

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author



Escuela Técnica Superior de
Ingenieros de Caminos Canales y Puentes de Barcelona

Tesis doctoral

**PUENTES DE LA ÉPOCA MEDIEVAL EN LAS
CUENCAS DE LOS RÍOS TER, FLUVIÁ Y MUGA**

Volumen III

DOSSIER DE PUENTES EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS FLUVIÁ Y MUGA

Ángel López Sánchez

2010

Índice Volumen III

Capítulo noveno: Dossier de los puentes en la cuenca de los ríos Fluvià y la Muga

Simbología utilizada	1
Introducción a la metodología empleada en el estudio de cada puente	3
Parámetros empleados para la clasificación de las bóvedas	13
Clasificación de Paul Séjourné para la clasificación de las bóvedas	14

Capítulo noveno: Puentes en las cuencas del Fluvià y La Muga

Décimo primer puente: de Sant Roc 15

1. Localización	17
2. Características generales	18
Plano P11 – 1/6 Dimensiones fundamentales	19
Descripción del puente	20
Plano P11 – 2/6 Composición del paramento	23
Plano P11 – 3/6 Detalles fotográficos	24
3. Geometría de la estructura	25
3.0 Características de los arcos	25
3.1 Arco primero, Tipología de la unidad estructural	25
3.2 Arco segundo, Tipología de la unidad estructural	26
3.3 Arco tercero, Tipología de la unidad estructural	27
3.4 Resumen de las características de los arcos	28
3.5 Características de los arquillos	28
4. Características de las pilas	29
5. Tajamares	29
6. Estribos y Terraplenes	30
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	30
8. Estudio de la estructura	32
Clasificación de la estructura	33
Plano P11 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	34
Plano P11 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	35
9. Hidráulica del puente	36
Plano P11 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	37
10. Hechos históricos asociados al puente	38

Décimo segundo puente: de Sant Joan les Fonts 41

1. Localización	43
2. Características generales	44
Plano P12 – 1/6 Dimensiones fundamentales	45
Descripción del puente	46
Plano P12 – 2/6 Composición del paramento	50
Plano P12 – 3/6 Detalles fotográficos	51
3. Geometría de la estructura	52
3.0 Características de los arcos	52
3.1 Arco primero, Tipología de la unidad estructural	52

3.2 Arco segundo, Tipología de la unidad estructural	53
3.3 Arco tercero, Tipología de la unidad estructural	54
3.4 Resumen de las características de los arcos	55
3.5 Características de los arquillos	55
4. Características de las pilas	56
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	56
8. Estudio de la estructura	58
Clasificación de la estructura	59
Plano P12 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	60
Plano P12 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	61
9. Hidráulica del puente	62
Cotas alcanzadas por el nivel de agua	62
Plano P12 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	63
10. Hechos históricos asociados al puente	64
Décimo tercer puente: de Oix	67
1. Localización	69
2. Características generales	70
Plano P13 – 1/6 Dimensiones fundamentales	71
Descripción del puente	72
Plano P13 – 2/6 Composición del paramento	75
Plano P13 – 3/6 Detalles fotográficos	76
3. Geometría de la estructura	77
3.0 Características de los arcos	77
3.1 Arco primero, Tipología de la unidad estructural	77
3.2 Arco segundo, Tipología de la unidad estructural	78
3.3 Resumen de las características de los arcos	79
4. Características de las pilas	80
5. Tajamares	80
6. Estribos y Terraplenes	80
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	81
8. Estudio de la estructura	82
Clasificación de la estructura	83
Plano P13 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	84
Plano P13 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	85
9. Hidráulica del puente	86
Cotas alcanzadas por el nivel de agua	86
Plano P13 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	87
10. Hechos históricos asociados al puente	88
10.1 Situación del puente en 1986	88
10.2 Acciones de consolidación realizadas por Amics de l'Alta Garrotxa	90
Decimocuarto puente: de Valentí	93
1. Localización	95
2. Características generales	96
Plano P14 – 1/6 Dimensiones fundamentales	97
Descripción del puente	98
Plano P14 – 2/6 Composición del paramento	101
Plano P14 – 3/6 Detalles fotográficos	102
3. Geometría de la estructura	103

3.0 Características de los arcos	103
3.1 Arco primero, Tipología de la unidad estructural	103
3.2 Arco segundo, Tipología de la unidad estructural	104
3.3 Resumen de las características de los arcos	105
4. Características de las pilas	106
5. Tajamares	106
6. Estribos y Terraplenes	107
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	107
8. Estudio de la estructura	108
Clasificación de la estructura	110
Plano P14 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	111
Plano P14 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	112
9. Hidráulica del puente	113
Cotas alcanzadas por el nivel de agua	113
Plano P14 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	114
10. Hechos históricos asociados al puente	115
Decimoquinto puente: de Llierca	117
1. Localización	119
2. Características generales	129
Plano P15 – 1/6 Dimensiones fundamentales	121
Descripción del puente	122
Plano P15 – 2/6 Composición del paramento	125
Plano P15 – 3/6 Detalles fotográficos	126
3. Geometría de la estructura	127
3.0 Características de los arcos	127
3.1 Arco único, Tipología de la unidad estructural	127
4. Características de las pilas	128
6. Estribos y Terraplenes	128
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	129
8. Estudio de la estructura	129
Clasificación de la estructura	130
Plano P15 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	131
Plano P15 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	132
9. Hidráulica del puente	133
Cotas alcanzadas por el nivel de agua	133
Plano P15 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	134
Plano de localización de los tres puentes del Llierca	135
10. Hechos históricos asociados al puente	136
Decimosexto puente: de Besalú	139
1. Localización	141
2. Características generales	142
Plano P16 – 1/14 Dimensiones fundamentales	143
Descripción del puente	144
Plano P16 – 2/14 Composición del paramento	151
Plano P16 – 3/14 Detalles fotográficos del puente	152
3. Geometría de la estructura	153
3.0 Características de los arcos	153
3.1 Arco primero, Tipología de la unidad estructural	153
3.2 Arco segundo, Tipología de la unidad estructural	154

3.3 Arco tercero, Tipología de la unidad estructural	155
3.4 Arco cuarto, Tipología de la unidad estructural	156
3.5 Arco quinto superior, Tipología de la unidad estructural	157
3.6 Arco quinto inferior, Tipología de la unidad estructural	158
3.7 Arco sexto, Tipología de la unidad estructural	159
3.8 Arco séptimo, Tipología de la unidad estructural	160
3.9 Arco octavo, Tipología de la unidad estructural	161
3.10 Resumen de las características de los arcos	162
3.11 Características de los arquillos	163
4. Características de las pilas	164
5. Tajamares	164
6. Estribos y Terraplenes	165
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	165
8. Estudio de la estructura	167
Clasificación de la estructura	168
Plano P16 – 4/14 Simulación del recorrido de la línea de presiones	169
Plano P16 – 5/14 Cálculo analítico del valor de los empujes	170
8.1 Patologías	171
8.1.1 Impresión sobre el estado de conservación	171
a) Desplome de la base de la pila sexta	172
8.1.2 Investigación del asiento de la pila quinta	173
b) Alteración de la directriz de las bóvedas sexta y séptima	176
Plano P16 – 8/14 Simulación del recorrido de la línea de presiones	180
Plano P16 – 9/14 Simulación del recorrido de la línea de presiones	180
Plano P16 – 10/14 Simulación del recorrido de la línea de presiones	181
Plano P16 – 11/14 Simulación del recorrido de la línea de presiones	182
9. Hidráulica del puente	184
Plano P16 – 6/14 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	185
Hipótesis	187
10. Hechos históricos asociados al puente	189
Reproducción del texto de Danés y de Sola	192

Decimoséptimo puente: de Can Prat **197**

1. Localización	199
2. Características generales	200
Plano P17 – 1/6 Dimensiones fundamentales	201
Descripción del puente	202
Plano P17 – 2/6 Composición del paramento	205
Plano P17 – 3/6 Detalles fotográficos	206
3. Geometría de la estructura	207
3.0 Características de los arcos	207
3.1 Arco primero, Tipología de la unidad estructural	207
3.2 Arco segundo, Tipología de la unidad estructural	208
3.3 Arco tercero, Tipología de la unidad estructural	209
3.4 Resumen de las características de los arcos	210
4. Características de las pilas	211
5. Tajamares	211
6. Estribos y Terraplenes	212
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	212
8. Estudio de la estructura	214
Clasificación de la estructura	215
Plano P17 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	216

Plano P17 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	217
9. Hidráulica del puente	218
Plano P17 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	219
10. Hechos históricos asociados al puente	220
Decimoctavo puente: de Sant Antoni de la Muga	221
1. Localización	223
2. Características generales	224
Plano P18 – 1/6 Dimensiones fundamentales	225
Descripción del puente	226
Plano P18 – 2/6 Composición del paramento	229
Plano P18 – 3/6 Detalles fotográficos	230
3. Geometría de la estructura	231
3.0 Características de los arcos	231
3.1 Arco primero, Tipología de la unidad estructural	231
3.2 Arco segundo, Tipología de la unidad estructural	232
3.3 Resumen de las características de los arcos	233
4. Características de las pilas	233
5. Tajamares	234
6. Estribos y Terraplenes	234
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	234
8. Estudio de la estructura	236
Clasificación de la estructura	237
Plano P18 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	238
Plano P18 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	239
9. Hidráulica del puente	240
Plano P18 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	241
10. Hechos históricos asociados al puente	242
Avenida del 26 de septiembre de 1992.	
Cotas alcanzadas por el nivel de agua	242
Decimonoveno puente: de Sant Llorenç de la Muga	245
1. Localización	247
2. Características generales	248
Plano P19 – 1/6 Dimensiones fundamentales	249
Descripción del puente	250
Plano P19 – 2/6 Composición del paramento	254
Plano P19 – 3/6 Detalles fotográficos	255
3. Geometría de la estructura	256
3.0 Características de los arcos	256
3.1 Arco primero, Tipología de la unidad estructural	256
3.2 Arco segundo, Tipología de la unidad estructural	257
3.3 Arco tercero, Tipología de la unidad estructural	258
3.4 Resumen de las características de los arcos	259
4. Características de las pilas	260
5. Tajamares	260
6. Estribos y Terraplenes	261
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	262
8. Estudio de la estructura	263

Clasificación de la estructura	264
Plano P19 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	265
Plano P19 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	266
9. Hidráulica del puente	267
Plano P19 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	268
10. Hechos históricos asociados al puente	269
Avenida del 26 de septiembre de 1992. Cotas alcanzadas por el nivel de agua	270
Vigésimo puente: de Castelló d'Empúries	271
1. Localización	273
2. Características generales	274
Plano P20 – 1/14 Dimensiones fundamentales	275
Descripción del puente	276
Plano P20 – 2/14 Composición del paramento	280
Plano P20 – 3/14 Detalles fotográficos	281
3. Geometría de la estructura	282
3.0 Características de los arcos	282
3.1 Arco primero, Tipología de la unidad estructural	282
3.2 Arco segundo, Tipología de la unidad estructural	283
3.3 Arco tercero, Tipología de la unidad estructural	284
3.4 Arco cuarto, Tipología de la unidad estructural	285
3.5 Arco quinto, Tipología de la unidad estructural	286
3.6 Arco sexto, Tipología de la unidad estructural	287
3.7 Arco séptimo, Tipología de la unidad estructural	288
3.8 Resumen de las características de los arcos	289
4. Características de las pilas	290
5. Tajamares	290
6. Estribos y Terraplenes	290
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	291
8. Estudio de la estructura	292
Clasificación de la estructura	293
Plano P20 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	294
Plano P20 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	295
9. Hidráulica del puente	296
Plano P5 – 6/7 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	297
10. Hechos históricos asociados al puente	298
10.1 Citas documentales	299

Índice de símbolos

A_c	Ancho de la calzada
A_p	Ancho del puente, en planta
2α	Ángulo de desarrollo del arco
B_p	Ancho de la pila
β	Ángulo de inclinación de la calzada
c	Canto de las dovelas
C_E	Longitud del los estribos
c_{hE}	Canto o altura del estribo
c_p	Espesor de los pretils
e	Espesor de las dovelas
E_b	Estado de la bóveda
f	Flecha del arco
H	Altura del puente, desde la albardilla del pretil al lecho del río
h_{pr}	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco
h_p	Altura de los pretils
L	Luz del arco
L_c	Longitud total del puente, en planta
L_t	Longitud del terraplén
R	Radio del arco
σ	Directriz del arco
T_c	Cimiento de la pila

**Introducción a la metodología empleada
en el estudio de los puentes**

Descripción del método seguido para la elaboración de las fichas de cada uno de los puentes estudiados.

1. Partiendo de los apuntes de campo que se obtuvieron de la observación, las mediciones y las fotografías, realizamos el plano “de cotas y secciones” (plano 1/6) del que parte la mayor parte del trabajo de naturaleza ingenieril que desarrollamos en la tesis.

2. Para sistematizar la explicación de los tipos de materiales que se pueden observar en los paramentos del puente, empleamos una copia del plano de cotas, sobre el que indicamos los materiales que se pueden observar en la formación del paramento (plano 2/6).

3. Además, nos ha parecido que un tercer plano con el alzado al que añadimos seis fotografías indicando el ángulo de visión desde los fueron tomadas, sería una aportación valiosa al conjunto de la información relativa al puente (plano 3/6). Con estos tres planos abordamos la descripción de puente.

4. A la información anterior, complementada con un plano topográfico, se adjuntan los datos que permiten la localización del puente.

5. Para abordar el conocimiento de la estructura se analizan los elementos fundamentales: bóvedas, arquillos, pilas, estribos, tajamares y espolones, rasante y pretilos. En el apartado “Geometría de la estructura”, representamos cada uno de los elementos mencionados (numerados del 3 al 7) con sus medidas y las relaciones constructivas principales. A continuación, basándonos en el resultado del análisis definimos para cada bóveda la “Tipología de la unidad estructural”.

6. Para definir esta “tipología” nos basamos en los resultados de aplicar dos métodos:

6.1. El basado en la valoración de los diferentes parámetros que se pueden distinguir en un puente de obra de fábrica.

6.2. El empleado por el ingeniero Paul Séjourné (1851–1939) en su obra “Grandes Voûtes”

El resumen de ambos métodos se puede encontrar al final de esta metodología.

7. La primera forma de clasificación, se basa en la evaluación de las bóvedas en función de: el vano que cubren; el valor de diversos parámetros geométricos; el tipo de material de la bóveda; el tipo de cimentación y el valor de la carga que soportan.

8. Del procedimiento empleado por Séjourné, se reproduce la tabla con las formas de clasificación de los puentes de bóvedas inarticuladas:

8.1. La verticalidad o no de las tangentes a los arcos en los puntos de arranque.

8.2. El valor de la directriz del arco.

8.3. La manera como está constituido el arco: continuo o formado por dos arcos que se cortan.

9. En la tabla inferior presentamos el prototipo que insertamos para cada una de las bóvedas a estudiar bajo el título genérico de “tipología de la unidad estructural”.

C1	C2	C3	C4
1	3.1.1	Numero de Roscas	2
1	3.1.2	Radio R_1 (metros)	12,1
1	3.1.3	Luz L_1 (metros)	24,2
1	3.1.4	Flecha f_1 (metros)	12,1
1	3.1.5	Ángulo de longitud de arco $2\alpha_1$	180°
1	3.1.6	Directriz : Flecha/luz $\sigma_1 = f_1 / L_1$	12,1/24,2 = 1/2
1	3.1.7	Ancho de pilas B_{p1}	5,7 y 4,4
1	3.1.8	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco h_{p1} (metros)	0
1	3.1.9	Dovelas: Canto c_1 (metros)	1,4
1	3.1.10	Grueso e_1 (metros)	0,4 y 0,2
1	3.1.11	Cantidad de dovelas n_1	95 y 201
1	3.1.12	Canto dovela / Luz c_1 / L_1	1,4/24,2 = 1/17,28
1	3.1.13	Relación ancho pila / luz B_{p1} / L_1	5,7/ 24,2 = 1/4,24
1	3.1.14	Estado de la Bóveda E_{b1}	bien, pérdida aglomerante

10. En la primera columna, identificada como **C1**, indicamos la numeración con la que identificamos a cada uno de los puentes (del 1 al 20). En la segunda columna, la **C2**, se halla la identificación numérica de los parámetros que medimos y relacionamos en cada una de las bóvedas, con el fin de permitir las comparaciones entre arcos. En el caso de la tercera columna, **C3**, se cita el parámetro o la relación entre algunos de ellos, símbolos y unidad de medida. Por último, en la columna **C4**, se puede leer el valor numérico del parámetro o de la relación.

11. Con posterioridad al análisis de cada una de las bóvedas, se presenta una tabla comparativa con los valores de todas las que componen el puente.

12. Se realiza igual procedimiento con el resto de elementos estructurales que forman el puente: arquillos, pilas, tajamares y estribos. Con este último elemento, prácticamente en todos los casos, al no ser visible, lo estimamos de acuerdo con la regla de Blonder y las dimensiones del encaje del puente entre los márgenes y/o los terraplenes.

13. Finaliza el proceso con el cuadro 1 de cada puente con el nombre de “Clasificación global de la estructura” donde, de forma global, se enumeran los parámetros más importantes con los que se puede clasificar la estructura.

14. Desde el principio de la construcción de los arcos se sabía que eran estables debido a su forma. Es decir, que los elementos que los constituían se mantenían en contra de la acción de la gravedad, que actúa sobre ellos, debido a la forma como se colocaban.

Cuando en la antigüedad se levantaron estas estructuras, se hacían en base a la experiencia acumulada sobre la estabilidad de obras anteriormente realizadas, y que se empleaban para calcular las proporciones entre ellas y que los Maestros constructores aplicaban en forma de reglas de proporciones. Estas reglas, que en muchos casos se han venido aplicando hasta el siglo XVIII, se conocen como reglas empíricas.

15. Es en este sentido que, conscientes de que la mayoría de las construcciones de los puentes que estudiamos debieron estar influenciadas por la aplicación de estas reglas, en el apartado “Sobre las reglas empíricas” se relacionan las más difundidas desde la época del Imperio Romano hasta el siglo XVIII. Sobre el gráfico de dos dimensiones obtenido con el desarrollo de las doce reglas empíricas semejantes a las indicadas:

15.1. Canto de las dovelas en función de la luz. c/L

15.2 Ancho de las pilas en función de la luz. B_p / L

15.3. Ancho de las pilas en función de la altura del puente. B_p/H

16. Sobre estos gráficos, hemos insertado los valores reales de cada uno de los elementos estructurales del puente, en un intento de constatar la coincidencia o cercanía, con los valores propuestos por alguna de las reglas. En esta fase del trabajo, se intenta deducir la influencia de las reglas en la construcción o al contrario si las proporciones de un determinado puente influyeron para definir reglas posteriores.

17. Seguidamente, en el apartado “Sobre la estructura”, estudiamos la estabilidad de la estructura mediante dos procedimientos complementarios:

17.1. Simulando el recorrido de la línea de presiones para diferentes valores de carga (propia y móvil) con el empleo del programa informático ARCs.

17.2. Realizando el cálculo analítico tradicional resultante de considerar el efecto del peso propio en la generación de los empujes verticales y horizontales.

18. Para aplicar el programa ARCs, se hace necesario introducir los valores principales del alzado de la geometría del puente, respecto a una línea de referencia. Hemos recurrido al plano de cotas (Plano 1/6) y sobre él, hemos trazado la línea de referencia y determinado los valores necesarios que necesita ARCs.

19. ARCs permite situar cargas móviles sobre cualquier punto de la rasante e incluir un coeficiente multiplicador de la carga, como elemento o factor de seguridad.

20. Después, variando el valor de los empujes horizontales y excentricidades, se logra situar el recorrido de la línea de presiones en el tercio central del canto de las dovelas.

