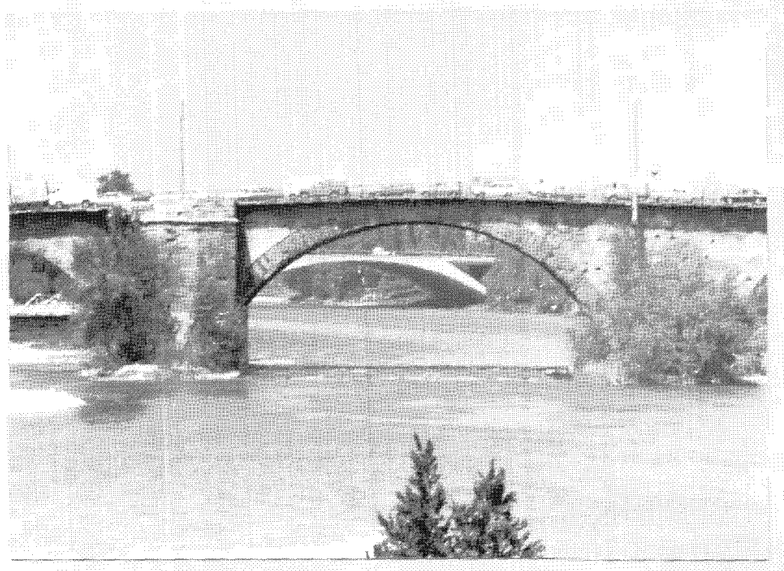


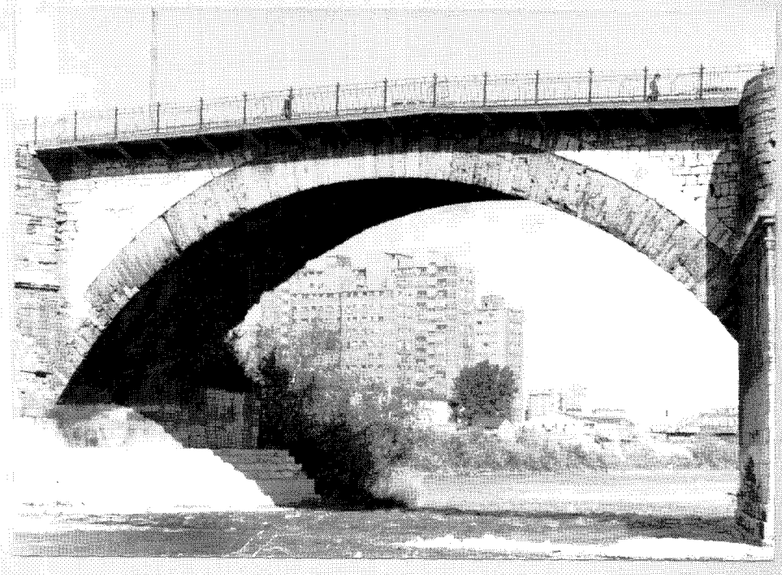
PILA TRES. TAMBOR DE AGUAS ARRIBA

PILA 3. GRIETA ENTRE EL TAMBOR Y EL CUERPO DEL PUENTE POR GIRO DIFERENCIAL.



PILA TRES. TAJAMAR AGUAS ARRIBA.





ARCO CUATRO.VISTA AGUAS ABAJO

ARCO CUATRO. VISTA AGUAS ARRIBA

PUEDE VERSE LAS DOS ROSCAS DEL ARCO, LA SUPERIOR ROTA EN LA ZONA DE CLAVE.

desde arriba se corta verticalmente en el intradós. La zona de clave de esta segunda rosca está rota en la zona de clave, probablemente en época posterior a su construcción, para rebajar el lomo de asno cuyo vértice está situado sobre este arco, o bien para colocar las mensulas del ensanche sin levantar la rasante pues estas tienen un canto de 0,50 m. y por tanto inteferian al arco. Esta rectificación de rasante se realizó probablemente al hacer el ensanche, pues en las zonas en que se han quitado las dovelas de esta segunda rosca aparece hormigón.

La hipótesis más lógica es que esta segunda rosca seria el arco original del puente, y que posteriormente, para rectificar rasante se construyó la segunda y así poder suprimir la primera en la zona de clave.

Pero esta hipótesis no parece posible por las siguientes razones:

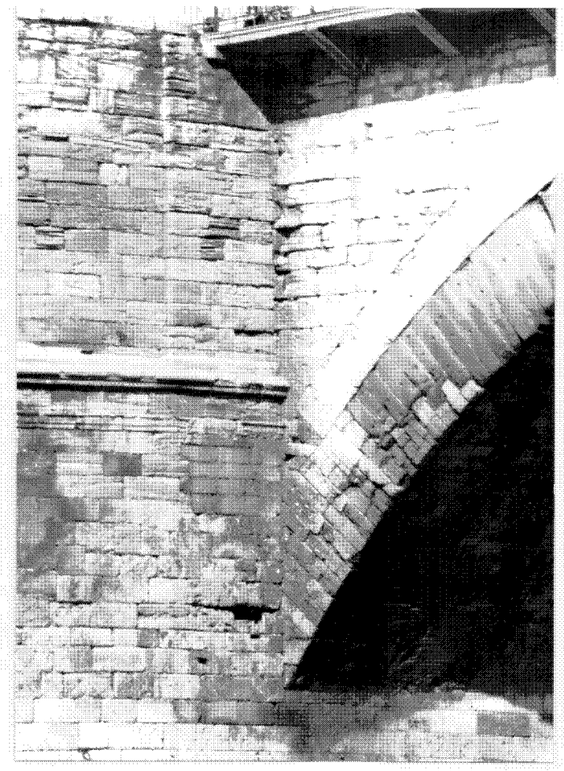
1º - No es lógico que este arco, que sería el más grande y el más rebajado (el rebajamiento de la segunda rosca es de 1/4,8) tuviera el mínimo canto además de que el rebajamiento del arco es excesivo.

2º - Las pilas 3 y 4 tendrían que haberse realizado posteriormente a la rosca inferior, pues están enlazadas con él y no con la superior.

3º - La falta de estribación del arco que se termina en el timpano, sin llegar las dovelas hasta la pila. Esta razón parece definitiva para rechazar esta hipótesis pues este defecto no puede deberse a un arreglo posterior dado el despiece de las piedras. Por ello parece que se debe a una construcción simultanea para asegurar una mayor resistencia del arco, o a una reparación posterior sin sustituir la rosca inferior; su mal estado pudo llevar a la solución de un refuerzo con una segunda rosca, lo que concordaria con los dos tipos de piedra que existen, pues la rosca superior es de la misma piedra que el timpano.

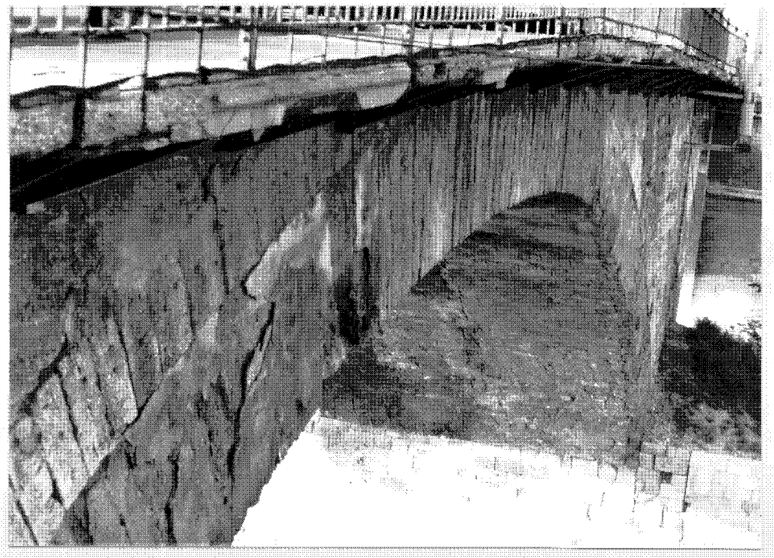
B-II-VIII - Pila 4.

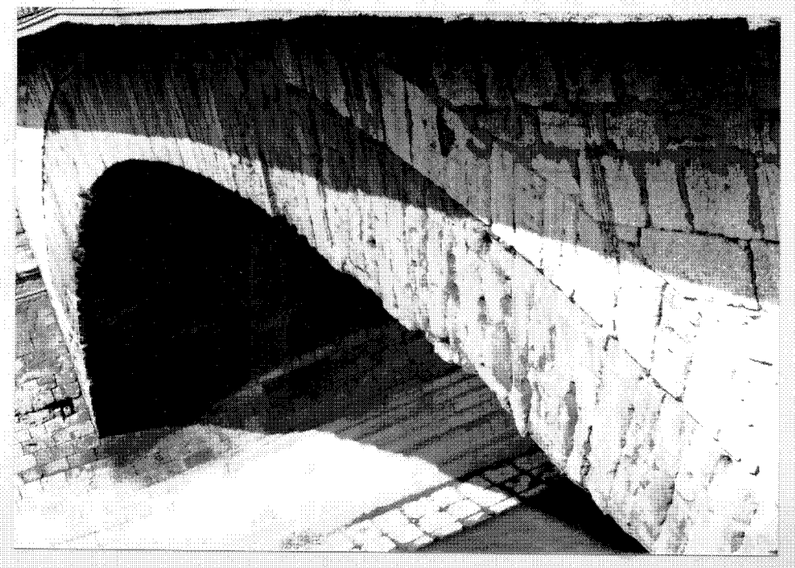
Tiene 12,5 m. de anchura y por tanto es de la serie de pilas anchas; esta anchura se debe a que es estribación del arco principal y a la torre que ha tenido adosada en el paramento de aguas abajo como puede verse en los grabados de Wyngaerde (1563), en el cuadro de Velazquez-Mazo, en el cuadro de del Mazo y en fotografías existentes antes de realizar el ensanche. Por ello parece claro que las torres se derribaron al hacer los voladizos laterales porque estorbaban el ensanche. Actualmente tiene un paramento liso aguas abajo en casi toda su altura, salvo en la zona del arranque de la torre, que



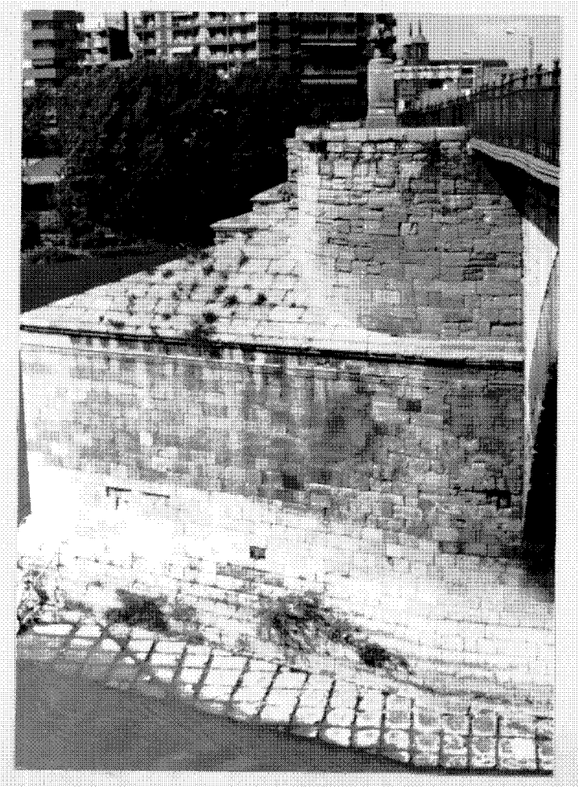
ARCO CUATRO. VISTA DEL ARRANQUE EN PILA CUATRO. PUEDE VERSE LA MALA ESTRIBACION DE LA SEGUNDA ROSCA.

ARCO CUATRO. ARRANQUE EN PILA TRES. PUEDE VERSE LA PRIMERA DOVELA DE LA SEGUNDA ROSCA QUE NO ES COMPLETA.





ARCO CUATRO. ZONA DE CLAVE EN INTRADOS. PUEDE VERSE LA VARIACION DE LA PIEDRA DEL ARCO PRINCIPAL Y SU MAL ESTADO GENERAL.



PILA CUATRO. TAJAMAR AGUAS ARRIBA

PILA CUATRO. VISTA DE AGUAS ABAJO.

se encuentra en bastante mal estado. En este paramento liso entre los arcos se ve claramente una línea de diferenciación del timpano del arco cuatro y del arco 5, lo que demuestra que los dos arcos se han construído en distinta época.

El tajamar de aguas arriba se encuentra en peor estado que los anteriores existiendo sillares muy deteriorados, e incluso reparaciones con mortero de cemento.

Sobre el zampeado, en la zona de aguas abajo ha crecido mucha vegetación; aguas arriba y en los costados, se ve el hormigón en muchas zonas - al haber levantado el rio las losas que lo cubrian.

B-II-IX - Arco 5.

El arco 5 tiene una luz de 24,5 m. y un rebajamiento de 1/2,2. En = contraste con el anterior es el arco que más se acerca al medio punto. En - los arranques del arco existe también el escalonado que bordea las pilas.

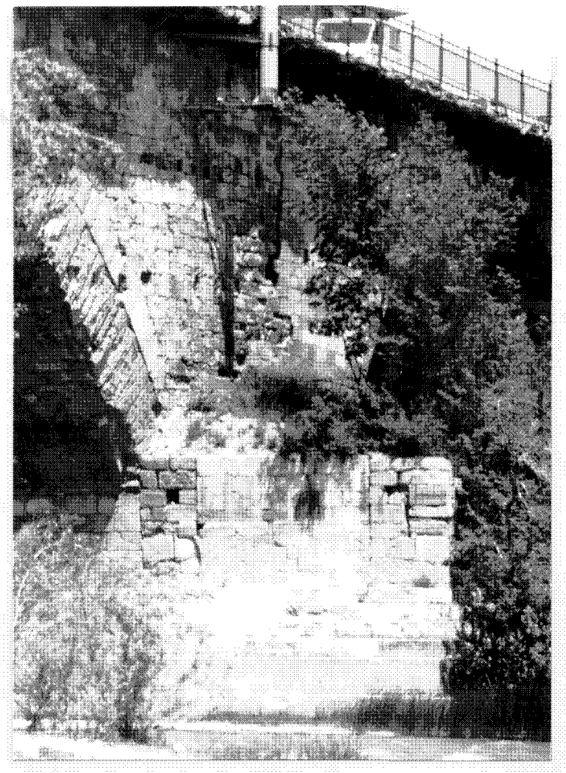
Este arco falta junto con el seis en el cuadro de Velazquez-Mazo, - derribados por la avenida de 1.643 y reconstruidos en 1.659 (según Carl Justi existe una reconstrucción anterior que volvió a llevarse el rio). La rotura de estos arcos se debió probablemente al descalce de la pila 5 por la avenida, pues en el cuadro citado no aparece ningún resto de ella.

Sobre la clave del arco aguas arriba existe una inscripción de caracteres grandes: O-1854, que seria inicialmente AÑO-1854. Las dos letras - que faltan desaparecerian al realizar las mensulas del ensanche pues una de ellas se encuentra muy cerca de la O. No se sabe exactamente a que corresponde esta fecha y no parece que se deba a una reconstrucción total del arco pues no existen datos de ello; probablemente se debe a la finalización - de la reparación realizada con el emprestito solicitado en 1.852.

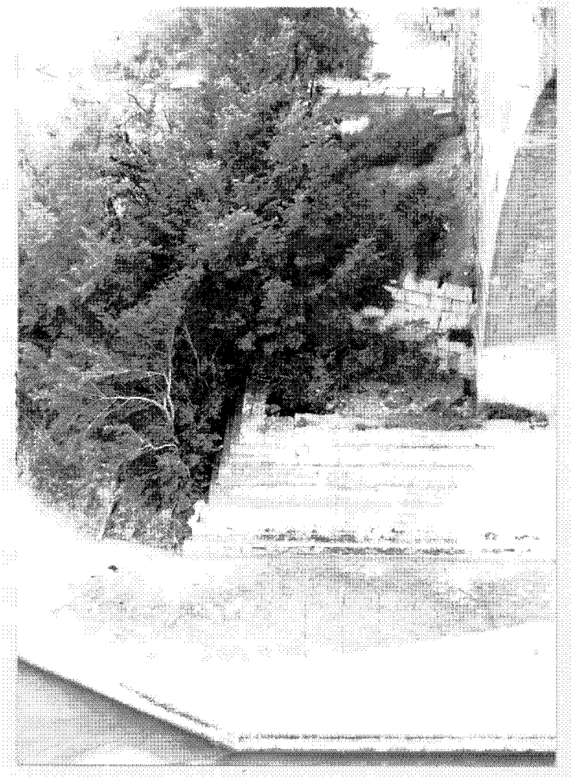
Este arco junto con el tres, el seis y el ocho son los que se encuentran en mejor estado.

B-II-X - Pila 5.

Tiene una anchura de 7,50 m. y por tanto pertenece a la serie de pilas estrechas, junto con la dos y la seis y probablemente la uno. Tiene la misma moldura intermedia que la dos, pero tiene además otra moldura superior que no existe en aquella. Siguiendo el paralelismo con la pila dos, la calidad de la piedra bajo la moldura central es mejor que sobre ella, lo que haria mas probable la hipótesis de recrecido, pero como ya se ha dicho no parece logico por la altura a que se encuentra esta moldura.



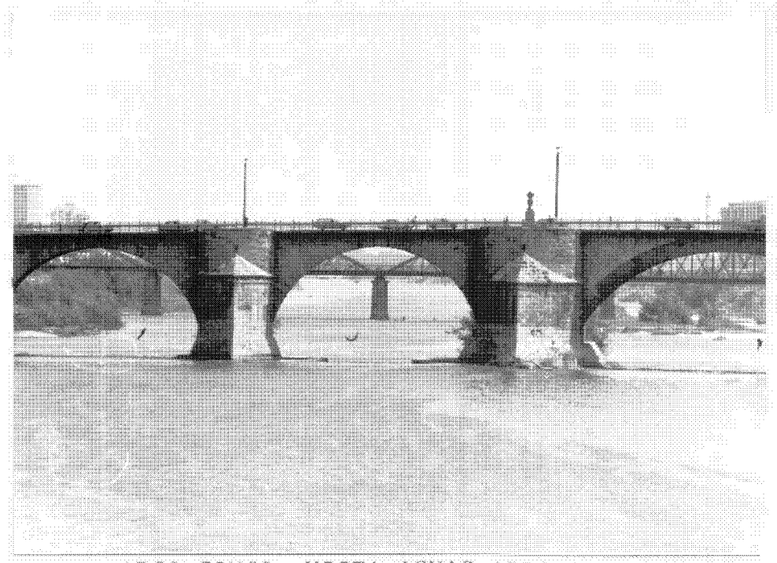
PILA CUATRO. VISTA DE LA PILA TRES PUEDE VERSE EL MAL ESTADO DE LA BASE DE LA TORRE, Y LA DIFERENCIA ENTRE LAS SILLERIAS DEL TIMPANO DEL ARCO CUATRO Y DEL CINCO.



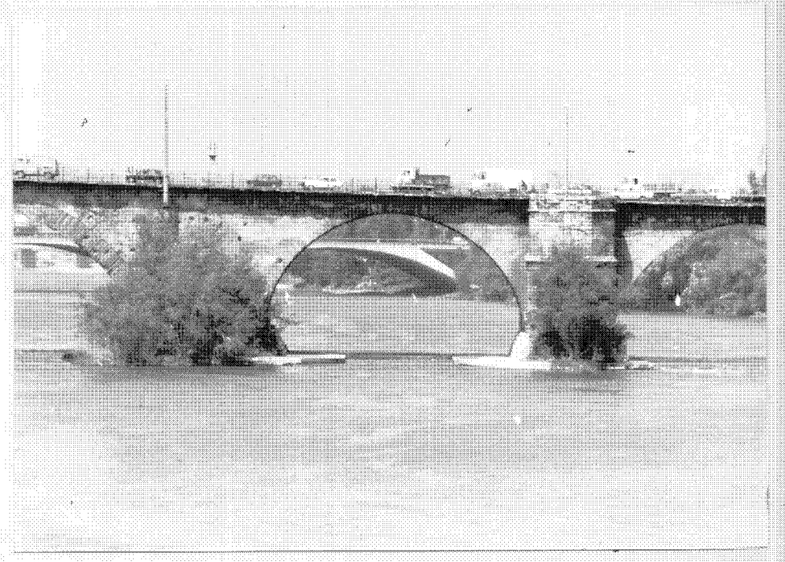
PILA CUATRO. VISTA DESDE LA PILA -- CINCO.

PILA CUATRO. VISTA DE LA BASE DE LA TORRE Y LA VEGETACION DEL ZAMPEADO.

ARCO CINCO. VISTA DESDE AGUAS ABAJO. PUEDE VERSE EL REVOCO DE CEMENTO EN EL INTRADOS.



ARCO CINCO. VISTA AGUAS ARRIBA



ARCO CINCO. VISTA AGUAS ABAJO.

Zaragoza

El tajamar es igual a todos los anteriores, y se encuentra en buen estado, salvo piedras aisladas. La única diferencia se encuentra en el tejadillo sobre el tajamar, que en los demás, los sillares tienen un biselado en su unión horizontal, y en este aparece totalmente liso. No puede deberse a una reconstrucción parcial del tejadillo pues los sillares que enlazan con el tambor superior son también lisos.

B-II-XI - Arco 6.

Tiene una luz aproximada de 21,00 m. y un rebajamiento de 1/2,4.

Es un arco análogo al 5 en el tipo de piedra utilizado y el tipo de sillería en dovelas y tímpanos. El estado actual también es análogo por lo que parece que estos dos arcos son de construcción simultanea. Este arco fue también destruido por la avenida de 1.643 y por ello falta en el cuadro de Velazquez-Mazo.

B-II-XII - Pila 6.

Tiene una anchura de 10 m., y en ella estaba situada la segunda torre del puente en el paramento de aguas abajo, y que igual que la de la pila 4, aparece en fotografías anteriores al ensanche, por lo que se derribaria también con dicha obra. Actualmente se conserva la parte inferior de la torre hasta una altura de 7 m. Esta parte se compone de los cuatro muros de contorno, pues hay un muro adosado al puente que se prolonga hasta la calzada en forma de contrafuerte.

