

V Curset sobre la Intervenció en el patrimoni arquitectònic

Actuació en edificis i centres històrics. Aspectes de disseny

Barcelona, 10 al 13 de febrer de 1983

AMB LA COL·LABORACIÓ DE



La Diputació de Barcelona restaurarà obras públics de importancia històrica



BARCELONA. - La Diputació de Barcelona, a través del servei de Conservació y Catalogació de Monumentos va

afectarán a otros puntos de la cuenta del Llobregat. La campaña que inicia ahora la Diputació barcelonesa per-

Castellbell i El Vilar Es començarà la restauració del Pont Vell

ST. PERE RIUDEBITLLES

L'Aqüeducte serà restaurat per la Diputació, ben aviat

La restauració i consolidació de l'aqüeducte de Sant Pere de Riudebitlles serà empresa ben aviat pel Servei de Catalogació i Conservació de Monumentos de la Diputació de Barcelona, a petició de l'Ajuntament, inquiet per l'estat d'aquesta construcció.

La Diputació de Barcelona ha encarregat a l'enginyer Carlos Fernández-Casado, la tasca d'endegar aquesta obra, juntament amb altres

va base. Cal recordar que aquesta construcció passa per sobre la riera, cosa que contribueix a l'acció desgastadora de la verdissa.

L'aqüeducte de Sant Pere de Riudebitlles va ser començat a construir l'any 1672 a instàncies dels monjos del monestir de Montserrat, senyors de la zona, i acabat quaranta-nou anys més tard, al 1721.

En l'actualitat realitza encara la mateixa funció per la



*conferència pronunciada el 12 de desembre
per D. Leonardo Fernández Troyano, enginyer de Camins*



DIJOUS DIA 10

- 18.30 h. Presentació del Curset.
- 18.45 h. DIVERSES LECTURES DE L'ARQUITECTURA HISTÒRICA. GENERADORES D'IMATGES PER AL PROJECTE DE REHABILITACIÓ.
Antoni González.
- 21 h. INTERVENCIIONS EN L'ESPAI URBA.
Oriol Bohigas.

DIVENDRES DIA 11

- 10 h. I. ANÀLISI DE L'ESTAT DE CONSERVACIÓ D'UN EDIFICI I DIAGNOSI D'INTERVENCIÓ: EL PALAU GÜELL DE BARCELONA.
Carles Buxadé, Joan Margarit.
- 12 h. II. INTERVENCIÓ EN EL MONESTIR ROMÀNIC DE SANTA MARIA DE L'ESTANY.
Jordi Balari, Albert Bastardas.
- 16.30 h. III. IL CENTRO STORICO DI PAVIA: RIPRISTINO DEGLI SPAZI COLLETTIVI APERTI.
Darko Pandakovic.
- 18.30 h. IV. INTERVENCIIONS AL PALAZZO LASCARIS (TORI) I AL MUSEO S. AGOSTINO (GÈNOVA).
Antonio Piva.
- 21.30 h. V. ANÀLISI DE LES OBRES PRESENTADES.
Franca Helg.

DISSABTE DIA 12

- 10 h. I. INTERVENCIÓ DE REHABILITACIÓ INTEGRADA EN EDIFICIS.
Alberto Garcia Gil.
- 12 h. II. L'OBRA D'ENGINYERIA COM A MONUMENT HISTÒRIC. INTERVENCIIONS DE L'ESTUDI CARLOS FERNÁNDEZ CASADO.
Leonardo Fernández Troyano.
- 16.30 h. III. INTERVENCIIONS EN SANTA MARIA DE VILABERTRAN I EL CLAUSTRE DE SANT DOMÈNEC DE PERELADA.
Benet Cervera.
- 18.30 h. IV. OBRA PROPIA.
Mario Botta.
- 21.30 h. V. ANÀLISI DE LES OBRES PRESENTADES.
Federico Correa.

DIUMENGE DIA 13

- 11 a 14 h. VISITA A DIVERSES OBRES D'INTERVENCIÓ DE L'AJUNTAMENT DE BARCELONA (MUSEU D'HISTÒRIA, CASA DE LA VILA, PLAÇA REIAL, MONUMENT A COLOM).
J. Emili Hernández Cros.

JUEVES DIA 10

- 18.30 h. Presentación del Cursillo.
- 18.45 h. DIFERENTES LECTURAS DE LA ARQUITECTURA HISTÓRICA. GENERADORAS DE IMÁGENES PARA EL PROYECTO DE REHABILITACIÓN.
Antoni González.
- 21 h. INTERVENCIIONES EN EL ESPACIO URBANO.
Oriol Bohigas.

VIERNES DIA 11

- 10 h. I. ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE UN EDIFICIO Y DIAGNOSIS DE INTERVENCIÓN: EL PALACIO GÜELL DE BARCELONA.
Carles Buxadé, Joan Margarit.
- 12 h. II. INTERVENCIÓN EN EL MONASTERIO ROMÁNICO DE SANTA MARIA DE L'ESTANY.
Jordi Balari, Albert Bastardas.
- 16.30 h. III. IL CENTRO STORICO DI PAVIA: RIPRISTINO DEGLI SPAZI COLLETTIVI APERTI.
Darko Pandakovic.
- 18.30 h. IV. INTERVENCIÓN EN EL PALAZZO LASCARIS (TURIN) Y MUSEO S. AGOSTINO (GÈNOVA).
Antonio Piva.
- 21.30 h. V. ANÁLISIS DE LAS OBRAS PRESENTADAS.
Franca Helg.

SÁBADO DIA 12

- 10 h. I. INTERVENCIIONES DE REHABILITACIÓN INTEGRADA EN EDIFICIOS.
Alberto Garcia Gil.
- 12 h. II. LA OBRA DE INGENIERIA COMO MONUMENTO HISTÓRICO. INTERVENCIIONES DEL DESPACHO DE D. CARLOS FERNÁNDEZ CASADO.
Leonardo Fernández Troyano.
- 16.30 h. III. INTERVENCIIONES EN SANTA MARIA DE VILABERTRAN Y EL CLAUSTRO DE SANT DOMÈNEC DE PERELADA.
Benet Cervera.
- 18.30 h. IV. OBRA PROPIA.
Mario Botta.
- 21.30 h. V. ANÁLISIS DE LAS OBRAS PRESENTADAS.
Federico Correa.

DOMINGO DIA 13

- 11 a 14 h. VISITA A DIFERENTES OBRAS DE INTERVENCIÓN DEL AYUNTAMIENTO DE BARCELONA (MUSEO DE HISTORIA, CASA CONSISTORIAL, PLAZA REAL, MONUMENTO A COLÓN).
J. Emili Hernández Cros.

RESTAURACION DE OBRAS DE INGENIERIA

I. LA INGENIERIA CIVIL EN LA HISTORIA

La ingeniería civil en la historia, hasta la revolución industrial se ha limitado prácticamente a los siguientes campos.

- a) Ingeniería de comunicaciones: Vías terrestres, y obras de abrigo y atraque en los puertos.
- b) Obras hidráulicas. Fundamentalmente para abastecimiento de agua y regadíos. Para ello se han construido presas, conducciones rodadas y forzadas, y depósitos de almacenamiento. También se han realizado en las grandes ciudades obras de saneamiento, mediante cloacas en túnel que desagüaban en los ríos.

En toda esta época de la historia, el único material utilizado para realizar obras durables era la piedra.

El origen de la ingeniería civil con idea de permanencia puede decirse que se inicia con los romanos, en cuya época se produce un desarrollo espectacular de esta ingeniería, que en muchos aspectos no se supera hasta la revolución industrial, en la que se produce un nuevo desarrollo de la misma importancia o quizá mayor que el de la época romana.

Uno de los planteamientos más claros del imperio romano es que para su pervivencia necesitan mantener vías de comunicación permanentes, lo que les lleva a la construcción de la red de calzadas que tiene un desarrollo gigantesco en todo el imperio. Pero el elemento clave para mantener esa permanencia es el puente, porque salva el obstáculo fundamental de estas vías; las calzadas pueden encontrarse en mejor o peor estado, pero de cualquier forma son transitables para un caballo; ahora bien, un río grande o crecido no siempre es vadeable. Por ello el puente se convierte para los romanos en el elemento fundamental de las vías de comunicación, y como tal lo potencian en su carácter monumental hasta construir obras como el puente de Alcántara, el puente de Mérida o el de Cangas de Onis. El puente de Alcántara sorprende por su altura, que parece deberse a una intención monumental, pero en las fotografías del puente en una gran avenida del Tajo se ve que la altura es la justa para no ser rebasado por ella.

D-1 ALCANTARA

D-2 MERIDA

D-3 ALCANTARA

D-4 ALCANTARA

Las otras grandes obras de ingeniería romanas son los abastecimientos de agua de las grandes ciudades. Realizan presas de embalse, conducciones de varios kilómetros que obligan en muchos casos a grandes acueductos, e incluso llegan a realizar conducciones forzadas mediante sifones, para evitar acueductos excesivamente grandes.