21. En principio, la carga móvil se ha considerado formada por un tren de dos ejes distanciados dos metros, y sobre cada uno de ellos una carga de 120 KN (12Tn) con un coeficiente de seguridad de 3 o, lo que es lo mismo, suponer cada eje cargado con 360KN (36 Tn o 36.000 Kg). En la mayoría de las bóvedas se ha supuesto el tren de cargas situado en la clave de la bóveda de mayor vano y en algunos también a $\frac{1}{4}$ de la luz.

22. Una vez obtenidos los datos anteriores se sustituye el valor de la carga puntual de del tren de carga de 2 x 12KN con coeficiente de seguridad 3, por el valor de una carga adecuada al ancho de la calzada, formada por ristras de mulas que conjuntamente con la carga transportada se estima en 400 Kg (4KN). A partir de una o varias unidades de mulas se determina el coeficiente de seguridad de la estructura para lograr que la línea de empujes o presiones se mantenga con el mismo recorrido que con la carga de 120KN y el coeficiente de seguridad de valor: 3.

23. Los resultados se presentan sobre el plano 4/6, donde se incluyen:

23.1. Alzado del puente con las cotas respecto a una línea de referencia.

23.2. Debajo, el diagrama del recorrido de la línea de presiones, bajo el efecto del peso propio y el tren de carga generado con el programa de simulación ARCs.

23.3. Los valores de los empujes horizontales y la carga específica sobre los cimientos (tensión de trabajo)

24. En la parte superior del plano 5/6, se encuentra el alzado con cotas respecto a la línea de referencia y, en la parte inferior, el resumen procedente de la hoja de cálculo donde se especifican las medidas, los pesos específicos y las fórmulas de cálculo de empujes horizontales y verticales para determinar el resultado del efecto simultaneo de:

24.1 Carga uniformemente repartida (la comprendida desde la tangente al extradós hasta la superficie exterior del plano de rodadura.

24.2. Carga uniformemente repartida, equivalente al peso de los pretiles.

24.3. Carga vertical que gravita sobre la vuelta (efecto conjunto del relleno, y tímpanos sobre el extradós de la bóveda).

25. Se debe destacar que el valor medio de los empujes horizontales, sin el efecto de la carga móvil, obtenidos por el procedimiento analítico y el de simulación con ARCs, en la mayor parte de los puentes es del mismo orden de magnitud. Acabamos este apartado indicando la desviación media entre los dos procedimientos expresados en valor porcentual.

26. Posteriormente, finalizamos el aparatado de la estructura con la clasificación global de esta, en un cuadro identificado como cuadro 1.

Esta clasificación, por motivos del maquetado o distribución de los textos, dibujos y minimizado los espacios en blanco, se sitúa antes o después de los planos 4/6 y 5/6.

27. Considerando, que el fin principal de todas las obras de paso que estudiamos es facilitar el cruce de ríos, no hemos podido sucumbir a la tentación¹ de acercarnos al conocimiento del tramo del río donde se localiza el puente y a valorar su efecto hidráulico. A este apartado lo denominamos "Sobre la hidráulica del puente".

28. Los aspectos fundamentales que hemos desarrollado han partido, nuevamente, del plano de cotas, con el que se han realizado los siguientes trabajos:

28.1. Determinar las secciones de paso de la lámina de agua y su relación con el calado, continuando con el cálculo el coeficiente de obturación para diferentes valores del calado. Se presentan en el plano 6/6.

¹ Para un doctorando que proviene de una región donde el agua ha sido, durante años, el factor de mayor influencia en el desarrollo económico y social, donde el agua de riego, comprada en módulos de caudal y tiempo, debía guardar un riguroso turno de distribución, su llegada por los pequeños canales de paredes de tierra, representaba casi una fiesta, durante la que, a los 11 años, sin sacar los pies del canal, proyectaba saltos para hacer accionar una maquina eléctrica: la dinamo de una bicicleta. El recuerdo de aquellos veranos y atractivo sentimental de ríos y de las obras de aprovechamiento hidráulico ha sido la razón de incluirlo.

28.2. Cálculo de la pendiente motriz del tramo de río donde se localiza el puente, medido a partir de las cotas de altitud a 700 metros antes y después del plano vertical donde está localizado.

28.3. Se estima a posible zona de inundación, basándonos en las referencias de fenómenos ocurridos anteriormente y de forma aproximada basándonos en las secciones verticales próximas a la localización del puente, dejando para un estudio posterior, el resultado basado en el desarrollo del modelo hidrológico de la cuenca en las proximidades del puente empleado HEC_HMS a partir del modelo geográfico Arc ViewGis.

29. Se comenta el grado de perpendicularidad del eje de la rasante respecto al eje del río. Basándonos en la altitud sobre el nivel del mar y la pendiente motriz, también se cita la posible morfología del tramo del río.

30. Añadimos un resumen de los datos más sobresalientes que pueden ayudar a conocer la hidráulica del puente:

Superficie de la subcuenca aguas arriba del puente.

Lluvia media diaria en mm.

Lluvia máxima diaria en mm. para periodos de retorno de 100 años y 500 años

Caudales punta en m³/seg. para periodos de retorno de 100 y 500 años²

31. Partiendo de estos datos y suponiendo una velocidad del agua de 2 m/seg. y teniendo en cuenta los coeficientes de obturación del puente para diferentes niveles de calado, se estiman los niveles máximos del agua y su repercusión sobre el área inundable.

32. Como las obras de paso que estudiamos pueden tener varias centurias de vida, sólo en el caso de observarse alguna "patología importante", se describe o se profundiza en ella.

33. Es el caso de las patologías de las pilas quinta y sexta del puente de Besalú. En el caso de la primera de adjunta un documento gráfico sobre del trabajo que se realizó para consolidarla. En la pila sexta hemos simulado con la ayuda del programa ARCs, diversos escenarios para los empujes derivados de posibles cargas sobre las bóvedas que descansan sobre esta. Planos 9/14 a 12/14.

34. Con este último apartado, finalizamos la parte técnica del puente e iniciamos la recopilación de los "hechos históricos relacionados con el puente". Los documentos encontrados en los archivos, en su mayoría, están escritos en catalán. Se incluyen las traducciones para permitir la lectura de un público más amplio, respetando en todo el trabajo la toponimia catalana. En los casos que se requiere un comentario, se realiza. Cuando los documentos aportados no son contradictorios, omitimos el comentario.

35. En el puente de Oix aportamos un documento gráfico³, sobre el estado del puente después de la avenida de octubre de 1970, y los trabajos realizados por la Asociación de "Amics, de la Alta Garrotxa" como un ejemplo de los principales males que se ciernen sobre este patrimonio: los efectos del agua y el olvido.

² Empleando el procedimiento de "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" del M. Fomento 2001 y los datos suministrados por el Ingeniero CCP D. Enrique Moya, del ACA de Girona.

³ facilitado por el Sr. Manel Soler, presidente de Amigos de Sant Joan les Fonts.

36. Hemos recopilado las medidas principales de tres familias de puentes históricos construidos:

36.1. En España entre los años 1000 y 1900

36.2. En Europa ente el 1100 y el 1600

36.3. La tercera familia la hemos formado con los datos de los puentes que estudiamos en esta tesis.

37. Para las tres familias hemos calculado las relaciones:

- 37.1. Canto / luz **c/L**
- 37.2. Ancho pila / luz **B_p/L**
- 37.3 Flecha / luz **f/L**

Finalmente, hemos representado gráficamente la evolución de estas relaciones en función de los años en que estos puentes fueron construidos.

Para las tres familias conjuntamente, hemos representado gráficamente los ratios más significativos, como son:

38. Valores principales en función de la luz

- Flecha = f (luz) **f = f (L)** (valor de la flecha en función de la luz)
- Canto en la clave = f (luz) **c = f(L)** (canto de la dovela en la clave en función de la luz)
- Ancho Pila= f (luz) **B_p = f (L)** (ancho de la pila en función de la luz)
- Canto estribo = f (luz) **c_{hE} = f (L)** (Canto del estribo en función de la luz)

39. Relaciones principales en función de la luz

- Flecha /luz = f (luz) **f/L = f (L)** (ratio flecha/luz en función de la luz)
- Canto/luz = f (luz) **c/L = f (L)** (ratio canto dovela clave/luz en función de la luz)
- Ancho pila/luz = f (luz) **B_p/L = f (L)** (ratio ancho pila/luz en función de la luz)
- Canto estribo/luz = f (luz) **c_{hE}/L = f (L)** (ratio canto estribo/luz en función de la luz)

40. Algunas relaciones principales en función del año de construcción

- Canto/luz = f (año construcción) **c/L = f (año)** (ratio canto/luz en función del año de construcción)
- Ancho pila/luz = f (año construcción) **B_p/L = f (año)** (ratio ancho pila/luz en función de la fecha de construcción)

Pautas empleadas para la clasificación de los puentes estudiados

Solo consideraremos bóvedas rectas en cuanto a su proyección en planta

1º En función del nº de arcos:

- 1a) Mono arco
- 1b) Multiarco

2º En función de la luz en el arranque de los arcos:

- 2a) Inferiores a 5 metros.
- 2b) Superiores a 5 metros e inferiores a 10 metros.
- 2c) Superiores a 10 metros e inferiores 15 metros.
- 2d) Superiores a 15 metros e inferiores a 20 metros.
- 2e) Superiores a 20 metros e inferiores a 25 metros.
- 2f) Superiores a 25 metros.

3º Parámetros geométricos para clasificar cada bóveda:

- 3a) **Esbeltez de la bóveda**, valorada en función del ratio Canto de las dovelas en la clave / luz (c/L).
- 3b) **Peralte**, valorado en función del ratio Flecha / luz (f/L).

4º Atendiendo al tipo de material de la bóveda

- 4a) Sillería de piedra.
- 4b) Fábrica de ladrillo.
- 4c) Fábrica de mampostería.
- 4d) Fábrica de diversos materiales, cantos, mampuestos, sillarejo, etc.
- 4e) Fábrica de hormigón en masa.

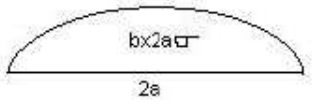
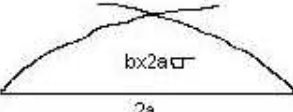
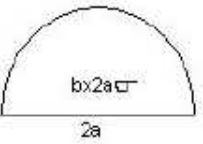
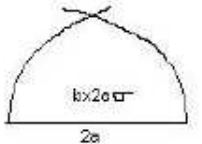
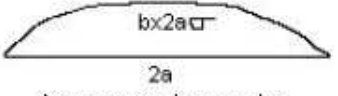
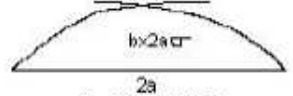
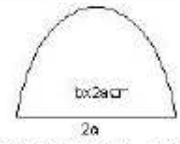
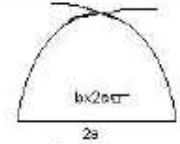
5º En función de la cimentación

- 5a) Superficial.
- 5b) Zapata de sillería sobre roca.
- 5c) Cimentación profunda con pilotes.
- 5d) Pilotes y recinto de tablestacas, relleno de hormigón.
- 5e) Recinto de tablestacas con mampostería de cal y canto u hormigón ciclópeo rodeado de sillería.

6º Atendiendo a la carga a la que está sometida

- 6a) Valoración estructural.
- 6b) Valoración elastoplástica.
- 6c) Dominios de deformación.

Clasificación según Paul Séjourné para bóvedas inarticuladas.

	Luz = 2a	Flecha b	Rebajamiento $\sigma = b/2a$	
Medias Curvas completas Tangentes verticales en los arranques	Medio punto arco completo	$\sigma = 1/2$ Serie C		
	Arcos rebajados $\sigma < 1/2$		Arcos realzados $\sigma > 1/2$	
	Continuos	Cortados (O)	Continuos	Cortados (O)
	 Serie E	 Serie OE	 Serie E_n	 Serie O_n C
Elipses de 2º, curvas algebraicas Con forma de elipse. Curvas compuestas por segmentos de Arcos. Arco carpanel de m centros	2 elipses, 2 arcos carpanel 2 parábolas cortándose	Elipses realzadas Arcos carpanel realzados	2 arcos completas que se cortan	
Arcos, Segmentos de curvas Tangentes inclinadas en los arranques Series A	 Arcos para los cuales $\sigma \geq 1/2 \sqrt{3} = 0,288$ Llamados poco rebajados Serie A[^]	 Serie OA[^]	 Segmentos de elipses Arcos carpanel o de parábolas realzadas Serie A_n	 2 elipses Arcos carpanel o de parábolas que se cortan Serie O_n A
	Arcos para los cuales $1/2 \sqrt{3} = 0,288 > \sigma > 1/7 = 0,143$ Llamados bastante rebajados Serie A⁺	Serie OA⁺		
	Arcos para los cuales $\sigma \leq 1/7 = 0,143$ Llamados muy rebajados Serie A⁺⁺	Serie A⁺⁺		

Puente de Sant Roc

Décimo primer puente: pont de Sant Roc

Sobre el río Fluvià a su paso por la ciudad de Olot. Formado por tres arcos y dos arquillos de aligeramiento. Calzada recta, con un tablero de 40 metros de longitud. Abierto al tráfico rodado.



Imagen 11.1 Vista del puente desde aguas abajo

1. Localización

11	1.1	Denominación del puente	Pont de Sant Roc
11	1.2	Cuenca del río	Fluvià
11	1.3	Comarca	Garrotxa
11	1.4	Río	Fluvià
11	1.5	Término municipal	Olot
11	1.6	Lugar	Barrio de Sant Roc
11	1.7	Coordenadas geográficas	42° 10' 26,92" N 2° 28' 31,02" E
11	1.8	Coordenadas UTM (x, y)	x' 456757 y'4669454
11	1.9	Altitud metros sobre el nivel del mar	427
11	1.10	Orientación	E-O

Tabla 11.1 Situación de la obra.

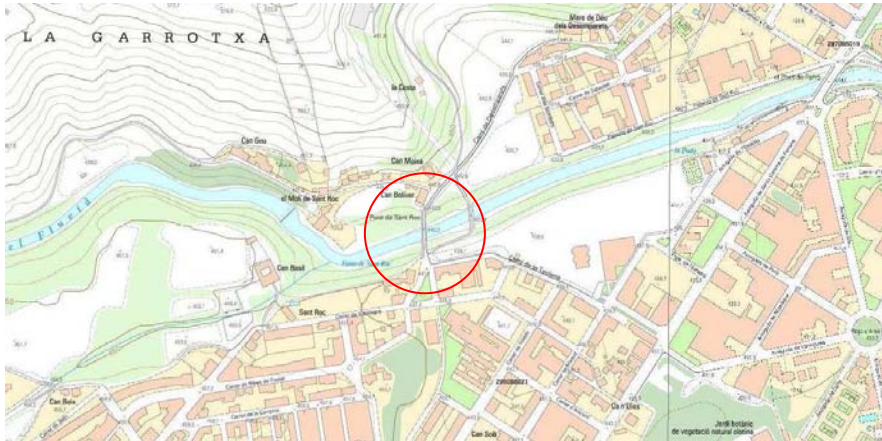


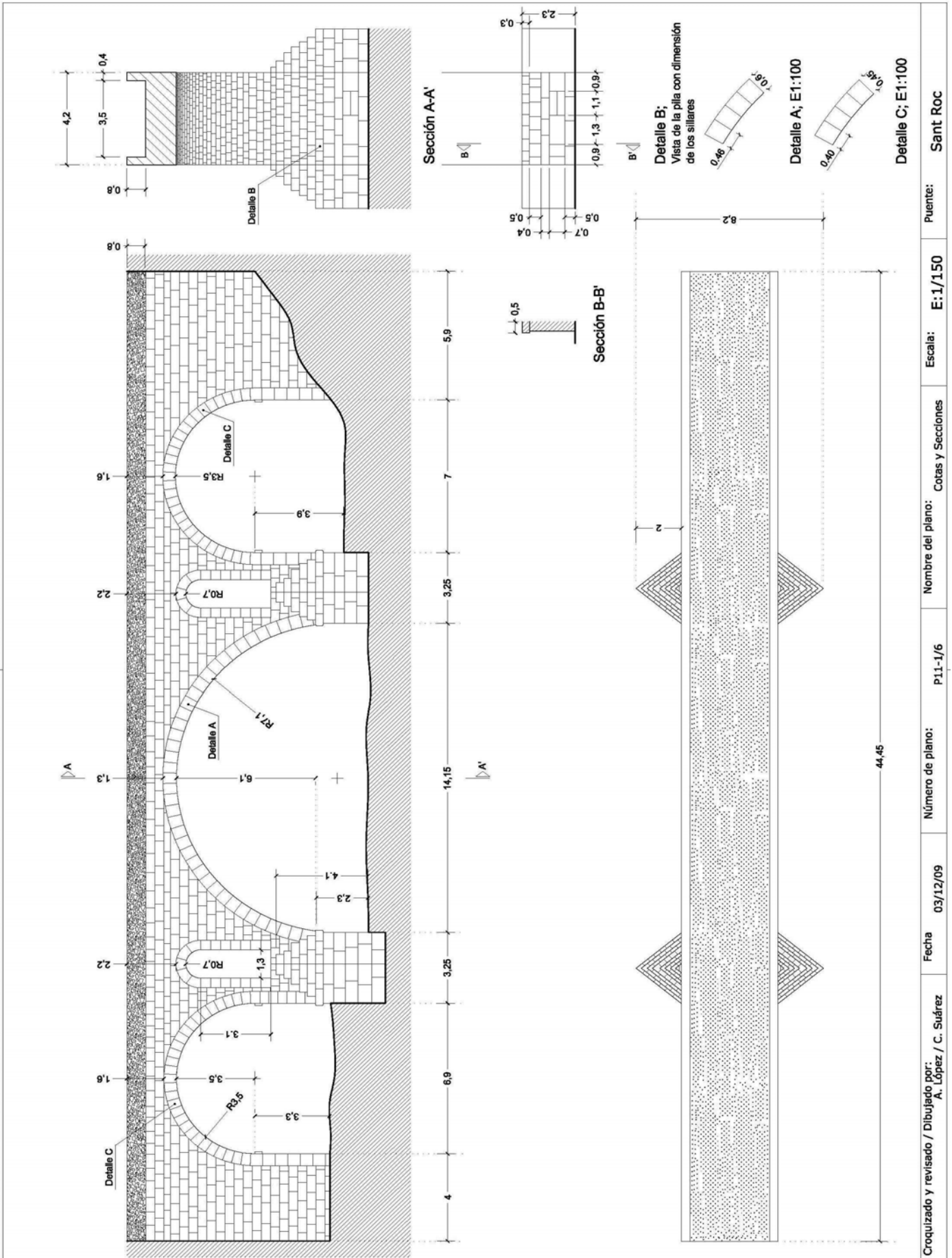
Imagen 11.2 Vista topográfica de la localización del puente

2. Características generales

11	2.1	Número de arcos		3
11	2.2	Luz de los arcos	L (metros)	6,9 - 14,15
11	2.3	Directriz del arco principal	$\sigma = f / L$	$6,1/14,15 = 1/2,31$
11	2.4	Número de arquillos de aligeramiento		2
11	2.5	Altura del puente desde la albardilla del pretil al lecho del río	H (metros)	10,2
11	2.6	Calzada con pendientes		No
11	2.7	Longitud calzada 1 izquierda aguas abajo	L_{c1} (metros)	-
11	2.8	Ángulo de inclinación 1	β_1	-
11	2.9	Longitud calzada 2	L_{c2}	-
11	2.10	Ángulo de inclinación 2	β_2	-
11	2.11	Longitud total en planta	L_c (metros)	44,45
11	2.12	Ancho total en planta	A_p (metros)	4,2
11	2.13	Ancho de la calzada	A_c (metros)	3,5
11	2.14	Espesor de los pretils	c_p (metros)	0,4
11	2.15	Altura de los pretils	h_{pr} (metros)	0,8
11	2.16	Acabado del pretil: albardilla, piezas con un labrado superficial		piedra volcánica punto redondo
11	2.17	Longitud de los estribos	C_E (metros)	3 y 3
11	2.18	Longitud del terraplén	L_t (metros)	2,3 y 3,6
11	2.19	Encauzamiento del río en este tramo		No

Tabla 11.2 Datos arquitectónicos.