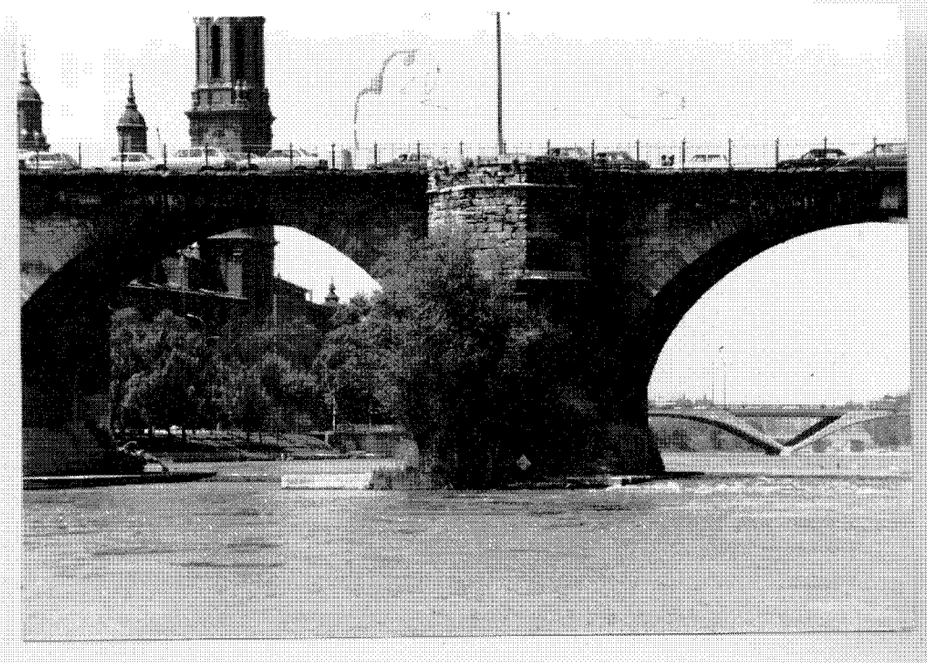
El muro frontal de la torre tiene un arquillo de sillería de tres metros de luz, actualmente cegado y el muro lateral del lado del arco seis tiene también un arquillo mucho menor. Estos muros se encuentran actualmente muy deteriorados en las tres caras exteriores. Los sillares del contrafuerte se encuentran también en bastante mal estado. La zona interior está parcialmente rellena de tierra, y tiene bastante vegetación que también ha salido en el exterior de la torre sobre el zampeado.

El tajamar aguas arriba es igual a los de las pilas dos y tres ; se encuentra en buen estado, salvo algún sillar del tambor superior.

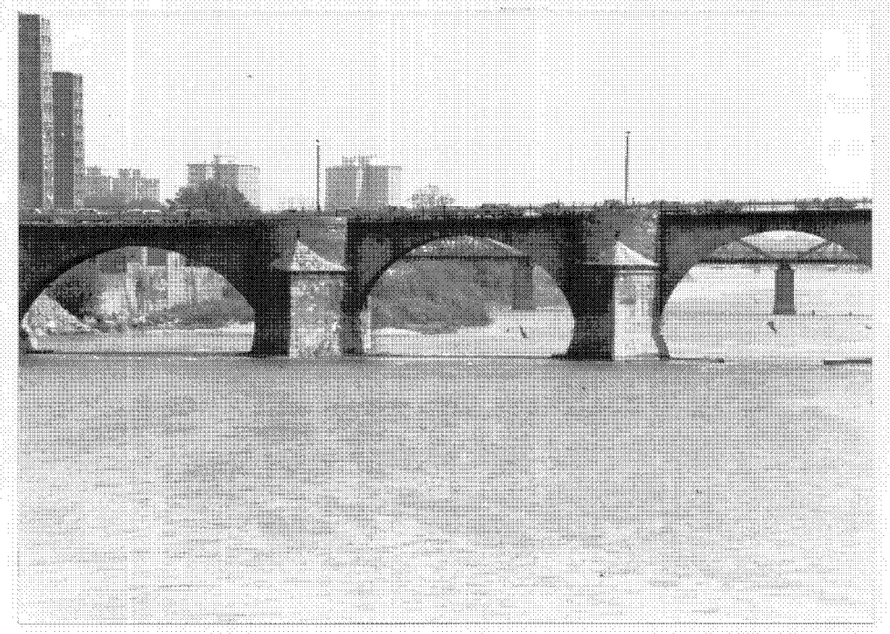
B-II-XIII - Arco 7.

Tiene 25 m. de luz y un rebajamiento 1/2,8. Es por tanto mas rebajado que los dos anteriores. Su estado, tanto las dovelas del arco como de los timpanos en el paramento aguas abajo es mucho peor al de los dos anteriores por lo que es probable que su construcción sea de distintas fechas.

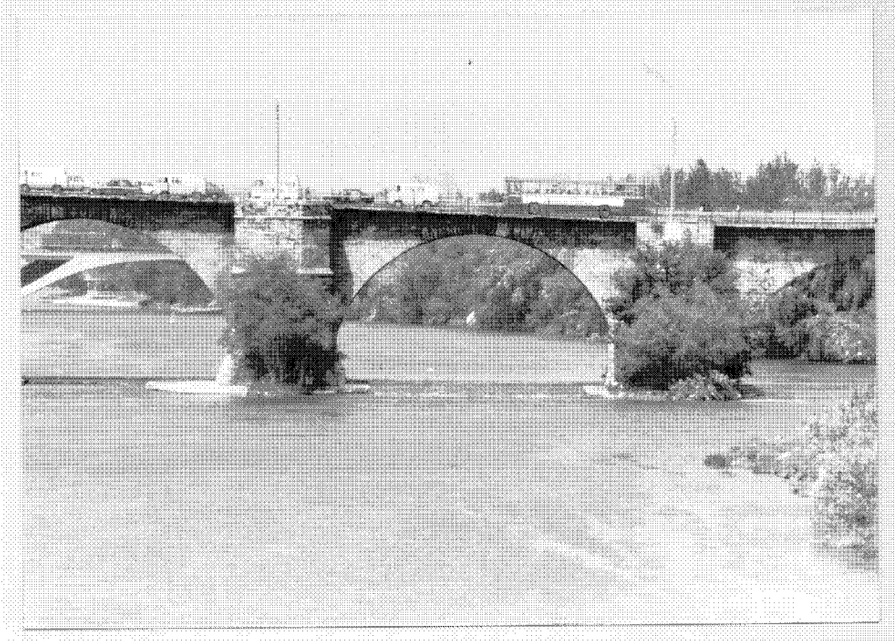
PILA CINCO. TAJAMAR AGUAS ARRIBA. EN LA CLAVE DEL ARCO CINCO PUEDE VERSE LA INSCRIPCION O-1854.



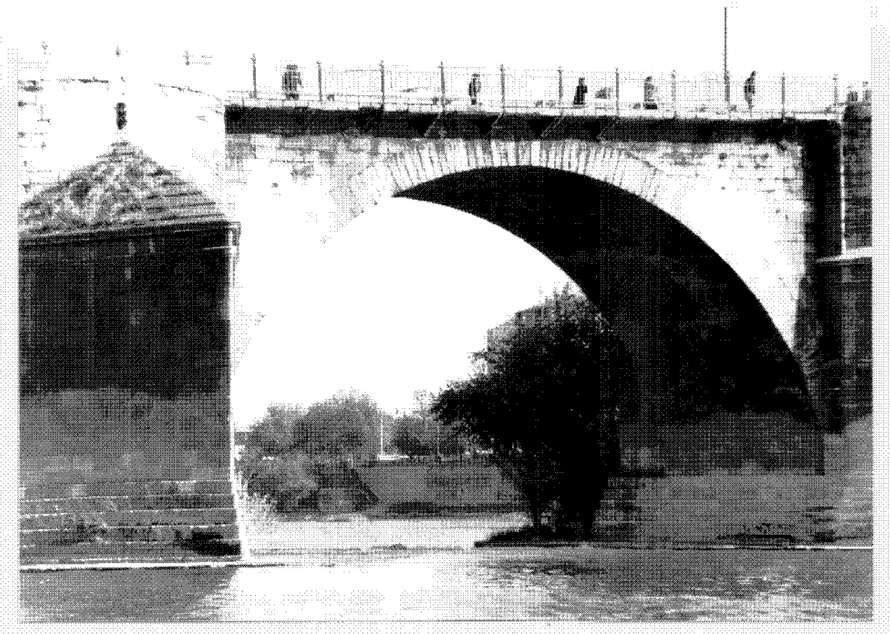
PILA CINCO. TAMBOR AGUAS ABAJO.



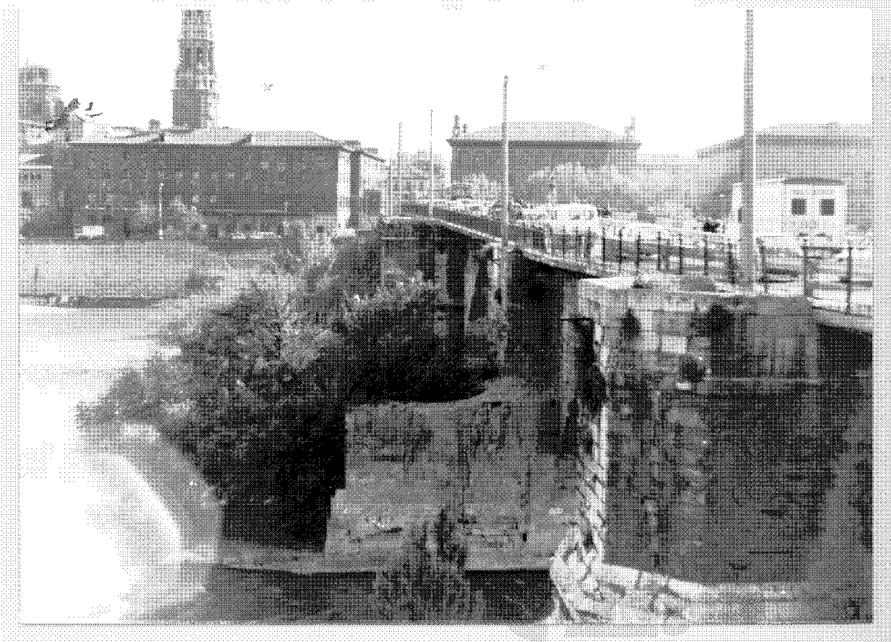
ARCO SEIS. VISTA AGUAS ARRIBA



ARCO SEIS. VISTA AGUAS ABAJO.



ARCO SEIS. VISTA AGUAS ARRIBA. PUEDEN VERSE LOS



PILA SEIS. VISTA DESDE PILA SIETE

Aguas arriba su estado es bueno, análogo a los anteriores, aunque existe alguna dovela deteriorada en el arranque de pila siete. En los arranques existen los mismos escalonados que rodean las pilas completas.

B-II-XIV - Pila 7.

Esta pila tanto aguas arriba como aguas abajo coincide en forma con las demás, pero su construcción ha tenido que realizarse en época diferente porque el tipo de sillería y todos los detalles varían claramente; se encuentra en bastante mal estado.

El tambor aguas abajo tiene la misma forma y los mismos elementos, aunque la moldura central se transforma en planos inclinados que reducen su tamaño.

El tajamar de aguas arriba varía sustancialmente: En primer lugar es mas corto, aunque en esto es análogo al tajamar de pila 2. La sillería está resaltada en las esquinas mediante una variación del plano de paramento y biseles en las aristas de los sillares; falta la moldura inferior que remata los planos verticales. Este tajamar se encuentra en muy mal estado, con zonas que pueden caerse.

Esta pila es contigua al arco ocho, que derribaron los franceses al abandonar Zaragoza. En el grabado de Locke faltan dos arcos y por tanto esta pila, aunque los multiples errores de este grabado no lo hacen muy fiable. Es probable que esta pila se reconstruyera a la vez que el arco lo que estaría de acuerdo con la situación actual, pues el tambor sobre el tajamar está trabado con el timpano del arco ocho e independiente del timpano del arco siete.

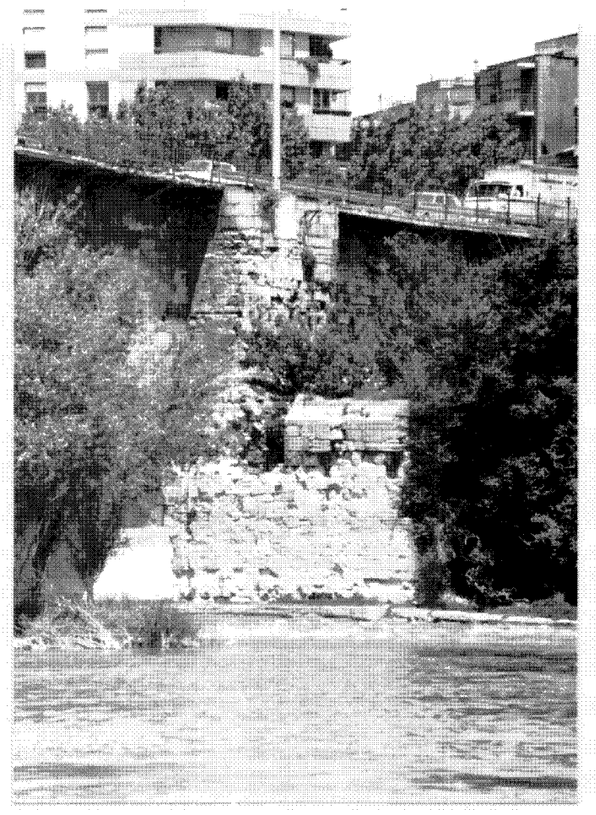
B-II-XV - Arco 8.

Tiene 20 m. de luz y un rebajamiento de 1/2,9.

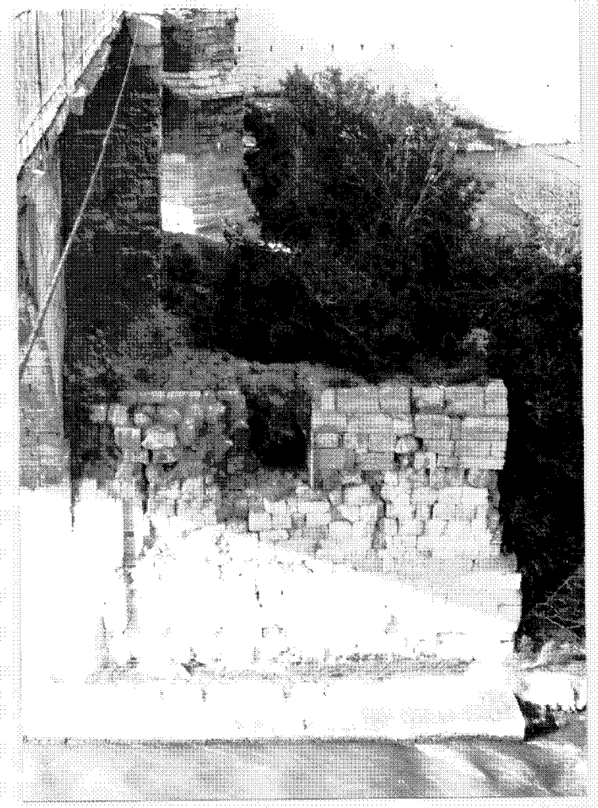
Según los datos existentes es el arco más moderno del puente, pues lo derribaron los franceses en 1813, y en el grabado de Locke de 1823, existe un paso provisional de madera.

En el paramento de aguas arriba se ve claramente un recrecimiento del timpano para elevar la rasante que se acusa también en el tambor sobre el tajamar.

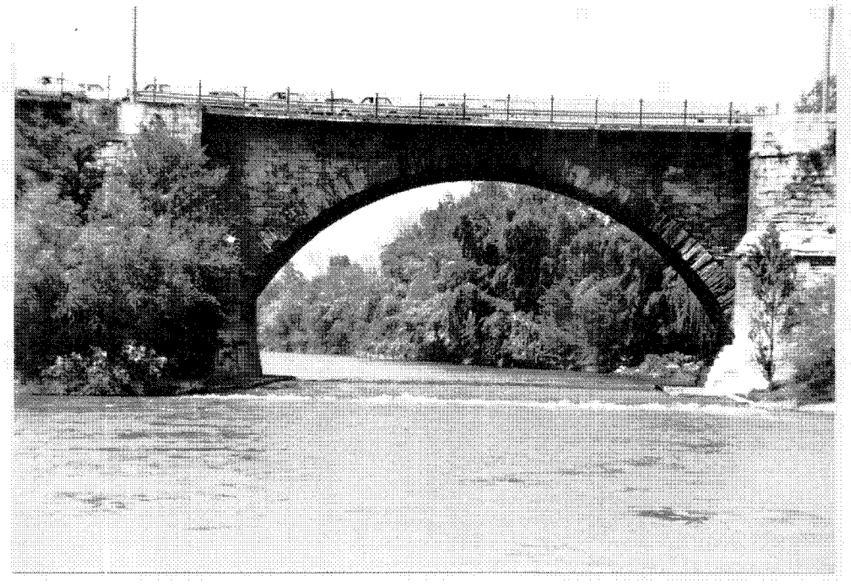
El escalonado en arranques tiene unos dados superiores, probablemente para apoyo de la cimbra, que no existen en ningún otro arco.



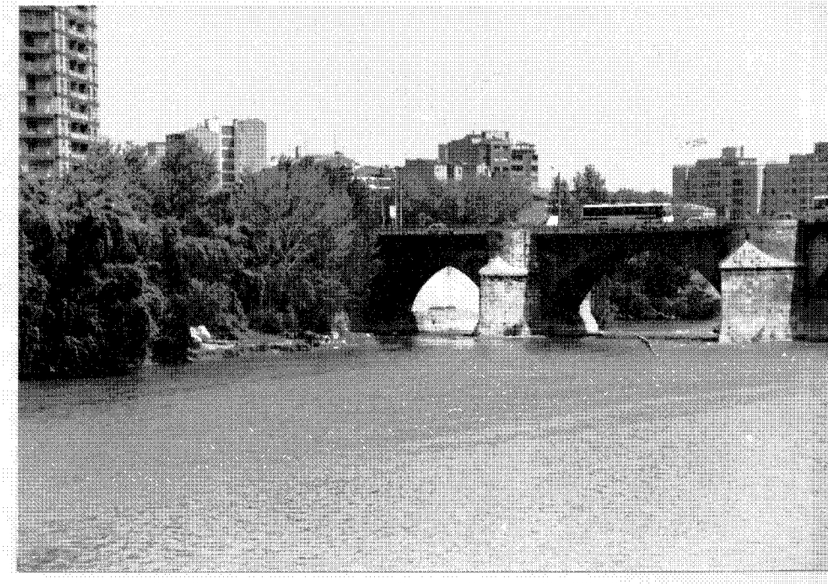
PILA 6 VISTA DE LA BASE DE LA TORRE Y DEL CONTRAFUERTE ADOSADO AL PARAMENTO. SE VE EL MAL ESTADO DE AMBOS ELEMENTOS



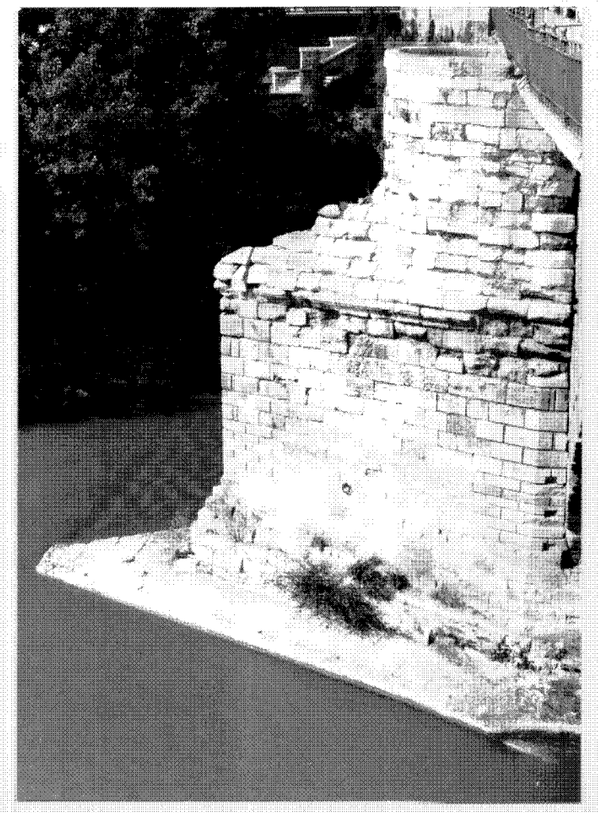
PILA 6 VISTA DESDE PILA 5. CON EL ARQUILLO DE PIEDRA



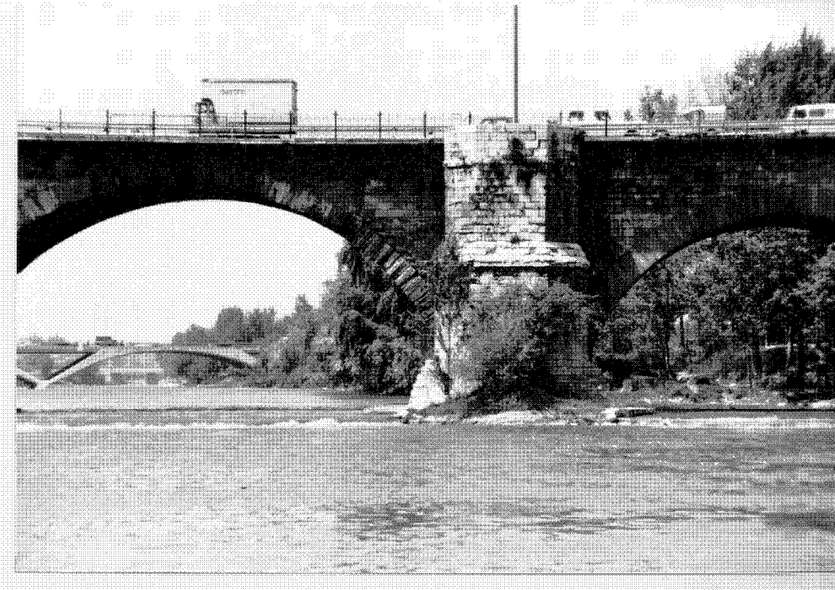
ARCO 7 DESDE AGUAS ABAJO



ARCO 7 DESDE AGUAS ARRIBA



PILA 7 VISTA DEL TAJAMAR DE AGUAS



PILA 7 VISTA DEL TAMBOR DE AGUAS ABAJO. PUEDE VERSE EL MAL ESTADO DE CONSERVACIÓN EN AMBOS LADOS

El arco se encuentra en muy buen estado lo que confirma su construcción más reciente.