Existen en España ejemplos de abastecimientos de --
gran envergadura:

- El abastecimiento de Mérida, con tres conducciones diferentes:

La de Cornalvo, que consta de la presa del mismo -
nombre, y una conducción de 20 km. de longitud.

La de Proserpina, que consta también de la presa -
del mismo nombre, y la conducción de 6 km. donde se en-
cuentra el acueducto de los Milagros.

La de rabo de Buey con el acueducto de San Lázaro.

D-5 PRESA DE PRO-
SERPINA

Se han descubierto también los depósitos de agua -

D-6 LOS MILAGROS de la ciudad de Mérida.

D-7 DEPOSITOS DE
MERIDA

- El abastecimiento de Sexi, actualmente Almuñecar, con 6
km. de longitud de conducción en la que existen acueductos,
túneles, y un sifón con 38 m. de altura de carga.

D-8 PRESA DE AL
CANTARILLA

- El abastecimiento de Toledo, que parte de la presa de -
Alcantarilla a 50 km. de distancia de la ciudad, con un
acueducto sobre el Tajo del que quedan pocos vestigios

D-9 TORRE DE PER
DIDA DE ALTU
RA.
AB. TOLEDO

- y no se ha podido aclarar su configuración inicial. Existe
también el depósito de agua, conocido por las Cuevas
de Hércules.

- El abastecimiento de Segovia con 11 km. de conducción,
y el célebre acueducto a la llegada de la ciudad.
- El de Tarragona con 10 km. de conducción y el también -
célebre acueducto llamado del Diablo como tantos otros
puentes o acueductos importantes.

En los acueductos romanos existe también una intención monumental que les lleva a la construcción de los de Segovia o Tarragona, en los que sorprende la envergadura de la obra en relación con las reducidas dimensiones del canal para la que fue realizada. La morfología de los altos acueductos con varias alturas de arcadas es debida a la imposibilidad de realizar pilas con la altura y esbeltez longitudinal que tienen, necesitando arriostramientos intermedios. La esbeltez transversal es siempre mucho menor. Este sistema parece que se inicia en el Pont du Gard en Francia, y tiene una clara evolución en los acueductos romanos; la morfología de este primer caso es claramente la superposición de dos puentes; en el acueducto de Tarragona y más en el de Segovia se puede pensar en una intención de marcar la continuidad de los elementos verticales, y en el de los Milagros está claramente manifestada esta continuidad vertical de las pilas en toda su longitud, pasando a segundo plano los arcos de arriostramiento.

La ingeniería civil después de los romanos, no sufre cambios esenciales hasta la iniciación de los puentes de hierro, a finales del siglo XVIII, lo que supone un cambio total de posibilidades que se manifiesta muy rápidamente. El puente metálico se inicia en Inglaterra y adquiere un rápido desarrollo en toda Europa. Entre el puente de Coalbrookdale de 30 m. de luz y el puente de Firth

D-10 TARRAGONA

D-11 TARRAGONA

D-12 SEGOVIA

D-13 LOS MILAGROS

D-14 COALBROOK
DALE

of Forth con 521 m. de luz transcurre tan solo un siglo.

D-15 FIRTH OG
FORTH

En esta época se crean casi todos los sistemas estructurales que se mantienen hasta nuestros días: vigas trianguladas, puentes colgados, puentes atirantados, aunque todos ellos han tenido precedentes: las estructuras trianguladas realizadas con madera y los puentes colgados y atirantados con lianas o cuerdas de cáñamo.

D-16 MENAI

La progresión de las posibilidades de los puentes es muy rápida; entre los puentes colgados pueden citarse los siguientes: en 1820 Tomas Telford realiza el puente de Menai con 176 m. de luz, en 1840 Brunel construye el puente de Clifton con una luz de 214 m., y en 1883 se termina el puente de Brooklyn en Nueva York realizado por Roebling, con 486 m. de luz.

D-17 BROOKLYN

D-18 BRITANIA

La viga cajón también aparece en esta época en el puente Britania de ferrocarril con 140 m. de luz, construido en 1847.

19
D- GARABIT
20

Los grandes puentes de Eiffel son también de esta época: El puente Maria Pia de Oporto, arco de 160 m. de luz terminado en 1877 y el viaducto de Garabit con un arco de 165 m. terminado en 1884.

El desarrollo de las demás actividades de la ingeniería se produce paralelamente, fundamentalmente por la construcción de los ferrocarriles y de los grandes canales de navegación.

El siguiente cambio importante se debe a la aparición del hormigón armado a finales del siglo XIX, que genera un nuevo desarrollo de la ingeniería civil con ingenieros como Hennebique, Maillart y Freyssinet, cambio que sufrió un nuevo impulso con la aparición del hormigón pretensado, cuyo desarrollo se produce después de la segunda guerra mundial.

Dentro de las obras de ingeniería, las que tienen -- más valor monumental son los puentes y los acueductos, en tre otras razones porque son los más visibles; pero en el momento actual es necesario plantearse una recuperación - del resto de las obras históricas de ingeniería, estudiándolas en su conjunto y preservándolas de su destrucción, que en muchos casos se ha producido en épocas recientes; de hecho, ya se está realizando una labor en esta dirección. Por las razones anteriores nos vamos a referir fundamentalmente a la restauración de puentes y acueductos, y particularmente a los de piedra, aunque también es necesario en estos momentos tomar posición sobre el valor histórico y artístico de los primeros puentes metálicos y -- del comienzo del hormigón armado.

Hay obras de ingeniería, sobre todo en zonas urbanas, que en muy poco tiempo, en menos de una generación, se convierten en algo característico de la ciudad o de - su entorno; esto debe tenerse en cuenta a la hora de ac-

tuar en ellas. Un ejemplo claro de este planteamiento se ha manifestado en la reparación del viaducto de la calle de Segovia en Madrid, que por encontrarse en mal estado - salió a concurso de soluciones. Es un puente de arcos de la época del modernismo, construido en los años 30. La solución que se adoptó, fue la sustitución del tablero que se encontraba en mal estado, y conservar el puente en su forma original. Pensamos que fue la solución correcta, - pues en este puente, sin ser una gran obra, ha tomado carácter en el entorno y se hubiera aceptado mal una sustitución total.

D-21 VIADUCTO
MADRID

D-22 VIADUCTO
MADRID

II. DIALECTICA ENTRE EL CARACTER MONUMENTAL Y LA UTILIZACION DE LAS OBRAS HISTORICAS DE INGENIERIA

Los puentes históricos, en la mayoría de los casos, - se han seguido utilizando hasta nuestros días; de esta -- forma se han mantenido vivos, y se han restaurado sucesivamente para que siguieran cumpliendo su misión. La mayoría de ellos han sufrido reparaciones importantes, pues - los ríos en general, y en particular los de nuestro país, tienen avenidas fuertes, que pueden producir en los puentes hundimientos totales o parciales. Hay que considerar además que el río en muchas ocasiones plantea problemas - difíciles de cimentación para los sistemas utilizados en la historia, sobre todo por la profundidad de acarrees --

que existen en las terrazas cuaternarias. Este problema se ha manifestado en muchos puentes, produciéndose hundimientos de pilas en las grandes crecidas por socavación de los acarrees. Un puente clásico en este tipo de hundimientos y sus consiguientes reparaciones ha sido el de piedra de Zaragoza.

Por tanto este carácter de elemento vivo ha sido beneficioso para los puentes históricos, pues de otra forma, una gran parte de ellos hubieran desaparecido. En muchos puentes estas reconstrucciones se han producido en repetidas ocasiones; por ello resulta inexplicable e inadmisible la decisión que se tomó con el puente de Molins, que se demolió en su totalidad porque una riada del Llobregat derribó una pila con los arcos adyacentes.

Pero este carácter de elemento vivo en las vías de comunicación tiene también aspectos negativos, pues las exigencias del tráfico han variado a lo largo de la historia y por ello los puentes se han ido reformando para adaptarlos a las nuevas condiciones de uso. Los cambios más importantes han sido las variaciones de rasante y las ampliaciones de anchura; estos se han producido a lo largo de la historia, pero en la última época las exigencias del tráfico han variado radicalmente en lo que a anchos y rasantes se refiere. Las transformaciones necesarias para esta adaptación son en muchos casos de tal magnitud que han obligado a realizar obras de importancia:

- A - Sustitución del antiguo puente por uno nuevo en distinta posición.

En la mayoría de los casos no se ha tenido en cuenta el puente antiguo; se ha construído el nuevo puente muy próximo a él, ahogándolo y dejándolo arrinconado, sin ninguna utilidad y sin una valoración que podría conseguirse mediante un cuidado de su entorno. Ejemplo de esta situación es el puente de Lerma -- que se queda hundido al lado del actual.