En la página siguiente: Dibujo 11.0 Plano P11 – 1/6 Medidas fundamentales.



Croquizado y revisado / Dibujado por: A. López / C. Suárez	Fecha 03/12/09	Número de plano: P11-1/6	Nombre del plano: Cotas y Secciones	Escala: E:1/150	Puente: Sant Roc
---	-------------------	-----------------------------	--	--------------------	---------------------

Disponemos de pocas referencias de este puente que, en su forma actual, fue construido en 1814. En épocas anteriores por las inmediaciones existió otro puente que pudiera derivarse de una obra de la época romana.

El puente actual está sobre el río Fluvià a su paso por el extremo suroeste de la ciudad de Olot.

La rasante tiene una longitud de 44,5 metros y un ancho útil de 3,5 metros, con unos pretilos de 0,8 metros de altura y 0,4 de espesor, finalizados en altura con una albardilla de forma en medio punto construida con un hormigón que contiene piedra de basalto.

El puente está abierto al tráfico sin ningún indicativo de limitación, con una capa de rodadura formada por un aglomerado asfáltico.

La rasante descansa sobre tres bóvedas, la principal de algo más de 14 metros de luz situada en el centro y otras dos, con luces próximas a los 7 metros, una a cada lado.



Imagen 11.3 *A la izquierda:* vista desde el margen derecho aguas abajo
Imagen 11.4 *A la derecha:* arquillo segundo, y altura del espolón en sombrerete

El puente está encajado entre las motas urbanizadas que limitan los márgenes del río, donde se sitúan las pilas estribos de 4 y 6 metros de longitud.

Las dos pilas internas, de 3,25 metros de gruesas, se sitúan en las orillas del cauce en época de estiaje. Estas pilas cuentan, en los laterales, con tajamar y espolón, ambos de planta triangular y de formas iguales, que sobresalen dos metros sobre los planos verticales que contienen los tímpanos de ambas caras del puente.

La bóveda principal cubre una luz algo mayor de 14 metros, el plano horizontal de transición entre bóveda y pilas, está resaltado por una imposta o cordoncillo de 0,3 metros de alto, que se mantiene en todo el perímetro de la pila.

Este cordoncillo, que se sitúa a una altura de 2,3 metros de la línea de agua, además de limitar el plano de arranques de la bóveda principal, indica el punto donde se inicia el sombrerete escalonado con el que finalizan tajamar y espolón y la diferencia más notable del tipo de material empleado en la construcción del puente.



Imagen 11.5 *A la izquierda:* arranque del arco principal sobre sillares de arenisca

Imagen 11.6 *A la derecha:* zona inferior plano de separación entre la pila y el cimientado realizado por una imposta

Desde el cordoncillo hacia el cimientado, el material empleado es una roca arenisca de color amarillento. Es una roca más blanda que la usada en el resto de la construcción, en el plano de cotas se puede ver las medidas de los sillares con los que se forman las pilas. Este cambio de material y sus dimensiones hacen pensar que procedan de otra construcción de una época muy anterior.

La bóveda principal de directriz de medio punto rebajada, con un ángulo de desarrollo es de 164° , las dovelas de su boquilla tienen un canto de 0,6 y un grueso de 0,46 metros.



Imagen 11.7 *A la izquierda:* bóveda del arco principal, visto desde la zona de arranque de la pila en el margen izquierdo

Imagen 11.8 *A la derecha:* arranque del arco e inicio de la bóveda.

Las dos bóvedas menores situadas simétricamente a ambos lados de la principal, tienen una luz de 7 metros, su directriz es de medio punto, el plano horizontal que contiene los arranques de ambas se sitúa a una altura de 2,8 metros sobre el plano del arranque de la bóveda principal. También en estas bóvedas secundarias se realiza el plano de transición de los arranques con una imposta o cordoncillo.

Las dovelas que forman las boquillas de estos arcos tienen unas dimensiones de 0,45 metros de canto por 0,4 m de grueso.

El extradós en la clave de las tres bóvedas está contenido en un mismo plano horizontal.

Tajamar y espolón finalizan con sombreretes escalonados.

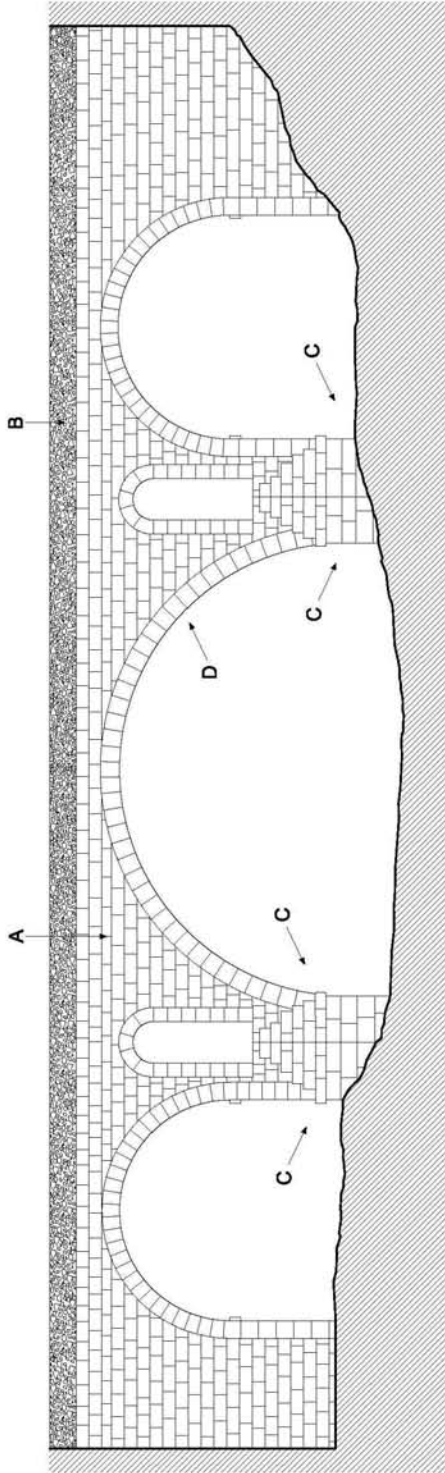
Al finalizar el sombrerete escalonado con el que se rematan los tajamares y espolones, se sitúan un arquillo de aligeramiento sobre el eje de cada una de las pilas. Los arquillos tienen una luz de 1,3 metros y una altura de algo más de tres metros, a partir de esta cota se cierran con una bóveda de medio punto.

La localización simétrica del conjunto, sus dimensiones, la traza y el trabado de las piezas que forman los paramentos dan a la estructura, dentro de su simplicidad, un carácter claramente clásico, creando cinco unidades de ritmo, arco principal, secundarios, arquillos, realce de los planos de transición, tajamares, que confieren al conjunto una gran unidad de armonía, enclavado en un medio en el que no solo encaja sino que, además, realza y magnifica.

En las páginas siguientes:

Dibujo 11.1 Plano P11 – 2/6 Sobre la composición del paramento.

Dibujo 11.2 Plano P11 – 3/6 Detalles fotográficos.



Materiales que componen el paramento visto desde aguas abajo



A Sillares de piedra dura de tonos grises | rojizos en aparejo seudoisodomo.



B Mampostería ordinaria de piedra volcánica con mortero de cemento.

C Sillares de arenisca en aparejo seudoisodomo.

D Los arcos de la bóveda con aparejo semejante al del paramento. La bóveda propiamente dicha, de dovelas de piedra volcánica, con mortero de cemento.

E El perfil formado por mampostería ordinaria de piedra volcánica con mortero de cemento.

F Calzada con una capa de rodadura de aglomerado asfáltico.

1. Paramento en el tímpano y arranque del arco orilla derecha

2. Vista general desde aguas abajo orilla derecha

3. Arquillo, tajamar i basamentos de arenisca

4. Calzada desde la orilla izquierda

5. Detalle del arquillo y tajamar

6. Vista desde aguas arriba, basamento y tajamar de arenisca

Fotografías por / Dibujado por:	A. López / C. Suárez	Fecha	03/12/09	Número de plano:	P11-3/6	Nombre del plano:	Detalles fotográficos	Escala:	E:1/150	Puente:	Sant Roc
---------------------------------	----------------------	-------	----------	------------------	---------	-------------------	-----------------------	---------	---------	---------	----------

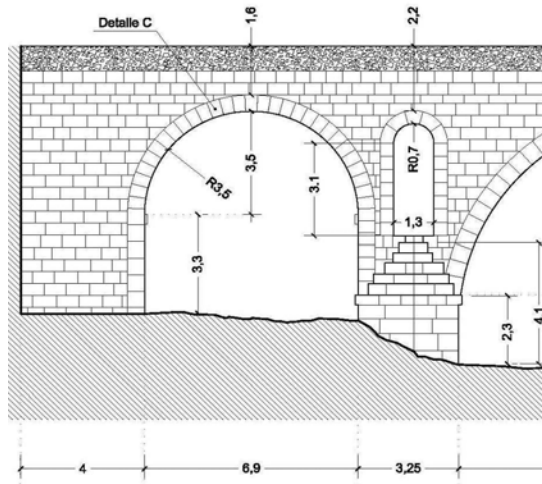
3. Geometría de la estructura

3.0 Características de los arcos

Vistos desde aguas abajo

Orden de identificación: de izquierda a derecha

3.1 Arco primero



Dibujo 11.3 Arco primero.

11	3.1.2	Número de roscas		1
11	3.1.3	Radio	R_1 (metros)	3,5
11	3.1.4	Luz	L_1 (metros)	6,9
11	3.1.5	Flecha	f_1 (metros)	3,5
11	3.1.6	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_1$	180°
11	3.1.7	Directriz : flecha/luz	$\sigma_1 = f_1 / L_1$	$3,5/6,9 = 1/1,97$
11	3.1.8	Ancho de pilas	B_{p1}	3,25
11	3.1.9	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p1} (metros)	3,3
11	3.1.10	Dovelas: canto	c_1 (metros)	0,45
11	3.1.11	grueso	e_1 (metros)	0,4
11	3.1.12	Cantidad de dovelas	n_1	25
11	3.1.13	Canto dovela / luz	c_1 / L_1	$0,45/6,9 = 1/15,3$
11	3.1.14	Relación ancho pila / luz	B_{p1} / L_1	$3,25/6,9 = 1/2,12$
11	3.1.15	Estado de la bóveda	E_{b1}	Bien

Tabla 11.3 Detalles del arco primero.

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes perpendiculares en los arranques, donde se cumple que $\sigma_2 < 1/2$, y $> 0,288$, es un arco de medio punto completo, peraltado, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco de medio punto y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie C

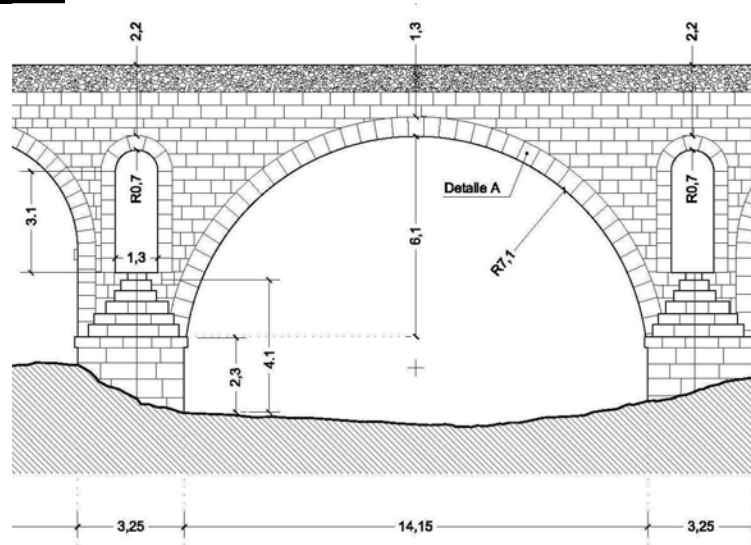
En función del diámetro, es un arco $2b$ (> 5 metros, < 10 metros).

Esbeltez del arco: $c_1/L_1 = 0,45/6,9 = 1/15,3$

Material de la bóveda 4a: sillería de piedra.

Posible cimentación 5d: recinto de tablestacas relleno de hormigón

3.2 Arco segundo



Dibujo 11.4 Arco segundo.

11	3.2.1	Número de roscas		1
11	3.2.2	Radio	R_2 (metros)	7,1
11	3.2.3	Luz	L_2 (metros)	14,15
11	3.2.4	Flecha	f_2 (metros)	6,1
11	3.2.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_2$	$164,25^\circ$
11	3.2.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_2 = f_2 / L_2$	$6,1/14,5 = 1/2,31$
11	3.2.7	Ancho de pilas	B_{p2}	3,25 y 3,25
11	3.2.8	Altura peraltes desde el cimiento del arco	h_{p2} (metros)	2,3
11	3.2.9	Dovelas: canto	c_2 (metros)	0,6
11	3.2.10	grueso	e_2 (metros)	0,46
11	3.2.11	Cantidad de dovelas	n_2	43
11	3.2.12	Canto dovela / luz	c_2 / L_2	$0,6/14,5 = 1/23,5$
11	3.2.13	Relación ancho pila / luz	B_{p2} / L_2	$3,25/14,5 = 1/4,35$
11	3.2.14	Estado de la bóveda	E_{b2}	Bien

Tabla 11.4 Detalles del arco segundo.

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes inclinadas en los arranques, y con una directriz de valor $\sigma_2 = 0,432$, $> 0,288$, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco poco rebajado y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie A*

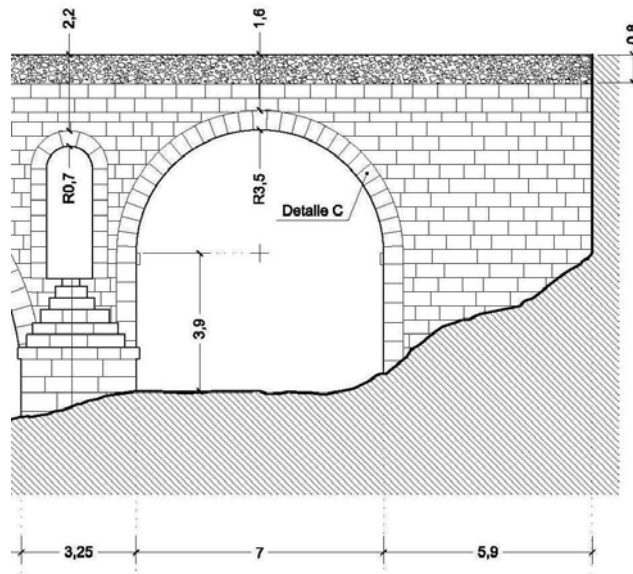
En función del diámetro, es un arco 2c (> 10 metros, < 15 metros).

Esbeltez del arco: $c_2/L_2 = 0,6/14,5 = 1/23,5$

Material de la bóveda 4a: sillería de piedra.

Posible cimentación 5d: recinto de tablestacas relleno de hormigón

3.3 Arco tercero



Dibujo 11.5 Arco tercero.

11	3.3.1	Número de roscas		1
11	3.3.2	Radio	R_3 (metros)	3,5
11	3.3.3	Luz	L_3 (metros)	7
11	3.3.4	Flecha	f_3 (metros)	3,5
11	3.3.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_3$	180°
11	3.3.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_3 = f_3 / L_3$	$3,5/7 = 1/2$
11	3.3.7	Ancho de pilas	B_{p3}	3,25
11	3.3.8	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p3} (metros)	3,8
11	3.3.9	Dovelas: canto	c_3 (metros)	0,45
11	3.3.10	grueso	e_3 (metros)	0,4
11	3.3.11	Cantidad de dovelas	n_3	25
11	3.3.12	Canto dovela / luz	c_3 / L_3	$0,45/7 = 1/15$
11	3.3.13	Relación ancho pila / luz	B_{p3} / L_3	$3,25/7 = 1/2,15$
11	3.3.14	Estado de la bóveda	E_{b3}	Bien

Tabla 11.5 Detalles del arco tercero.

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes verticales en los arranques, la directriz tiene un valor de $\sigma_3 = 1/2$, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco de medio punto completo, dando lugar a una bóveda inarticulada de la serie C

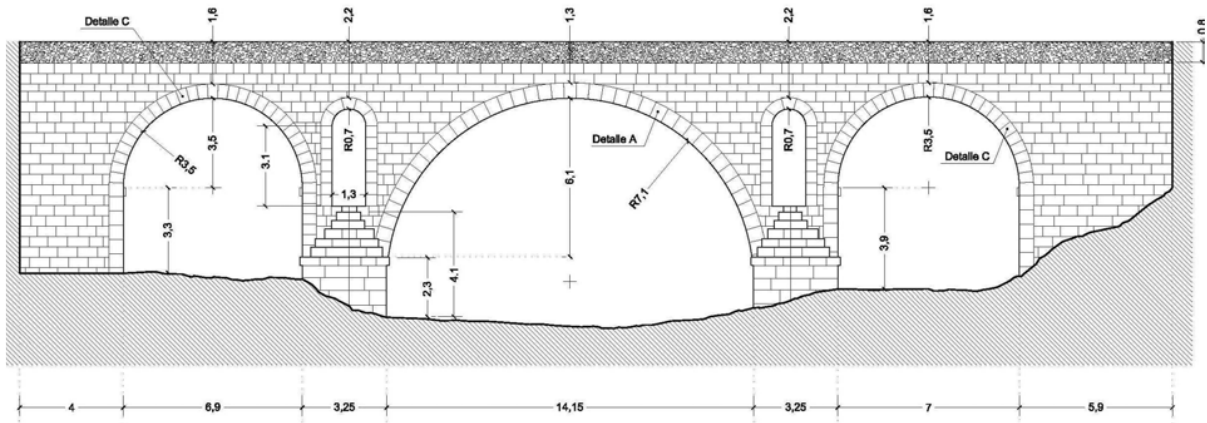
En función del diámetro, es un arco 2b (> 5 metros, < 10 metros).

Esbeltez del arco: $c_3/L_3 = 0,45/7 = 1/15$

Material de la bóveda 4a: sillería de piedra.

Posible cimentación 5d: recinto de tablestacas relleno de hormigón

3.4 Resumen de las características de los arcos



Dibujo 11.6 Alzado del puente.

Arcos		Primero	Segundo	Tercero
Número de roscas		1	1	1
Radio	R_{1-3} (metros)	3,5	7,1	3,5
Luz	L_{1-3} (metros)	6,9	14,15	7
Flecha	f_{1-3} (metros)	3,5	6,1	3,5
Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_{1-3}$	180°	164,25°	180°
Directriz : flecha/luz	$\sigma_{1-3} = f_{1-3} / L_{1-3}$	3,5/6,9 = 1/1,97	6,1/14,5 = 1/2,31	3,5/7 = 1/2
Ancho de pilas	B_{p1-3}	3,25	3,25	3,25
Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p1-3} (metros)	3,3	2,3	3,8
Dovelas: canto	c_{1-3} (metros)	0,45	0,6	0,45
grueso	e_{1-3} (metros)	0,4	0,46	0,4
Cantidad de dovelas	n_{1-3}	25	43	25
Canto dovela / luz	c_{1-3} / L_{1-3}	0,45/6,9 = 1/15,3	0,6/14,5 = 1/23,5	0,45/7 = 1/15
Relación ancho pila / luz	B_{p1-3} / L_{1-3}	4/6,9 = 1/1,72	3,25/14,5 = 1/4,35	4/7 = 1/1,75
Estado de la bóveda	E_{b1-3}	Bien	Bien	Bien

Tabla 11.6 Resumen de las características de los arcos.