B-II-XVI - Estribo.

Está formado por dos muros de acompañamiento uno aguas arriba y otro aguas abajo.

Ambos muros son más recientes que el puente, fundamentalmente el de aguas abajo que debe estar construído en los últimos años.

El muro de aguas arriba tiene dos zonas diferenciadas, una inferior independiente del timpano del arco y una superior simultanea al recrecido del timpano para rectificar la rasante.

C - ESTUDIO HISTORICO.

Se basa fundamentalmente en la recopilación que se ha realizado de la documentación existente sobre el puente, cuyas referencias se adjuntan en el anejo 1.

Se ha realizado también un cuadro cronológico de las fechas que se han considerado fundamentales y que definen la construcción de los distintos elementos del puente.

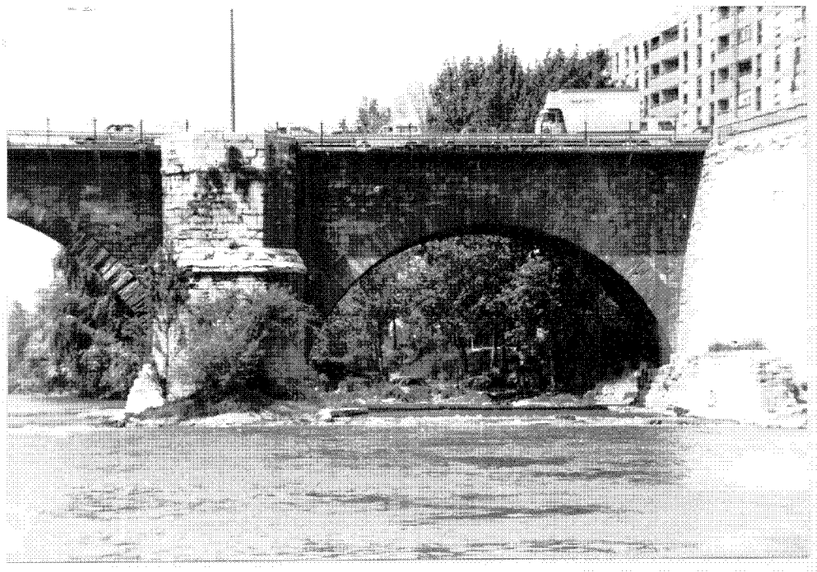
Todos estos datos permiten hacer un análisis de la historia del puente, que ha sufrido muchas transformaciones a lo largo de ella, hasta tener su configuración actual.

C-I - ORIGENES DEL PUENTE.

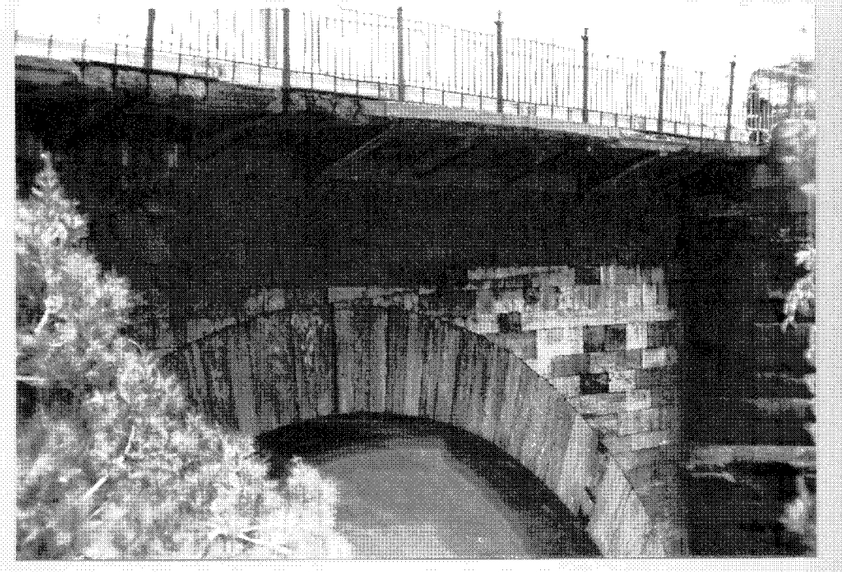
La documentación sobre el puente de piedra parte de 1.188 en que Alfonso II encomienda la construcción de un puente de piedra al Cabildo de la Seo. Todas las referencias anteriores se refieren a un puente de tablas (1.118) o a un puente sin especificar su material (827 y 859).

La hipótesis de que el puente es de origen romano se plantea en casi todos los autores pero no existen datos concretos que lo atestiguen; más bien existen datos de lo contrario pues Estrabon cita la ciudad de Caesaraugusta y la colonia de Celsa, mencionando la existencia de un puente en esta última, sin mencionar puente en la primera.

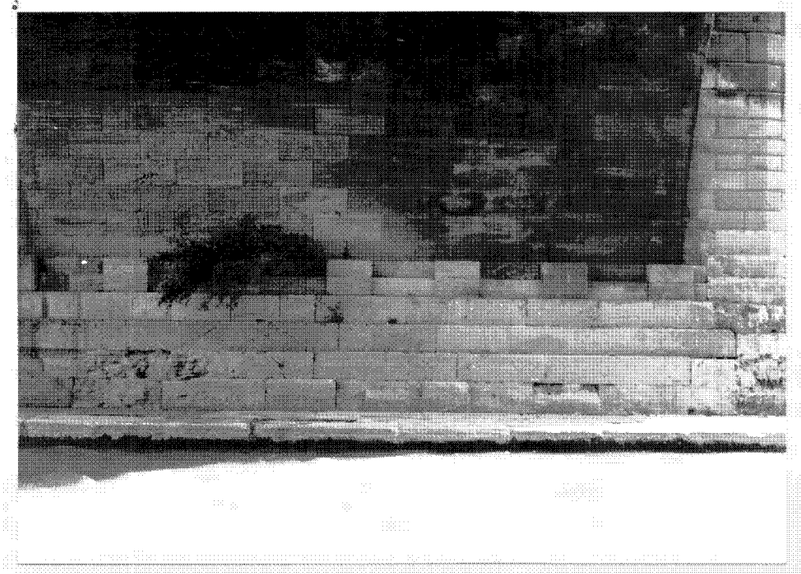
Las hipótesis más convincentes de la existencia de un puente romano en el mismo lugar es su situación en la prolongación del cardus, de la misma --



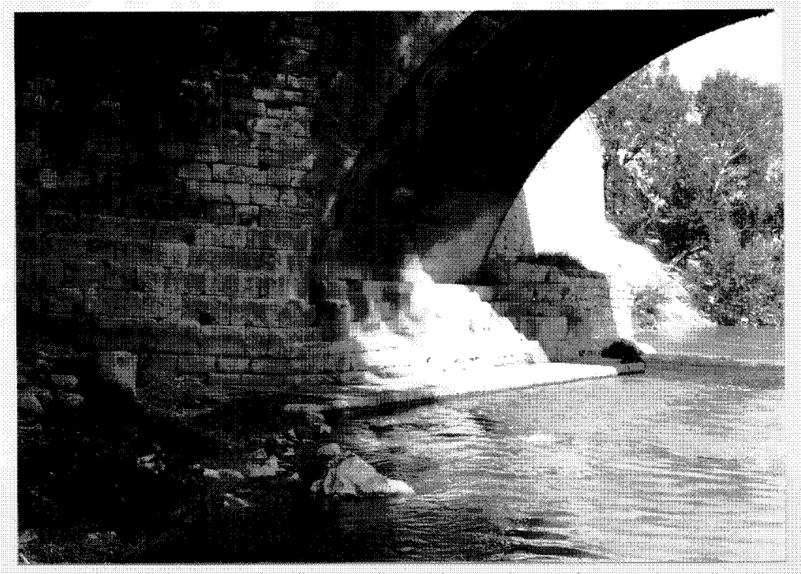
ARCO 8 DESDE AGUAS ABAJO



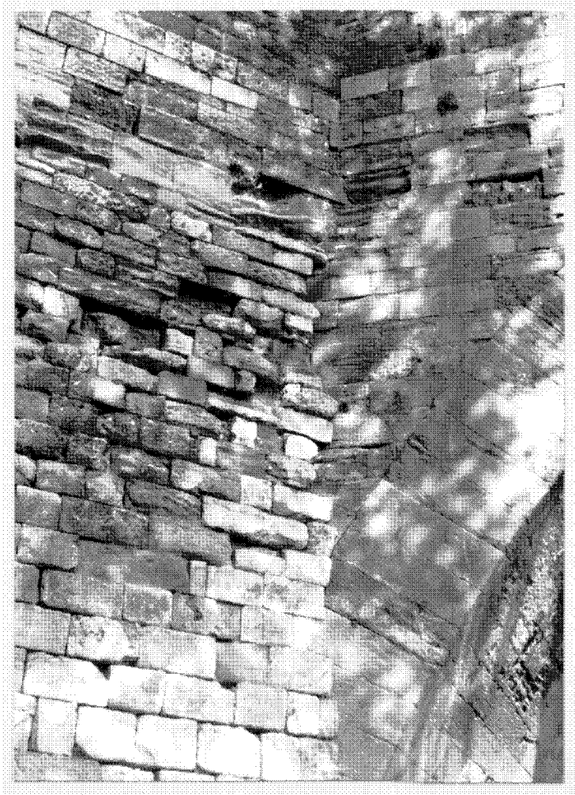
ARCO 8 DESDE AGUAS ARRIBA SE VE LA CORRECCION DE RASANTE POR LA VARIACION DE LA PIEDRA DEL PARAMENTO.



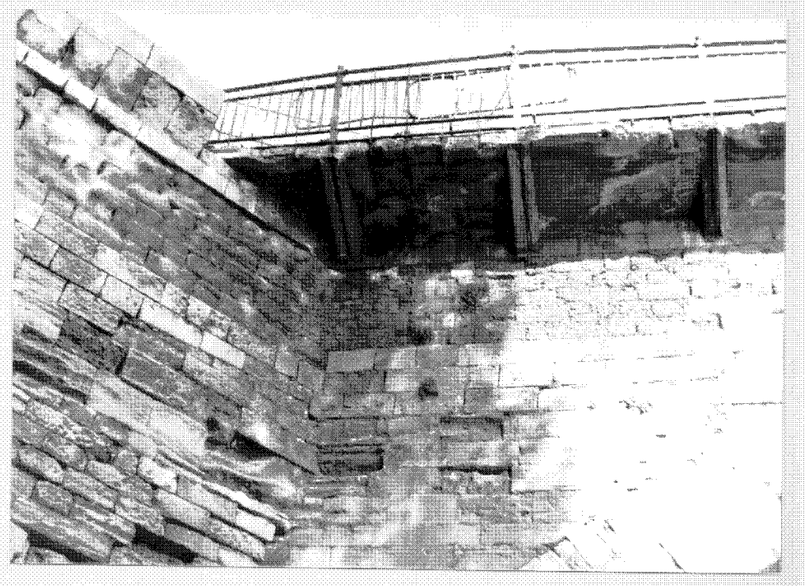
ARRANQUE DEL ARCO 8 EN PILA 7 PUEDE VERSE EL DETALLE DE APOYO DE LA CIMBRA.



ARRANQUE DEL ARCO EN EL ESTRIBO PUEDE VERSE EL MISMO DETALLE QUE EN PILA 7

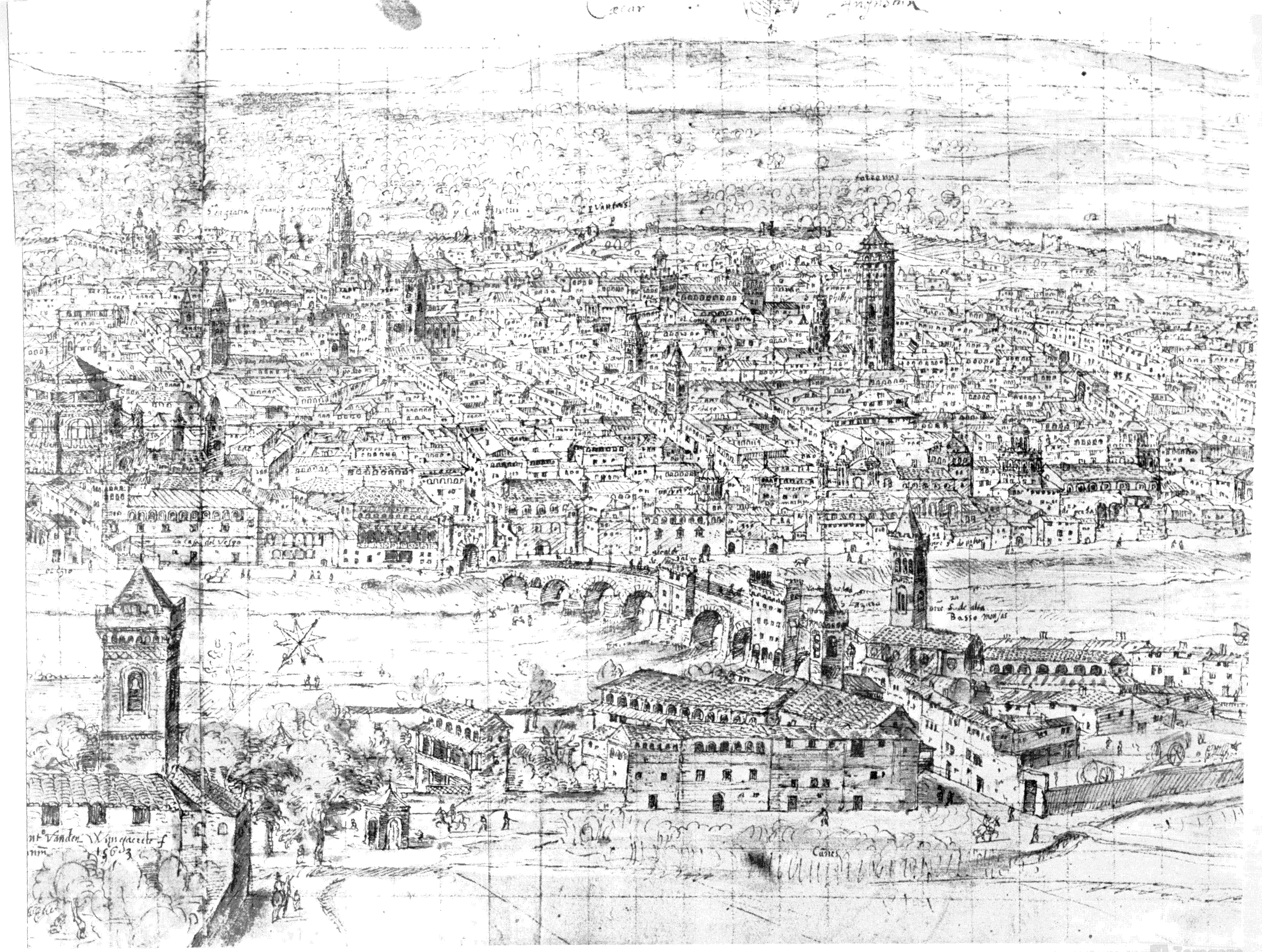


ESTRIBO ZONA INFERIOR DEL MURO DE ACOMPAÑAMIENTO AGUAS ARRIBA.



ESTRIBO. ZONA SUPERIOR DEL MURO DE ACOMPAÑAMIENTO. EN LA ZONA RECRECIDA EL MURO ESTA TRABADO CON EL TIMPANO.

Zaragoza



REPRODUCCION PARCIAL DEL GRABADO DE WYNGAERDE REALIZADO EN 1563. BIBLIOTECA NACIONAL AUSTRIACA DE VIENA. FOTOGRAFIA DE LA REPRODUCCION REALIZADA POR EL DEPARTAMENTO DE PALEOGRAFIA DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA. EN EL GRABADO SE VEN LOS CUATRO PRIMEROS ARCOS ANTES DE LA TORRE, LOS DOS ARCOS ENTRE TORRES Y EL ARCO SIETE. EL ARCO OCHO QUEDA TAPADO POR LAS CARAS O SE REALIZO POSTERIORMENTE.

estaria tapado por los edificios, o bien se construiría posteriormente. Las torres son muy parecidas a las que se conservaron hasta 1.910 fecha en que se derribaron casi totalmente, pero con mas altura,pues sobresalen un piso por encima de la rasante; en las últimas fotografías su techo estaba a la - altura de la calzada. Está representado el arquillo de pila uno, y los espolones de las demás pilas son distintos de los actuales, sin llegar hasta la calzada.

En 1.643 una avenida destruye los arcos cinco y seis, probablemente por descalce de la pila cinco.

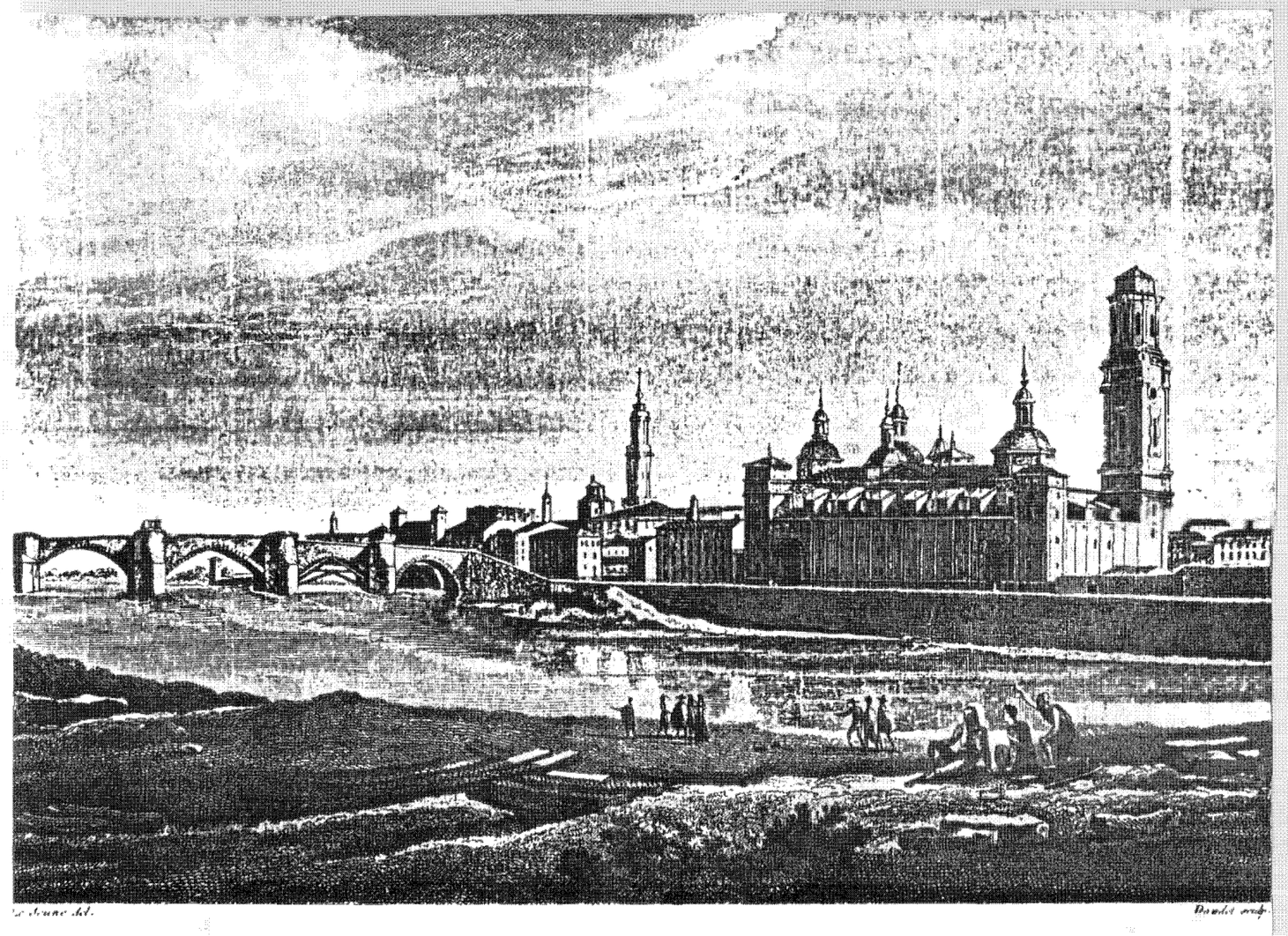
En estos años se producen dos documentos gráficos importantes: El cuadro de Velazquez-Mazo de la vista de Zaragoza fechando en 1.647 pero que corresponde a la visita realizada por el Rey en 1.645 y un cuadro de Del Mazo fechado en 1.646. En el primero faltan los arcos cinco y seis destruidos por la riada,y en el segundo aparecen reconstruidos.

Se ha hecho la hipótesis de que es una reconstitución ideal, lo - - cual es probable, pero existe una diferencia importante entre los dos cua-- dros y no parece que haya podido ser inventada: En el primero del lado de - Zaragoza aparecen cuatro arcos antes de la primera torre y no existe ningún muro; en el cuadro de del Mazo, en cambio, se ven tres arcos antes de la - torre y el muro de defensa en su posición actual. Por tanto en estas fechas debió construirse el muro que cegó el arco uno y pila uno que actualmente conserva enterrados los tajamares primitivos.

En 1.659 se hizo una reparación importante del puente de Zaragoza - por el francés Felipe de Bousignac; en esta se reconstruyeron los arcos hundidos y probablemente se construyeron también los tajamares y espolones que existen actualmente, aunque no hay datos concretos de las reparaciones realizadas. Su construcción ha de ser posterior a los cuadros antes citados -- (1.646) pues en ellos no están representados, y anteriores a 1.769 pues en el plano de Zaragoza realizado en esta fecha está representado el puente -- con sus tajamares actuales.

En 1.805 hay una gran crecida y en la misma fecha hay un grabado de Laborde que muestra el arco tres (segundo a la vista) con cimbra de madera, que logicamente se deberá a una reconstrucción.

En 1.813 el ejercito francés, al retirarse, vuela el último arco, - es decir, el del lado del Arrabal, que se reconstruye inicialmente con ta-- blas y en estas condiciones se conserva hasta 1.823 según el grabado de - -



NUESTRA SEÑORA del PILAR en ZARRAGOSSA

NOTRE DAME du PILAR a SARRAGOSSE | The VIRGIN of the PILAR at SARRAGOSSA.