- B - Derribo del puente antiguo para construir el nuevo en el mismo emplazamiento. Obviamente es una solución -- que debe evitarse; pero de no ser posible debería -- trasladarse el puente antiguo a otro emplazamiento.

- C - Transformación del puente existente para adaptarlo a las exigencias actuales del tráfico que son totalmente diferentes de las que se consideraron en su construcción; por esto es imposible conseguir una transformación que mantega el carácter inicial del puente; en todos los casos, salvo raras excepciones, su valor histórico-artístico queda sacrificado. Hay que decir en defensa de estas transformaciones, que en muchos -- casos han salvado al puente de su derribo, y que generalmente son reversibles, pudiéndose algún día deshacer la transformación, devolviéndolo al puente su primitiva forma. Esta reversión se ha producido en el puen

te de la Chantrea de Pamplona que se había ensanchado mediante voladizos de hormigón. Cuando se construyó el nuevo puente que lo sustituyó, al antiguo se le devolvió su forma primitiva, quedando en buenas condiciones y utilizado actualmente para paso de peatones.

Se han hecho muchos tipos de transformaciones para ensanchar los puentes, algunas más bárbaras que otras:

- 1º Ensanche de los arcos mediante una bóveda de hormigón adosada. En este caso el destrozo es total. Como ejemplo puede verse el puente de Arfa sobre el Segre totalmente machacado en las reparaciones y ensanches.
- 2º Ensanche de los arcos realizando la nueva bóveda más alta que la primitiva. De esta forma el arco antiguo queda visto bajo el nuevo; efectivamente se ve, pero el resultado es bastante triste. Un puente ensanchado de esta forma es el puente de Pontevedra.
- 3º Construcción de voladizos de hormigón, en general compensados mediante losa completa. La perturbación que produce esta solución es función del tamaño del voladizo, pero en cualquier caso introduce un elemento extraño a la obra inicial que rompe su carácter y que no se integra a ella, quedando como un postizo. Esta solución tiene la ventaja de ser la más fácilmente reversible. Con esta solución se han ensanchado recientemente tres puentes en Navarra.

24
D- P. DE ARFA
25

26
D- PONTEVEDRA
27

28
D-29 NAVARRA
30

4º Traslado paralelo de uno de los dos paramentos, ensanchando la bóveda del arco en su parte interior. Esta es la única solución que en muchos casos es satisfactoria. También es la más costosa. Se ha aplicado en el puente de Segovia de Madrid y pensamos que con éxito. Es un puente de los Austrias, con paramentos y tajamares bien compuestos, sin ningún carácter volumétrico del conjunto que se perdiera en el ensanche. Pero cuando esta misma solución quiso aplicarse al puente de Toledo, un puente barroco de Rivera, el problema era distinto. En este caso un cambio de ancho hubiera alterado sustancialmente el carácter espacial de este puente que tiene mucha importancia en él. La solución definitiva ha sido un desdoblamiento, mediante un puente -- aguas arriba y otro aguas abajo, a suficiente distancia para no interferir el antiguo, quedando éste para tráfico peatonal que lo mantiene vivo.

Las transformaciones en alzado se han hecho generalmente recreciendo los tímpanos mediante la misma sillería. Su perturbación depende de la magnitud de la corrección, pero en general fastidia la composición de los arcos con la rasante, fundamentalmente en los puentes en lomo de asno que son los que han sufrido mayores rectificaciones. En otros casos el recrecimiento se ha realizado con hormigón produciendo una alternación mucho mayor.

D-31 P. DE SEGO
VIA

D-32 P. DE TOLE
DO

Otro aspecto negativo del puente histórico mantenido en uso es su valor estratégico en casos de guerra, que ha provocado innumerables voladuras intencionadas. Casi todos los puentes importantes han sufrido en algún momento este tipo de destrucción. Ejemplo de esta barbarie de las guerras fue la absurda voladura del puente del Diablo en Martorell al final de la guerra civil, que fue totalmente inútil, pues quedó en pie el puente de Molins unos kilómetros aguas abajo en el mismo río, que era la principal comunicación de la zona. Como ya hemos dicho el puente de Molins fue derribado posteriormente en la época de paz.

D-33 ALCANTARA

D-34 MARTORELL

D-35 P. ISABE
NAD-36 P. LA REI
NA

D-37 ALMARAZ

D-38 P. DE HE
RRERA

En general los puentes han sufrido reparaciones y -- cambios a lo largo de su historia. Este problema, sumado a que la mayoría de ellos no tienen un estilo claramente definido, hace en general muy difícil datar los puentes sin tener pruebas documentales que lo testifiquen. Existen algunos puentes con estilo muy determinado como el puente de Mérida o el de Alcántara, claramente romanos; existen también puentes medievales muy claros, con tajamares en ángulo que se prolongan hasta la coronación, y podríamos citar muchos más, pero en la mayoría de los casos es muy difícil poder asegurar el origen del puente sin datos documentales. El arco apuntado, característico del gótico, aparece en puentes romanos como el de Cangas de Onis, aunque tampoco puede asegurarse la autenticidad romana del arco principal, que podría haber sido reconstruido.

III. EL ARCO DE PIEDRA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL

Hasta la aparición del acero, el elemento estructural de la ingeniería civil y de la arquitectura ha sido el arco de piedra desarrollado en bóvedas y cúpulas que pueden considerarse de la misma familia, aunque el comportamiento estructural de la cúpula es más complejo. Vamos a estudiar los arcos de puentes, que a lo largo de la historia han sido predominantemente de medio punto, o próximos a él; es en las últimas épocas del puente de piedra cuando se generalizan los arcos rebajados y escarzanos.

D-39 ALCONETAR Esto no quiere decir que no se hayan utilizado arcos rebajados desde la época de los romanos, pero son casos aislados. El puente romano de Alconetar es un ejemplo de ello, en el que se conserva algún arco original; los demás han sido reconstruidos. Este puente ha sido trasladado de su emplazamiento original porque quedaba inundado por las aguas del pantano de Alcántara. Otro puente trasladado ha sido el de Guijo de la Granadilla también por inundación de un pantano. Se le ha buscado un emplazamiento parecido en el mismo río.

El arco de dovelas de piedra es un buen sistema estructural, pues si la línea de presiones se sale del núcleo central, el contacto entre dovelas se concentra en una zona, desplazando la directriz del arco. Si la línea de presiones se sale del espesor del arco, la junta entre

dovelas puede comportarse como una articulación, deformándose para producir la rotación necesaria, aunque estas deformaciones tienen un límite.

El arco de medio punto es muy poco adecuado desde el punto de vista resistente para las cargas que actúan en los puentes, pues la línea de presiones se aparta considerablemente de la directriz. Para estas cargas, el arco circular más adecuado es el que tiene aproximadamente 120° de apertura, pues en este caso la línea de presiones se mantiene en toda su longitud dentro del núcleo central. De hecho la mayoría de los arcos de puentes, aunque tengan forma de medio punto, estructuralmente son arcos con ángulos próximos a los 120° , y el resto son auténticos salmeres. Este comportamiento lo tenían claro los constructores de los puentes como se comprueba en muchos casos:

- D-41 ARCOS
- D-42 P. DE CASTELLVELL. En el puente de Castellvel i Vilar sobre el Llobregat la parte inferior del arco de medio punto se forma mediante sillares horizontales, empezando las dovelas radiales a una altura próxima a los 120° . Hasta esa altura los tímpanos sobre pilas están formados en todo su ancho por sillares. Gráficamente se ve este comportamiento en el puente de Cardona sobre el Cardoner, en el puente de Mantible sobre el Ebro y en el puente de Udrion sobre el río Nalon que han perdido los tímpanos quedando exclusivamente las pilas macizas con los salmeres y los arcos exentos con una abertura aproximada de 120° .
- D-43 P. DE CARDONA
- D-44 P. DE MANTIBLE
- D-45 P. UDRION

En los puentes de arcos de piedra la carga fundamental es la de peso propio, teniendo poca influencia la sobrecarga, pues la relación peso propio/sobrecarga es muy grande, al contrario que en los puentes metálicos en que esta relación es muy pequeña, y por tanto son muy sensibles a cualquier incremento de la sobrecarga prevista. Esta es la razón por lo que se han producido las curiosas situaciones en algunas ciudades en que las cargas pesadas tienen que pasar por el puente de piedra antiguo, y el puente metálico está limitado de carga. Por ello es difícil que en los puentes de piedra existan problemas de sobrecarga si el puente se sostiene a sí mismo. En todos los puentes que hemos comprobado estructuralmente se confirma este planteamiento. Únicamente en arcos muy rebajados podría producirse una insuficiencia resistente respecto de las sobrecargas de tráfico actuales.