3.5 Características de los arquillos

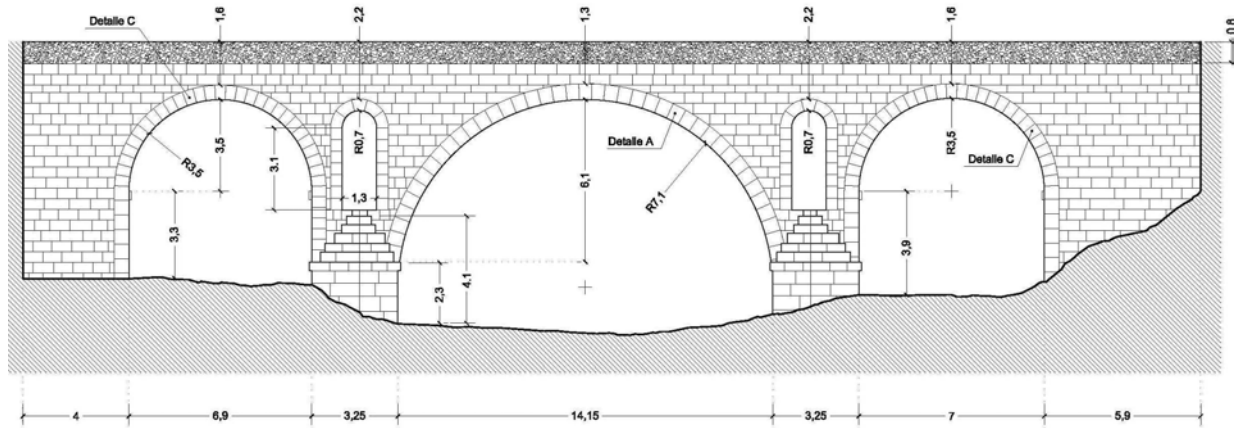
Sigue con la misma nomenclatura de identificación que los arcos

Arquillos		Primero	Segundo
Número de roscas		1	1
Radio	R_{1-2} (metros)	0,7	0,7
Luz	L_{1-2} (metros)	1,4	1,4
Flecha	f_{1-2} (metros)	0,7	0,7
Directriz: flecha/luz	$\sigma_{1-2} = f_{1-2} / L_{1-2}$	0,7/1,4 = 1/2	0,7/1,4 = 1/2
Altura peraltes	h_{pa} (metros)	3	3

Tabla 11.7 Característica de los arquillos.

4, 5 y 6. Características de las pilas, tajamares, estribos y terraplenes

Sigue con la misma nomenclatura de identificación que los arcos



Dibujo 11.7 Alzado del puente.

4. Pilas	Pila estribo 1	Segunda	Tercera	Pila estribo 2
Dimensiones (largo x fondo)	3 x 4,2	3,25 x 4,2	3,25 x 4,2	3 x 4,2
Ancho de la pila / luz del arco B_p / L	$3/6,9 = 1/2,3$	$3,25/14,15 = 1/4,46$	$3,25/14,15 = 1/4,46$	$3/7 = 1/2,33$
Altura de la pila: desde cimiento a arranque del arco h_p	3,3	2,3 visible	2,3 visible	3,9
Ancho de la pila mayor / altura del puente B_p / H	-	$3,25/10,5 = 1/3,13$	-	-
Cimiento de la pila T_c	No visible	No visible	No visible	No visible
Base en la que se apoya el cimiento	No visible	No visible	No visible	No visible
Protección contra la erosión	No	No	No	No

Tabla 11.8 Características de las pilas.

5. Tajamares	Primero	Segundo
En la pila nº	1	1
Dimensiones	3,25 x 2	3,25 x 2
Altura desde cimiento	4,5	4,5
Forma de finalizar la altura	sombbrero escalonado	sombbrero escalonado
Dimensiones del espolón	igual al tajamar	igual al tajamar
Altura desde cimiento del espolón	igual al tajamar	igual al tajamar
Forma de finalizar la altura del espolón	igual al tajamar	igual al tajamar

Tabla 11.9 Características de los tajamares y espolones.

6. Estribos (estimación)	Primero	Segundo
Dimensiones (largo x fondo)	3 x 4	3 x 4
Largo de estribo / luz del arco	$3/6,9 = 1 / 2,3$	$3/7 = 1 / 2,33$
Largo de estribo / luz mayor	$3 / 14,15 = 1 / 4,7$	$3 / 14,15 = 1 / 4,7$
Longitud del terraplén	2,25	4,15
Orientación del terraplén	eje del puente	eje del puente
Aleta de mantenimiento del terraplén	No	No

Tabla 11.10 Características de los estribos.

7. Sobre las reglas empíricas

Luz	Canto	Altura de pila	Ancho de pila
6,9	0,45	3,3	3
14,15	0,6	2,3	3,25
14,15	0,6	2,3	3,25
7	0,45	3,9	3

Tabla 11.11 Valores correspondientes al puente de Sant Roc.

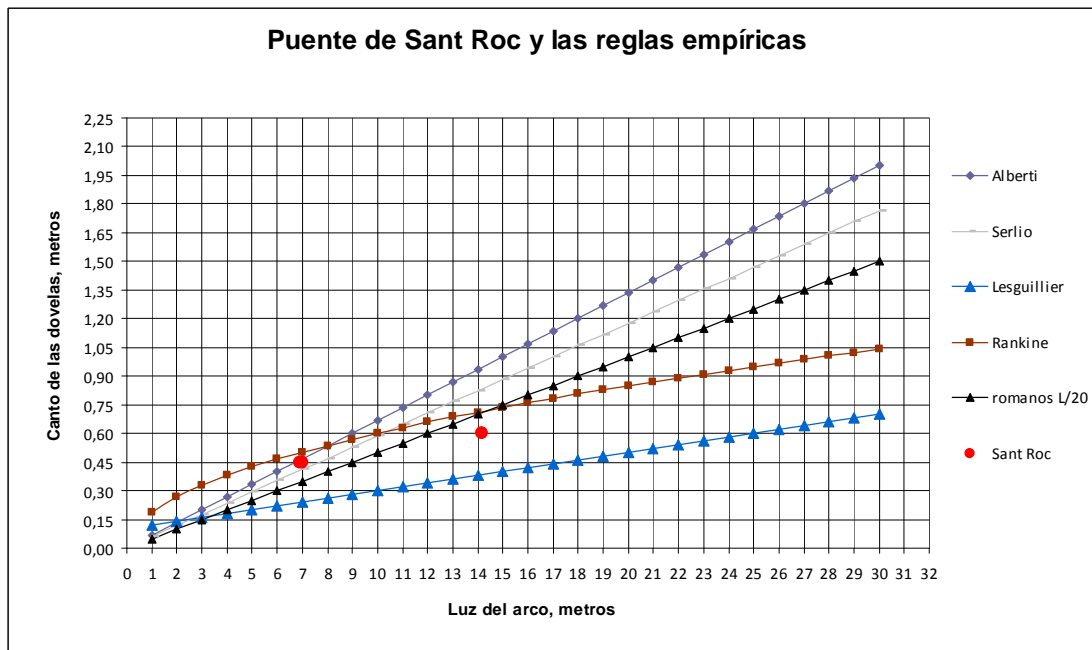


Gráfico 11.1 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Sant Roc.

Se puede observar que los cantos, c , de las dos bóvedas menores, casi idénticas, se identifican con la regla desarrollada por Alberti.

La bóveda principal, de 14,15 metros, consta de dovelas con un canto que se encuentra situado entre las reglas propuestas por los constructores romanos en el periodo del Alto Imperio ($L/20$), Rankine y algo más alejada de la propuesta por Lesguillier.

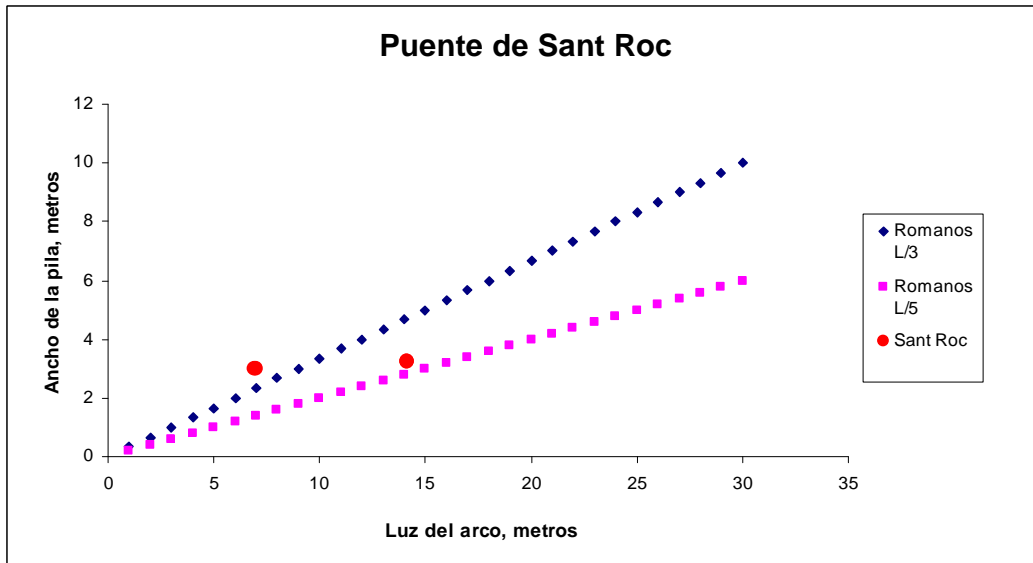


Gráfico 11.2 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Sant Roc.

De la observación del gráfico anterior se deduce que la relación de las dos pilas intermedias respecto a la luz de la bóveda principal se sitúa entre los dos valores que utilizaban los constructores romanos, más cercana a la relación de la época final del Imperio Romano.

Las pilas estribos se construyen con una relación mucho mayor, es decir, se sobredimensionan respecto a la luz del arco adyacente para que cumpla la doble función de pila y de estribo. También se debe destacar que el puente se encuentra encajado, desde la rasante a los cimientos, entre los márgenes montañosos del río.

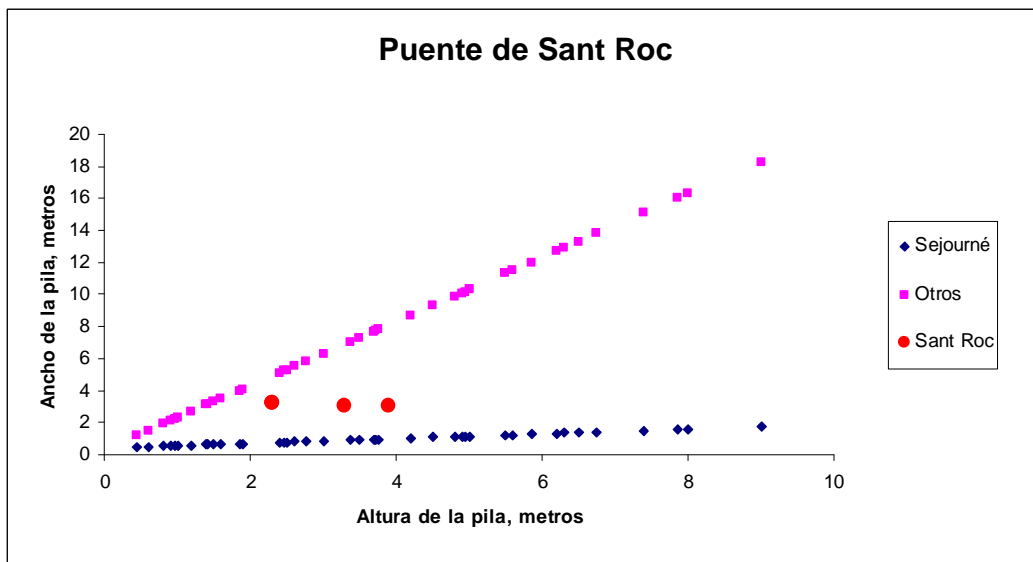


Gráfico 11.3 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Sant Roc.

Aunque se representan en el gráfico 11.3 las relaciones del ancho de las pilas frente a su altura, creemos que sólo debería hacerse con las pilas centrales, puesto que las pilas estribo se dimensionan en función de la geometría del terreno donde se encaja el puente. También es de destacar que los valores de esta relación se mantienen paralelos a los que, en el siglo XIX, propone Séjourné.

8. Sobre la estructura

Con el programa ARCs hemos determinado, para cada bóveda, los valores de los empujes y las excentricidades necesarios para mantener la línea de presiones en la zona comprendida en el interior de la boquilla de cada bóveda.

En las conclusiones del trabajo, se comparan los resultados obtenidos con ARCs con los resultados obtenidos por el procedimiento analítico.

A modo de resumen se puede destacar que los resultados medios de los empujes horizontales obtenidos mediante el procedimiento analítico son un 10,45% menores que los obtenidos con la simulación con ARCs.

8.1 Valores de los empujes y excentricidades obtenidos con ARCs, para diferentes condiciones:

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	476	1,5 y 1,5
Segunda	1220	1,7 y 1,7
Tercera	492	1,4 y 1,4

Tabla 11.12 Valores de las cargas específicas que las pilas apoyan sobre los cimientos

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	476	1,5 y 1,5
Segunda	1.600	1,7 y 1,7
Tercera	492	1,4 y 1,4

Tabla 11.13 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas considerando un tren de cargas de dos ejes separados 2 metros y cada una cargada con 120 KN, y con coeficiente de seguridad 3, localizando la carga a $\frac{1}{2}$ de la bóveda central.

8.2 Valores de las cargas específicas sobre los cimientos obtenidas por el procedimiento analítico:

Pila	Carga específica σ (N/mm ²)
Primera	0,292
Segunda	0,411
Tercera	0,412
Cuarta	0,273
Valor medio familia	0,368
Valor medio general	0,35313

Tabla 11.14 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas debidos al peso propio de la estructura.

Este puente tiene un coeficiente de seguridad de 45. Esto se deduce de sustituir la carga doble de 120 KN por otra representada por cuatro animales de carga, cargados 400 kg. (peso propio más carga transportada) con una separación de 2 metros entre patas, que suponen cargas puntuales de 8 KN. Si mantenemos la línea de presiones en el mismo recorrido, se obtiene este coeficiente de seguridad de 45.

Para realizar la clasificación de la estructura hemos recurrido a la propuesta Séjourné y también a otras de uso común para las estructuras de obra de fábrica:

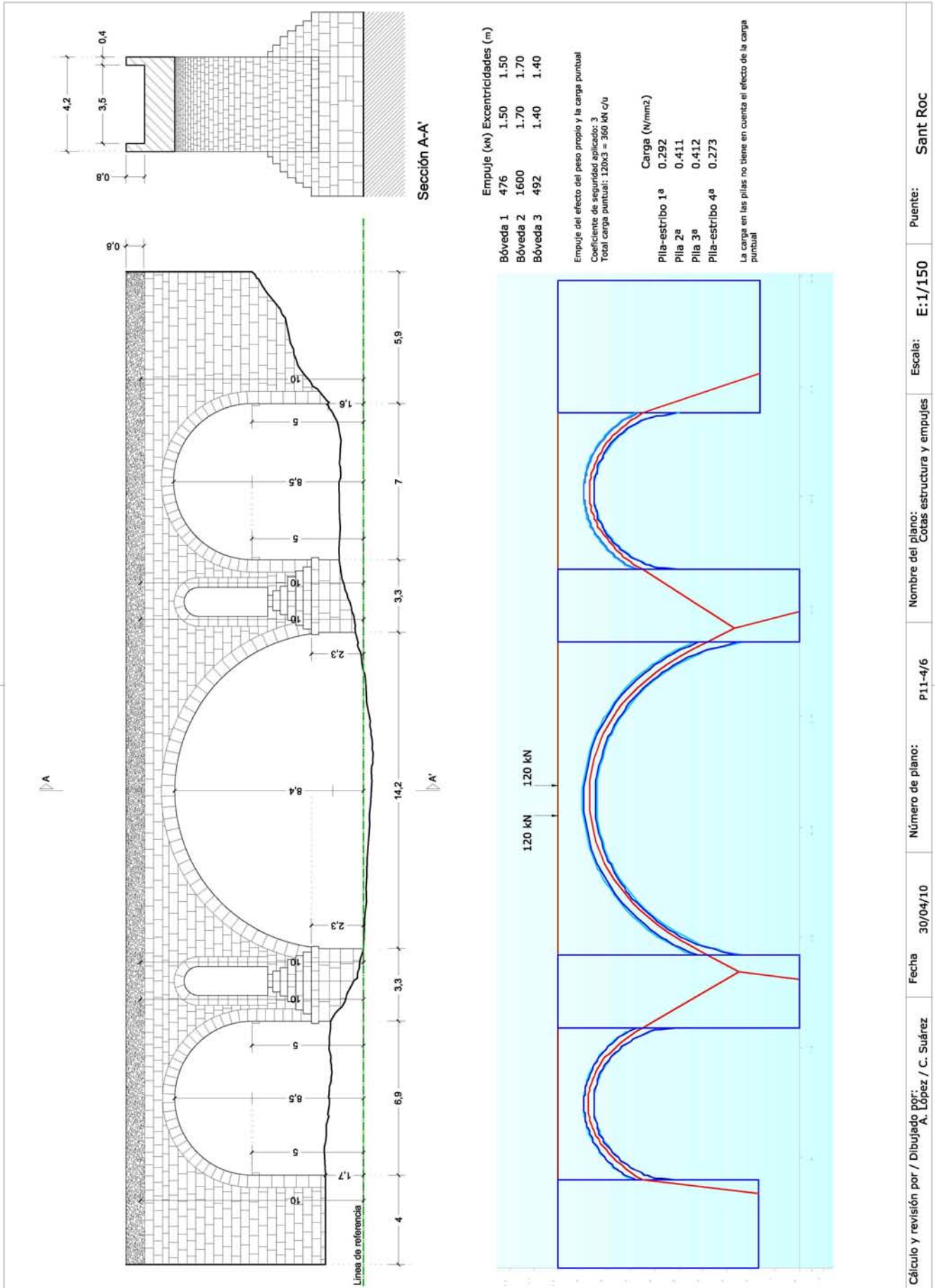
<p>Según el nº de arcos es: multiarco (1.b) En función del vano mayor: >10 < 15 metros (2.c) En función de la directriz: flecha /luz 1/ 2,3 En función del material de la bóveda: sillería de piedra (4.a) En función de las cargas máxima sobre el cimiento: 0,412 N/mm² Y de los máximos empujes horizontales: 1600 KN En función del tipo de cimentación: recinto de tablestacas, relleno de hormigón (5.d)</p> <p>Las tres bóvedas: la primera y la tercera son de medio punto completo C, la principal es de medio punto poco rebajada A*.</p>
--