Grabado de Laborde [78]

GRABADO DE LABORDE (1805) EL ARCO TRES TIENE UNA CIMBRA DE MADERA Y LA PILA DOS TIENE UNA CASETA SOBRE EL TAMBOR DEL TAJAMAR.

GRABADO DE E H LOCKER (1824). LA PRIMERA PILA VISTA DEBE SER LA DOS PUES TIENE LA MISMA CASETA DEL GRABADO ANTERIOR, ESTA MUY PROXIMA A LA ORILLA, Y SE VE LA TORRE DE PILA CUATRO. POR TANTO FALTAN LOS ARCOS 7 Y 8 SUSTITUIDOS POR MADERA. LOS FRANCESES HABRIAN DERRIBADO DOS ARCOS Y NO UNO COMO SIEMPRE SE HA DICHO. LA FALTA DE PRECISIÓN DEL GRABADO (VEASE LA FORMA DE LOS TAJAMARES) NO HACE ESTE DATO MUY FIABLE.

Locker. No se conoce con precisión la fecha de reparación, unicamente se sabe que en 1.852 el Ayuntamiento pide un emprestito para reparar el puente, y sobre la clave del arco cinco (el central de los arcos visibles actualmente) aparece inscrita la fecha de 1.854 sin que se tenga referencia concreta a que se debe. Probablemente la terminación de los trabajos iniciados con el emprestito de 1.852.

En 1.906 se aprueba el proyecto de ensanche que consiste en la construcción de unos voladizos metálicos recubiertos de hormigón. En estas fechas se debieron derribar las torres de las pilas cuatro y seis que aparecen en las fotografías anteriores al ensanche. También en estas fechas se debio aumentar y reforzar la cimentación con el zampeado existente actualmente.

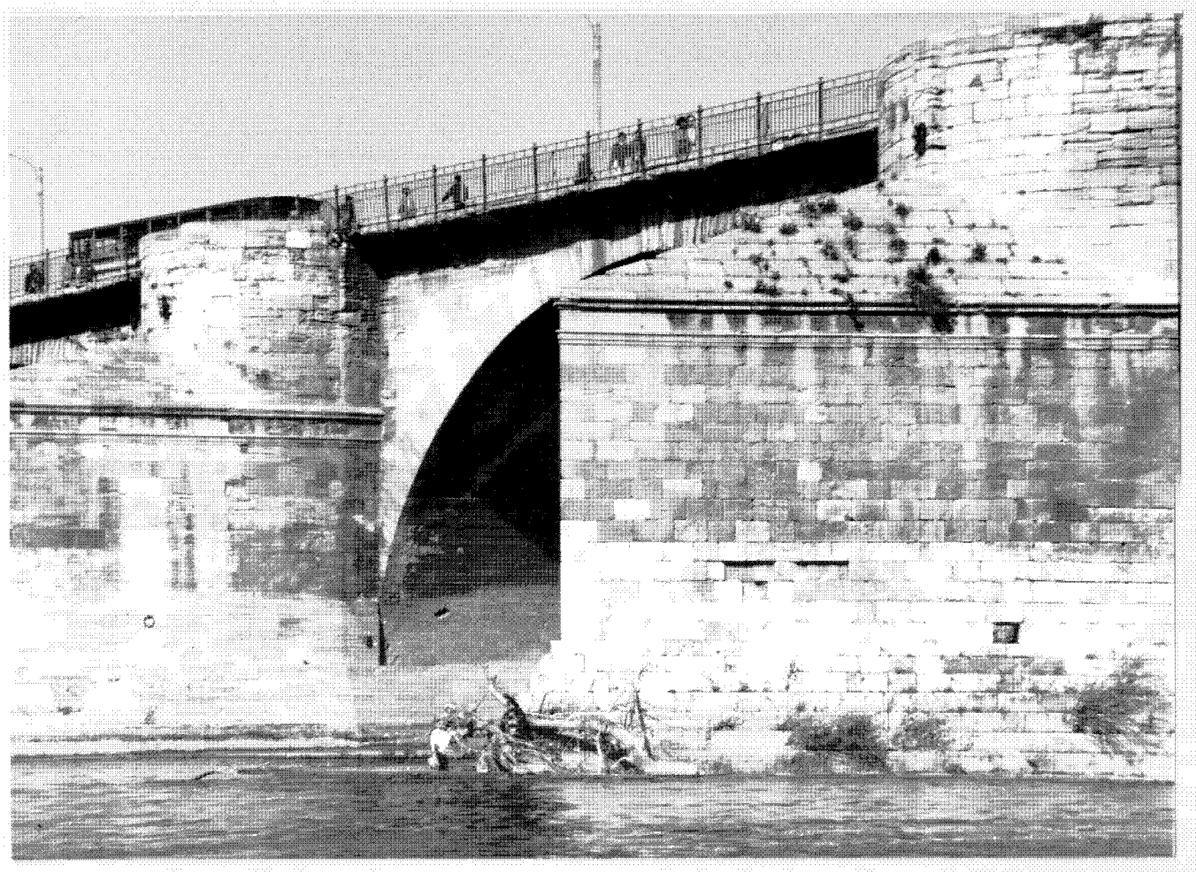
C-IV - ANALISIS HISTORICO-ARTISTICO DEL PUENTE.

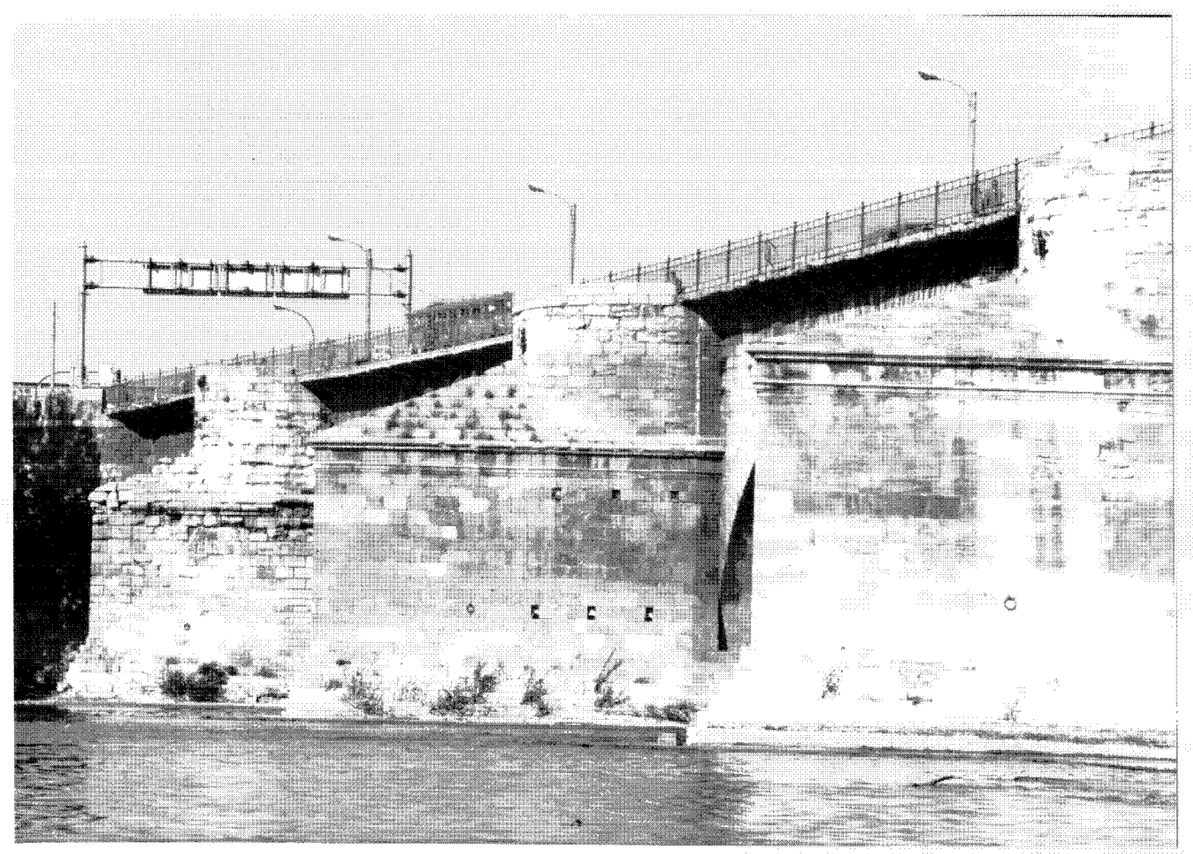
Entre los puentes históricos españoles, el puente Mayor o de piedra de Zaragoza es, por sus dimensiones y características, uno de los más importantes. No se le puede adscribir a ninguna época determinada, pues sus elementos fundamentales que le dan caracter, son de épocas diversas: El puente se construyó de 1.188 a 1.440 pero del puente original no sabemos si queda algun arco.

Los tajamares se realizaron probablemente en 1.659 y existen arcos que se han reconstruido posteriormente.

Como ya se ha indicado, ha sufrido muchas reconstrucciones y reparaciones a lo largo de su historia, lo que da un resultado muy heterogeneo a su conjunto, fundamentalmente en las características de arcos y pilas, tanto en dimensiones como en formas.

Los elementos que presentan una mayor homogeneidad son los tajamares de aguas arriba que, salvo el de pila ocho y el enterrado de pila 1 se construyeron todos simultaneamente por lo que de formas son iguales. Estos tajamares tienen un tamaño desmesurado, introduciendo unas masas excesivas que quitan valor a los arcos y rompen la continuidad de la obra. Creemos que el puente original, con pequeños tajamres como los existentes en la pila uno resultaría mucho más proporcionado, destacando los arcos como elementos fundamentales; pero actualmente no se puede pensar en ningún tipo de actuación que suprimiera o disminuyera estos tajamares, pues tanto historicamente como en su estado actual son parte fundamental del puente y por ello su transformación sería, en definitiva, hacer un puente distinto.





VISTAS OBLICUAS DEL PUENTE DESDE AGUAS ARRIBA. LOS ARCOS DESAPARECEN POR EL TAMAÑO DE LOS TAJAMARES.

Zaragoza

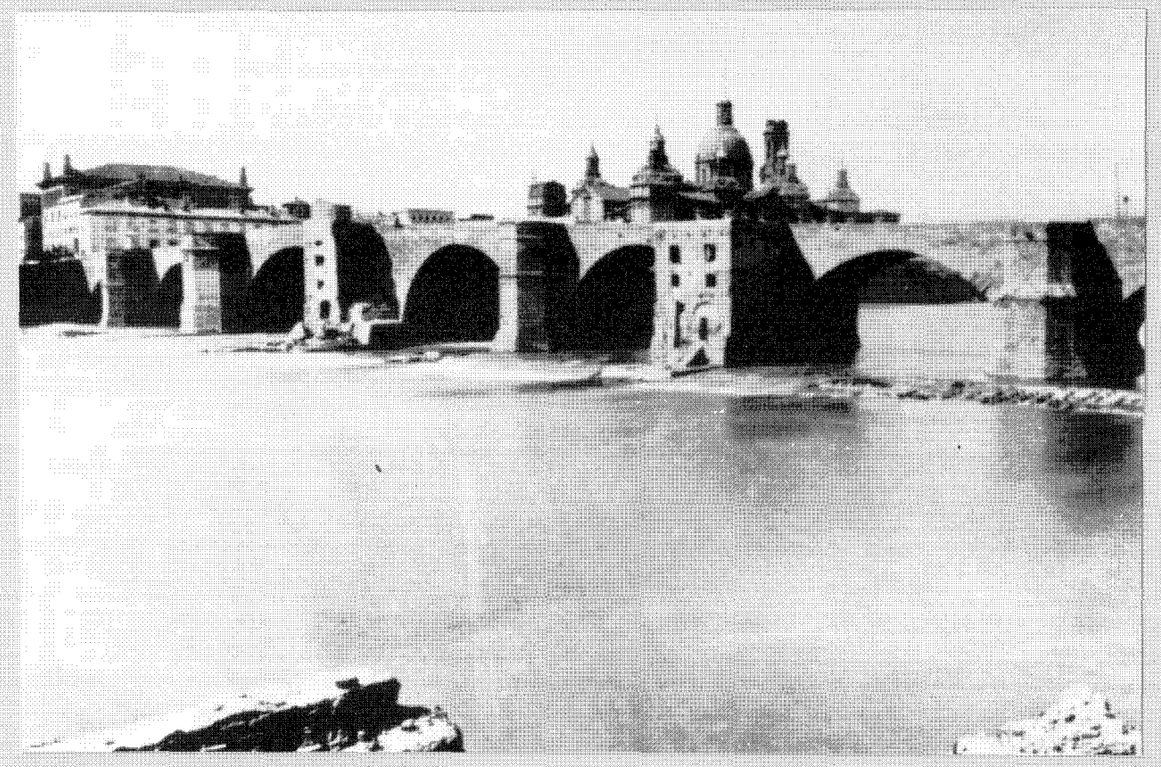
Aguas abajo la heterogeneidad es mayor pues existen pilas con tambor (la dos, tres, cinco y siete) y dos pilas (la cuatro y seis) que tuvieron unas torres adosadas durante toda su historia y que se demolieron a -- principio de siglo.

Los tambores son también añadidos y aunque no introducen unas masas tan exageradas como los tajamares, son también excesivos. Pero igual que - en el caso de los tajamares forman parte fundamental del puente y no puede pensarse en ningún tipo de transformación.

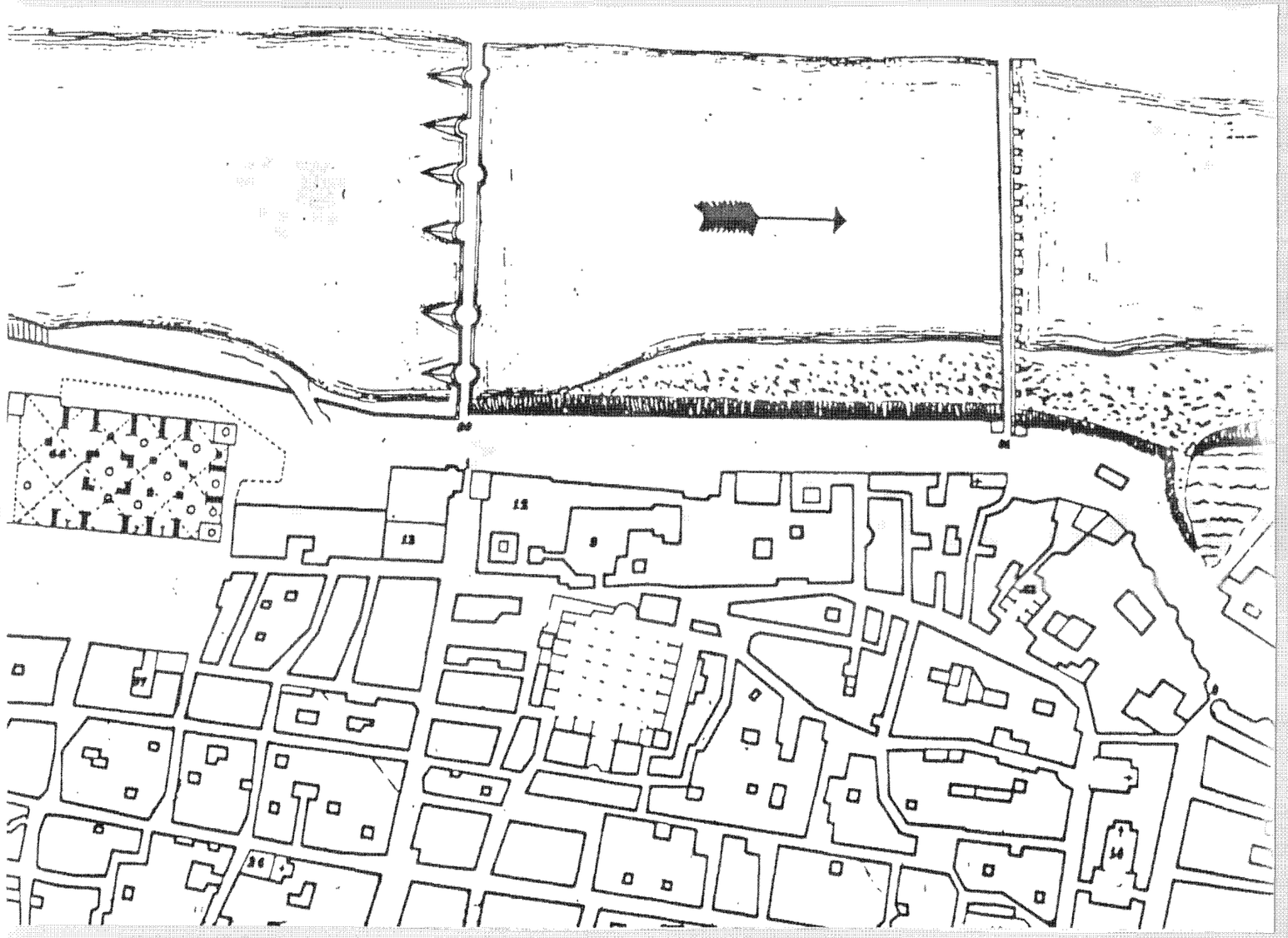
El problema mas dudoso es el de las antiguas torres de las pilas - cuatro y seis que han existido durante toda la vida del puente,hasta que - que fueron derribadas a principios de siglo. Desde un punto de vista historicista deberian reconstruirse para darle al puente la fisonomía que tuvo durante toda su historia. Pero estas torres, vistas las fotografías ante-- riores a su demolición, son unos elementos de gran tamaño, de construcción muy irregular y parece que reformadas en distintas épocas, sin ningún va-- lor artístico y por tanto lo único que introducen son unas masas adicionales excesivas que quitan valor al puente. Por ello la solución más lógica es dejarlas como se encuentran actualmente, marcando su antigua planta e - introduciendo vegetación en su interior, que en definitiva es lo que espontaneamente se ha producido, pero que si la dejamos en su situación actual, sus raices pueden dañar las bases de las pilas y las cimentaciones.

En su estado actual, uno de los elementos que más afean el puente son los voladizos de hormigón que se realizaron a principio de siglo, primero porque introducen unos elementos totalmente heterogeneos al resto de la obra, y segundo porque su estado de ruina actual empeora su aspecto. -- Por ello la solución de demoler estos elementos y regenerar los timpanos - y los pretiles anteriores no ofrece dudas.

Otro problema general del puente es el mal estado de la sillería - de muchos elementos del puente y de las dovelas de varios arcos, debido -- fundamentalmente a la mediana calidad de la piedra. En muchas zonas se han realizado reparaciones con trozos de piedra, ladrillo y con mortero de cemento. El intradós de los arcos está revocado con cemento en muchas zonas para proteger la piedra y rellenar zonas deterioradas. Todo ello le quita valor monumental al puente y será necesario tratar de mejorarlo en lo posible.



VISTA DEL PUENTE CON LAS TORRES ANTES DE SU DEMOLICON. LAS TORRES NO APORTAN NADA POSITIVO AL PUENTE.



REPRODUCCION PARCIAL DEL PLANO DE ZARAGOZA REALIZADO POR CARLOS CASANOVA EN 1769 SEGUN M.I. FALCON ZARAGOZA EN EL SIGLO XV. LOS TAJAMARES DE LAS PILAS TIENEN SU FORMA ACTUAL. ESTAN REPRESENTADOS -- TAMBIEN LOS TAMBORES EN AGUAS ABAJO PERO FALTAN LAS TORRES DE PILAS CUATRO Y SEIS.

FECHA	TEMA	DOCUMENTO	FUENTE ORIGINAL	OBSERVACIONES
1.118	Toma de Zaragoza por Alfonso I. El paso del rio se hace por un puente de madera llamado Alcántara.	G. FATAS. Para una biografía de las murallas.		Los cristianos prenden fuego al puente que ardió en su totalidad.
1.188	Alfonso II encomienda la construcción del puente al cabildo de la Seo que deberá realizarse en veinte años.	M.I.FALCON PEREZ- Zaragoza en el siglo XV. Excmo. Ayuntamiento.	A.C.A. Cancillería 477. fol. 150. A.M. La Seo Cartulario Grande. fol 43 publicado por A.CANELLAS. Col. Dip. Conc. Zaragoza T. I. doc. 22.	Las avenidas dificultan la construcción y destruyen el puente de tablas. El puente de tablas estaba situado aguas abajo del de piedra.
1.261	Crecida extraordinaria del rio que destruye el puente de madera, que se sustituye por uno de barcas.	Id. M.I. FALCON PEREZ.	A. CANELLAS. Col. dip. Conc. Zaragoza T. I. doc. 118.	El puente de fusta debe ser el puente de madera.
1.328	Las aguas destruyen el puente de madera Alfonso IV manda poner dos barcas para cruzar el rio.	Id. M.I. FALCON PEREZ.	A.C.A. Cancillería Rey 477. fol. 150. A.M.Z. doc. sign^{a} R-67.	
1.330	Se está reconstruyendo el puente de tablas y prosiguen las obras del de piedra. Permite Alfonso IV cortar robles para los arcos y pinos y abetos para hacer almadias para transportarlos por el rio, a la vez se tallaban sillares de piedra en el Castellar.	Id. M.I. FALCON PEREZ.	A.M.Z. doc. sign^{a} R-67.	Los robles pueden ser para las cimbras o cimientos del puente de piedra o para separar el puente de madera.
1.331	En este año se asignaron a la obra veinte mil sueldos. Trabajaba un cantero que talló mil sillares.	CANELLAS 1976.		
1.336	Pedro IV concede cobro de sisas para activar las obras del puente de piedra, se encarga de la obra un maestro moro llamado Mahoma Mazuela que no logró llevarla a feliz término.	M.I. FALCON PEREZ - Zaragoza en el siglo XV. Excmo. Ayuntamiento.	A.C.A. Cancillería Rey 860. fol. 47.	
1.380	Una gran crecida del Ebro varia su curso formando las llamadas "balsas de Ebro viejo". Se gastaron grandes sumas para corregir el cauce.	CANELLAS 1976.	A.M.Z. doc. sign^{a} R-127. Año 1380.	
1.391 1.397	Grandes avenidas del rio obligan a dedicarse a las reparaciones del puente de madera y se abandona el puente de Piedra.	M.I. FALCON PEREZ	A.C.A. Rey 1900 f. 76. Crónica de Martin de Alpartir.	
1.400	Una nueva riada se lleva el puente de tablas y es necesario volver a usar barcas.	M.I. FALCON PEREZ.		
1.401	Los regidores municipales aprueban el proyecto definitivo del puente de piedra. Se decide explotar las canteras de El Castellar y Mallen, y también la de Frescano (Burrén). Para la cimentación se utilizaron robles de Leciñena. Se encargan de la obra Juan de Francia, Colvat Rey, y Matheu. Al finalizar el año se alzan los tres primeros arcos de la orilla izquierda reparandose destrozos riada anterior.	M.I. FALCON PEREZ. M. GONZALEZ MIRANDA. Sobre el puente de Piedra.		
1.405	Otra crecida origina destrozos y obliga a parar las obras.	Id.	A.M.Z. M S "Fabrica del puente de piedra" Estudiado por M.L.LEDESMA. Aportación al estudio del Ebro a su paso por Zaragoza. IV Congreso Historia Corona Aragón. T. II y por C.HERRANZ. Fábrica del puente de piedra de Zaragoza 1887.	