IV. PROBLEMAS QUE SE PLANTEAN EN LOS PUENTES HISTÓRICOS

Ya hemos visto que el arco de piedra es una buena solución estructural. Vamos a ver ahora los problemas más importantes que pueden presentarse en estos puentes y hacer peligrar su estabilidad.

Estos problemas se pueden dividir en dos grupos: el puente en relación con su entorno, y los problemas propios de la estructura del puente.

IV.1 El puente en relación con su entorno

A-- Cimentaciones. Aunque la cimentación forma parte del puente, depende de las condiciones geotécnicas del emplazamiento. Las técnicas de cimentación de los roma- nos, que han sido las mismas hasta épocas muy recien- tes, han sido dos: cimentación directa mediante exca- vación, o cimentación por pilotes hincados de madera que normalmente tenían longitudes máximas de 10 m. Mu- chos de los puentes se encuentran en las terrazas alu- viales de los ríos, con profundidades de acarreo mu- chos mayores de los 10 m., y por ello los pilotes de madera quedan flotantes en las gravas, que en condi- ciones normales del río tienen capacidad portante su- ficiente para soportar el puente sin deformaciones -- apreciables. Pero en las grandes avenidas, la socava- ción del río puede dejar en suspensión espesores gran- des de gravas y por tanto dejar a los pilotes sin ca- pacidad portante, produciéndose entonces el hundimien- to de la pila. De esta forma se han caído muchos puen- tes con cimentaciones de este tipo; como ejemplo pue- de citarse el puente de Zaragoza, que ha estado corta- do en muchas ocasiones por hundimientos de pilas; el mismo problema fué la causa del hundimiento del puen- te de Molins en la riada de los 60. En otros casos la pila sin llegar a hundirse, puede tener deformaciones

46
D- SIMANCAS
47

muy grandes, bien por asiento o bien por giro, que no pueden ser soportadas por alguno de los arcos, en cuyo caso podría hundirse uno solo. Este es el caso del hundimiento del puente de Simancas.

También pueden plantearse problemas con cimentaciones sobre buen terreno e incluso sobre roca, cuando están bajo el agua; se han encontrado cimentaciones con descalces fuertes, que pueden ser debidos a la dificultad de construcción de la cimentación con ataguías o vertiendo piedras en el agua, o bien porque el agua se ha llevado parte de los sillares dejándola en situación precaria. Un caso muy claro de cimentación en estas condiciones se presentó en el puente de Alcántara en el Tajo; la construcción de la presa del mismo nombre permitió secar el río y ver la cimentación sumergida; esta tenía una cueva de grandes dimensiones, que hubo que rellenar de hormigón rápidamente antes de volver a soltar agua.

D-48 ALCANTARA

Otro problema que se plantea en muchas ocasiones es el de la erosión de las laderas en los muros de acompañamiento, por defecto de las riadas o por efecto de corrientes en las mismas laderas. Estos muros en general tienen cimentaciones bastante someras, lo que hace muy posible que la erosión descalce los muros y se produzca el hundimiento. Este mismo fenómeno

puede producirse en las cimentaciones de arcos que --
salvan barrancos donde la erosión de las laderas pue-
de dejar las cimentaciones al aire hasta derribarlos.
En el acueducto de Riúdebitlles se ha producido este
fenómeno en uno de los arcos laterales que salva un -
pequeño barranco; la cimentación del arco está parcial-
mente en voladizo, siendo necesario una protección de
ladera mediante un muro cosido al terreno, para asegu-
rar la estabilidad de la cimentación.

Por todos los motivos expuestos es fundamental -
realizar un estudio a fondo de las condiciones en que
se encuentran las cimentaciones de los puentes histó-
ricos, pues en un porcentaje grande de ellos, el pro-
blema más grave es el mal estado de las cimentaciones,
problema que se agrava en las grandes riadas.

B - Avenidas. Las avenidas, además de los efectos que pro-
ducen en las cimentaciones, plantean otros tipos de -
problemas que pueden también hacer peligrar la estabi-
lidad del puente:

1º En primer lugar, al puente le puede faltar capaci-
dad de desagüe, lo que produce una sobreelevación
de la cota del río por efecto de presa. El empuje
del agua sobre tímpanos y pilas puede superar la -
capacidad resistente del puente en este sentido y
derribarlo total o parcialmente; este efecto de --
presa puede agravarse cuando el río en avenida --

transporta árboles que pueden cegar parcialmente los arcos, disminuyendo considerablemente la capacidad de desagüe del puente.

Contra este problema poco puede hacerse pues es función de la geometría del puente, y por tanto cualquier solución obligaría a cambiar su forma; pero es necesario tenerlo en cuenta en casos de reconstrucción, y tratar de dar posibilidades de salida al río a los lados del puente: En muchos casos pueden sustituirse muros de acompañamiento por terraplenes inundables, que en caso de avenida se los llevará el río aumentando su capacidad de desagüe. Esto es lo que se ha producido en el puente de Arfa sobre el Segre cerca de Seo de Urgel: El puente termina en una pila, de lo que deduce que el río, en alguna avenida anterior, se llevó el arco lateral quedando los tres arcos restantes. Este arco lateral se sustituyó por un terraplén que en la avenida de noviembre del 82 se llevó en su totalidad, lo que salvó probablemente al puente de sufrir daños mayores. La idea actual es rehacer el arco lateral para darle más desagüe al puente en crecidas normales, pero dejando el acompañamiento en terraplén inundable para que el río pueda volver a llevárselo en caso de grandes avenidas.

D-49 ARFA

2º En otros casos con insuficiencia de desagüe el empuje del agua puede ser soportado por el puente, y elevar considerablemente la cota del agua, agravando los daños que produce la riada. Este efecto se produjo en Valencia con la riada del Turia en los años 50, donde la falta de capacidad de los puentes agravó considerablemente los efectos de la riada. Existían dos posibilidades para resolver este problema: Bien sustituir los puentes, o bien llevarse el cauce del río fuera de Valencia. Se optó por la segunda solución dejando el cauce del interior de la ciudad totalmente en seco. También existe -- una tercera posibilidad que es mantener el cauce antiguo con agua para el curso normal del río, con un aliviadero antes de la ciudad que en caso de -- avenidas desviara el agua al cauce nuevo. No conocemos los estudios realizados en aquél momento y -- por tanto no sabemos las razones que llevaron a dejar el cauce antiguo totalmente seco.

3º En otros casos, aún no existiendo insuficiencia de desagüe, la fuerza del agua puede arrastrar sillares de los paramentos, o dovelas de los arcos, hasta hundirlos o dejarlos en una situación precaria; en los puentes de Serch y de el Collet en el alto Llobregat, la última riada ha producido estos efectos.

52
D- EL COLLET
53

En el primero ha descalzado los muros de acompañamiento dejándolos en situación precaria; también se ha llevado dovelas del arco en arranques y en clave dejando el puente en una situación alarmante.

En el segundo se ha producido el mismo efecto derrumbándose todo el paramento de aguas arriba en la margen izquierda, quedando el relleno a la vista que por estar formado de piedras no se ha caído también, pero su situación, igual o más que en el caso anterior, es de ruina inminente.

IV.2 Problemas de la estructura del puente

A - Características de la piedra.

En cualquier estructura de cualquier material -- existienten problemas de durabilidad que pueden ser debidos a las características del material o a malas condiciones de mantenimiento. En nuestro caso el material es la piedra con que están hechos los arcos, tímpanos, y pilas. Existen muchas clases de piedra, unas mucho más durables que otras, pero a la hora de construir un puente o cualquier otra obra hay que contar con la que exista en el entorno. Muchos puentes tienen o han tenido una vida limitada por el deterioro de la piedra, que puede producirse por muchas causas:

por meteorización, problema que se agrava en las zonas urbanas por la contaminación, por erosión eólica, por erosión o por ataque del agua, heladicidad, etc. Existen actualmente tratamientos superficiales para proteger la piedra, aunque el problema es complejo, pues un tratamiento superficial puede producir una impermeabilización perjudicial, o destruir la microflora cambiando su aspecto exterior. Este es un problema común a todas las obras de piedra y por tanto no específico de las obras de ingeniería, existiendo técnicas muy especializadas que requieren un estudio específico de cada tipo de piedra.

B - Filtraciones de agua.