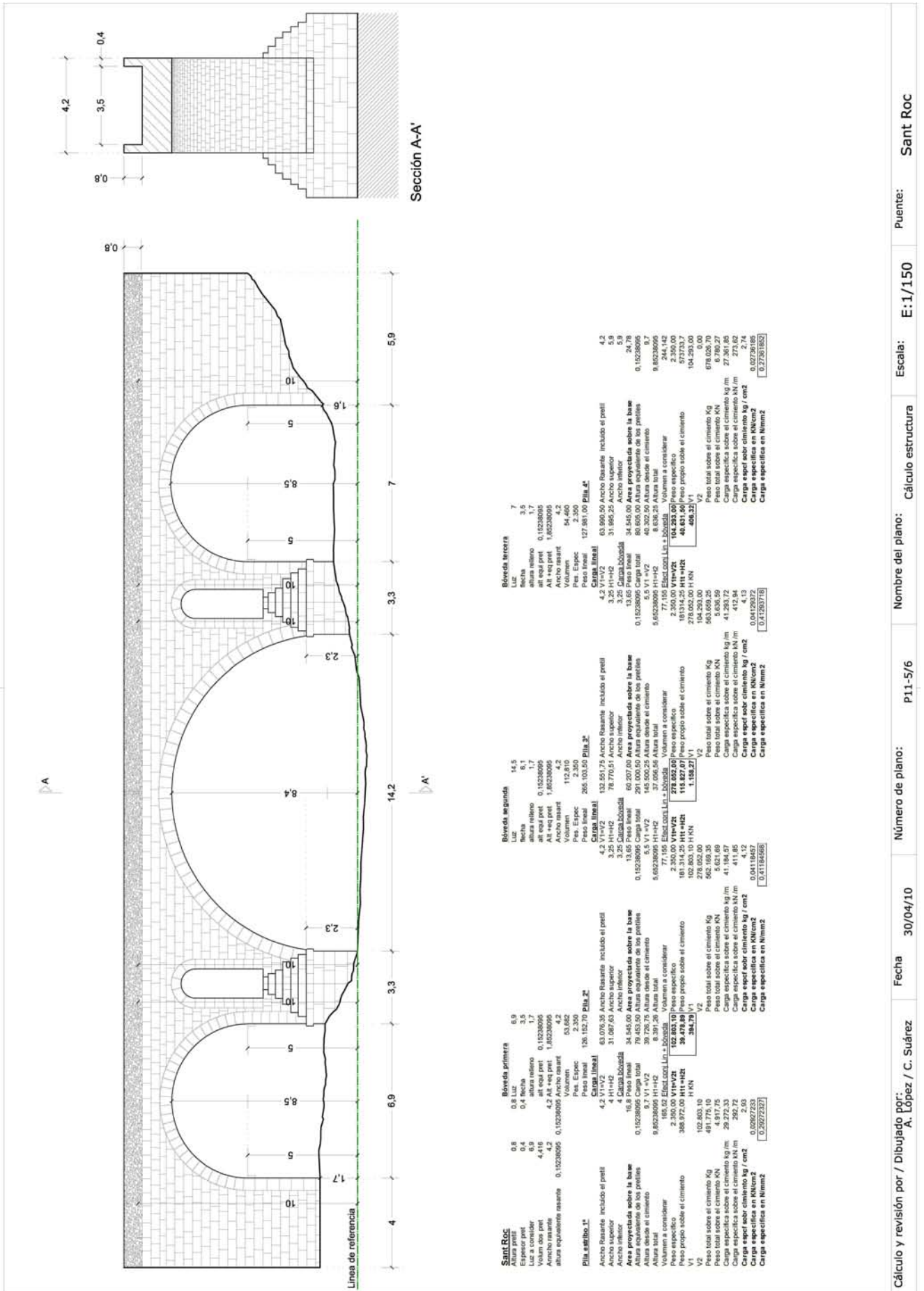
Cuadro 11.1 – Clasificación global de la estructura.

En las páginas siguientes:

Dibujo 11.8 Plano P11 – 4/6 Recorrido de la línea de presiones, programa ARCs.

Dibujo 11.9 Plano P11 – 5/6 Tabla con el resumen del cálculo analítico del valor de los empujes.





9. Sobre la hidráulica del puente

Desde el punto de vista hidráulico, hemos calculado los diferentes grados de obturación del puente en función del calado. En el dibujo 11.10 puede verse una aproximación a la zona inundable para diferentes valores de calado y también para cada uno de ellos el coeficiente de obturación que oscila entre el 21,29% y el 39,25%.

La pendiente del río en el tramo donde se localiza el puente es del 0,52%, tiene un azud 300 metros aguas arriba. Este tramo de río debería clasificarse como zona de sedimentación.

Datos relativos a la hidráulica del puente¹

Cuenca Km ²	Lluvia media diaria mm	Cv	Lluvia máxima diaria (mm) T.100 años	Lluvia máxima diaria (mm) T: 500 años	Caudal punta T: 100 años m ³ /seg	Caudal punta T:500 m ³ /seg
112,43	32	0,429	237	304	295,5	457,3

Tabla 11.15 Valores sobre la pluviometría y su repercusión a su paso por el puente

Considerando que la velocidad de la lamina de aguas se mantendrá a la misma velocidad de forma independiente al caudal (2 m/s)

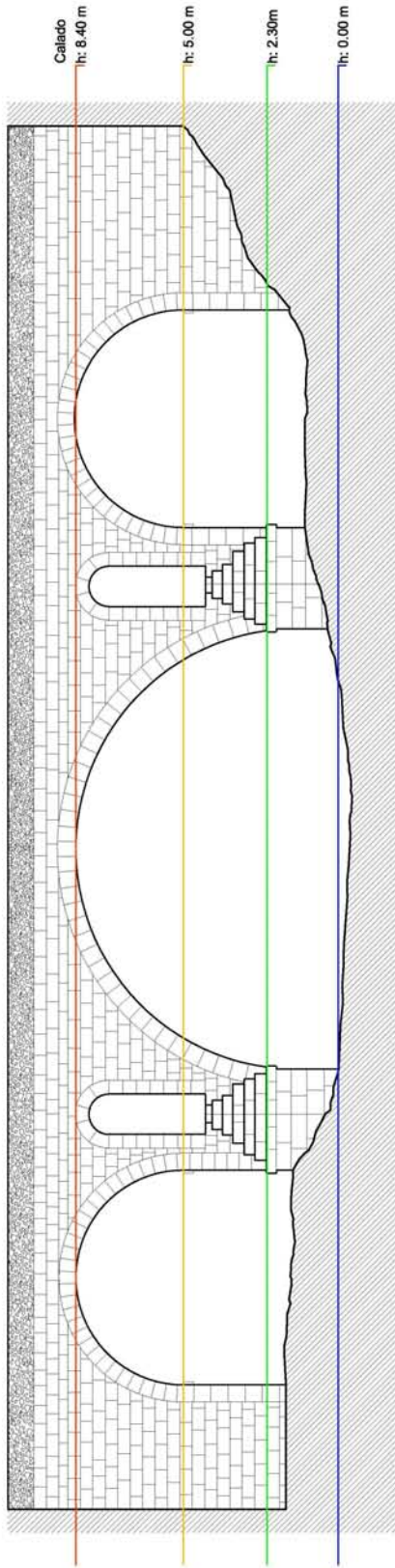
1 Período retorno (años)	2 Caudal punta (m ³ /seg)	3 Velocidad agua (m/s)	4 Superficie equivalente total (m ²) (2/3=4)	5 Sección de paso del puente (m ²)	6 Sección suplementaria (m ²) (4-5=6)	7 Longitud del puente (m)	8 Altura equivalente agua (m) (6/7=8)
100	295,5	2	147,75	198,52	- 50,77	45	- 1,12
500	457,3	2	228,65	198,52	30,13	45	0,66

Tabla 11.16 Determinación del calado correspondiente a caudales punta para T=100 y T=500.

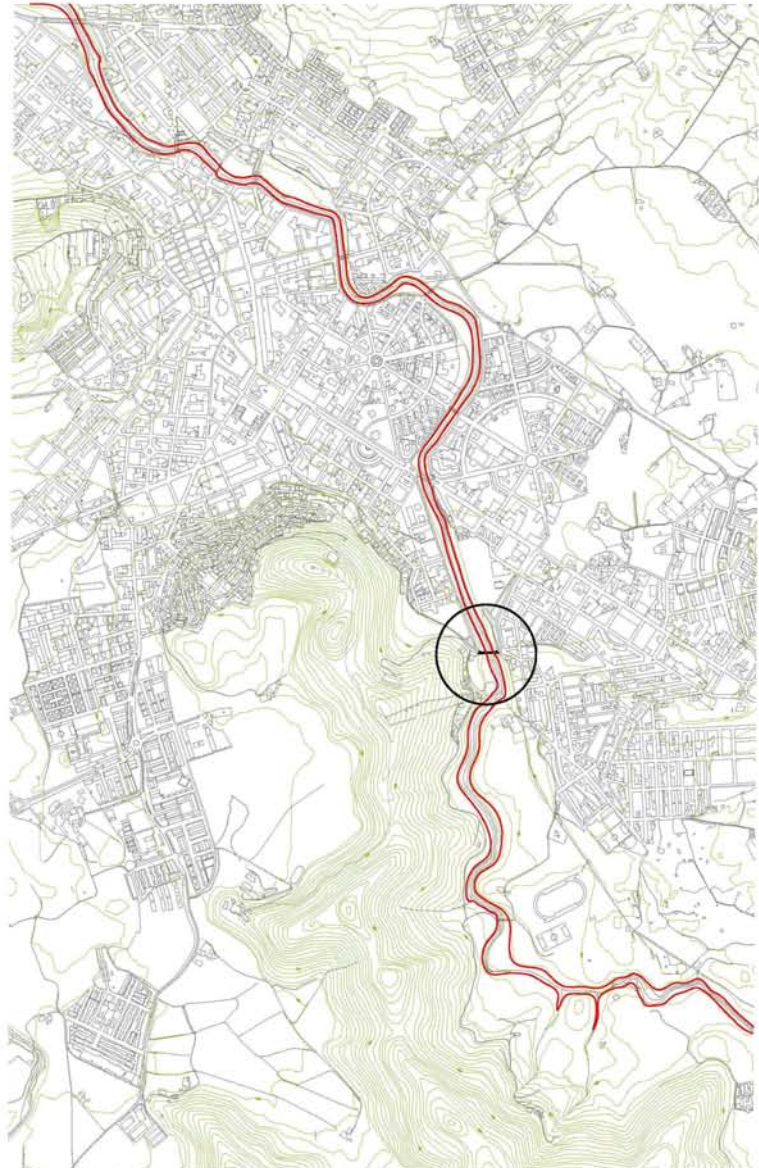
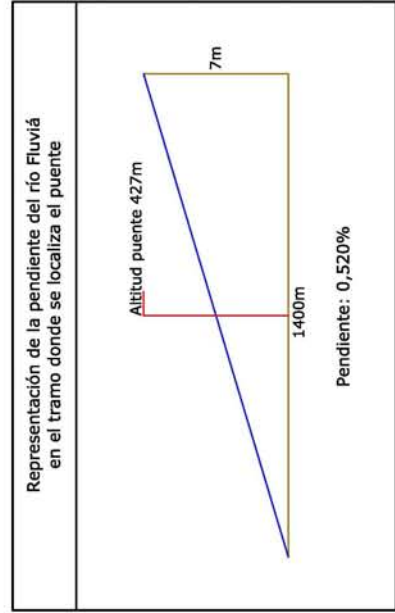
Para T=100 el nivel de las aguas se elevarán $8,4 - 1,12 = 7,25$ metros, que es la altura de la lámina de aguas hasta, aproximadamente, la mitad de los peraltes de los arquillos. Para T=500, si las secciones transversales del río coincidieran con la del puente, el nivel del agua sobrepasaría 66 centímetros los pretilos. Esto, no obstante, no es así, ya aguas arriba del río se encuentra el parque de Sant Roc, que prácticamente triplica la sección transversal del puente. Esto representa que los valores citados no se deben utilizar sin conocer las sucesivas secciones transversales de la zona anterior y posterior al puente.

En la página siguiente: Dibujo 11.10 Plano P11 – 6/6 Sobre la obturación en función del calado. Pendiente motriz y posible zona de inundación.

¹ Cálculos procedimiento “Máximas lluvias diarias en la España peninsular” del M. Fomento 2001.



Sección total	Sección de paso	% Obstrucción	Calado
328.75 m ²	198.52 m ²	39.25 %	h: 8.40 m
175.32 m ²	126.36 m ²	27.93 %	h: 5.00 m
61.65 m ²	48.14 m ²	21.29 %	h: 2.30 m



Croquizado y revisado / Dibujado por:
A. López / M. Turull - C. Suárez

Fecha 31/05/10

Número de plano:
P11 - 6/6

Nombre del plano:
Obstrucción / Calado

Escala:
E:1/150 - 1/15000

Puente:
Sant Roc

10. Hechos históricos asociados con el puente

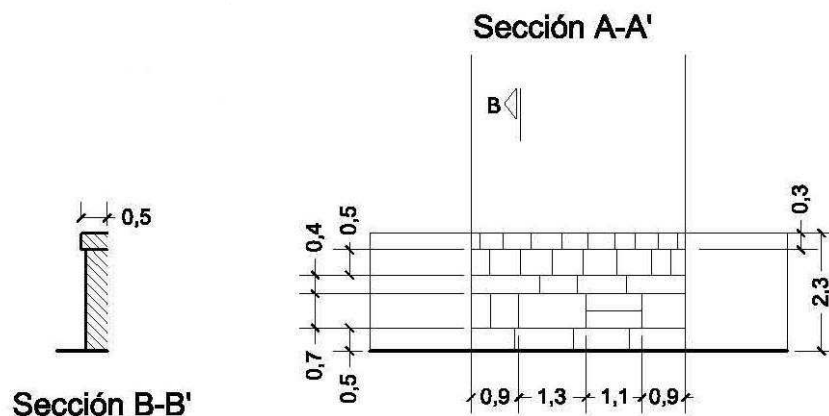
En los archivos del ayuntamiento figura como construido a principios del siglo XIX. La tradición popular dice que el puente actual sustituyó a otro más antiguo que se localizaba en las inmediaciones.

Si se observan las imágenes 11.3, 11.5 y 11.6, tal como hemos dicho anteriormente, se puede observar que las dos pilas sobre las que descansa la bóveda principal no son de un material homogéneo. Las bóvedas de piedra dura se asientan sobre sillares de gran tamaño, de una piedra arenisca. La separación entre esta piedra arenisca y la piedra dura está formada por un cordoncillo que divide las pilas de la zona de arranque.

La dimensión de los sillares de arenisca parece proceder de una construcción muy anterior al siglo XIX, lo cual nos podría llevar a plantear la hipótesis de que el actual puente, aunque no tenga el mismo emplazamiento que el anterior, utilizó parte del material procedente de este primer puente.

Si se observa el emplazamiento del puente actual desde una vista aérea, se puede enlazar la carretera que cruza el puente con la zona de Ridaura y desde esta, hacia la calzada romana del Capsacosta. Aunque solo se trate de una hipótesis, creemos que debería tenerse en cuenta para proseguir en las futuras investigaciones, en el sentido de que en la construcción del actual puente de Sant Roc se empleó material procedente de otro, posiblemente construido en la época romana.

Si se observa el plano P11 – 1/6 puede verificarse que es el único puente en el que hemos incluido un detalle (reproducido en el dibujo 11.11) del tamaño de los sillares que componen la base de las dos pilas centrales. Según opinión del Dr. Nolla Brufau, por la naturaleza y el tamaño de los sillares, bien podrían proceder de una antigua construcción de la época romana.



Dibujo 11.11 Detalle del dibujo 11.0 con la dimensión de los sillares sobre los que descansan las pilas centrales del puente.

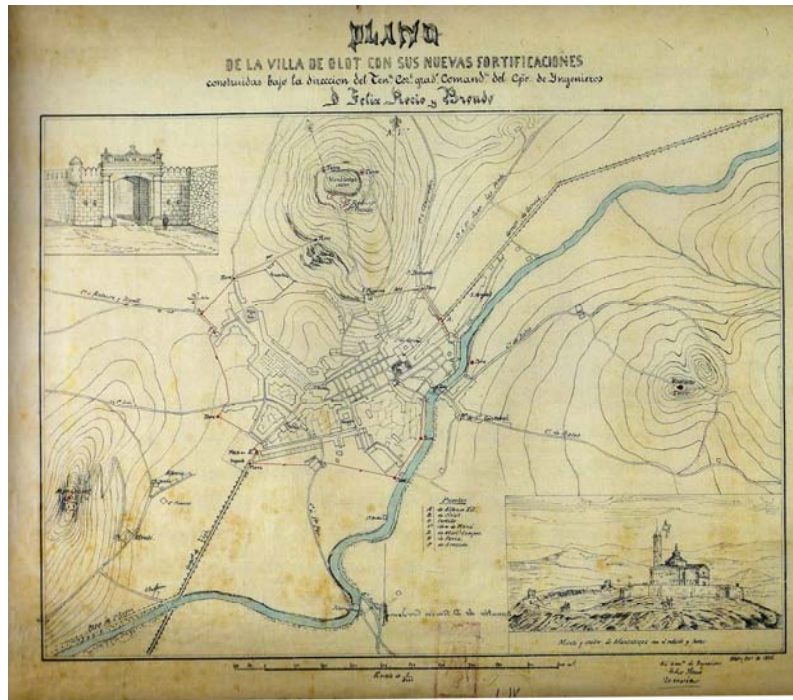


Imagen 11.9 Plano de Olot con sus nuevas fortificaciones construidas bajo la dirección del Teniente Coronel Comandante del Cpo. de Ingenieros D. Félix Recio y Brondo 1875²

² Dibuix amb tints de color. Aquarel.lat. Biblioteca Maria Vayreda. Olot. Ramon Castells Llanvera et al. Ciutats de Girona. Catàleg de plànols de les Ciutats de Girona. Col·legi d'Arquitectes de Catalunya y Diputació de Girona.

Puente de Sant Joan les Fonts

Décimo segundo puente: Sant Joan les Fonts

Sobre el río Fluvià a su paso por la localidad del mismo nombre. Une la ciudad con la barriada de la iglesia de Sant Joan. Formado por un arco principal ligeramente apuntado, dos arcos secundarios y dos arquillos de aligeramiento. La calzada es recta con un tablero de 50 metros de longitud. Está abierto al tráfico rodado.



Imagen 12.1 Vista general del puente

1. Localización

12	1.1	Denominación del puente	Pont de Sant Joan les Fonts
12	1.2	Cuenca del río	Fluvià
12	1.3	Comarca	Garrotxa
12	1.4	Río	Fluvià
12	1.5	Termino municipal	Sant Joan les Fonts
12	1.6	Lugar	en la población
12	1.7	Coordenadas geográficas	42° 12' 45,59" N 2° 30' 33,92" E
12	1.8	Coordenadas UTM (x, y)	x' 459598 y' 4673711
12	1.9	Altitud metros sobre el nivel del mar	320
12	1.10	Orientación	N-S

Tabla 12.1 Situación de la obra.