Zaragoza

FECHA	TEMA	DOCUMENTO	FUENTE ORIGINAL	OBSERVACIONES
1.408	El "giramiento del Ebro" obliga a detener la construcción para reforzar la muralla por la parte del Pilar.	M.I. FALCON PEREZ - Zaragoza en el siglo XV.	A.C.A. Cancillería Rey 2185. fol. 29	
1.415	Una avenida se lleva una de las barcas del puente de barcas en uso.	CANELLAS 1976.		
1.435	A punto de terminar la obra se derrumba la arcada principal el 5 de Agosto causando cinco muertos y varios heridos a pesar de tener "muy bastantemente reforzados los bastimentos de las cimbras". La reconstrucción dura tres años.	M.I. FALCON PEREZ - Zaragoza en el siglo XV.	LOSTAL DE TENA. Zaragoza histórica y descríptiva, pág. 297.	
1.440	5 de Marzo. El puente está terminado y se decide -- concluir la entrada del portal. Lo termina Gil de Menestral.	Id.	A.M.Z. Actas comunes de 1440. fol. 42.	
1.442	El puente de barcas sigue en uso pues - se reparó en este año.	LEDESMA RUBIO. La hacienda Municipal de Zaragoza en el año - 1.442 "Homenaje al doctor Canellas" Zaragoza 1969. pág. 682.		
Desde 1.442 a 1.468	Se realizan visitas periodicas a las pilas del puente desde barcas. En 1.468 se ve urgente necesidad de reparar las pilas pues el puente puede venirse abajo.	M.I. FALCON PEREZ - Zaragoza en el siglo XV.		
1.469	Se observó grietas de más de dos palmos en el arco entre pilas quinta y sexta - en las que había estacas y faltaban piedras.	Id.		
1.469	Se repara el puente. La documentación - indica que se arreglaron las pilas, pero no dice nada del arreglo del arco.	M.I. FALCON PEREZ - Zaragoza en el siglo XV.		
1.492	Domingo de Urrozola realiza obras complementarias, pero no se especifica en que consistian.	M. GONZALEZ MIRANDA. "Sobre el puente de Zaragoza".		
1.494	Jeronimo Munzer describe el puente "de siete elevados arcos bajo los cuales -- hay un gran molino"	GARCIA MERCADAL 1952.		Se habla de siete arcos y no de ocho como tiene el puente actualmente. Podría faltar el último arco del Arrabal lo que concordaría con el grabado de Wyngaerde.
1.563	Grabado de Wyngaerde	Reproducción del Grabado, realizado por el departamento de paleografía de la Universidad de Zaragoza.	Grabado - Biblioteca Nacional Austriaca de Viena.	Vista aguas abajo. El puente está completo desde el lado Zaragoza, 4 arcos antes de la primera torre, dos arcos entre las torres y un arco después de la segunda torre. El octavo arco queda tapado, o no existia en esta época. Se ve el arquillo de aligeramiento sobre la primera pila que no tiene tambor ninguno o es distinto a los de las pilas dos y tres. Los tambores de las pilas dos y tres no son actuales.

Zaragoza

FECHA	TEMA	DOCUMENTO	FUENTE ORIGINAL	OBSERVACIONES
1.588	Juan Ingles realiza obras de defensa y reparacion del puente.	HERRANZ 1887. M. GONZALEZ MIRANDA "Sobre el puente de Zaragoza".	A.M.Z. ms 47	
1.643	Una avenida derribó dos arcos del puente de piedra.	M. GONZALEZ MIRANDA "Sobre el puente de Zaragoza".		Son los dos arcos que faltan en el cuadro de Velazquez-Mazo de 1647.
1.645	Viaje del Rey Felipe IV a Zaragoza. Encarga un cuadro de la ciudad a del Mazo que pinta con Velazquez. Faltan los arcos 5 y 6 destruídos por la riada de 1643. Según Carl Justi se reconstruyó y fue destruído nuevamente	CARL JUSTI - Velazquez y su época.	Cuadro de Velazquez-del Mazo - Museo del Prado. Madrid.	Vista aguas abajo. El puente tiene cuatro arcos antes de la primera torre, igual al Grabado de Wyngaerde, faltan el cinco y el seis y se ven el siete y el ocho; el puente tiene por tanto ocho arcos en esta época. En la pila 1 existe el aligeramiento y un tambor inferior poligonal. La pila 2 tiene el mismo tambor que en el grabado y en la pila 3 le falta el sombrerete. Aguas abajo se ve el puente de tablas. El tambor de la pila 7 es igual a los actuales. No parecen existir todavía los tajamares actuales.
1.646	Vista de Zaragoza Cuadro de J.B.M. del Mazo.	GUIA histórico artístico de Zaragoza. Ayuntamiento de Zaragoza 1.982.	Cuadro de J.B.M. del Mazo (Col. Particular Madrid).	Vista desde la misma situación del cuadro anterior. Es sorprendente el cambio entre los dos cuadros. Se han reconstruído los dos arcos hundidos. El puente tiene solo tres arcos antes de la primera torre, habiendose tapado el primero por el muro que une el puente de piedra con el de tablas y que no existe en el cuadro anterior.
1.647	Fecha del cuadro Velazquez-del Mazo.			
1.659	Se repara el puente por el rosellones Felipe Busignac.	DEL ARCO 1941. M. GONZALEZ MIRANDA "Sobre el puente de Zaragoza".		Probablemente los tajamares de aguas arriba y los tambores de aguas abajo se realizaron en esta fecha. El tambor de pila siete aparece en el cuadro de Velazquez-Mazo con su forma actual.
1.705	Capitulaciones para la erección del pretil desde el puente de piedra.	M. GONZALEZ MIRANDA "Sobre el puente de Zaragoza".		Corresponde al arreglo de la margen del rio del lado Zaragoza.
1.729	Arreglo de arcos del puente.	L. VIDAL		
1.769	Plano de Zaragoza de Casanova.			En este plano está representado el puente con sus tajamares actuales y los tambores de aguas abajo. No se representan en cambio las torres de pilas cuatro y seis.
1.806	Grabado de Laborde.	C.F.CASADO - Historia del puente en España - Puentes romanos		Vista aguas arriba. El arco tres (dos a la vista) está cimbrado con madera. Los tajamares son los actuales.
1.813	Los franceses al retirarse derriban el arco más próximo al Arrabal.	FRANCISCO ABAD RIOS. Catalogo Monumental de España - Zaragoza.		
1.817	Se ordena realizar un reconocimiento del puente para evitar su ruina.	ALIERTA 1972.		
1.820	Algunos vecinos del Arrabal que trabajaban en el puente de Piedra se quedan sin trabajo.	ABAD RIOS. Catalogo Monumental de España - Zaragoza.		

Zaragoza

FECHA	TEMA	DOCUMENTO	FUENTE ORIGINAL	OBSERVACIONES
1.823	Grabado de Locker	C.F.CASADO-Historia del Puente en España - Puentes romanos.		Vista aguas arriba. Faltan los dos últimos arcos que derriban los franceses (el grabado no es muy fia--ble). Está recompuesto con madera. Los tajama--res no se parecen nada a los reales.
1.852	El Ayuntamiento solicta un emprestito para la reparación del puente.	XIMENEZ EMBUN		
1.854	Fecha que aparece sobre la clave del - arco cinco (cuarto a la vista).	Visión directa		Probablemente se refiere a la terminación de las obras del emprestito de 1852.
1.906	Se aprueban las obras de ensanche.	FRANCISCO ABAD RIOS. Catalogo - Monumental de España - Zaragoza		Corresponde a los voladizos metálicos con losa de hormigón que todavía se conserva, aunque en mal estado.
1.910	Se inauguran las obras de ensanche.	Id.		Se quitan los cuatro leones de piedra co-locados por Felipe de Bousignac.
1.976	Las obras del colector de la margen de recha dejan parcialmente al descubier-to el arco uno.	CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO.		

BIBLIOTECA MUNICIPAL ZARAGOZA

Zaragoza

D - RESTAURACION DEL PUENTE

La idea fundamental que rige la restauración, planteada desde el punto de vista monumental, es devolverle al puente su fisonomía anterior, sin realizar grandes obras de reconstrucción de elementos que han sido ya derribados.

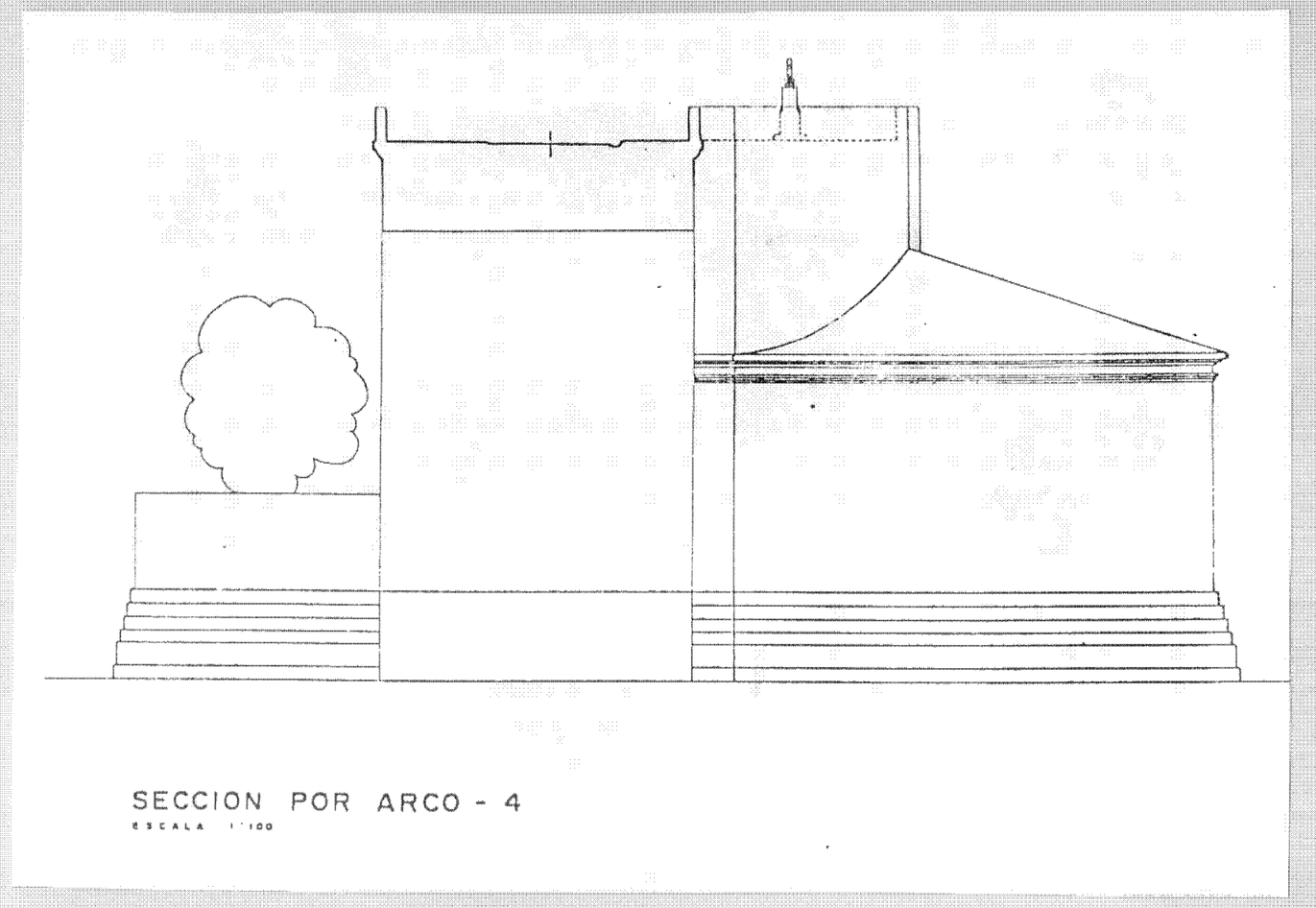
Los dos problemas fundamentales de esta restauración son: los voladizos de hormigón que se realizaron en 1.910, y las torres de las pilas cuatro y seis que se derribaron en la misma fecha.

Las demás obras de restauración que se plantean son puramente funcionales o estructurales, y no afectan la fisonomía del puente, salvo el estado de la piedra y sustitución de sillares.

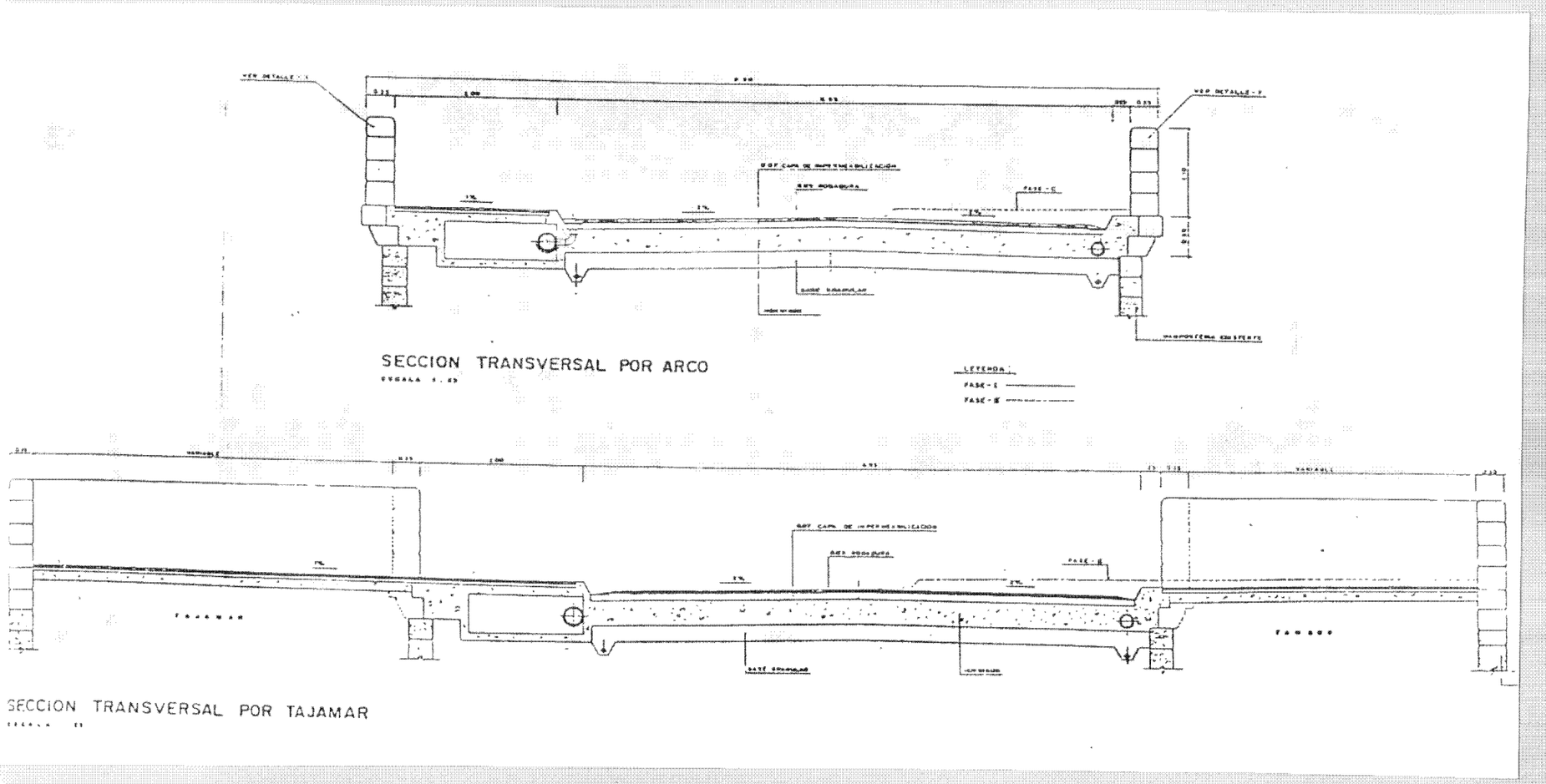
D-I - SUPRESION DE LOS VOLADIZOS Y VARIACION DE RASANTE.

Estos voladizos se encuentran en estado de ruina, por lo que es necesario demolerlos totalmente. Se componen de mensulas metálicas recubiertas de hormigón con un canto en arranques de 0,50 m. y una distancia entre ellas de 2,20 m. La barandilla es de hierro forjado, que sustituye al antiguo pretil de piedra, se encuentra también en mal estado. Las ménsulas están empotradas en la sillería lo que abligó a quitar sillares para su encaje, dejando la parte superior del paramento en mal estado. En algunos arcos las ménsulas llegan hasta las dovelas y se empotran en ellas. En el arco cuatro se han suprimido las dovelas de la segunda rosca en la zona de clave, probablemente para bajar la rasante; las ménsulas llegan hasta las dovelas del arco principal.

Por esto, la supresión de los voladizos obliga a restaurar la parte superior del paramento y rehacer el pretil de piedra. Para separar claramente el paramento nuevo del antiguo es conveniente marcar la separación mediante una línea horizontal, materializada con una cornisa que adelanta el plano exterior del pretil. Esta cornisa se situaría a la altura en que actualmente se encuentran las ménsulas. La única dificultad se plantea en las claves de los arcos donde las ménsulas invaden las dovelas de los arcos. La solución más adecuada sería elevar la rasante para poder recomponer la segunda rosca del arco cuatro, y situar sobre ella la cornisa y el pretil. De esta forma se recuperaría la rasante inicial en lomo de asno con el vertice sobre el arco principal, pero se empeorarían las condiciones de tráfico. Es necesaria una nivelación del puente, y una medición



ALZADO TRANSVERSAL DE PILA CUATRO DESPUES DE RESTAURADO EL PUENTE



DETALLE DE LA PLATAFORMA Y PRETILES UNA VEZ RESTAURADOS EN PRIMERA Y SEGUNDA FASE

de la situación de las dovelas de los arcos centrales respecto de las mensulas para estudiar este problema y decidir la rasante definitiva. Este problema de rectificación de rasante podría realizarse unicamente en el exterior, sin variar la rasante de la calzada, lo que daría lugar a una altura variable en el interior del pretil; esta variación tendría una justificación en la protección respecto del viento que produce y que en una época el pretil de aguas arriba era más alto que el de aguas abajo por esta razón. Con esta solución quedaría más abrigada la zona central del puente que es la más expuesta al viento.

Al pretil se le ha dado un ancho de 0,35 m. con remate redondeado, como probablemente sería el original a la vista de los remates que tienen los tambores de los tajamares y de los espolones aguas abajo

D-II - SUPRESION DE LAS CASETAS SOBRE LA PILA II.

Las casetas del antiguo limnigrafo de la comisaría de aguas del Ebro estan situadas sobre el tambor del tajamar de aguas arriba.

En conversación mantenida con la comisaría han manifestado que el limnigrafo actual se encuentra en el puente de Santiago y por tanto estas casetas no tienen ningún uso presente ni futuro y por su parte no habría ningun problema en derribarlas.

Puede pues dejarse libre este tambor de la misma forma que los demás, incorporandolos al área peatonal.

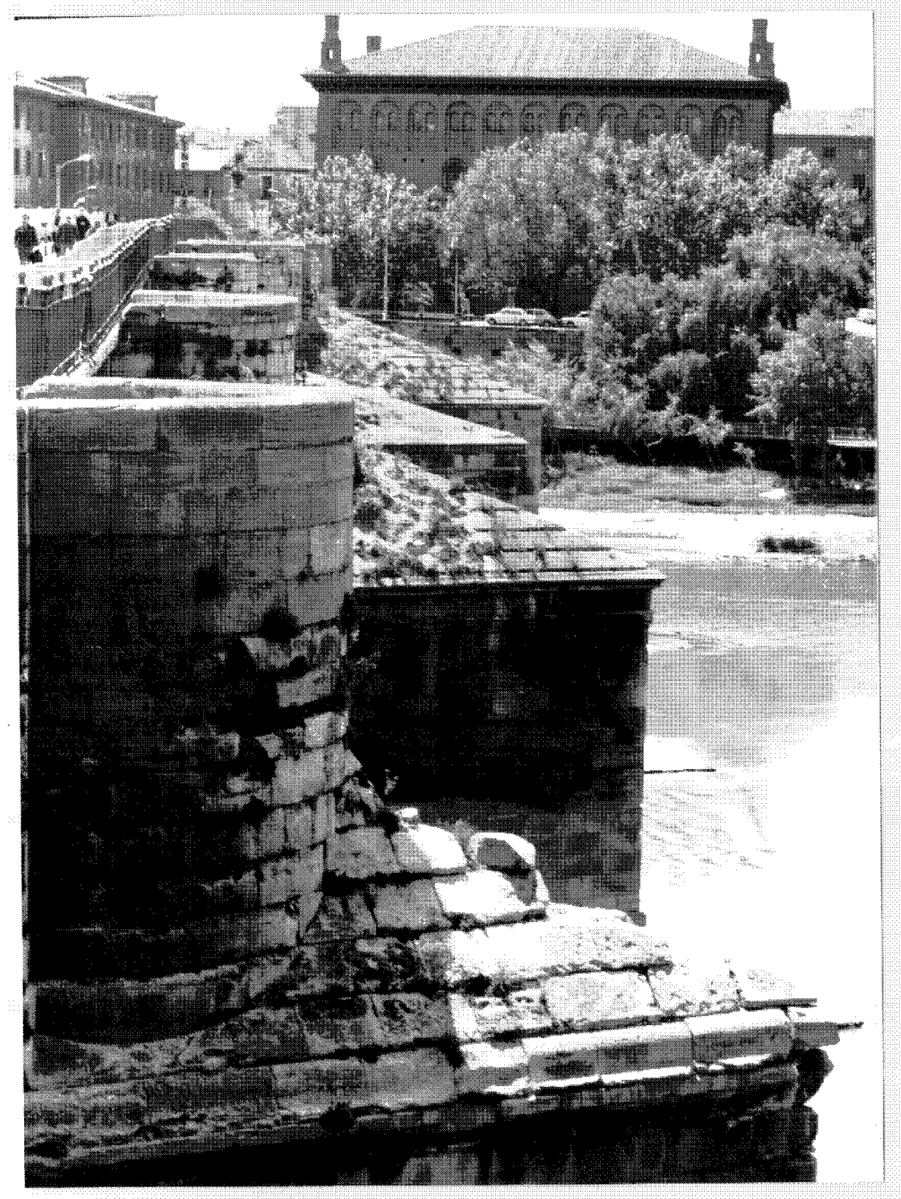
Será conveniente también quitar el tubo y las escalas del limnigrafo que están adosadas a la pila.