Este es uno de los problemas que producen deterioro de la piedra y que deben evitarse porque produce humedades casi permanentes cuyo efecto se aprecia en la mayoría de los intradoses de los arcos. El pavimento del puente no es impermeable y por tanto el relleno se empapa de agua sin facilidad de salida porque existe drenaje; el agua se va filtrando por el intradós del arco, manteniéndose humedades en tiempos muy prolongados; este efecto puede observarse en muchos arcos donde la zona central del intradós se encuentra en peor estado que los bordes; este mismo fenómeno se produce muchas veces también en los tímpanos, aunque

en general el problema es menos grave por su menor -- compromiso resistente y porque en general son zonas -- menos umbrias. Para evitar este deterioro, que en muchos casos llega a ser muy grave, es necesario realizar una impermeabilización del trasdós del arco y un buen drenaje del relleno. La forma más fácil de realizar esta impermeabilización es una capa de hormigón, que además produce una solidarización de las zonas -- que se encuentren en mal estado; antes del hormigonado es necesario realizar un cuidadoso sellado de las juntas para evitar que por ellas pueda salirse la lechada de cemento y manchar la piedra.

Paradójicamente en el caso del acueducto de Riu-debitlles las filtraciones han reforzado los arcos en vez de deteriorarlos. La piedra del acueducto es una caliza tobácea, y las aguas filtradas debían tener al to contenido en carbonatos, por lo que se ha formado en el intradós un recubrimiento calizo, que en ciertas zonas forma verdaderas estalactitas.

C - Empujes del relleno.

El relleno puede producir empujes importantes en los tímpanos cuando estos son muy altos. Este empuje puede incrementarse si el relleno no tiene drenaje y se queda totalmente embebido en agua. Por causa del empuje pueden haberse hundido los tímpanos de los puen

tes de Cardona, Mantible, etc., conservándose solamente los arcos y pilas propiamente dichas. El empuje sobre paramentos produce una tracción transversal en el arco, que en el puente de Castellvell i Vilar ha agrietado longitudinalmente la bóveda, grieta que plantea problemas de estabilidad, pues la zona lateral separada es muy estrecha y por tanto su esbeltez lateral -- muy grande, pudiendo llegar a producirse pandeo lateral de este cuchillo del arco.

D-55 CASTELLVELL

Este empuje puede incrementarse localmente de -- forma considerable por efecto de las sobrecargas; por tanto un incremento de éstas pudiera no afectar a la estructura longitudinal pues hemos visto que es poco sensible a estos incrementos, y en cambio poner en situación precaria a los paramentos.

Los demás problemas que pueden plantearse son los -- que se producen en todas las grandes construcciones de sillería:

Agrietamientos por deformaciones de cimientos o por mal apoyo de los sillares sobre el terreno de cimentación; agrietamientos por mal apoyo de unos sillares sobre otros lo que produce concentraciones de carga que pueden agrietarlos; vegetación con raíces en el relleno, que puede -- llegar a producir empujes adicionales y reventar los para

mentos, y multitud de casos particulares que no pueden -- enumerarse exhaustivamente.

De todos los problemas anteriores se deduce que los puentes de piedra son estructuras que en muchos casos tienen luces grandes y por tanto pueden producirse problemas estructurales importantes, aunque longitudinalmente es -- una estructura muy adecuada que se adapta muy bien a los incrementos de sobrecarga.

V. CONSERVACION Y RESTAURACION DE PUENTES POSTERIORES A -- LOS DE PIEDRA

En el puente metálico, que como hemos dicho aparece a finales del siglo XVIII, el problema es contrario al del puente de piedra: En este caso la relación carga permanente/sobrecarga es muy pequeña, y por tanto es muy sensible a cualquier incremento en las cargas de tráfico. Esto, -- unido a la fragilidad de las fundiciones de las primeras épocas, hace que muchos de estos puentes estén actualmente fuera de servicio o en situación muy precaria de seguridad. En la mayoría de los casos éstos puentes se han -- sustituido, pero pensamos que es necesario replantearse -- esta forma de actuar, y considerar antes de su derribo su valor histórico-artístico tratando de conservar todos los que tengan interés; esto no es fácil de resolver pues en general son puentes que difícilmente pueden reforzarse --

Como ha se ha dicho, hay puentes que han tomado carácter en tre la población, fundamentalmente en zonas urbanas. Un caso claro en el que se manifestó esta adhesión al puente fue en la polémica que se produjo en Sevilla con el puente de Triana sobre la dársena del Guadalquivir:

Este puente está formado por tres arcos de 40 m. de luz y se realizó en 1850, copiando casi exactamente el anti guo puente de Carrousel en París construido en 1839, y que fue derribado en 1935 para sustituirlo por uno más ancho.

El puente de Triana estaba claramente fuera de los límites de seguridad exigidos actualmente por las normas. Por ello se propuso sustituirlo por un puente de hormigón, pues el eje vial urbano no podía variarse y por tanto había que construirlo en la misma posición. El puente antiguo podía utilizarse para realizar una pasarela más estrecha aguas abajo.

Este planteamiento levantó una fuerte oposición y se consiguió un cambio de solución que fue la definitiva. Consiste en un tablero metálico de gran esbeltez apoyado sobre las mismas pilas pero independiente de los arcos, que queda ban como mera decoración; el conjunto conserva bastante -- bien el aspecto primitivo del puente. Esta solución, estruc turalmente falsa y por tanto difícil de asimilar por las -- personas que conozcan las estructuras, es sin embargo una solución que puede ser válida para la mayoría de la pobla-

D-56 CARROU-
SEL

ción, que al no tener imagen de los problemas estructurales no existe para ellos veracidad o falsedad en el puente.

Un caso de sustitución total ha sido el de los grandes viaductos de la línea de ferrocarril Linares-Almería -- construídos a principios de siglo, que debido a los grandes vagones de carga de mineral quedaban fuera de cargas. Estos viaductos atribuídos a Eiffel, eran unas obras magníficas - que se han sustituído. No conocemos en detalle los estudios que se hicieron sobre las posibilidades de refuerzo, y si - ello era viable, pero el resultado es que unas obras importantes de la historia de la Ingeniería española han desaparecido, aunque es posible que esto fuera inevitable.

Un ejemplo inverso es el de la pasarela de Santa Eulalia en Hospitalet sobre el ferrocarril, que es un arco superior metálico con problemas de corrosión en ciertas zonas y por ello querían sustituirla. Pero se vió que con muy pocos refuerzos y la sustitución de algún perfil, la pasarela podía conservarse, salvándola de su derribo.

VI. PROYECTOS DE RESTAURACION REALIZADOS POR LA OFICINA DE PROYECTOS "CARLOS FERNANDEZ CASADO"

Se han realizado en esta oficina los siguientes proyectos de restauración:

- Proyecto de reparación y consolidación del Acueducto de Segovia.

57

D-58 LINARES-
59 ALMERIA

- Estudio previo de la restauración del puente de Piedra de Zaragoza.
- Proyecto de restauración del acueducto de San Pere de Riu debitlles.
- Proyecto de restauración del Puente de Castellvell i el Vilar.
- Proyecto de restauración del puente de La Pobla de Lillet.
- Proyecto de reconstrucción del puente de Arfa en el Segre.
- Informe sobre la pasarela de Santa Eulalia en Hospitalet.

Vamos a ver los problemas fundamentales que existían en estas obras y las soluciones que se adoptaron:

A - Acueducto de Segovia

D-60 SEGOVIA

El acueducto de Segovia es una de las obras de ingeniería romana más conocidas del mundo; dada su importancia era necesario realizar un estudio de su estado en aquel momento y realizar una reparación general para mejorar su estado, aunque no existían problemas graves.

Este proyecto se realizó por encargo de la Confederación Hidrográfica del Duero.

El efecto más importante se debía a las filtraciones que se producían desde el cajero, que habían deteriorado el

intradós de los arcos superiores. Estas filtraciones se --
agravaban por la existencia de una tubería de fundición que
pasaba por coronación, y que tenía fugas muy frecuentemente.
El otro defecto estaba en las pilas del nivel superior pues
bastantes sillares estaban agrietados, y hacían peligrar el
funcionamiento del pilar como unidad.

Se estudió también el estado de las cimentaciones y
fue necesario recalzar una de ellas con micropilotes.

Para corregir estos defectos se realizaron inyeccio-
nes de resina epoxit entre sillares para asegurar el monoli-
tismo de algunas zonas fundamentalmente los nudos sobre pi-
D-61 SEGOVIA las de la arcada superior, y cosidos mediante barras de ace-
ro. Se impermeabilizó el cajero, sellando las juntas para -
evitar las filtraciones, y se suprimió la tubería de corona-
ción.

Se derribó también un recrecimiento del cajero reali-
zado en el época de los Reyes Católicos que daba una altura
excesiva al ático del acueducto.
D-62 SEGOVIA
CAJERO

B - Estudio previo de la restauración del puente de Piedra en Zaragoza

El puente de Piedra de Zaragoza ha sido siempre un paso
fundamental en las comunicaciones del Noreste de la penínsu-
la con el Centro-Sur. Actualmente ha perdido el carácter de
paso para el tráfico de larga distancia, pues este se ha -

D-63 GENERA-
64 LES desviado de la ciudad, y se ha convertido en un puente urba
no de comunicación entre ambas márgenes; actualmente tiene
un tráfico muy intenso en un solo sentido.