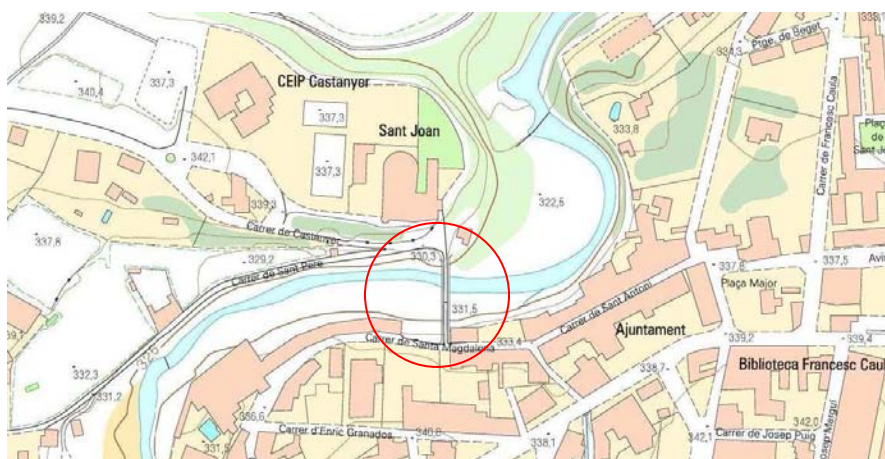


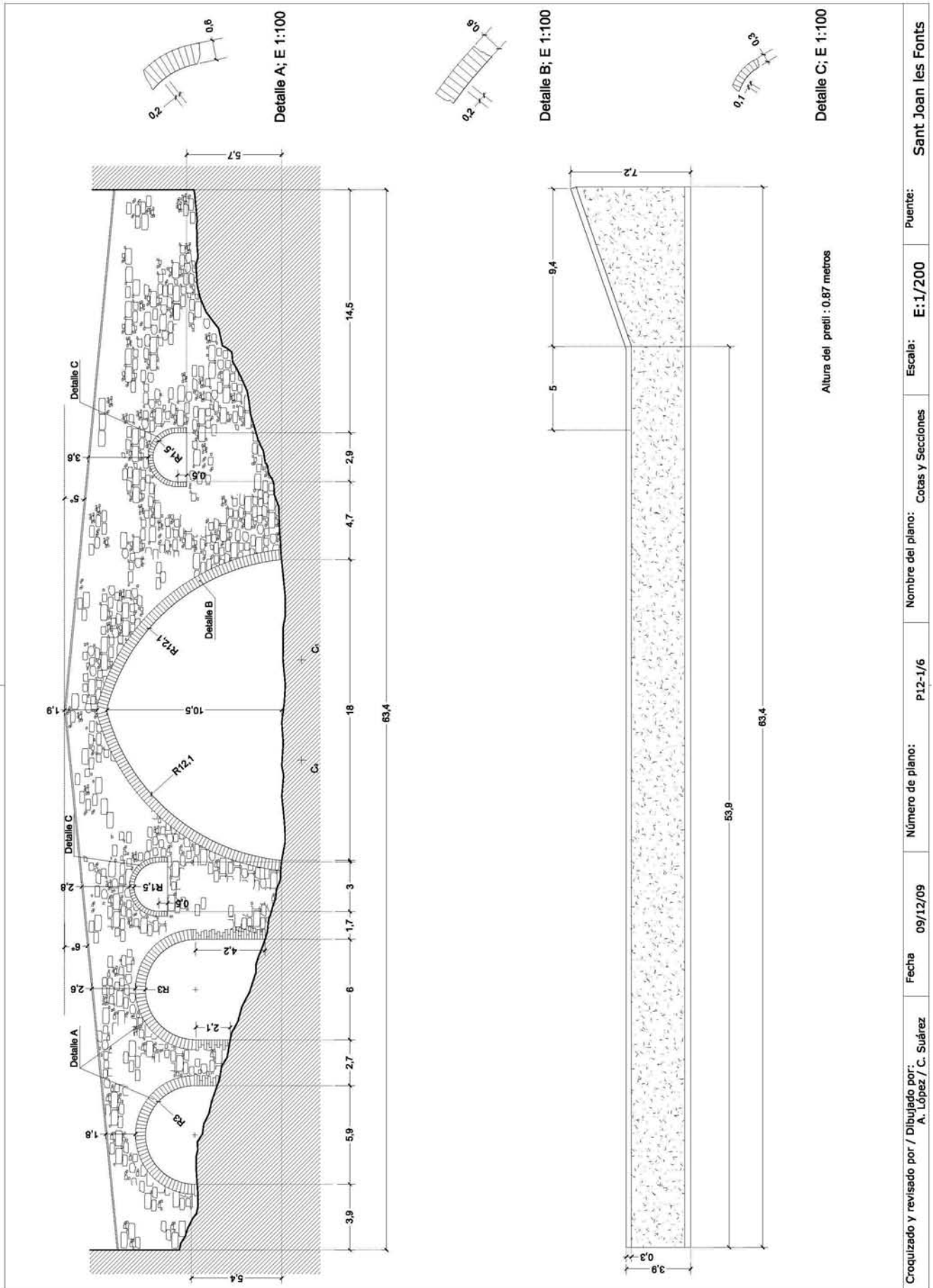
Imagen 12.2 Vista topográfica de la localización del puente.

2. Características generales

12	2.1	Número de arcos		3
12	2.2	Luz de los arcos	L (metros)	5,9-18
12	2.3	Directriz del arco principal	$\sigma = f / L$	$10,5/18 = 1/1,71$
12	2.4	Número de arquillos de aligeramiento		2
12	2.5	Altura del puente desde la albardilla del pretil al lecho del río	H (metros)	13
12	2.6	Calzada con pendientes		si
12	2.7	Longitud calzada 1 izquierda aguas abajo	L_{c1} (metros)	32,2
12	2.8	Ángulo de inclinación 1	β_1	6°
12	2.9	Longitud calzada 2	L_{c2}	31,1
12	2.10	Ángulo de inclinación 2	β_2	6°
12	2.11	Longitud total en planta	L_c (metros)	63,4
12	2.12	Ancho total en planta	A_p (metros)	3,9
12	2.13	Ancho de la calzada	A_c (metros)	3,3
12	2.14	Espesor de los pretils	c_p (metros)	0,3
12	2.15	Altura de los pretils	h_{pr} (metros)	0,87
12	2.16	Acabado del pretil: albardilla, piezas con un labrado superficial		piezas 8cm de altura
12	2.17	Longitud de los estribos	C_E (metros)	2,7 y 4,7
12	2.18	Longitud del terraplén	L_t (metros)	2,4 y 10
12	2.19	Encauzamiento del río en este tramo		No

Tabla 12.2 Datos arquitectónicos.

En la página siguiente: Dibujo 12.0 Plano P12 – 1/6 Dimensiones fundamentales.



El puente está sobre el río Fluvià a su paso por la localidad de Sant Joan les Fonts. Se halla encajado entre los márgenes de las paredes rocosas que limitan el valle por el que transcurre el río.

Por el margen derecho, y a una cota próxima a los 10 metros desde la línea de agua se construyeron los edificios que forman la parte norte del pueblo.



Imagen 12.3 *A la izquierda:* vista desde el margen izquierdo, al fondo las viviendas del norte de la población



Imagen 12.4 *A la derecha:* vista desde el margen derecho aguas abajo. Al fondo la iglesia de Sant Joan

Por el margen izquierdo, sobre un montículo, se eleva, dominando el pueblo y el valle del Fluvià, la iglesia de Sant Joan. La ladera, desde la iglesia a la línea de agua del río es de basalto.

Entre la ladera de basalto y la población se construyó el puente que une ambos márgenes.

Su rasante de 63 metros se construyó con una ligera doble pendiente, de 5° por cada lado, y una anchura de su plataforma de casi 4 metros. Cuenta con pretils para la seguridad de los usuarios de 0,3 metros de grueso y 0,87 metros de altura. Los pretils están coronados por un pasamano metálico construido con tubo de 40 mm de diámetro soportado por apoyos perpendiculares del mismo material que se empotran en el pretil.

La parte visible de la rasante acaba en una capa de rodadura de aglomerado asfáltico. En el 2008 el puente está abierto al tráfico rodado.

La rasante descansa sobre tres bóvedas de formas y tamaños diferentes. La principal de 18 metros de luz, esta formada por arco apuntado, las otras dos son de medio punto peraltadas.

La clave de la bóveda principal se sitúa en un plano vertical, al que también pertenece el eje del río. Este plano divide al puente en dos partes de 32 y 31 metros de longitud.

Bajo la parte de mayor longitud, la unida al margen derecho, se encuentran las dos bóvedas menores. Ambas con sus directrices de medio punto, que cubren luces prácticamente iguales, de 6 metros cada una. La más cercana al inicio del puente, está de este a 4 metros de distancia.



Imagen 12.5 A la izquierda: el puente visto desde el margen derecho y aguas arriba. Obsérvese que los arquillos no están contenidos en el mismo plano horizontal

Imagen 12.6 A la derecha: vista de la calzada desde el margen derecho.

Se alzan desde el perfil actual del terreno sobre paredes formando dos arcos peraltados. Un mismo plano horizontal a la línea de agua contiene el extradós de ambas bóvedas, separadas por una pila de 2,7 metros de ancha.

Entre la segunda bóveda y el arranque de la principal, se encuentra la pila de tres metros, que tiene su cimientó bajo la línea de agua.

Sobre el eje vertical de esta última pila, a 7 metros del plano que contiene los arranques, se sitúa el primer arquillo de aligeramiento, formado por un arco de medio punto de 3 metros de luz y con unos peraltes de 0,5 por cada lado.

El plano vertical de simetría de la estructura coincide con la flecha de la bóveda principal. La flecha de la bóveda principal es de 10,5 metros,

Los arcos que al cortarse forman la directriz de la bóveda principal se trazaron con radios de 12,1 metros, dando lugar a una bóveda de 18 metros de luz y 10,5 de flecha. Los dos arranques desde un plano que se confunde con la línea de agua.

La otra parte del puente, la del margen izquierdo, se apoya sobre el lecho ascendente de la ladera del valle fluvial formado por una roca visible de origen basáltico que asciende desde el río hacia la iglesia de Sant Joan.

En cambio, no podemos afirmar con certeza que en el margen derecho ocurra lo mismo. La cubierta vegetal de esta zona ya que la roca en este margen no está visible como en el margen izquierdo.



Imagen 12.7 A la izquierda: margen izquierdo y aguas abajo, rocas basálticas sobre las que se asienta el puente..



Imagen 12.8 A la derecha: paramento de la cara de aguas abajo y margen izquierdo. Obsérvese la variación de la composición del paramento conforme este gana altura.

En la parte del paramento limitado por: la ladera de basalto, la bóveda apuntada y la rasante, se localiza el segundo arquillo de aligeramiento. De geometría y medidas casi iguales al del primer arquillo ya descrito: bóveda circular de medio punto, peraltado con paredes de 0,5 de altura.

El plano que contiene la base de este arquillo se eleva 5,7 metros sobre el que contiene los arranques de la bóveda principal y se separa 4,7 metros, del vertical que contiene el arranque del margen izquierdo.

La composición de ambos paramentos del puente es muy semejante, seguramente corresponden a las intervenciones que durante siglos se han realizado en el puente.

Las dovelas de las tres bóvedas están formadas por unidades de 0,6 metros de canto y 0'2 metros de grueso. Las cercanas a la zona de la clave de la principal mantiene la dimensión del canto pero son de menor grueso que el resto.

En alguna época de su vida, el paramento debía tener una capa de enlucido, que actualmente solo es visible en las cotas inferiores del puente.

Desde la base a las cotas donde se sitúan los arquillos, está construido con sillarejo en el que se pueden observar lajas y ripio. La alineación y la traba en las filas inicial se va perdiendo con la altura. La zona de los pretiles se distingue del resto, seguramente por la mayor frecuencia de intervenciones.

Hemos distinguido hasta cuatro tipos diferentes de piedra, las areniscas de color granate, las de basalto sin porosidades, las de basalto con gran número de poros, las negras tobas de menor peso específico y menor resistencia que las anteriores.

Esta variedad del color de las piezas resalta la estética del puente por los matices del colorido de sus paramentos.

El intradós de la bóveda principal está enlucido con un mortero de color ocre claro.

Al interior del arquillo del margen izquierdo se puede acceder. Como es frecuente, se puede verificar que el tamaño de las piezas que forman su intradós son diferentes de las que forman la boquilla. El estado de conservación no es bueno, se observa la pérdida de material de aglomerante.

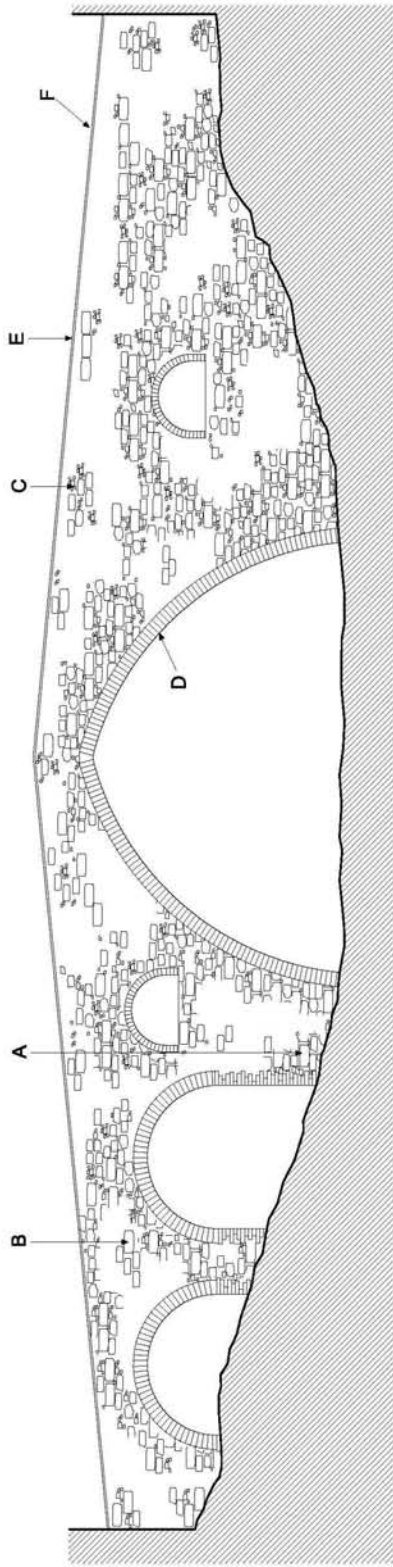


Imagen 12.9 Detalle de la bóveda, enlucida con una capa de mortero.




En las páginas siguientes:

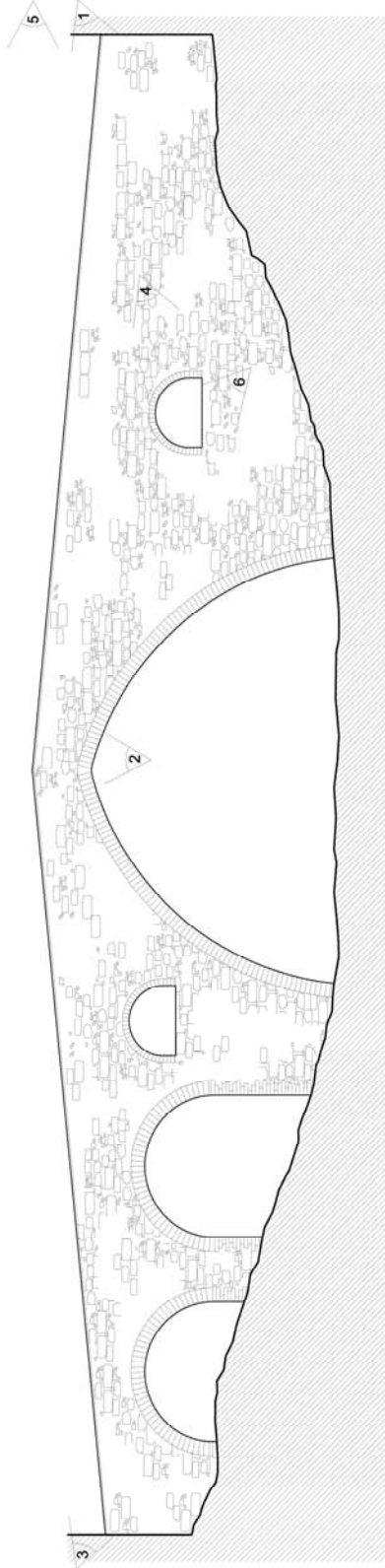
Dibujo 12.1 P12 – 2/6 Sobre la composición del paramento.

Dibujo 12.2 Plano P12 – 3/6 Detalles fotográficos



Materiales que componen el paramento visto desde aguas abajo

- 
A Sillarejo, lajas y fido de piedra volcánica de color negro y granito, unidas con mortero de cal.
- 
B Mampostería de cal y piedra volcánica de color negro.
- 
C Mampostería ordinaria con mortero de cal.
- D** Los arranques de sillarejo, mampuestos, lajas y fido de diferentes tipos de piedra unidos con mortero de cal y de cemento. Se observan pérdidas de mortero en las uniones.
- E** Perfiles de mampostería de cal y cemento terminadas con lajas grandes.
- F** Capa de rodadura formada con aglomerado asfáltico.



1. Paramento desde orilla derecha aguas arriba



4. Pila y arquillo de aligeramiento desde orilla izquierda aguas abajo



2. Clave del arco central desde aguas arriba



5. Calzada en trazado horizontal respecto al eje longitudinal del puente



3. Paramento desde orilla izquierda aguas arriba



6. Detalle de la bóveda del arquillo de aligeramiento

Fotografías por / Dibujado por: A. López / C. Suárez

Fecha 02/12/09

Número de plano: P.12-3/6

Nombre del plano: Detalles fotográficos

Escala: E:1/200

Puente:

Sant Joan les Fonts

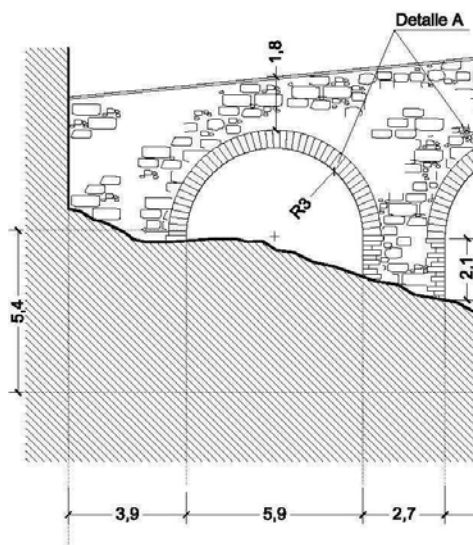
3. Geometría de la estructura

3.0 Características de los arcos

Vistos desde aguas abajo.

Orden de identificación: de izquierda a derecha.

3.1 Arco primero



Dibujo 12.3 Arco primero.

12	3.1.2	Número de roscas		1
12	3.1.3	Radio	R_1 (metros)	3
12	3.1.4	Luz	L_1 (metros)	5,9
12	3.1.5	Flecha	f_1 (metros)	2,9
12	3.1.6	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_1$	180°
12	3.1.7	Directriz : flecha/luz	$\sigma_1 = f_1 / L_1$	$2,9/5,9 = 1/2$
12	3.1.8	Ancho de pilas	B_{p1}	3,9 y 2,7
12	3.1.9	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p1} (metros)	2,1
12	3.1.10	Dovelas: canto	c_1 (metros)	0,6
12	3.1.11	grueso	e_1 (metros)	0,2
12	3.1.12	Cantidad de dovelas	n_1	45
12	3.1.13	Canto dovela / luz	c_1 / L_1	$0,6/5,9 = 1/9,8$
12	3.1.14	Relación ancho pila / luz	B_{p1} / L_1	$2,7/5,9 = 1/2,18$
12	3.1.15	Estado de la bóveda	E_{b1}	Regular

Tabla 12.3 Detalles del arco primero

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco peraltado con las tangentes verticales en los arranques, donde se cumple que $\sigma_1 = 1/2$, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco de medio punto completo y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie C.

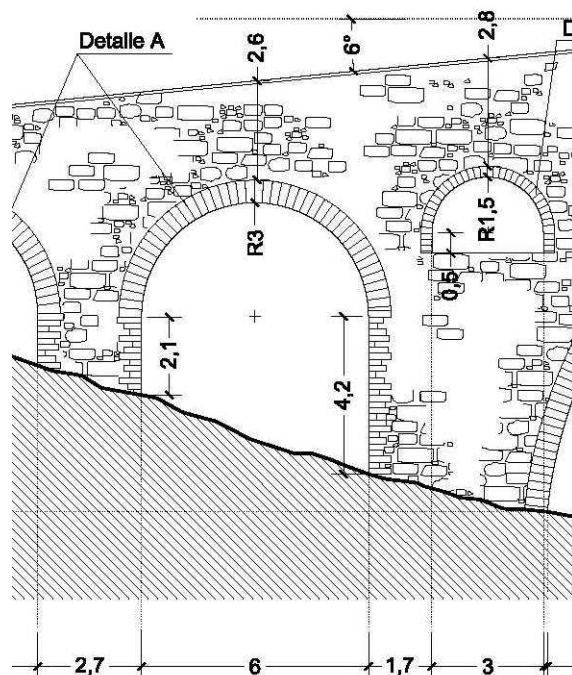
En función del diámetro, es un arco 2b (> 5 metros, < 10 metros).