D-III - ANTIGUAS TORRES DE LAS PILAS CUATRO Y SEIS.

Como ya se ha visto, en las pilas cuatro y seis existian unas torres, que ya están presentes en el grabado de Wyngaerde de 1.563 y en todos los grabados y cuadros en que aparece el puente; en las fotografías del puente anteriores al ensanche de 1.910 también existen las torres aunque su coronación estaba a la altura de la calzada y no con un piso sobre ella como en todos los grabados anteriores.

Con las obras del ensanche estas torres se derribaron casi en su totalidad, dejandose unicamente la parte inferior y en muy mal estado.

Como ya se ha indicado, estas torres eran unos elementos de excesivo tamaño, de construcción muy irregular y sin ningún valor artístico. Por ello



VISTA DE LOS TAJAMARES CON EL REMATE DE LOS TAMBORES. PROBABLEMENTE SE UTILIZO EL REMATE DE LOS ANTIGUOS PRETILES DE LOS TAMBORES, AUNQUE SE LES QUITO ALTURA.

Zaragoza

el puente perdería mucho si se reconstruyeran estas torres siguiendo las fotografías anteriores al derribo, y no tendría sentido darles otra fisonomía que no respondiera a ninguna realidad anterior.

Actualmente en el interior de las zonas existentes ha crecido vegetación lo que mejora considerablemente su aspecto aunque su crecimiento anarquico puede dañar la fábrica y las cimentaciones del puente.

Por ello, la solución que se considera más adecuada para estas torres es dejarlas en su situación actual, reparando y limpiando las zonas existentes y dandoles una coronación horizontal. El interior de las torres se revestirá de hormigón con un drenaje adecuado, para que pueda regenerarse la vegetación en su interior sin peligro para la fábrica y cimentaciones. De esta forma se conserva la planta de las antiguas torres y en lo posible la vegetación existente actualmente.

D- IV - ARCO UNO Y PILA UNO ACTUALMENTE ENTERRADOS.

La construcción del muro de la margen derecha dejó enterrados el arco uno y la pila uno que, como ya se ha indicado, pueden aportar datos sobre el origen del puente.

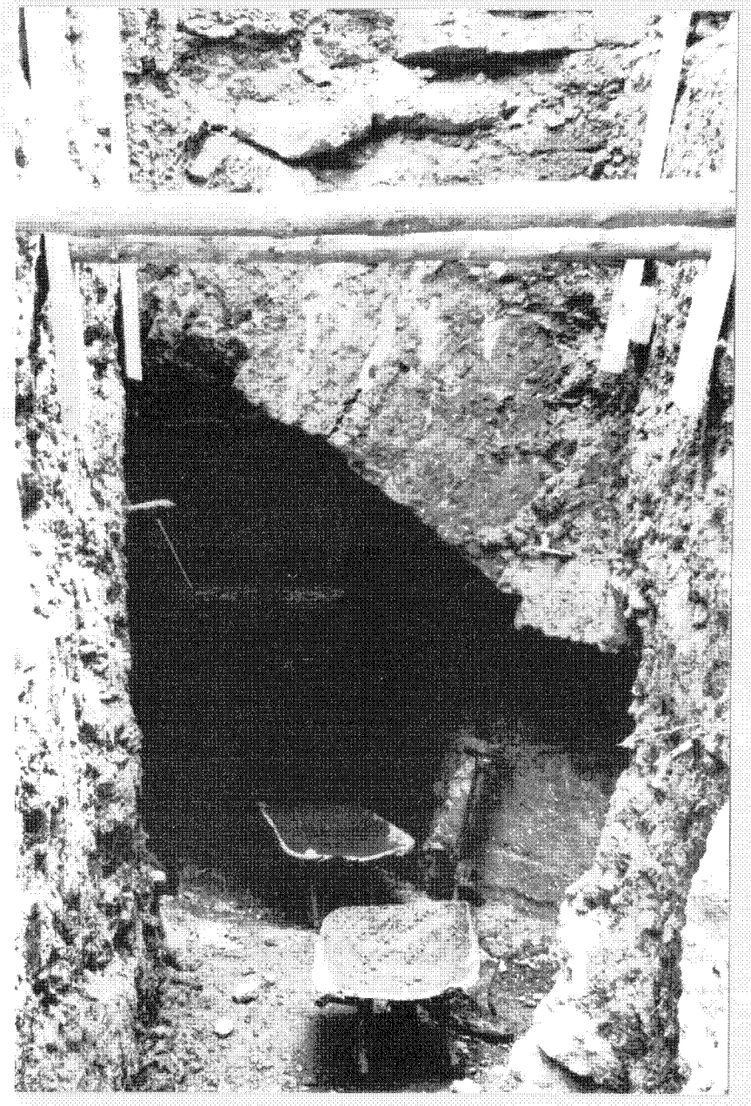
Sobre la pila 1 existe un arquillo que se ve parcialmente, y sus tajamares son anteriores a los que existen en las demás pilas. Del arco 1 los únicos datos que conocemos son las fotografías obtenidas cuando se realizó el colector de margen derecha en 1.976.

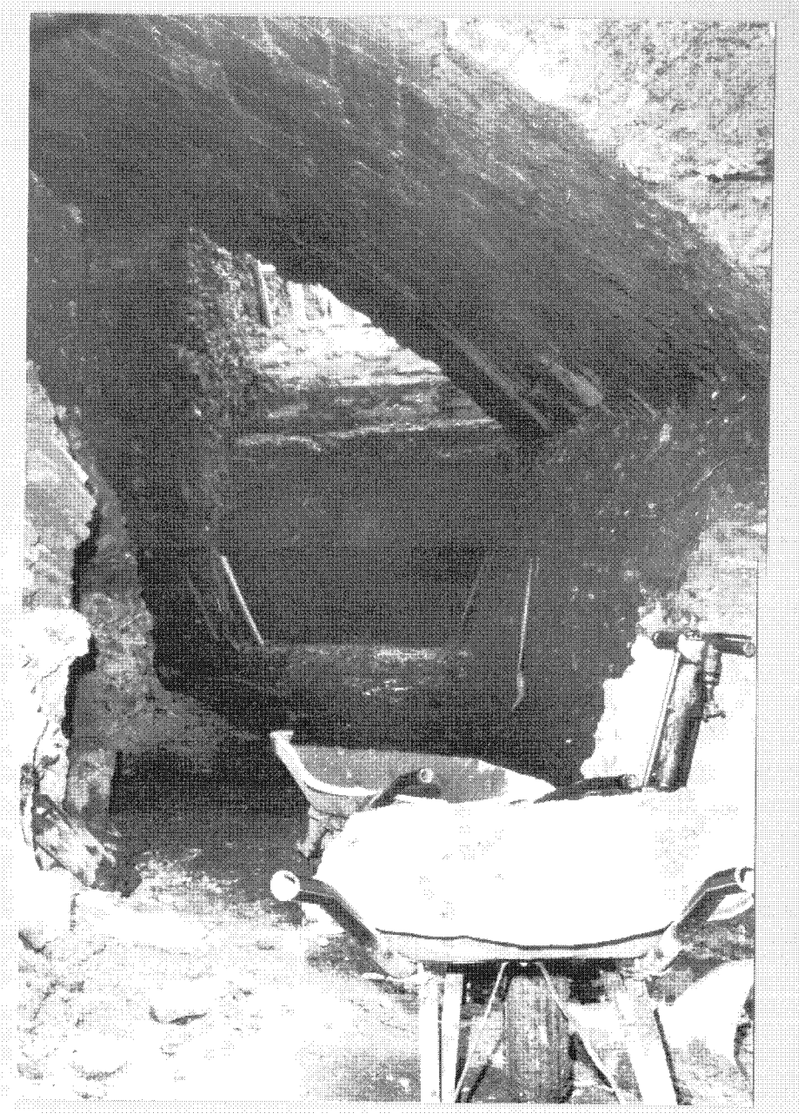
Sería muy interesante conseguir sacar a la luz ambos elementos aunque la via de margen derecha se encuentra sobre ellos y hace complicada esta posibilidad.

Lo más sencillo sería descubrir la pila 1 chaflanando en planta el muro de margen a ambos lados del puente. La acera superior se repondría en voladizo desde el muro.

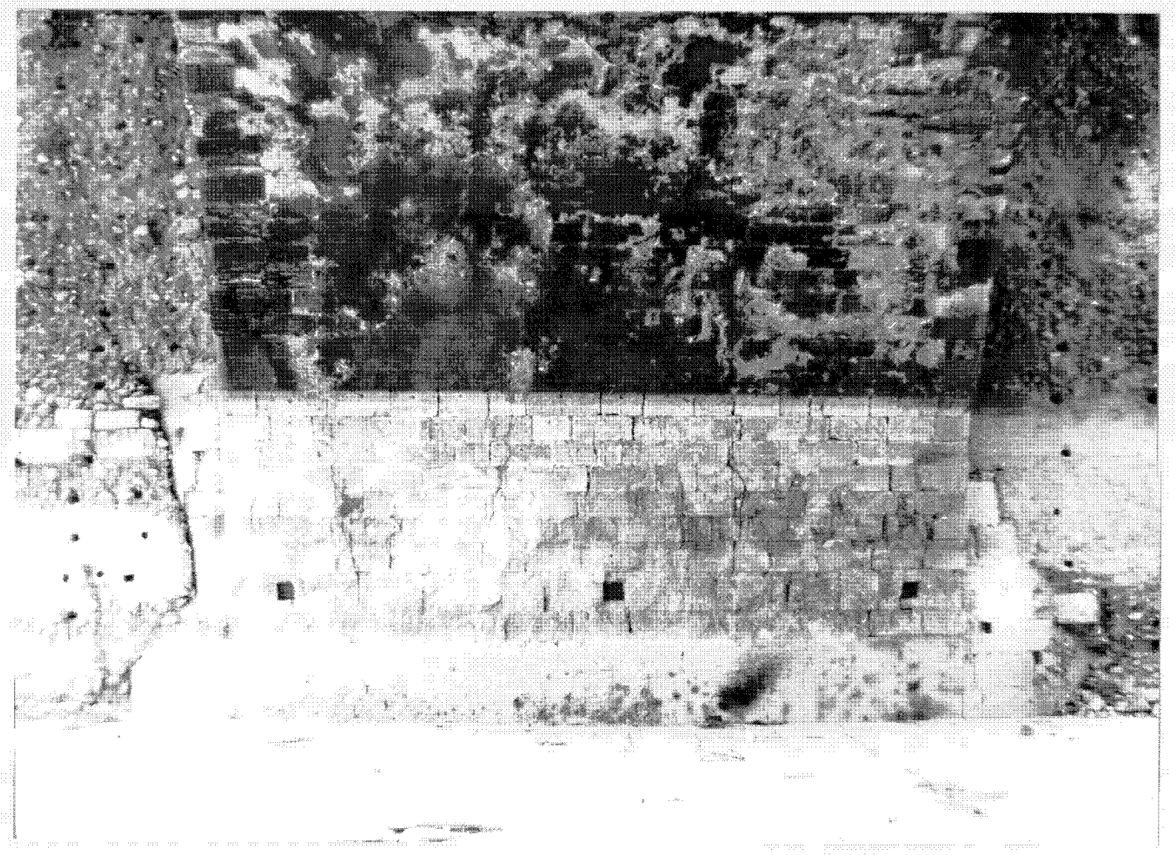
Este chaflán puede completarse con dos galerias a ambos lados del arco que dejarian este parcialmente al descubierto, y comunicadas por debajo de él,

Estas galerías tendrían acceso desde la acera opuesta al borde del rio de la via marginal. No puede descubrirse totalmente el arco 1 por el paso del colector de margen realizado en 1.976.





FOTOGRAFIAS DEL ARCO UNO REALIZADAS EN LA EXCAVACION DE 1976 PARA LA CONSTRUCCION DEL COLECTOR DE LA MARGEN DERECHA.



VISTA DE LOS TAJAMARES DE PILA UNO ENTERRADOS POR EL MURO.

Zaragoza

Esta obra podría completarse con un paseo al borde del rio a una - - cierta altura sobre el lecho de forma que aunque fuera inundable en avenidas extraordinarias, en condiciones normales sería utilizable.

En los planos se representa esta posibilidad con los accesos que se preveen desde las aceras de la vía de margen del rio.

D- V - RESTAURACIONES PARCIALES Y ESTUDIO DE LA PIEDRA.

Existen zonas del puente que se encuentran en mal estado y que requieren una reparación concreta.

Además de las torres que ya se han analizado, se encuentra en muy -- mal estado el tajamar de pila siete que necesitará una reparación concreta. - El resto de las reparaciones se deben a el mal estado de sillares aislados, o zonas localizadas. En algunas zonas se han hecho reparaciones con ladrillo y con mortero de cemento, que no afectan a la estabilidad del puente pero -- que le dan un aspecto ruinoso. Unas de las zonas en peor estado es el para-- mento de aguas abajo del arco dos, y las dovelas del arco cuatro.

Otro problema importante desde el punto de vista monumental es el revoco con cemento que se ha realizado en el intradós de muchos de los arcos - y da al conjunto un mal aspecto.

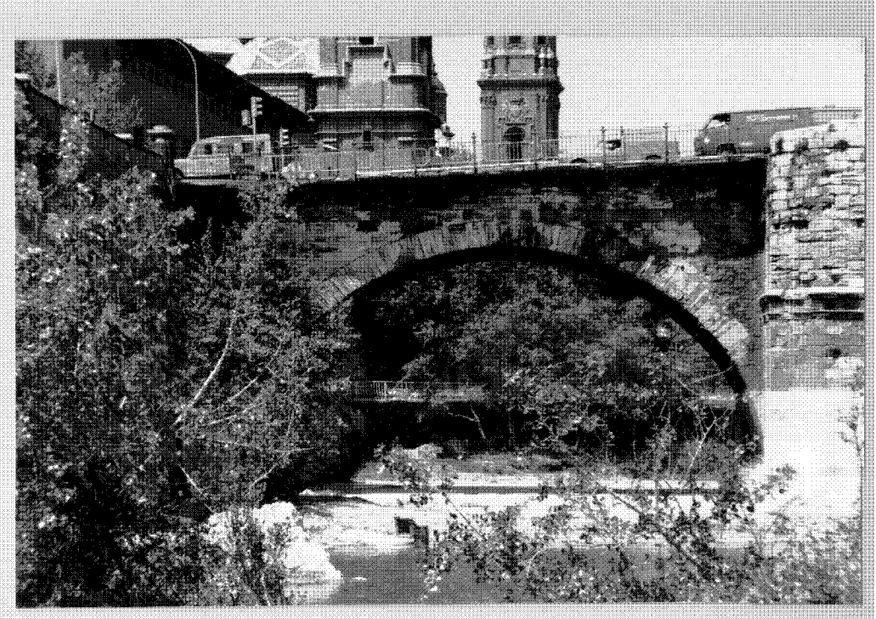
Además de la sustitución de sillares que se encuentran en mal estado parece necesario hacer un estudio de la durabilidad de la piedra, y posibles actuaciones en ella. Como ya se ha indicado se trata de una arenisca terciaria de mediana calidad y de diversas procedencias. Pueden estudiarse trata-- mientos superficiales para aumentar su durabilidad aunque este procedimiento es muy delicado porque en muchos casos ha sido perjudicial por la impermeabilización superficial que se produce, y por la destrucción de la microflora superficial. Pero una solución de este tipo sería muy conveniente, pues permitiría un repicado de los revocos de cemento regularizando las superficies de las dovelas, y posteriormente tratar la piedra.

D-VI- CALZADA Y ACERAS.

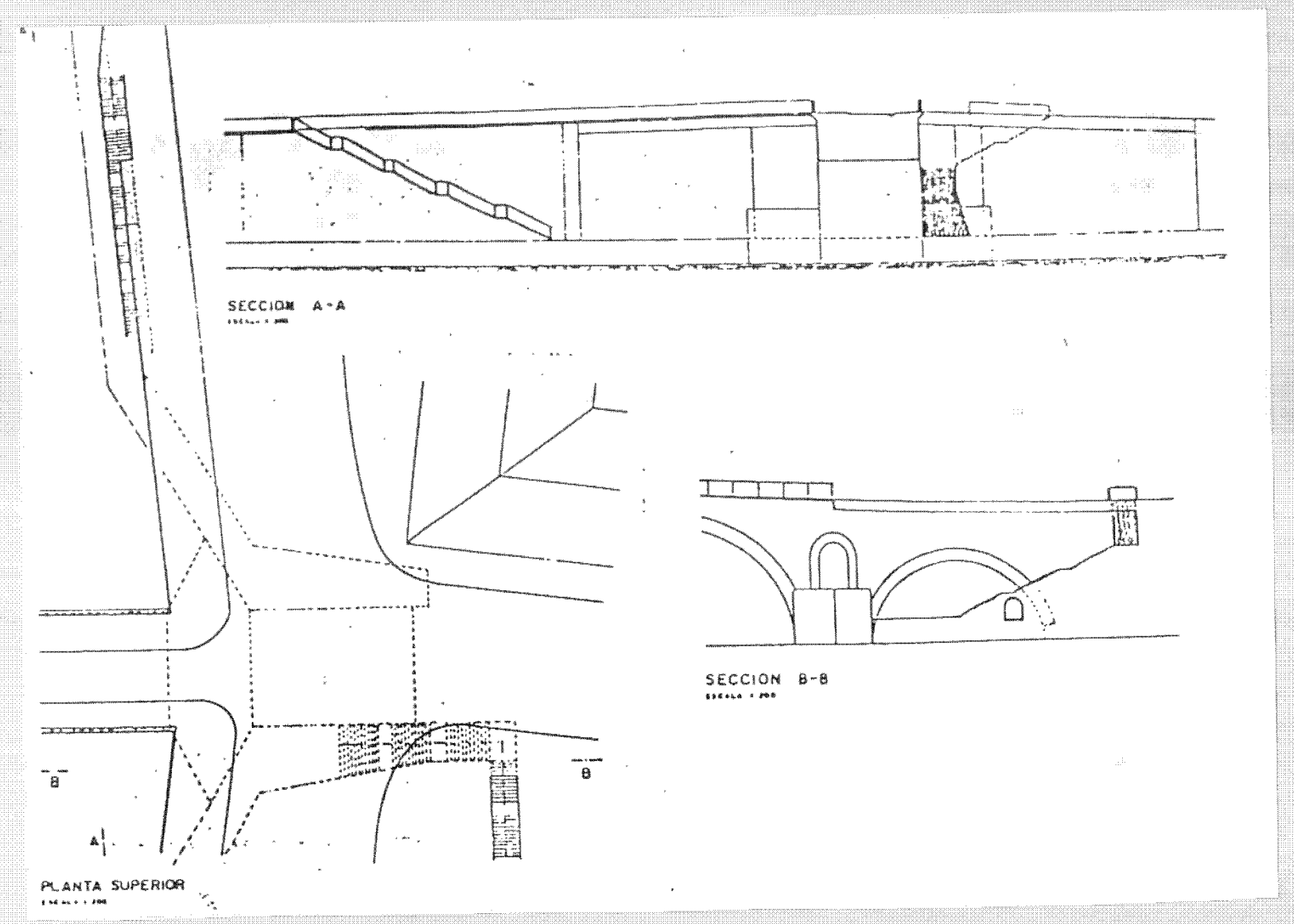
Como ya se ha indicado al analizar el tráfico del puente, se han previsto dos fases en su restauración; sería deseable poder evitar la primera - y pasar directamente a la segunda.

En la primera fase se prevee una calzada de dos carriles y una acera en el lado aguas arriba con un ancho de 2 m. En el lado aguas abajo se deja

PARTE SUPERIOR DE PILA SIETE. COMO PUEDE VERSE FALTAN SILLARES Y OTROS PUEDEN CAERSE.



ARCO UNO. PUEDEN VERSE LAS RESTAURACIONES HECHAS CON LADRILLO Y MORTERO EN EL TIMPANO Y - DOVELAS.



PLANO DE LAS OBRAS PROPUESTAS PARA DESCUBRIR LA PILA UNO Y EL ARCO UNO.

Zaragoza

una separación de la calzada al pretil de 0,25 m. Esta situación de tráfico es análoga a la que existe actualmente después de haber suprimido el tráfico en los voladizos. La calzada permite dos carriles de circulación, que están bastante congestionados. La acera resulta escasa para el tráfico de peatones existente por lo que se considera conveniente estudiar la posibilidad de construir una pasarela paralela al puente a una distancia que no perturbe la visión de éste.

Su posición debería estudiarse conjuntamente con la posición del futuro puente.

D-VII- DRENAJE E ILUMINACION.

Aunque en la situación actual no se ven muchas filtraciones en el puente, existen las suficientes para tener este problema en cuenta,pues supone un ataque a la piedra de arcos,timpanos y pilas.