D-65 DESDE -
ARRIBA El origen del puente actual es de la edad media poco
después de la toma de Zaragoza en la Reconquista.

No está claro si en la misma posición existía un --
puente romano, si estaba en otro lugar, o si nunca existió.

D-66 CUADRO
DE VE-
LAZQUEZ Es un puente que ha sufrido muchos hundimientos par-
ciales, por causas naturales y por voladuras intencionadas
en las guerras; la mayor parte de estos hundimientos se han
debido a la insuficiencia de cimentación pues los acarreos
tienen mucho espesor.

D-67 TAJAMA-
RES Ha sufrido también transformaciones a lo largo de su
historia; la más importante es la construcción de los taja-
mares y tambores realizados probablemente en 1659, que a --
nuestro juicio son excesivamente grandes para el puente.

D-68 UN ARCO
CON EL
VOLADI-
ZO Este puente se ensanchó en 1910 mediante voladizos -
de hormigón que actualmente se encuentran en mal estado y -
ha sido necesario cerrarlos al tráfico. En esta reforma se
hizo también un refuerzo de cimientos.

Por estas razones el Ayuntamiento de Zaragoza deci-
dió encargar un estudio para conocer la situación del puen-
te y las restauraciones a realizar.

Las medidas más importantes que se indicaban en este
estudio son las siguientes:

- 1º Supresión de los voladizos y reconstrucción del pretil - de piedra.
- 2º Estudio de las cimentaciones para saber si es necesario un nuevo recalce, o si el estado actual es aceptable.
- 3º Ordenación de los servicios que pasan por el puente, alojándolos en una galería, y estudio del relleno e impermeabilización del trasdós del arco, porque existen filtraciones que deterioran las bóvedas.
- 4º Estudio de la piedra para conseguir una protección, pues es una molasa blanda que se deteriora con bastante facilidad.
- 5º Supresión de la vegetación en los zampeados de la cimentación porque sus raíces están perjudicando la protección existente.

D-69 ANTERIOR
A 1910

Además de estas medidas existía también el problema de las antiguas torres situadas en el paramento de aguas abajo de dos pilas, que fueron derribadas en la transformación de 1910, dejando únicamente su parte inferior, en muy malas condiciones. Estas torres no tenían un valor artístico que justifiquen su reconstrucción, por lo que se optó por dejarlas en su nivel actual, rematándolas adecuadamente y rellenando el interior de tierra debidamente protegida, para que pueda crecer la vegetación que se ha suprimido.

70
D- ESTADO
71 ACTUAL
TORRES
Y VEGETACION

C - Proyecto de restauración del acueducto de San Pere de Riudebitlles

Este acueducto tiene una longitud total de 110 m., y está formado por ocho arcos en dos alineaciones casi perpendiculares, con una luz máxima de 12 m. Tiene una morfología muy singular, pues los arcos tienen luces crecientes en función de la altura sobre terreno hasta llegar a la zona más alta, donde la morfología cambia totalmente: se compone de una doble arcada de 5,5 m. de luz, con doble altura de arcos como en los acueductos romanos, y una pila central estrecha en contraste con las laterales que enlazan con el resto del acueducto y que son desmesuradamente grandes. Todo ello hace pensar que esta zona central se construyó en época posterior por un hundimiento parcial del acueducto, lo que se confirma por la diferencia de sillaría entre las dos zonas.

El acueducto se encuentra actualmente en servicio. - Por encargo de la Diputación de Barcelona se ha realizado un proyecto de restauración.

Los problemas fundamentales son los siguientes:

- 1º Problemas de cimentación. En la ladera de la margen izquierda que tiene una pendiente muy pronunciada, se ha producido descalce de las cimentaciones de los muros, agravada en las últimas riadas por barrancas paralelas al acueducto y muy próximas a él. Se ha previsto reali

72
D- GENERAL
73

D-74 LADERA

zar un recalce con muros adosados que confinan el terreno bajo el acueducto hasta una profundidad adecuada. Los muros de ambos paramentos se cosen entre sí para asegurar su estabilidad al empuje.

En las cimentaciones centrales se realizaron calicatas, y no existía ningún problema que aconsejara un recalce.

D-75 ARCO Y BARRANCA

En el primer arco de la segunda alineación existe un barranco que ha erosionado las paredes, dejando uno de los arranques descalzado y en una situación de peligro inminente. Por ello se ha dispuesto un muro contra la ladera anclado al terreno, que proteja esta y asegure la estabilidad del cimiento.

D-76 CIMIENTOS ARCO

2º Existen grietas en los arcos y muros que hacen necesario realizar inyecciones y cosidos mediante barras de acero.

D-77 VEGETACION

3º La vegetación que ha crecido en el interior de la obra, ha producido en algunos puntos roturas importantes en las dovelas de los arcos. Es necesario suprimir la vegetación y reponer las zonas dañadas.

4º El acueducto se encuentra en servicio mediante un cajero de ladrillo con mortero armado con mallazo, que en muchas zonas se ve desde el exterior. Este cajero tiene filtraciones importantes que se acusan en el intradós de los arcos. Estas filtraciones como ya se ha di-

D-78 CALCIFICACION

cho anteriormente han producido en épocas anteriores - una calcificación de los intradoses, que solidariza -- las dovelas y recrece el espesor del arco por lo que - es un auténtico refuerzo, aunque en algunos puntos se ha desprendido.

Se ha dispuesto sustituir el cajero por uno de -- poliester y rehacer a los lados de éste la coronación con la misma piedra del resto del acueducto.

D - Proyecto de restauración del puente de Castellvell i Vilar sobre el río Llobregat

El puente de Castellvell i el Vilar está formado por cuatro arcos de luces desiguales con una luz máxima de 30 metros.

Es un puente extraordinario por su tamaño y por su - estado de conservación, pues el tráfico se desvió pronto por un puente nuevo aguas arriba, y ha quedado por tanto para tráfico local y peatones, sin sufrir transformaciones de ancho ni de rasante.

La asimetría del valle se refleja en el puente, que tiene una pendiente ascendente pronunciada en el lado izquierdo con una modulación de arcos adecuada a este pendiente, clásica en los puentes en lomo de asno. El lado - derecho en cambio se mantiene casi horizontal hasta llegar a la ladera, que en este lado tiene una pendiente -- fuerte.

D-79 GENERAL

D-80 GENERAL

D-81 GENERAL
AGUAS ARRI
BA DESPUES DE
LA RIADA

El puente parece medieval, aunque no tenemos datos de su origen. La geometría de los arcos y de toda la obra es muy perfecta. La piedra con que está construido es una arenisca que acusa en muchas zonas la erosión del agua.

Por encargo de la Diputación de Barcelona se ha realizado un proyecto de restauración. Los problemas más importantes a resolver han sido los siguientes:

1º Cimentación. Se han hecho calicatas en las cimentaciones, comprobándose que el puente se apoya en la roca a profundidades variables, por lo que no existe problema. En cambio los muros de acompañamiento de margen de recha, cimentados en la ladera, están totalmente descalzados por la erosión del agua. Es necesario realizar un recalce con muros de hormigón a ambos lados, y cosidos entre sí para confinar el terreno. Como estos muros quedan a la vista, es necesario recubrirlos de la misma piedra del puente para disminuir al mínimo el efecto perturbador de este refuerzo.

2º Arcos. En los tres arcos principales del puente se ha producido un fenómeno del que ya hemos hablado anteriormente:

La bóveda del arco está formada por dos zonas claramente diferenciadas: los bordes realizados con dovelas grandes y bien labradas, y una zona central de dovelas más pequeñas e irregulares. En la unión entre --

D-82 MUROS DE -
LADERA

83
D-84 ARCOS
85

las dos zonas se ha abierto una grieta de importancia y muy larga, debida a la tracción transversal que produce el empuje del relleno sobre los muros de los tímpanos. Esta grieta ha separado el arco en dos cuchillos prácticamente independientes con el peligro de pandeo lateral de la zona exterior, pues su esbeltez transversal es muy grande.

Existe también deterioro en las dovelas de la zona interior, por filtraciones del relleno.

Para corregir esta situación que afecta seriamente a la seguridad del puente, se ha considerado necesario realizar las siguientes obras: inyectar las grietas para solidarizar el arco; sobre éste se hormigona una losa de hormigón que impermeabiliza y solidariza el arco y a través del cual se cosen los paramentos. - Conviene suprimir el empuje del relleno, que en algunas zonas ha producido desplomes en los muros y el agrietamiento del arco; para esto se sustituye el relleno por un cajón de hormigón, cuya losa inferior es la que se ha hormigonado sobre el arco, las paredes se hormigonan contra el trasdós de los muros de los timpanos y la losa superior materializa la calzada.