Esbeltez del arco: $c_1/L_1 = 0,6/5,9 = 1/9,8$

Material de la bóveda 4a: posible sillería de piedra o de mampuesto.

Cimentación 5b: zapata de sillería sobre roca.

3.2 Arco segundo



Dibujó 12.4 Arco segundo.

12	3.2.1	Número de roscas		1
12	3.2.2	Radio	R_2 (metros)	3
12	3.2.3	Luz	L_2 (metros)	6
12	3.2.4	Flecha	f_2 (metros)	3
12	3.2.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_2$	180°
12	3.2.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_2 = f_2 / L_2$	$3/6 = 1/2$
12	3.2.7	Ancho de pilas	B_{p2}	2,7 y 4,7
12	3.2.8	Altura peraltes desde el cimientó al arranque del arco	h_{p2} (metros)	2,1 y 4,2
12	3.2.9	Dovelas: canto	c_2 (metros)	0,6
12	3.2.10	grueso	e_2 (metros)	0,2
12	3.2.11	Cantidad de dovelas	n_2	47
12	3.2.12	Canto dovela / luz	c_2 / L_2	$0,6/6 = 1/10$
12	3.2.13	Relación ancho pila / luz	B_{p2} / L_2	$2,7/6 = 1/2,22$
12	3.2.14	Estado de la bóveda	E_{b2}	Regular

Tabla 12.4 Detalles del arco segundo.

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco peraltado con las tangentes verticales en los arranques, donde se cumple que $\sigma_2 = 1/2$, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco de medio punto completo y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie C.

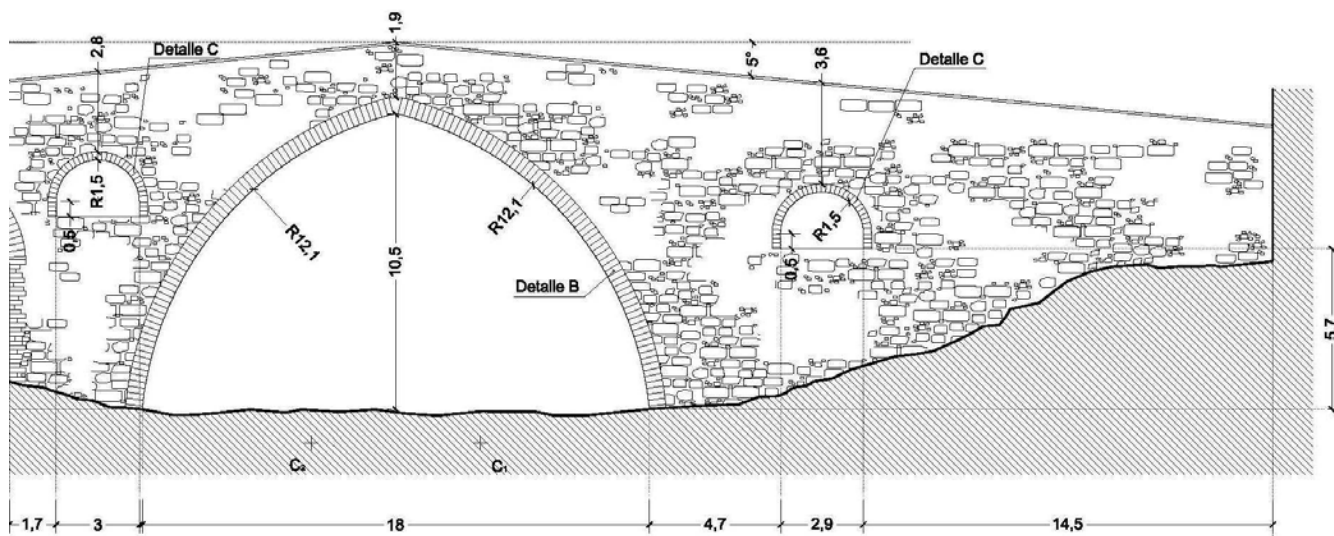
En función del diámetro, es un arco $2b$ (> 5 metros, < 10 metros).

Esbeltez del arco: $c_2/L_2 = 0,6/6 = 1/10$

Material de la bóveda 4a: posible sillería de piedra o de mampuesto.

Cimentación 5b: zapata de sillería sobre roca.

3.3 Arco tercero



Dibujo 12.5 Arco tercero.

12	3.3.1	Número de roscas		1
12	3.3.2	Radio	R_3 (metros)	12,1
12	3.3.3	Luz	L_3 (metros)	18
12	3.3.4	Flecha	f_3 (metros)	10,5
12	3.3.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_3$	180°
12	3.3.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_3 = f_3 / L_3$	10,5/18 = 1/1,7
12	3.3.7	Ancho de pilas	B_{p3}	4,7 y 4,7
12	3.3.8	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p3} (metros)	No
12	3.3.9	Dovelas: canto	c_3 (metros)	0,6
12	3.3.10	grueso	e_3 (metros)	0,2
12	3.3.11	Cantidad de dovelas	n_3	
12	3.3.12	Canto dovela / luz	c_3 / L_3	0,6/18 = 1/30
12	3.3.13	Relación ancho pila / luz	B_{p3} / L_3	4,7/18 = 1/3,8
12	3.3.14	Estado de la bóveda	E_{b3}	Regular

Tabla 12.5 Detalles del arco tercero.

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes inclinadas en los arranques, donde se cumple que $\sigma_3 > \frac{1}{2}$, que en la clasificación de P.S. corresponde a dos arcos que se cortan y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie OA*.

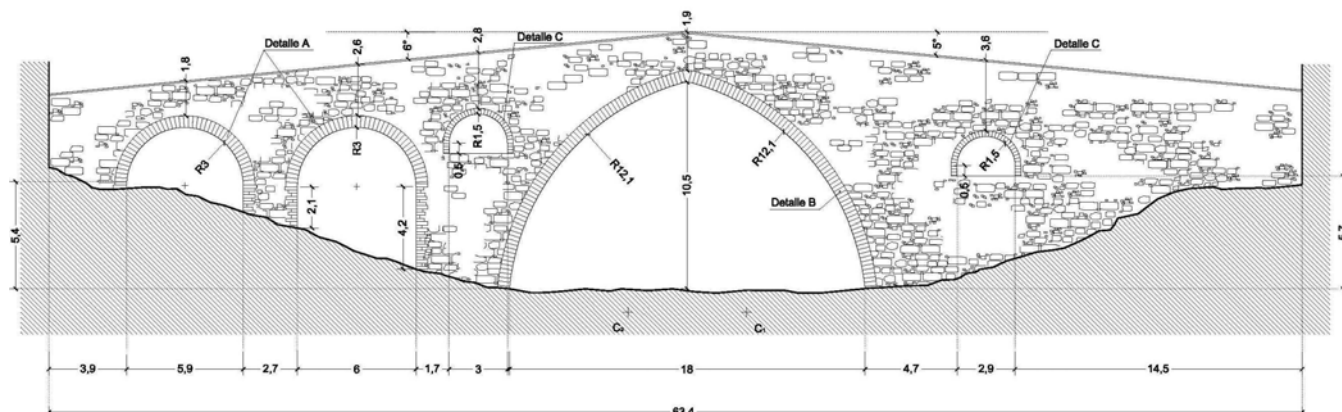
En función del diámetro, es un arco 2d (> 15 metros, < 20 metros).

Esbeltez del arco: $c_3/L_3 = 0,6/18 = 1/30$

Material de la bóveda 4a: posible sillería de piedra o de mampuesto.

Cimentación 5b: zapata de sillería sobre roca.

3.4 Resumen de las características de los arcos



Dibujo 12.6 Alzado del puente.

Arcos		Primero	Segundo	Tercero
Número de roscas		1	1	1
Radio	R_{1-3} (metros)	2,9	3	12,1
Luz	L_{1-3} (metros)	5,9	6	18
Flecha	f_{1-3} (metros)	2,9	3	10,5
Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_{1-3}$	180°	180°	2 - 90°
Directriz : flecha/luz	$\sigma_{1-3} = f_{1-3} / L_{1-3}$	2,9/5,9 = 1/2	3/6 = 1/2	10,5/18 = 1/1,7
Ancho de pilas	B_{p1-3}	3,9	2,7	4,7 - 4,7
Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p1-3} (metros)	1,8	2,7	0
Dovelas: canto	c_{1-3} (metros)	0,6	0,6	0,6
grueso	e_{1-3} (metros)	0,2	0,2	0,2
Cantidad de dovelas	n_{1-3}	45	47	-
Canto dovela / luz	c_{1-3} / L_{1-3}	0,6/5,9 = 1/9,8	0,6/6 = 1/10	0,6/18 = 1/30
Relación ancho pila / luz	B_{p1-3} / L_{1-3}	3,9/5,9 = 1/1,51	2,7/6 = 1/2,22	4,7/18 = 1/3,82
Estado de la bóveda	E_{b1-3}	Regular	Regular	Regular

Tabla 12.6 Resumen de características de los arcos.

3.5. Características de los arquillos

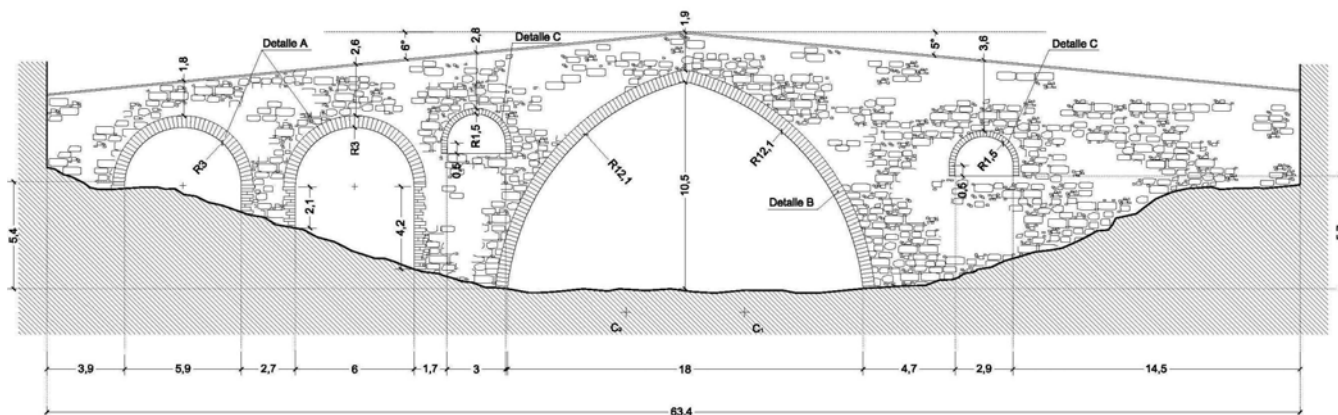
Sigue con la misma nomenclatura de identificación que los arcos

Arquillos		Primero	Segundo
Número de roscas		1	1
Radio	R_{1-2} (metros)	1,5	1,5
Luz	L_{1-2} (metros)	3	2,9
Flecha	f_{1-2} (metros)	1,5	1,5
Directriz : flecha/luz	$\sigma_{1-2} = f_{1-2} / L_{1-2}$	1,5/3 = 1/2	1,5/2,9 = 1/1,93
Altura peraltes	h_{pa} (metros)	0,5	0,5

Tabla 12.7 Características de los arquillos.

4, 5 y 6. Características de las pilas, tajamares, estribos y terraplenes

Sigue con la misma nomenclatura de identificación que los arcos



Dibujo 12.7 Alzado del puente.

4. Pilas	Primera	Segunda	Tercera y Cuarta
Dimensiones (largo x fondo)	2,7 x 3,9	2,7 x 3,9	4,7x 3,9
Ancho de la pila / luz del arco B_p / L	$2,7/5,9 = 1/2,18$	$2,7/6 = 1/2,22$	$4,7/ 18= 1/ 3,83$
Altura de la pila: desde cimiento a arranque del arco h_p	+ - 4,2	+ - 4,2	4,7 y 4,7
Ancho de la pila mayor / altura del puente B_p / H	-	-	$4,7/13 = 1/2,7$
Cimiento de la pila T_c	No	No	No
Base en la que se apoya el cimiento	No	No	No
Protección contra la erosión	No	No	No

Tabla 12.8 Características de las pilas.

7. Sobre las reglas empíricas

Luz	Canto	Altura de pila	Ancho de pila
5,9	0,6	0	2,7
6	0,6	2,1	2,7
18	0,6	0	4,7
18	0,6	0	4,7

Tabla 12.9 Valores correspondientes al puente de Sant Joan les Fonts.

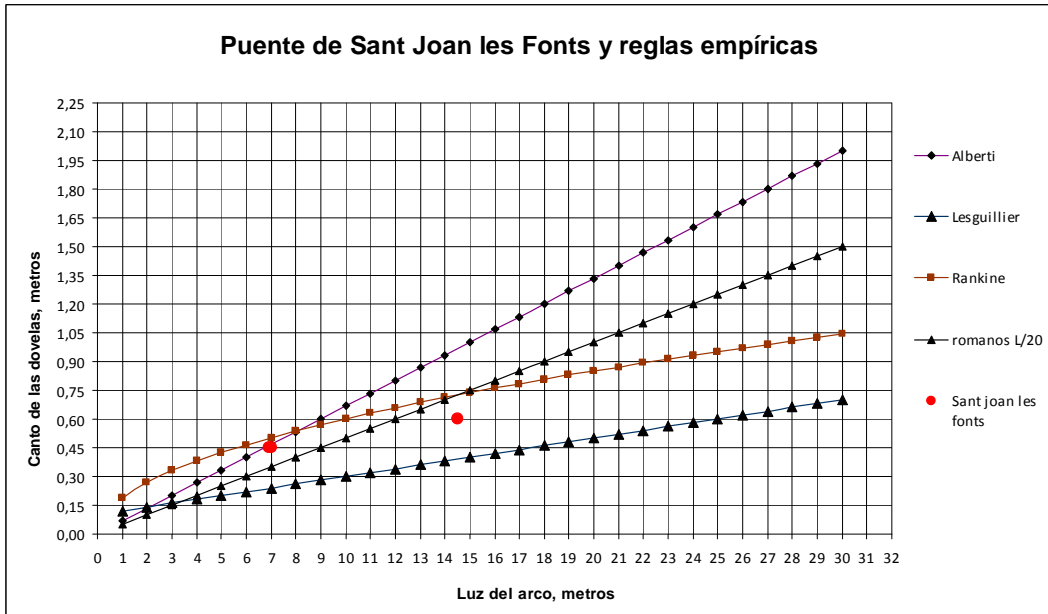


Gráfico 12.1 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Sant Joan les Fonts.

Se puede observar que los cantos, c , de las dovelas de las dos bóvedas menores (casi idénticas), se corresponden con la regla propuesta por Albertí.

La bóveda principal, de 18 metros de luz, tiene dovelas de canto cercano tanto a la regla desarrollada por Rankine como la desarrollada por los romanos ($L/20$).

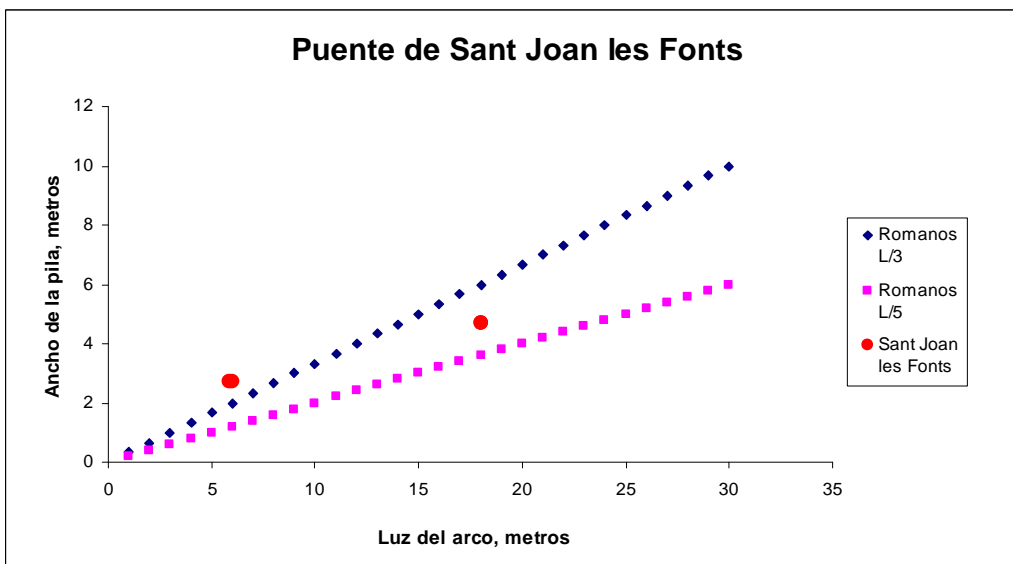


Gráfico 12.2 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Sant Joan les Fonts.

El ratio ancho pila respecto a la luz para la bóveda central, se mantiene cercano a los valores de las Reglas Empíricas que se utilizaban en las construcciones romanas. En cambio, la relación entre la luz de los dos arcos secundarios (primero y segundo) y la anchura de las pilas es mayor de lo que indican estas mismas reglas.

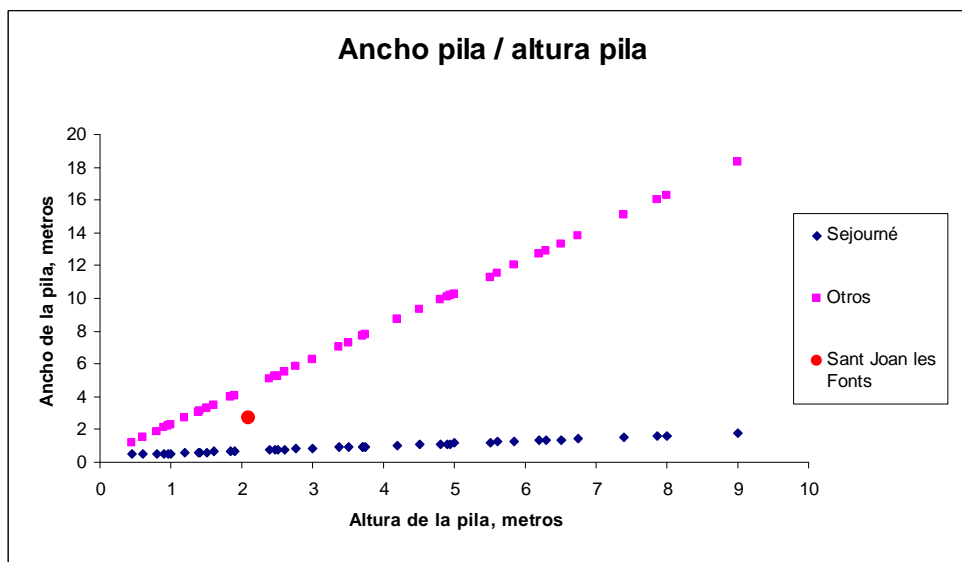


Gráfico 12.3 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Sant Joan les Fonts.

No obstante, como ocurre en otros puentes, esta relación se encuentra entre la que propondrá Séjourné y las de otras reglas de épocas anteriores.