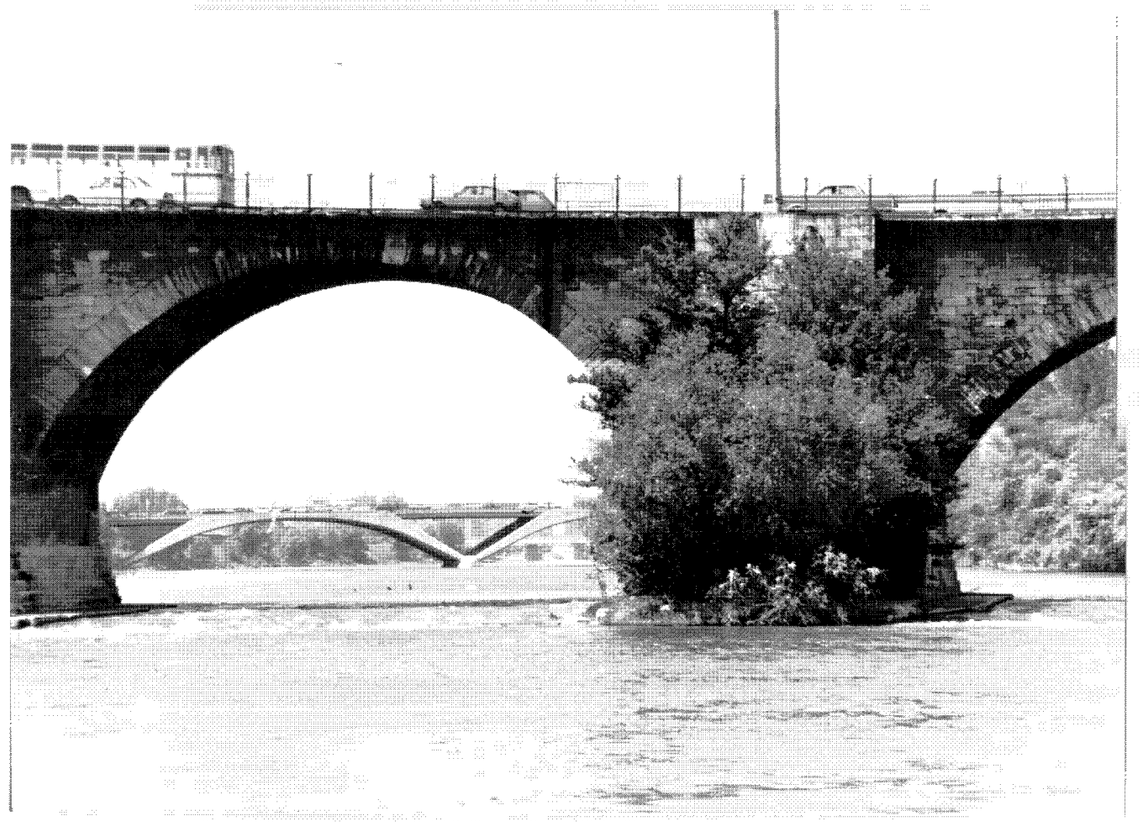
Al estudiar el relleno convendrá llegar a una solución que puede consistir en una impermeabilización de los lados interiores de la piedra con desagues aislados, o una impermeabilización en superficie, con su drenaje, bajo el pavimento.

La recogida de aguas superficiales se realizará mediante sumideros en el borde, conectadas a tuberias longitudinales que desaguaran en la red general de alcantarillado.

La iluminación está situada actualmente en los tambores de aguas abajo junto a la barandilla; cuando la superficie de los tambores se incorpore a las aceras, será necesario trasladarlos de sitio. El más adecuado sería en los tambores de aguas arriba, pegados al pretil en el punto de máxima anchura del tambor; de esta forma se conseguiría también una iluminación de los arcos del puente.

D-VIII- VEGETACION SOBRE EL ZAMPEADO.

Aguas abajo, sobre el zampeado de las cimentaciones ha crecido vegetación en épocas recientes existiendo ya arboles y arbustos de bastante envergadura. El tamaño de estos arboles y sus correspondientes raices resulta peligroso para el zampeado,que puede deteriorarse en superficie y posteriormente deshacerse por la acción del rio. Se considera conveniente suprimirla y atacar las raices para evitar que vuelva a reproducirse, a pesar del buen aspecto que esta vegetación tiene. Unicamente se conservaría la



VEGETACION SOBRE LOS ZAMPEADOS DE PILA CUATRO Y PILA SEIS. TODA ESTA VEGETACION HA NACIDO DESPUES DE LA AMPLIACION DE LAS CIMENTACIONES EN 1910.

Zaragoza

vegetación en el interior de las torres como se ha indicado en el apartado - C-II.

Una vez que se haya suprimido la vegetación convendrá reparar el zampeado, cubriendolo con las losas originales.

En la pila dos hay también arbustos en la parte superior, que será necesario suprimir.

D- IX - ESTUDIOS REALIZADOS Y A REALIZAR DEL PUENTE.

Existen una serie de estudios realizados y a realizar del puente que se adjuntan como anejos a este estudio previo. Son los siguientes:

D- IX -I - Estudio de las cimentaciones. Es necesario hacer un reconocimiento mediante sondeos para conocer el estado del terreno bajo las pilas que debido al método de cimentación utilizado, consistente en la inca de pilotes de madera, estará compactado y confinado -- hasta una cierta profundidad.

Un problema importante a estudiar será la profundidad de socava-- ción del rio en avenidas máximas que puede hacer peligrar la estabilidad de las pilas, y que probablemente habrá sido la causa -- fundamental de los hundimientos que se han producido en la historia del puente. Estos motivos pueden hacer conveniente un recalce de la cimentación mediante pilotes delgados.

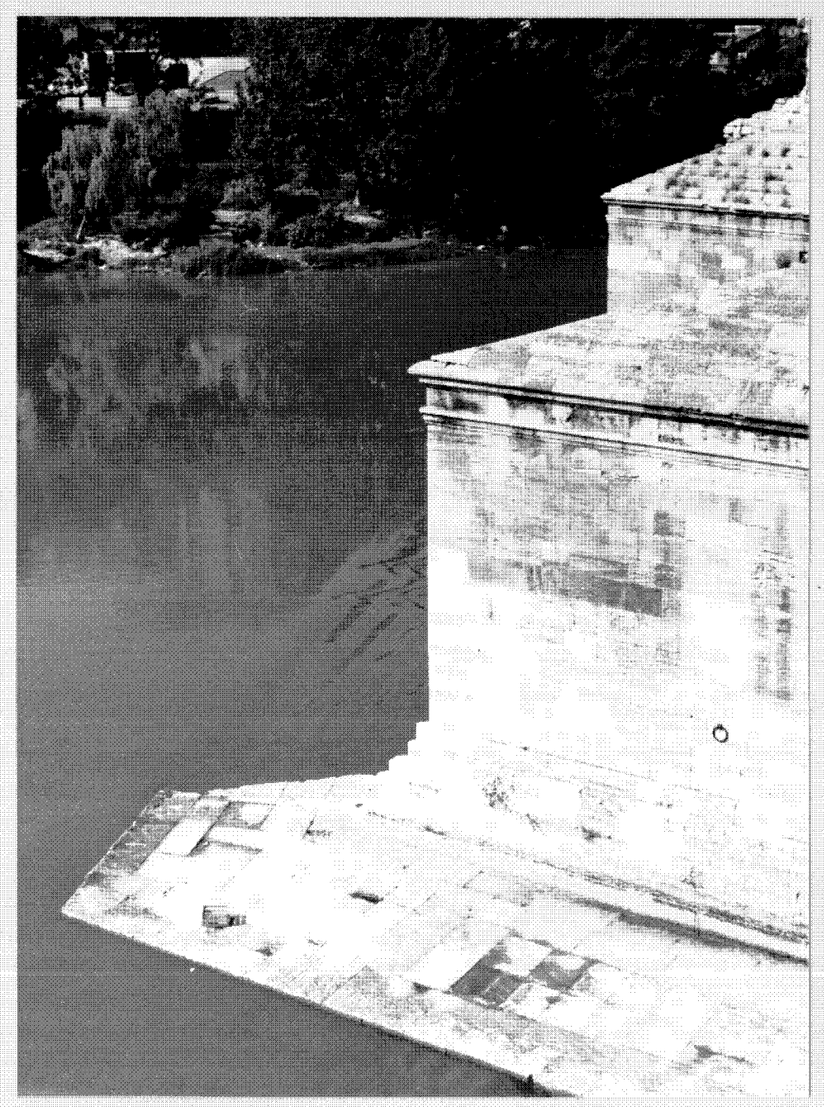
En el anejo 2 se hace un estudio más detallado y un presupuesto - de la campaña de sondeos a realizar.

D- IX -II- Estudio estructural.

Se ha realizado el cálculo de dos arcos de características distintas para conocer el comportamiento estructural del puente y conocer las cargas que se transmiten a cimientos.

El comportamiento es correcto y las tensiones en la piedra muy bajas, como era de preveer pues no existen en el puente ningún indicio de mal comportamiento resistente.

En este tipo de estructuras el efecto de la sobrecarga respecto - de la carga permanente es casi despreciable porque el peso propio de la estructura es mucho mayor que en los puentes actuales. Por ello no existe en el puente ningún problema estructural que obli-



ZAMPEADO ALREDEDOR DEL TAJAMAR DE PILA CINCO. LA FORMA ACTUAL PARECE DEBERSE A LAS OBRAS REALIZADAS EN 1910.

GRABADO DEL ATLANTE ESPAÑOL DE ESPINALT

que a tomar precauciones respecto del tráfico. Estas precauciones unicamente podrían estar motivadas por problemas de estabilidad de la cimentación en caso de avenidas.

Las tensiones que se transmiten al terreno son también admisibles en las gravas aluviales en que se apoya el puente, teniendo en -- cuenta la compactación y confinamiento que se consigue con los pilotes de madera.

Los cálculos y resultados se incluyen en el anejo tres.

D- IX -III- Estudio hidraúlico.

En Octubre de 1.981 se ha realizado un estudio hidrológico del -- Ebro a su paso por Zaragoza; respecto del puente de piedra, en la pág. 55 dice lo siguiente:

"El puente de piedra es el que presenta, sobre todo en los vanos centrales, mayor resguardo. Sin embargo hay que considerar que el desague lineal se ve muy disminuido por la incurvación del intradós de los arcos, por lo que la sobreelevación real podia ser un poco mayor que la calculada y los empujes sobre el puente considerables a consecuencia de la amplia superficie mojada".

La sobreelevación que produce el puente es de 55 cm. según se indica en la pág. 54.

No sabemos como se ha calculado esta sobreelevación pero si se ha descontado los anchos de pila y unicamente falta por considerar - la incurvación de los arcos, la sobreelevación adicional será muy pequeña como se indica en el parrafo anterior.

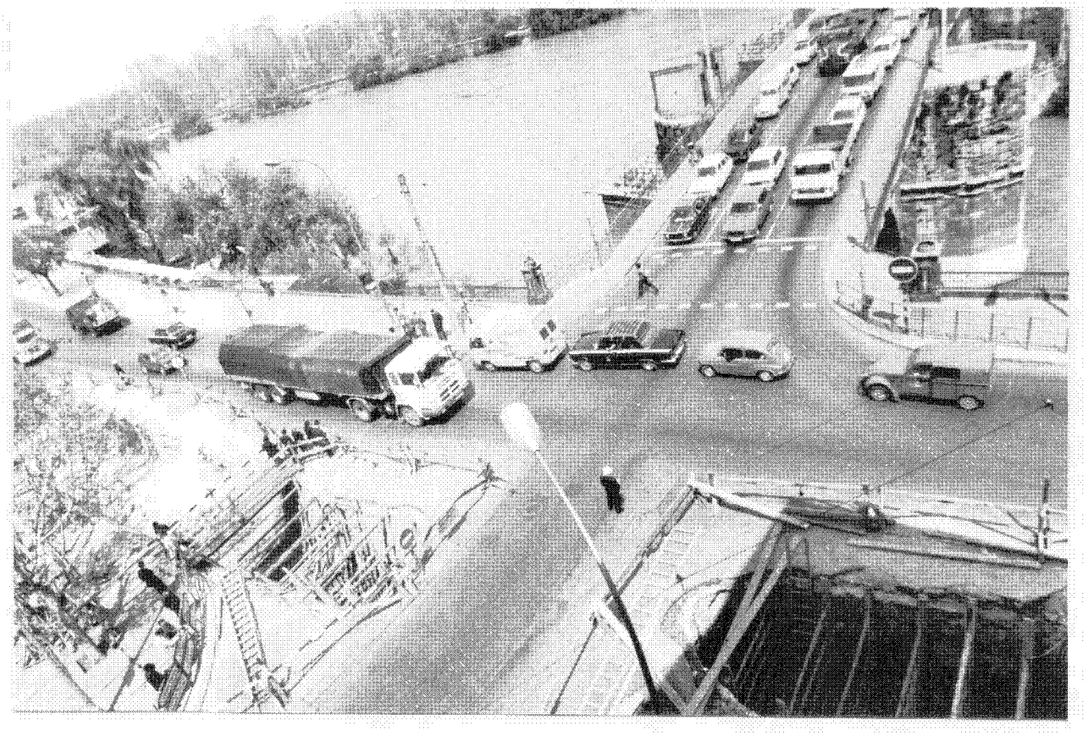
Será conveniente comprobar la estabilidad del puente al empuje - del agua, pero en principio no parece peligroso, dado el peso propio de la estructura.

Será necesario tener en cuenta este estudio hidrológico para el - cálculo de la profundidad de socavación en máximas avenidas.

D- IX -IV - Levantamiento fotogramétrico.

En el anejo 4 se dan los métodos posibles y un presupuesto para - realizar un levantamiento fotogramétrico de los dos paramentos -- del puente.

FOTOGRAFIA DURANTE LA RIADA DE 1978



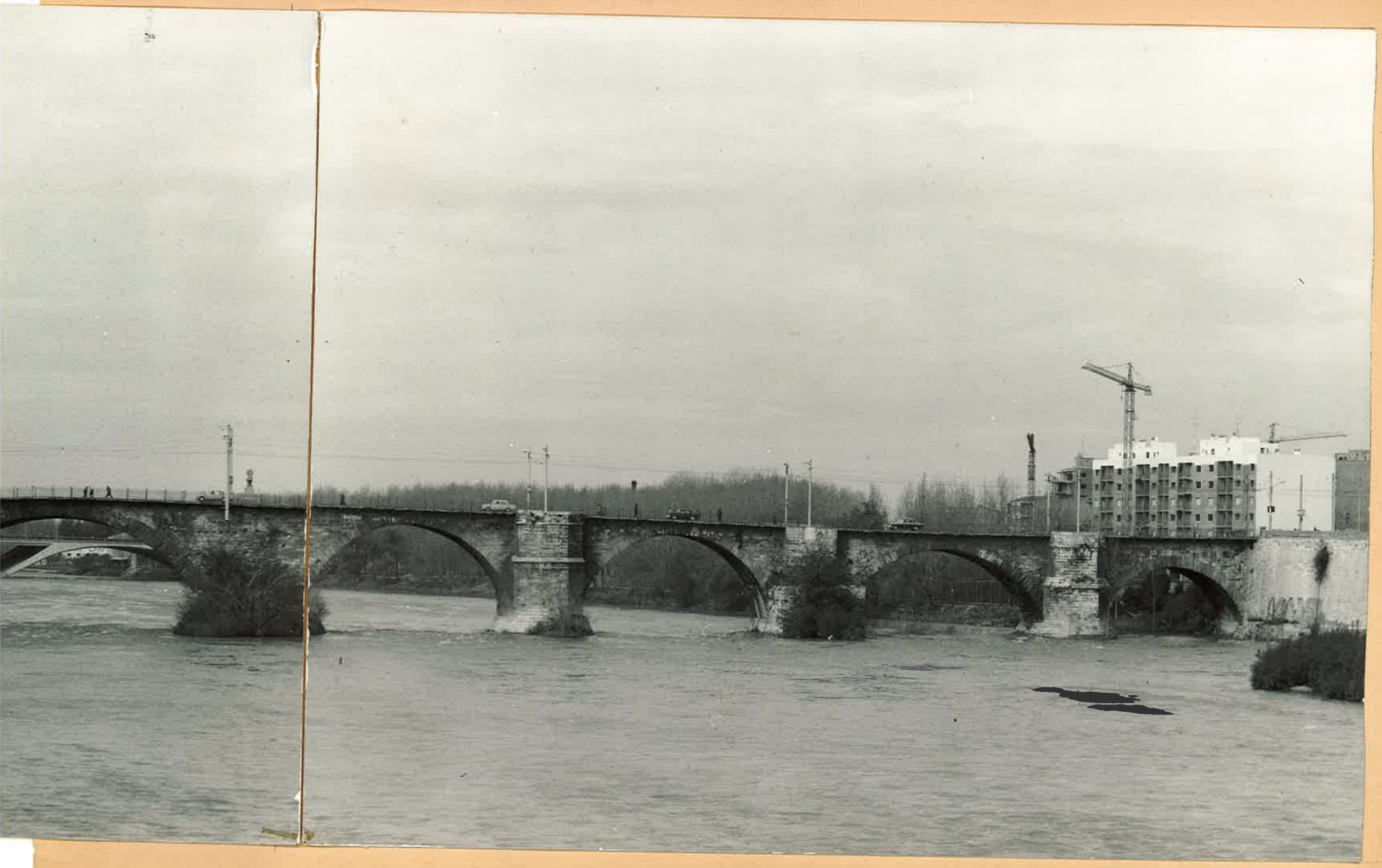
VISTA DE LA EXCAVACION REALIZADA EN 1976 PARA EL COLECTOR DE MARGEN

Zaragoza

Puente de Piedra.- Barandilla aguas arriba.- Voladizo de anden del 5º arco
Armadura de cartela vista desde arriba.-
Diciembre de 1.973.-

Puente de Piedra.- Barandilla aguas arriba.- Voladizo de anden del 5º arco.
Base de un montante de barandilla.-
Diciembre de 1.973

Puente de Piedra.- Barandilla aguas arriba.- Voladizo de anden del 5º arco
Armadura de una cartela, vista desde abajo.-
Diciembre de 1.973.-



3.- Estado general del voladizo de aceras.

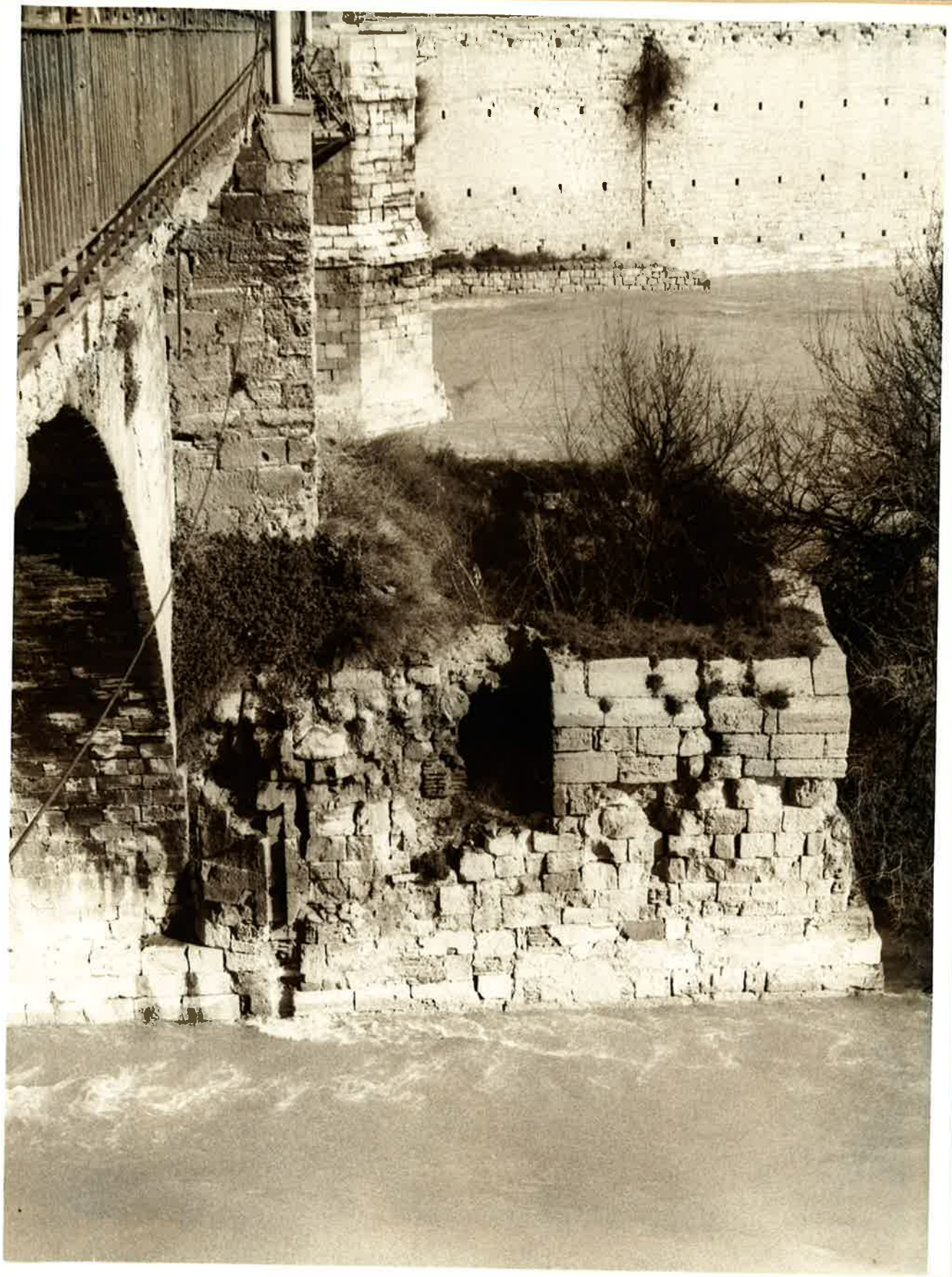
4.- Detalle del estado actual de las cartelas.

5.- Estado actual del frente del voladizo e inserción de la barandilla.

6.- Base de la barandilla.

7.- Rotura en la base de la barandilla.

8.- Efecto del impacto de un vehículo en la barandilla.



9.- Pueden ser las ruinas de un antiguo molino, o torre de vigilancia.-

DOCUMENTACIÓN ANTIGUA MONTEMUZO

23-25-7

Zaragoza Año de 1851.

Caja 498

Expediente

CAJA 00498
FECHA 1851
SIGNATURA 23-25-7
SECCION FONDOS ANTIGUOS
Acopio de 4000 quintales de piedra caliza del monte de San Gregorio, puestos en los almacenes de San Lázaro, o Ribera del Ebro.

23-25-7

~~7165~~

Zaragoza Año de 1851.

Caja 498

~~Arm.º 17~~

~~Leg.º 3.~~

Expediente

Sobre

acopio de cuatro mil quintales de piedra caliza del Monte llamado de S. Gregorio, puestos en los Almacenes de S. Lazaro o Ribera del Ebro.

Zaragoza AYUNTAMIENTO

Ayunt.o Constitue.l de la M. N. M. L. M. H. y S. H.
Zaragoza.