Los demás problemas son de poca importancia, como la sustitución del pretil, realizado recientemente con distinta piedra que el resto del puente y revocado en algunas zonas con mortero de cemento, limpieza de la sillería, etc.

E - Proyecto de restauración del puente de la Pobra de --
Lillet

El puente de la Pobra de Lillet, tiene actualmente un arco de aproximadamente 20 m. de luz, aunque esta no pue-

D-86 GENERAL AN
TES RIADA

de fijarse con exactitud, pues parte del arco se encuentra enterrado detrás de un muro que encauza el río y que redu-

cauce

ce el cauce a menos ancho que la luz del arco. Primitiva-
mente el puente era más largo, pero la ardenación del pue-
blo paralelamente al río ha chocado con la disposición --

D-87 GENERAL
DESPUES
RIADA

perpendicular del puente, reduciéndolo a su mínima expre-
sión. El derribo de lo que falta se produjo al realizar -
la carretera actual paralela al río, a principio de siglo
dándole acceso por una escalera perpendicular a él.

D-88 ANTES DE
DERRIBO

Por encargo de la Diputación de Barcelona se ha rea-
lizado un proyecto de restauración. Los problemas más im-
portantes son:

1º Cimentación. El puente está cimentado sobre roca, y --

por tanto no hay problemas, pero en el muro de acompa-

D-89 DESCALCE

ñamiento de aguas arriba en la margen izquierda, la --
riada de noviembre del 82 ha socavado la roca, y des-
prendiendo parte del muro, dejándolo descalzado con --

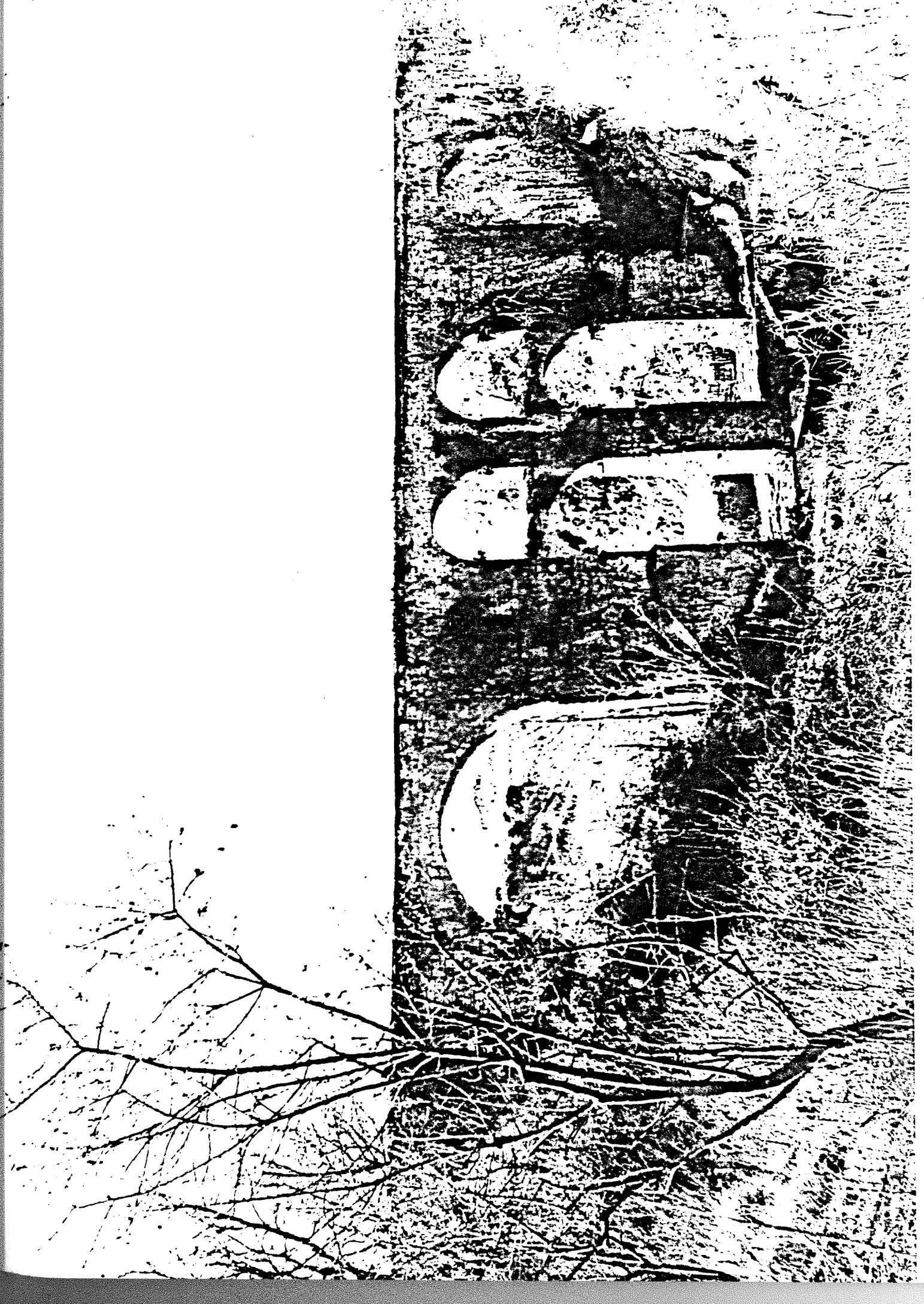
D-90 ARRANQUE

riesgo de caerse. Se ha dispuesto un recalce, y una -
aleta forrada de piedra que evite que el río siga ata-
cando esta zona.

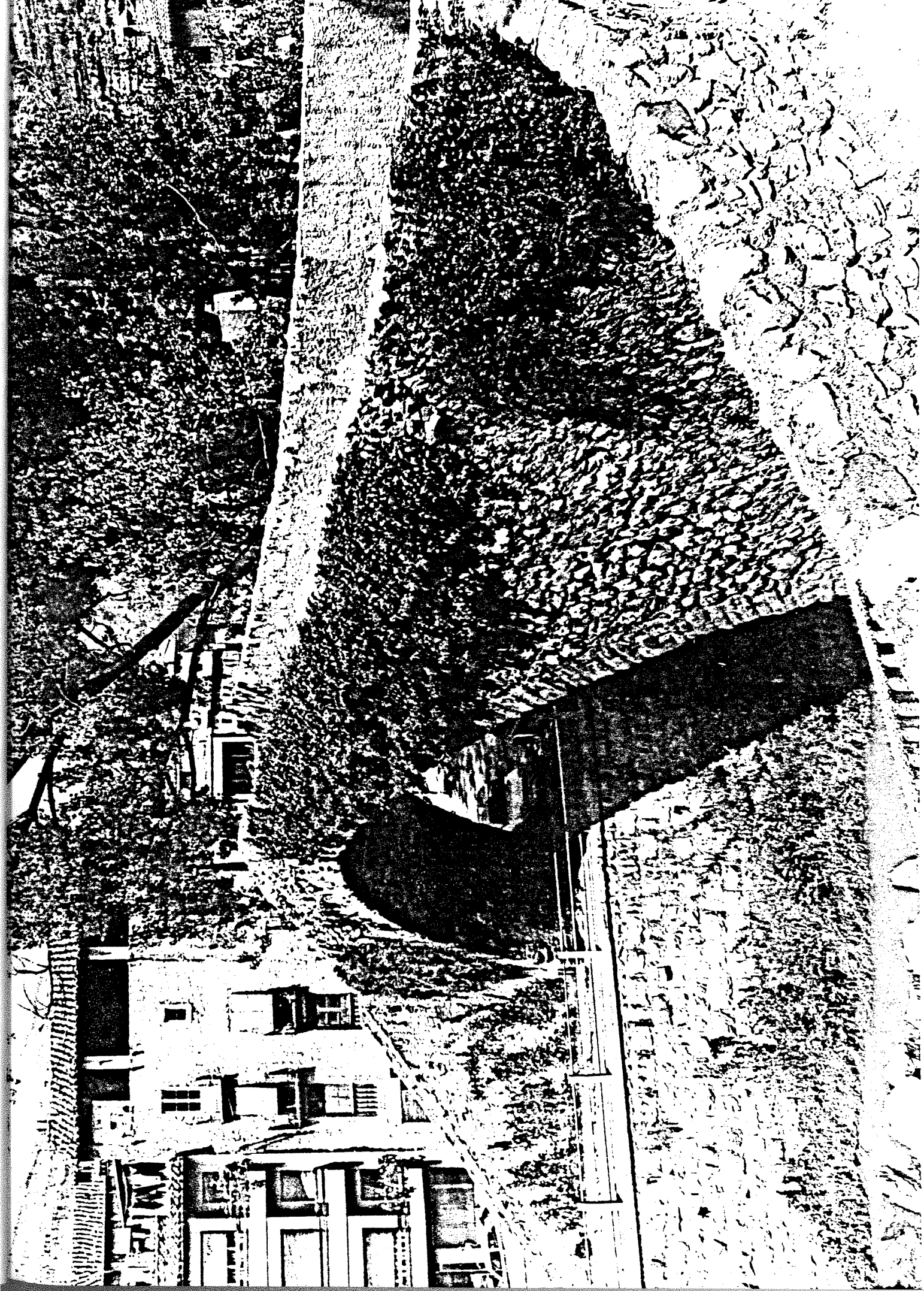
D-91 DOVELAS
DESDE LA
CALZADA

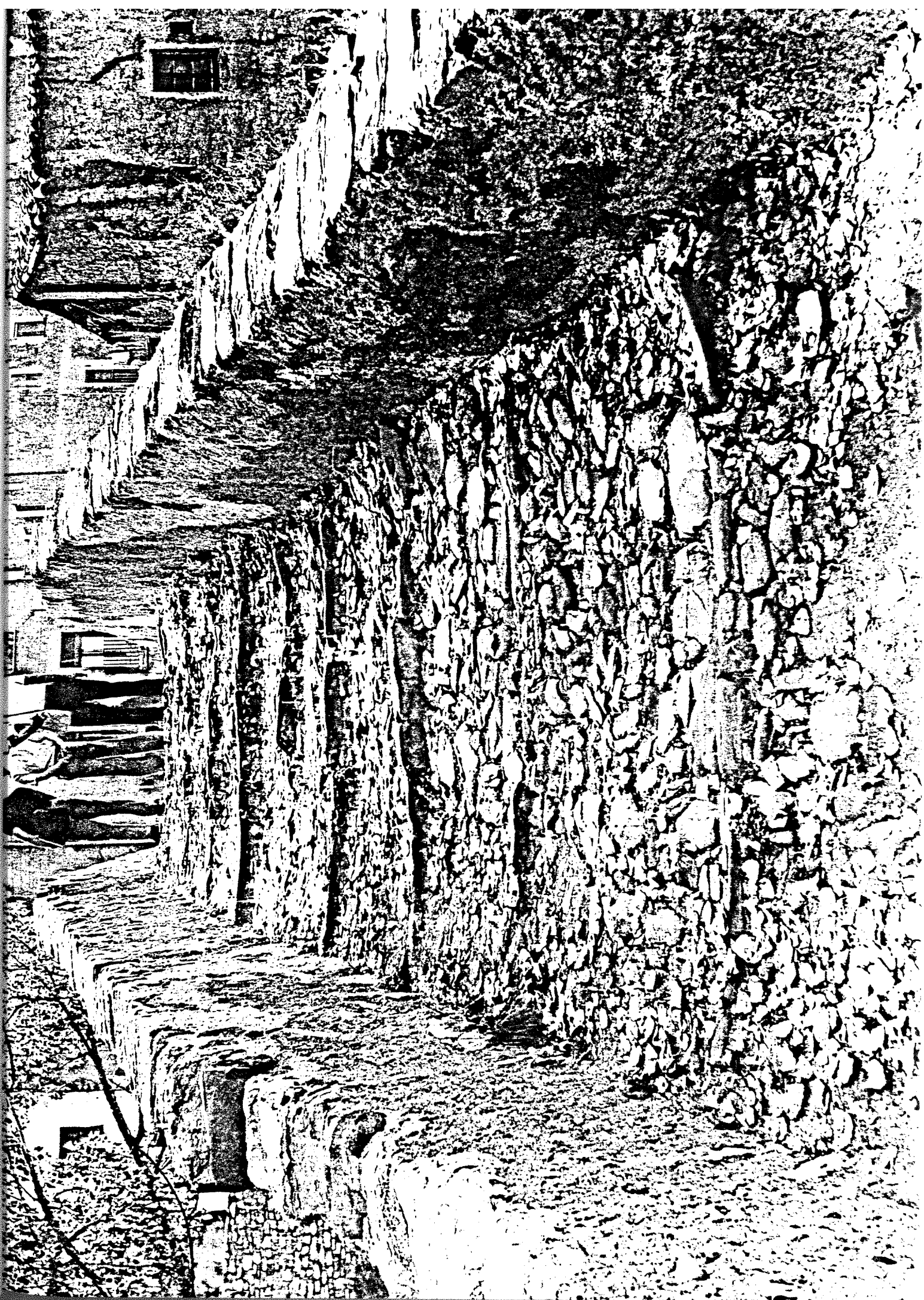
2º Arco. El arco tiene filtraciones que han deteriorado - zonas de la bóveda. Por ello se ha dispuesto una impermeabilización mediante una capa de hormigón que sirva además de solidarización de las dovelas; en los muros de mampostería hay que dejar mechinales para drenar el relleno

D-92 INTRADOS

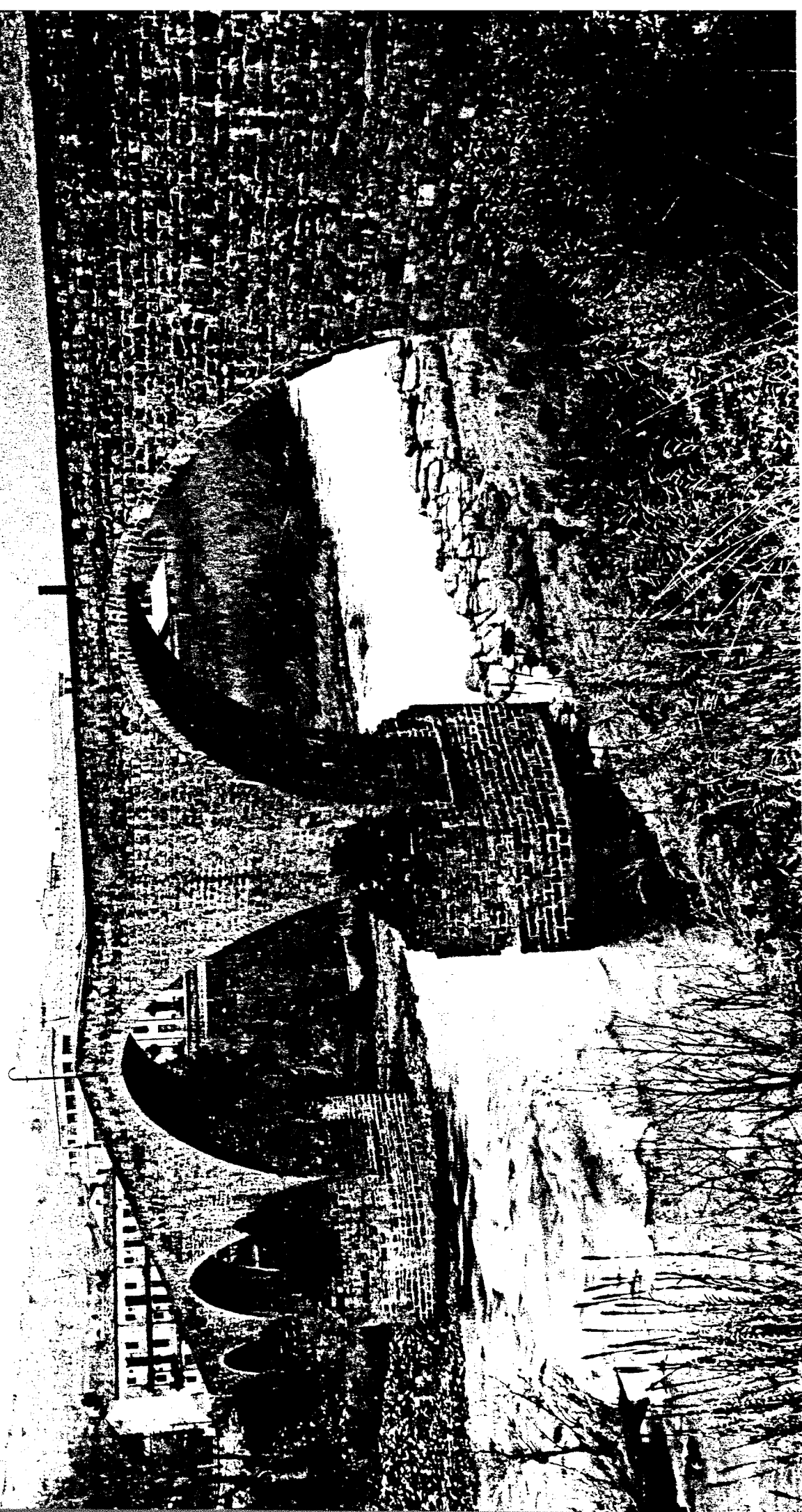












DIPUTACIÓ DE BARCELONA

Servei de Catalogació i
Conservació de Monuments

BIBLIOTECA

Reg.

3.404