Debiendo de acopiarse cuatro mil Quintales de piedra caliza del Monte de S.n Gregorio, se hace saber al publico que el Dia 30 del corriente y hora de las 12 de su mañana se verificará en las Casas Consistoriales Subasta publica á dho. objeto; en la inteligencia de que la conducion á los almacenes de S.n Lazaro ó ribera del Ebro, será por cuenta del Contratista, y de que no se admitirá proposicion que exceda de un real de vón. cada dos quintales. Zaragoza 22 de Dbre. de 1851.

El Presidente. = Antonio Candalija.

De mandado ad.o

Gregorio Lagos Sanz

SELLO 4.º AÑO 1851. 40 Ms

Zaragoza 22 de Diciembre de 1851.

Debiendo acopiarse cuatro mil quintales de piedra caliza del Monte de S. Gregorio, procédase á contratarla en pública subasta que se celebrará el treinta del corriente y hora de las doce de su mañana en las Casas y Sala Consistorial, previos los anuncios de costumbre; en la inteligencia de que ha de ser de cuenta del Contratista la conducción á los Almacenes de S. Lázaro ó Ribera del Ebro, y de que no se admitirá proposición que exceda de un real con cada dos quintales.

Diligencia

En Zaragoza á veinte y tres de Dic.e de mil ochocientos cincuenta y uno yo el infrascripto Secretario certifico que en este dia se ha insertado en el Diario de avisos, y Periódico el Aviador de esta Ciudad el cartel que á este objeto remití á sus respectivas redacciones en el de hoyer. Y para que conste lo pongo por diligencia.

Lugo y Sen.t

En Zaragoza á treinta de Diciembre de mil ochocientos cincuenta y uno: Siendo el dia y hora que se habian señalado para contratar en pública subasta cuatro mil quintales de piedra caliza

del Monte de S.t Gregorio; se reunieron en las Casas y Sala Consistoriales los SS. D.n Antonio Candalija Alcalde Corregidor de esta Ciudad y D. Mariano Duate Regidor Síndico de la misma, con asistencia del infrascripto Secretario, y abiertas las puertas de la Sala después de haber publicado esta Contrata el Corredor público Joaquín Cotelo por el patio Escalera y ante Sala hasta la Consistorial, y enterado a las diferentes personas que habían concurrido del tipo señalado que era un real vón por precio de cada dos quintales de piedra, y de que su conducción a los Almacenes de S.t Lázaro o Ribera del Ebro, debería ser de cuenta del Contratista, Diego Lizabe ofreció proporcionarla a precio de diez cuartos cada dos quintales, cuya proposición no fue admitida, y como nadie se presentó a dar otra, quedó terminada la Subasta firmando esta acta los referidos SS. Alcalde Corregidor y Síndico conmigo el Secretario. De que Certifico.

Gregorio Lugero Secret.o

El Regidor Síndico D.n Mariano Duate no pudo firmar esta acta por haverse acometido una indisposicion repentina de mucho rato atrás.

Lugero Secret.o

Ayuntamto. Constitucional de la M. N. M. L. M. H. y S. H. Zara.a

Habiendo acopiarse Quatro mil Quint.s de piedra caliza del Monte de S.n Gregorio vajo el tipo de diez cuartos cada dos quintales á q.e se ha dado proposicion, se hace saver al publico q.e el Viernes 16 del corr.te y hora de las 12 de su mañana se verificará la subasta publica en las casas consistoriales en favor del mejor postor, en la inteligencia de q.e la conducion á los Alma-hacenes de S.n Lazaro ó ribera del Ebro, será por cuenta del Contratista, no admitiendose proposicion q.e exceda del tipo referido. Zaragoza 13 Enero 1852

El Presidente

Pedro Zaragoza

De acuerdo al S.r

Gregorio Lugero, Secret.o

SELLO 4º AÑO 1852 40 Ms

Diligencia} En Zaragoza á catorce de Enero de mil ochocientos cincuenta y dos yo el infrascripto Secretario Certifico que en este dia se ha insertado en el Diario de avisos, y Periodico el Avisador de esta Ciudad el Cartel que á este objeto remití á sus respectivas redacciones en el de hayer. Y para que conste lo pongo por diligencia.

Gregorio Sanchez

Zaragoza 16 de Enero de 1852. En Ayuntam.to Constituido.

No pudiendo asistir á la Subasta que ha de celebrarse hoy para la Contrata de cuatro mil quintales de piedra caliza del Monte de S. Gregorio el Sr. Regidor Síndico Perino; y siendo indispensable por la Ley su representado en este acto. Se acordo habilitar para asistir á él al Sr. Larala. Dequo Certifico.

Gregorio de Lopez, Secretº

En Zaragoza á diez y seis de Enero de mil ochocientos cincuenta y dos: Siendo el dia y hora que se habian señalado para contratar en publica Subasta cuatro mil quintales de piedra caliza del Monte de S. Gregorio; se reunieron en las Casas y Sala Consistorial los S.S. D. Antonio Candalija Alcalde Corregidor de esta Ciudad, y D. Manuel Larala habilitado por el Dorino Ayuntam.to en este dia para desempeñar las funciones de Síndico en este.to, por no

poder asistir en varon de hallarse legitimamente ocupado el Sor D. Manuel Pinino, con asistencia del infrascripto Secretario; y abiertas las puertas, pregonada esta Contrata por el Corredor publico Joaquin Cotela en el patio, escalera, y ante Sala hasta la Consistorial, se entero á los concurrentes de haberse admitido la proposicion hecha por Diego Lizabe de conducir dicha piedra por precio de diez cuartos cada dos quintales del punto designado á los Almacenes de S. Lazaro ó Ribera del Ebro; y habiendose publicado y ratificado el citado Lizabe en su proposicion, visto que nadie la mejoraba y apercibido el remate con el tanto de dos mrs en baja que señaló el Sr. Presidente, pasó el mismo Lizabe desde la Puerta de la Sala al lugar de la Presidencia, y levantó el ramo que se hallaba colocado en él y quedó pacificam.te sin contradicion de persona alguna, quedando por lo tanto rematada á su fabor la contrata de la conduccion de los cuatro mil quintales de piedra del monte de S. Gregorio á los Almacenes de S. Lazaro ó Ribera del Ebro, p.r precio de diez cuartos cada dos quintales. Con lo cual se dió por terminada la Subasta, firmando el Acta los expresados S.S. Alcalde Corregidor, y Regidor ejerciente las funciones de Síndico, con migo el Secretario. De que Certifico.

Antº Gonzalez

Juan Lozada

Gregorio Lujiro, Secretº

Caja 496 23-24 nº 2

PLIEGO DE CONDICIONES

que con la correspondiente aprobacion de la Excma. Diputacion Provincial deben regir en el arriendo de los derechos de paso del Puente de Piedra y ponton del Ebro, por tres años que empezarán á correr en 1.° de Enero de 1855 y finarán en 31 de Diciembre de 1857.

Condicion 1.ª El arrendador no podrá escederse en ningun caso ni bajo concepto alguno, en el cobro de los derechos que se consignan en los artículos del siguiente

ARANCEL.

	Rls. vn.	Mrs.
Art. 1.° Por cada caballería mayor forastera cargada que pase el puente.	16	
2.° Por id. id. sin carga.	8	

CAJA 000496
FECHA 1855
SIGNATURA 23-24-2
SECCION FONDOS ANTIGUOS
Aranceles y capitulaciones del arriendo de los derechos del paso para el puente de piedra .

sobre sopandas, lindeno o eje, conducido por una sola caballería.

9.° Por cada coche, carabá, landó, berlina, carretela ó cualquiera otro carruaje de sopandas ó de muelle con cuatro ruedas, escepto los que se espresan en el siguiente artículo, incluso el conductor ó conductores y personas que en ellos vayan aun

OpCARD 101 v2
ESCALA GRÁFICA
ALTURA= 48 cm
10 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Zaragoza AYUNTAMIENTO

Caja 496 23-24 nº 2

PLIEGO DE CONDICIONES

que con la correspondiente aprobacion de la Excma. Diputacion Provincial deben regir en el arriendo de los derechos de paso del Puente de Piedra y ponton del Ebro, por tres años que empezarán á correr en 1.° de Enero de 1855 y finarán en 31 de Diciembre de 1857.

Condicion 1.ª El arrendador no podrá escederse en ningun caso ni bajo concepto alguno, en el cobro de los derechos que se consignan en los artículos del siguiente

ARANCEL.

	Rls. vn.	Mrs.
Art. 1.° Por cada caballería mayor forastera cargada que pase el puente.		16
2.° Por id. id. sin carga.		8
3.° Por cada caballería menor con carga.		8
4.° Por id. id. sin carga.		4
5.° Por cada cabeza de ganado de cerda forastero, ó de vecino de la ciudad que lo traiga de fuera de los términos de la misma.		12
6.° Por idem vacuno, mular ó caballar en los términos espresados en el artículo anterior.		24
Esceptúanse de este pago las caballerías que vayan con arreos de tiro pertenecientes á todo carruaje que pase el puente.		
7.° Por cada 100 cabezas de carnero y demas ganado de lana ó pelo que habiendo sido vendido antes de pasar el puente, ó que se vendiere despues de haberlo pasado, y sea conducido á puntos fuera de los términos de Zaragoza.	12	
Por cada cabeza de ganado de las citadas clases, forastero ó de la ciudad que se conduzca á la matacía.		4
8.° Por cada calesa, tartana ó bombé de dos ruedas montados sobre sopandas, muelle ó eje, conducido por una sola caballería.	3	
9.° Por cada coche, carabá, landó, berlina, carretela ó cualquiera otro carruaje de sopandas ó de muelle con cuatro ruedas, escepto los que se espresan en el siguiente artículo, incluso el conductor ó conductores y personas que en ellos vayan aun cuando sean forasteras.	10	
10. Por cada coche diligencia que tenga berlina ó interior y los que tambien tengan rotonda.	16	
11. Por cada galera de trasporte que vaya ó venga fuera de la provincia, con carga ó sin ella, incluso el conductor y personas que en la misma vayan.	20	
12. Por id. id. no saliendo de la provincia.	10	
13. Por cada carro que vaya ó venga de dentro ó de fuera de la provincia, con carga ó sin ella, incluso el conductor y personas que en él vayan.	10	
14. Por cada caja que conduzca uvas de fuera de los términos de esta ciudad, procedentes de viñedos correspondientes á forasteros.	4	

Zaragoza AYUNTAMIENTO

Estos derechos se pagarán cada vez que se pase el puente tanto con carga como sin ella.

15. Por cada persona que pase el Ebro por el ponton que el arrendador del puente queda obligado á establecer de su cuenta en el punto de costumbre frente á la puerta de S. Ildefonso, con su sirga y demas útiles correspondientes, manteniendo este servicio desde 1.º de Mayo á fin de Octubre de cada año de su arriendo, y por cada vez que lo verifique de la derecha á la izquierda del Ebro ó viceversa. 4

ESCEPCIONES.

16. Los vecinos de los pueblos de Alfocea, Alfranca, Alfajarin, Juslibol, La Puebla, Leciñena, Nuez, Pastriz, Peñaflor, Perdiguera, Cerdan, San Mateo, Villamayor, Villanueva de Gállego y Zuera, que con sus carros se ocupen en venir á vender leña, carbon, paja, grano y otros efectos de consumo, aun cuando pasen muchas veces por el puente dentro del dia trayendo dichos efectos, ó de vacío de regreso de su conduccion, ó en su bnsca, tan solo pagarán una vez. 6

Pero si los granos que conduzcan no se presentan en el Almudí público, y sí en almacenes de particulares para su estraccion y tráfico fuera de los términos, en este caso pagarán. . 10

17. Los vecinos del pueblo de Juslibol serán libres de pago de los derechos de paso por el puente de Piedra en la introducion de las frutas que procedan de sus cosechas en cualquiera forma que las introduzcan.

18. Los vecinos de cualquiera pueblo que con sus carros ó galeras se ocupen en venir á vender leña, carbon ó paja á esta ciudad aun cuando pasen por dicho puente muchas veces dentro del dia, trayendo dichos efectos, tan solo pagarán una sola vez. . . 6

Notas. 1.ª Se entiende por carruaje cargado el que condnzca mas de cuatro arrobas, y por caballería cargada la que vaya con silla, aparejo con estribos, ó carga que pase de una arroba.

2.ª Los vecinos de los pueblos espresados en el art. 16, y de los demas á que hace referencia el 18, si volviesen cargados á sus pueblos, pagarán siempre que lo verifiquen. . . . . 5 rs.

3.ª No se obligará á pagar dentro de la casa á persona alguna.

ESENCIONES.

Art. 19. Serán esentos del pago de los citados derechos de paso por el puente, los carruajes y caballerías de los vecinos de Zaragoza, tanto que sean suyas propias como que se valgan de forasteras, en que salgan aquellos á recrearse ó cuidar de sus heredades, ó que conduzcan aperos de labor, mieses, abonos y demas efectos de agricultura ó ganadería, frutos de sus heredades ó huertas, efectos de sus fábricas, ó que vayan ó vengan de vacío, siempre que no salgan de los términos de esta ciudad.

20. Serán igualmente esentos del pago de los derechos de paso por el puente, los vecinos de Zaragoza que tengan propiedades ó fábricas fnera de los términos de la misma, con sus dependientes, criados, carruajes y caballerias que pasen á los términos de los pueblos limítrofes ó lindantes con los de esta ciudad, llevando lo que necesiten para el laboreo, administracion ó consumo de aquellas, trayendo los frutos y efectos producto de las mismas, ó yendo á ellas de vacío para su cuidado.

21. En los demas casos los vecinos de Zaragoza pagarán lo mismo que los forasteros.

22. Los carros que se empleen en llevar trigo de los graneros de la ciudad ó de sus arrabales, torres y caseríos del término para cargar los barcos, ó los que lo traigan de estos por no poder seguir la navegacion, ó que vayan de vacío de regreso ó en su busca.

23. Los carruajes ó caballerias en que se conduzcan granos para moler en los molinos de los términos de esta ciudad, ó las harinas que produzcan, ó de vacío de regreso ó en su busca.

24. Los carruajes y caballerías de los vecinos de esta ciudad en que se conduzca leña, piedra, cal y algez de los montes de los términos de la misma, ó que vuelvan de vacío ó vayan en su busca; pero sí deberán pagar los derechos de paso cuando la leña ó fornilla que conduzcan proceda de los términos de fuera de Zaragoza, conforme á lo resuelto en 29 de Enero, 3 de Febrero, y 2 de Marzo de 1852, en cantidad de. . . 6 rs.

25. Los bagageros con sus carruajes y caballerías.

26. Los carruajes y caballerías que ocupan los gefes, oficiales y tropa del ejército en sus marchas para su conduccion y la de sus equipajes y efectos que les pertenezcan, no siendo por contrata, pues en este caso los contratistas pagarán los derechos que corresponda segun arancel, sin que se entienda por tal contrata la que tiene el Ayuntamiento para el servicio de bagagería que en beneficio de su vecindario presta Zaragoza por el espresado medio.

27. Los carabineros de Hacienda pública siempre que vayan ó vengan de servicio, los empleados en la carretera desde esta capital á Lérida, los que se ocupen en los trabajos de los caminos vecinales, y en el trasporte de los materiales necesarios al efecto, y finalmente las corporaciones, establecimientos y empleados que gozan del beneficio de esencion por Reales órdenes y disposiciones vigentes.

28. Los carruajes y caballerías ocupados en correos ordinarios y estraordinarios con correspondencia pública ó para el gobierno, y los de los postillones, entendiéndose tambien la esencion cuando regresen de este servicio yendo de vacío, pero no los correos de particulares ni estrangeros, ni los que conduzçan cualquiera otra persona.

29. Los hateros y ganado menudo lanar y cabrío, mular, vacuno y caballar, perteneciente á los vecinos de esta ciudad, cuando pasen de pasturar y vayan á lo mismo de unos á otros términos de ella, entendiéndose para que uo haya duda ser término de Zaragoza todo el del Castellar.

30. Para justificar que los ganados, frutos ó efectos que pasan por el puente son de vecinos de Zaragoza, los conductores presentarán una relacion jurada de los respectivos dueños, que entregarán al cobrador de dicho puente, en que se esprese ser suyos propios, quedando responsables de cualquiera fraude que se esperimente.

31. Los forasteros que traen oliva cogida fuera de los términos de Zaragoza á deshacer en los molinos del Arrabal de la misma, y despues llevan el aceite á sus pueblos, no pagarán derechos de pontazgo.

32. Toda la lana que salga de los lavaderos situados á la izquierda del Ebro, que habiendo pasado el puente no hubiera satisfecho los derechos,

Zaragoza
AYUNTAMIENTO

deberá pagar los que correspondan con arreglo al punto donde se lleve; y no se exigirá cantidad alguna por la lana procedente de la misma izquierda del Ebro que vaya á los citados lavaderos sin haber pasado el puente.

Art. 33. Los habitantes en el Arrabal y en las torres y caseríos de su término, como vecinos que son de Zaragoza, disfrutarán en todo y por todo de las mismas esenciones que los de la ciudad, por lo respectivo á los derechos de paso por el puente de Piedra, sin que pueda alegarse por los mismos en ningun caso ni bajo concepto alguno que no pasan el puente para el tráfico y trasporte que puedan ejercer en el lado izquierdo del Ebro donde tienen su morada, pues deberán pagarlos siempre que en dicho lado salgan de los términos de la misma, asi como serán libres de satisfacerlos cuando pasen el citado puente para ocuparse en su indicada industria y tráfico en la derecha del Ebro, aun cuando salgan de los términos por dicha parte, como lo son los habitantes en la ciudad, por cuyo medio quedan igualados con los vecinos de ella.

34. Conforme á la Real orden de 10 de Abril del corriente año, el trasporte de trigo y de maiz ó panizo únicamente para el consumo en el interior del Reino es libre del pago de derechos de portazgos, pontazgos y barcajes, circulando libremente en todas direcciones segun lo dispuesto en la citada Real orden.

Condicion 2.ª El arrendador cobrará los derechos que se marcan en el antecedente arancel de las caballerías, carros y carruajes forasteros que se descarguen en el Arrabal.

3.ª El arrendador tendrá derecho á ecsigir doble cantidad de los que falten á la verdad en la relacion de la procedencia de su viaje, siempre que de ella resulte perjuicio, y sino la pagan en el acto, acudiendo á la Autoridad, ésta la hará efectiva.

4.ª Además del ejemplar de pactos que deberá tener el arrendador para mostrarlo á cualquier transeunte que dude sobre el pago que le corresponde, se fijará un ejemplar en la parte del Arrabal, y otro á la salida de la ciudad, y se insertará al mismo tiempo en los periódicos de la misma para que llegue á noticia de todos, los derechos y condiciones del arriendo: el contratista ó encargado del cobro deberán dar recibo al que se queje de que se le ecsigen mas derechos de los marcados en el arancel.

5.ª A las personas que ponga el arrendador para cobrar, se les da poder y facultad para detener á cualquiera persona que no pague los derechos ó entregase prenda, dando parte á la Autoridad local.

6.ª Las prendas que se dejaren en el puente solo tendrán ocho dias de término para poderlas sacar, y sino se hiciere el pago durante este plazo, se podrán vender al mas dante por la misma Autoridad local.

7.ª El Ayuntamiento se encarga de sostener el pavimento del puente, pero el arrendador deberá mantener los efectos que se le entreguen en el estado que los reciba bajo tasacion, para devolverlo todo del mismo modo al tiempo de cesar en su arriendo, no pudiendo hacer innovacion alguna sin permiso del Ayuntamiento, que necesitará tambien para cortar el paso si alguna vez fuere necesario, y de manera alguna consentirá que transiten los carruajes en otra forma que la autorizada por S. E.

8.ª El arrendador podrá tener por su cuenta los pontones y barquillos que le convenga, tanto para vigilar que no se le defrauden sus derechos, como para evitar los daños que puedan seguirse pasando en pontones particulares, mieses, grano, paja, frutos, uvas, hortalizas y otras cosas de ilegítima procedencia. Ninguna otra persona podrá tener ponton ni barca para uso público en los términos de esta ciudad: los pescadores podrán servirse de barquillos con destino solamente á su grangería ú oficio, incurriendo en la pena de 60 rs. vn. y pérdida de lo que pasasen, si lo emplearen en otros objetos con perjuicio de los derechos del puente: en igual pena incurrirá cualquiera otro particular que destine su barquillo de recreo á objetos de igual defraudacion.

9.ª El arrendador no podrá por sí ni por otra persona pasar con barca ni pontones en anocheciendo, pena de 6 rs. vn. y aplicacion ordinaria, pero tendrá la obligacion de franquear el paso de la cadena en cualquiera hora de la noche, á cuantos necesiten transitar con carruaje.

10. Como por el artículo 15 y último del arancel queda obligado el arrendador á poner ponton con su sirga en el punto y durante el tiempo que en el mismo se establece, si dichos efectos fuesen de su propiedad, se pacta en beneficio del mismo, que el que le suceda en el arriendo ha de hacerse cargo de ellos por su justo valor en tasacion.

11. Ha de pagar los ciento ochenta y ocho mil cieu rs. vn. del precio de este arriendo en cada uno de los tres años de él, de tres en tres meses en moneda de oro ó plata metálico sonante, constituyéndose su fianza D. Juan Gascue, y si este muriese deberá presentar otro en su lugar.

12. El arrendador se obliga á pagar la impresion de este pliego de condiciones en el número de ejemplares que se considere necesario, en papel de sello cuarto y comun, los derechos de tranza y testificata de la escritura, asi como el papel empleado en la formacion del espediente de arriendo.

13. En el caso de alguna duda sobre la inteligencia del arancel y condiciones del arriendo, su decision compete á la Excma. Diputacion Provincial.

14. El arrendador conforme á Reales órdenes no podrá pedir baja ni resarcimiento de perjuicios en ningun caso ni bajo ningun pretesto.

Quedó tranzado este arriendo en 3 de Noviembre de 1854 á favor de D. Francisco Fernandez vecino de esta ciudad por tres años, que se contarán desde 1.º de Enero de 1855, y precio en cada uno de ciento ochenta y ocho mil cien rs. vn., siendo su fianza D. Juan Gascue tambien vecino de la misma ciudad, y lo aprobó la Excma. Diputacion Provincial en 14 del espresado Noviembre, segun consta del espediente de subasta y escritura testificada por mí.

Zaragoza 6 de Diciembre de 1854.

Gregorio Ligero, Secretario.

Zaragoza
AYUNTAMIENTO

Zaragoza
AYUNTAMIENTO