8. Sobre la estructura

Con el programa ARCS hemos determinado, para cada bóveda, los valores de los empujes y las excentricidades necesarios para mantener la línea de presiones en la zona comprendida en el tercio central de la boquilla de cada bóveda.

En las conclusiones del trabajo, se comparan los resultados obtenidos con ARCs con los resultados obtenidos por el procedimiento analítico.

A modo de resumen se puede destacar que los resultados medios de los empujes horizontales obtenidos mediante el procedimiento analítico son un 5,25% menores que los obtenidos con la simulación con ARCs.

8.1 Valores de los empujes y excentricidades obtenidos con ARCs, para diferentes condiciones:

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	295	1,1 y 1,1
Segunda	460	1,2 y 1,2
Tercera	1240	3,3 y 2,9

Tabla 12.10 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas debidos al peso propio de la estructura.

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	295	1,1 y 1,1
Segunda	460	1,2 y 1,2
Tercera	1560	3,3 y 2,9

Tabla 12.11 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas considerando un tren de cargas de dos ejes separados 2 metros y cada una cargada con 120 KN, y con coeficiente de seguridad 3, localizando la carga a ½ de la bóveda principal.

8.2 Valores de las cargas específicas sobre los cimientos obtenidas por el procedimiento analítico:

Pila	Carga específica σ (N/mm ²)
Primera	0,266
Segunda	0,242
Tercera	0,560
Cuarta	0,488
Valor medio familia	0,368
Valor medio general	0,35313

Tabla 12.12 Valores de las cargas específicas que las pilas apoyan sobre los cimientos

Para realizar la clasificación de la estructura hemos recurrido a la propuesta Sèjourné y también a otras de uso común para las estructuras de obra de fábrica.

Tal y como procedimos en los puentes anteriores, sustituimos la carga doble de 120 KN por la que representarían tres animales de carga, en paralelo, y cada uno de ellos con una carga total de 400 kg. Esto supondría, si las distanciamos 2 metros, cargas puntuales de 6 KN que, para mantener el mismo recorrido de la línea de presiones, eleva el coeficiente de seguridad a 60.

Según el nº de arcos es: multiarco (1.b)
 En función del vano mayor: >15 < 20 metros (2.d)
 En función de la esbeltez: clave/luz 1/30
 En función de la directriz: flecha /luz 1/1,17
 En función del material de la bóveda: diversos materiales (4.d)
 En función de las cargas máxima sobre el cimiento: 0,560 N/mm²
 Y de los máximos empujes horizontales: 1560 KN
 En función del tipo de cimentación: zapata de sillería sobre roca (5.b)

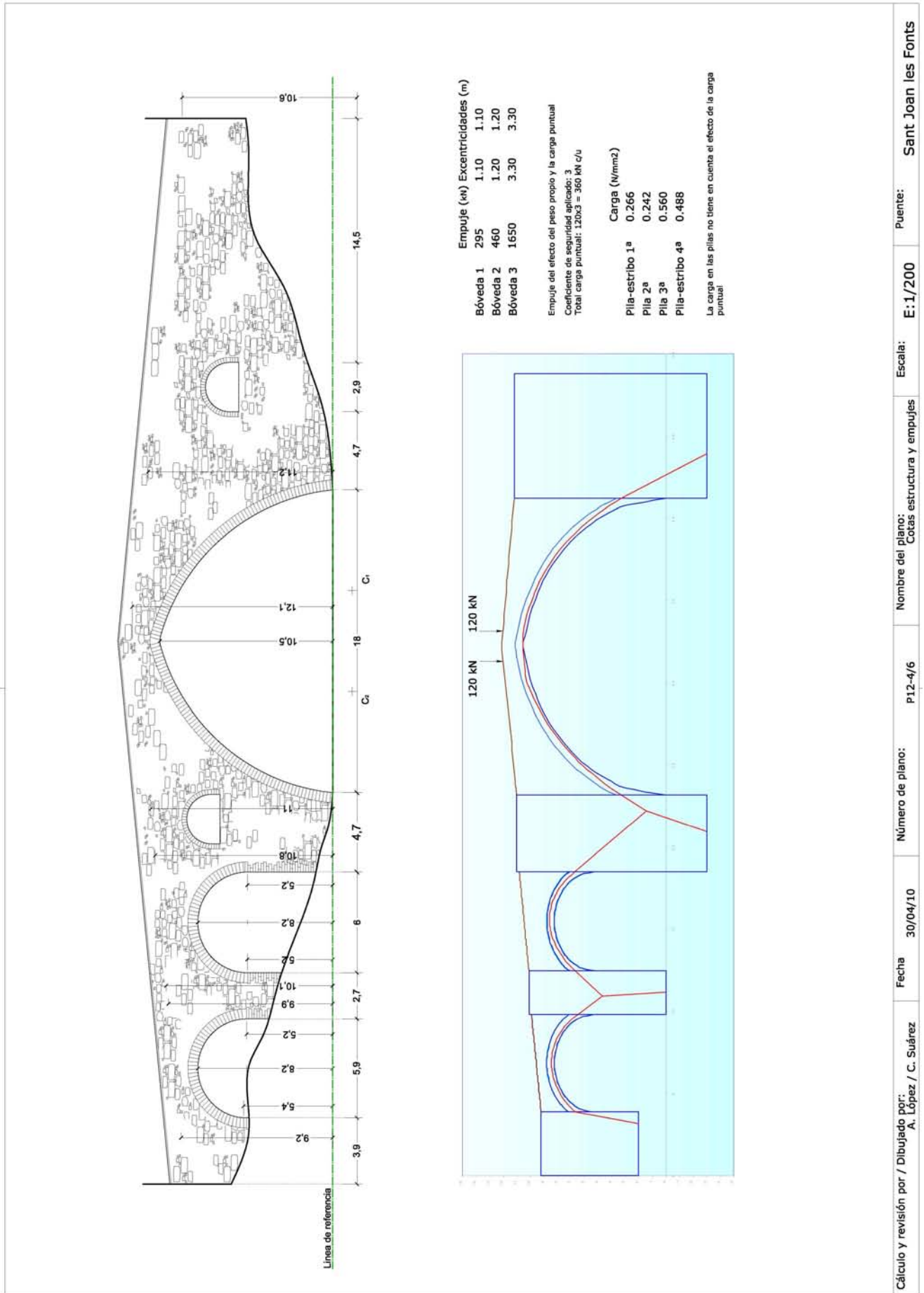
Las tres bóvedas: la primera y la segunda son de medio punto completo C, la principal es de dos arcos que se cortan con las tangentes inclinadas, serie OA*.

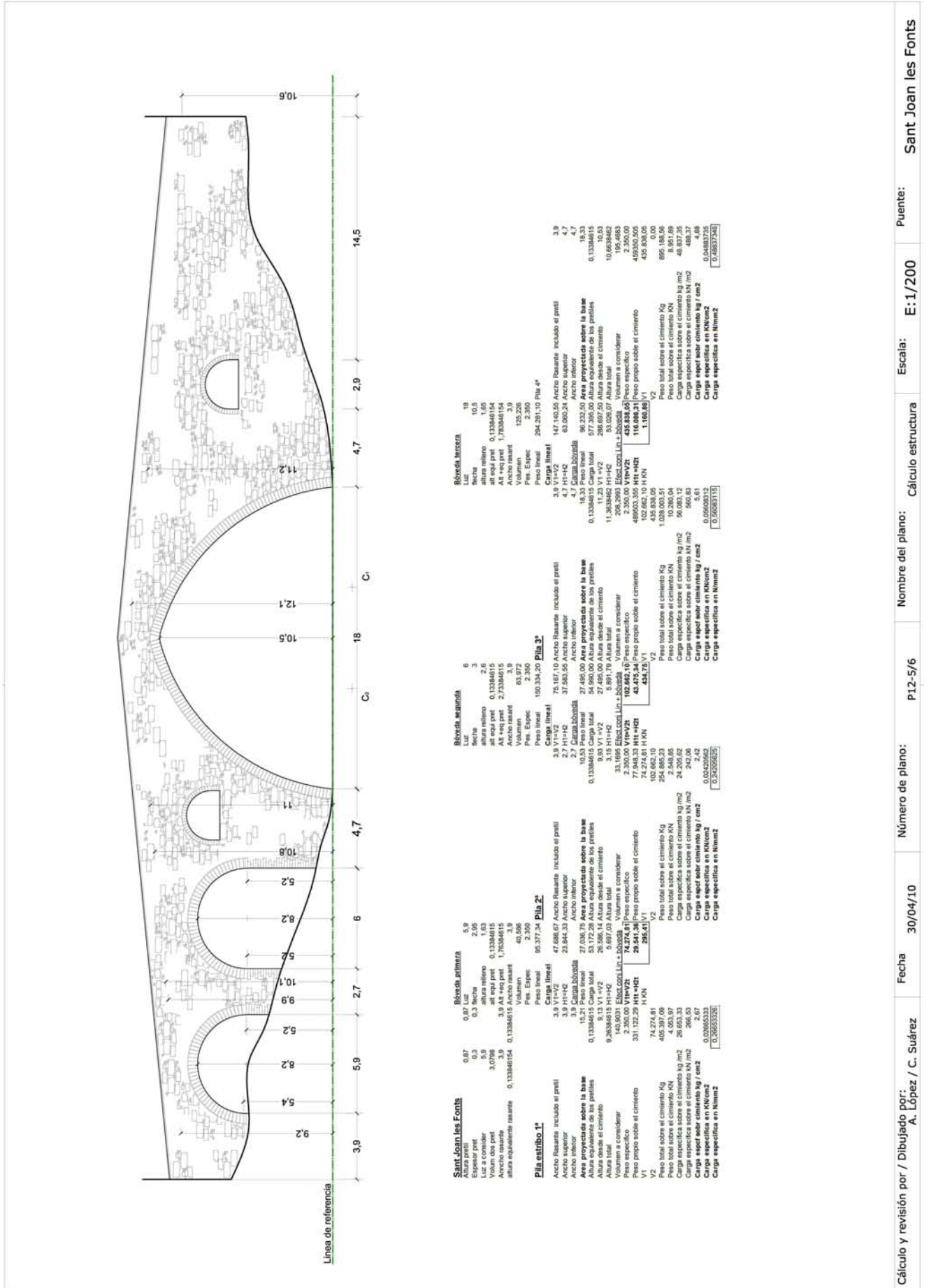
Cuadro 12.1 – Clasificación global de la estructura.

En las páginas siguientes:

Dibujo 12.8 Plano P12 – 4/6 Recorrido de la línea de presiones, programa ARCs.

Dibujo 12.9 Plano P12 – 5/6 Tabla con el resumen del cálculo analítico del valor de los empujes.





9. Sobre la hidráulica del puente

Desde el punto de vista hidráulico, hemos calculado los diferentes grados de obturación del puente en función del calado. En el dibujo 12.10 puede verse una aproximación a la zona inundable para diferentes valores de calado y también para cada uno de ellos el coeficiente de obturación que oscila entre el 37,85% y el 60,36%.

La pendiente del río en el tramo donde se localiza el puente es del 2,142%, que corresponde a una zona torrencial.

Por la referencia que hemos obtenido del Sr. Manel Soler, presidente de Amics de Sant Joan les Fonts, en la gran avenida de octubre de 1940 el agua sobrepasó los pretilos del puente. Al bajar las aguas, entre los residuos que transportó, se encontró un cerdo ahogado que quedó en la calzada del puente. Esta avenida correspondió a un caudal, medido en Olot, de 230 m³/s y que, aguas abajo, en el puente de Esponellà, donde hay una regleta indicadora marcaba un caudal de 1875 m³/s.

Datos relativos a la hidráulica del puente¹

Cuenca Km ²	Lluvia media diaria mm	Cv	Lluvia máxima diaria (mm) T.100 años	Lluvia máxima diaria (mm) T: 500 años	Caudal punta T: 100 años m ³ /seg	Caudal punta T:500 m ³ /seg
139,26	94	0,435	237	315	345,3	534,6

Tabla 12.13 Valores sobre la pluviometría y su repercusión a su paso por el puente

Considerando que la velocidad de la lamina de aguas se mantendrá a la misma velocidad de forma independiente al caudal (2 m/s)

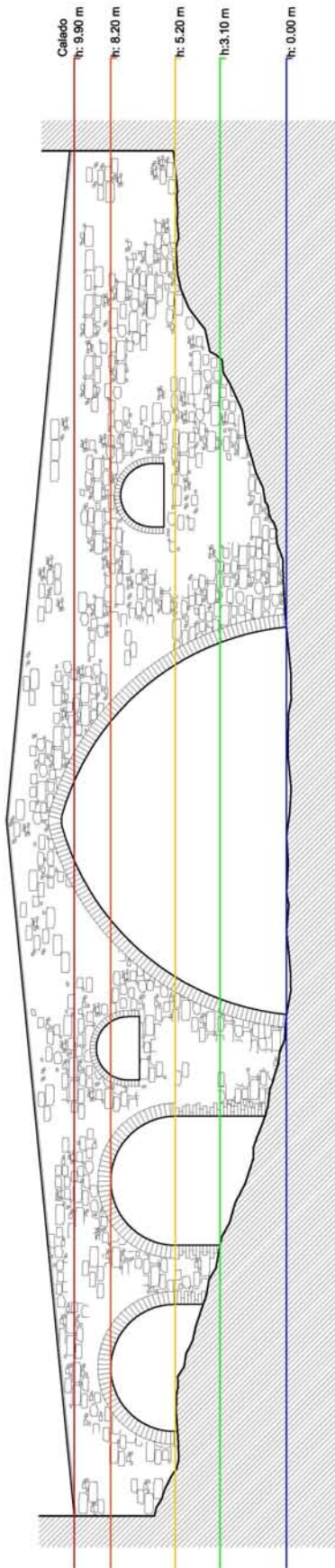
1 Período retorno (años)	2 Caudal punta (m ³ /seg)	3 Velocidad agua (m/s)	4 Superficie equivalente total (m ²) (2/3=4)	5 Sección de paso del puente (m ²)	6 Sección suplementaria (m ²) (4-5=6)	7 Longitud del puente (m)	8 Altura equivalente agua (m) (6/7=8)
100	345,3	2	172,65	195,57	- 22,92	53,4	- 0,42
500	534,6	2	267,3	195,57	71,73	53,4	1,34

Tabla 12.14 Determinación del calado correspondiente a caudales punta para T=100 y T=500.

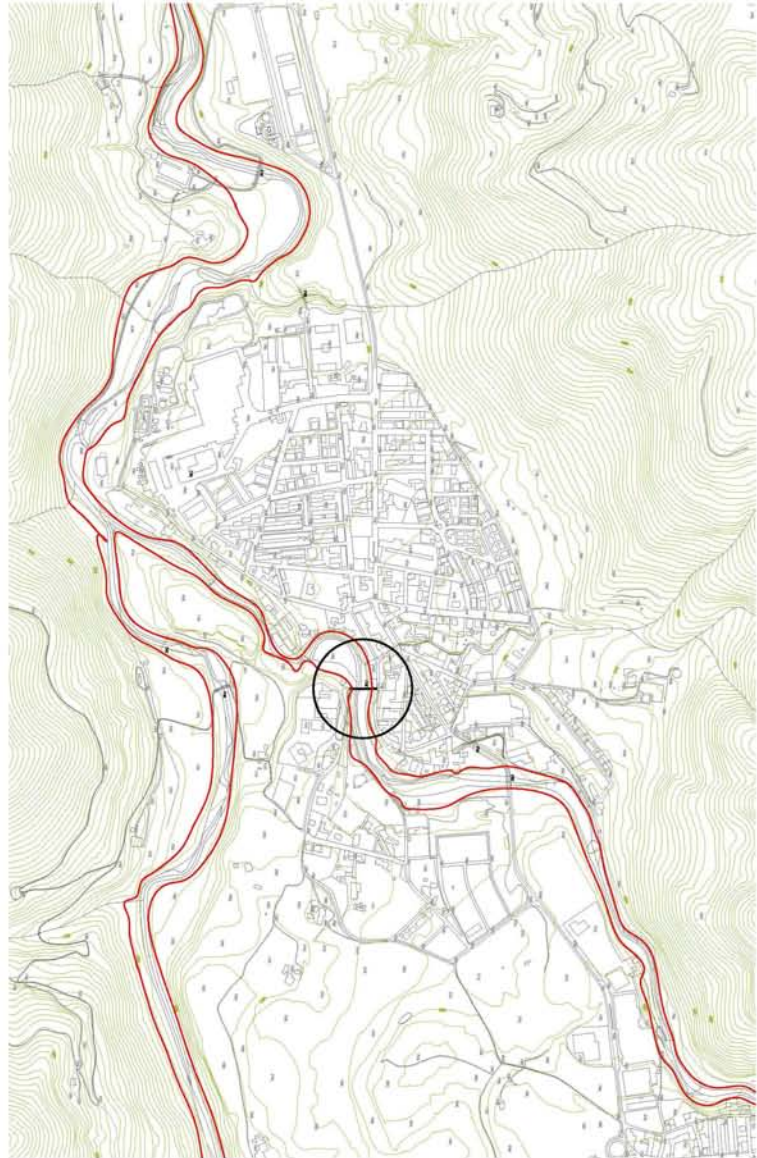
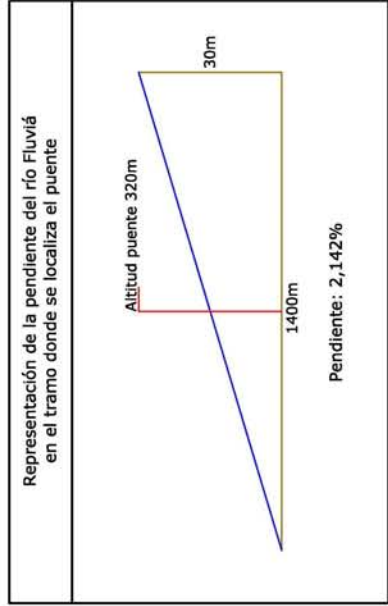
Para T=100 el nivel sería de 9,9 – 0,42 = 9,48 metros, siendo superior a la cota máxima del arquillo del margen izquierdo, sin producir inundación. Para T=500, la cota del agua sería 9,9 + 1,34 = 11,24 metros, siendo equivalente a inundación por ambos márgenes sin llegar a sumergir los pretilos de la zona de la clave.

En la página siguiente: Dibujo 12.10 Plano P12 – 6/6 Sobre la obturación en función del calado. Pendiente motriz y posible zona de inundación.

¹ Cálculos procedimiento “Máximas lluvias diarias en la España peninsular” del M. Fomento 2001.



Sección total	Sección de paso	% Obstrucción	Calado
494.09 m ²	195.87 m ²	60.36 %	h: 9.90 m
386.36 m ²	183.52 m ²	52.51 %	h: 8.20 m
197.33 m ²	109.80 m ²	44.36 %	h: 5.20 m
100.27 m ²	62.32 m ²	37.85 %	h: 3.10 m



10. Hechos históricos asociados con el puente:

El puente aparece documentado por primera vez en un privilegio de caza y pesca del 14 de octubre de 1247. Los historiadores coinciden al señalar que, en este punto del río, debía haber, con anterioridad, algún paso y algún establecimiento para atender a los viajeros. Se convirtió en una pieza clave para las comunicaciones entre la Cerdaña y el Vallespir hacia el condado de Besalú. En este entorno se instalaron, familias de menestrales, carpinteros, albañiles, taberneros, basteros... El barrio del puente fue la base del primer núcleo urbano de la población.

Se trata de un puente medieval característico, con un arco central más amplio que el resto. Domina su entorno la iglesia nueva, un edificio imponente, con aires de catedral y que está situada en un montículo que parece imponerse a la obra de fábrica, a pesar que el edificio religioso más notable de Sant Joan les Fonts es su monasterio, documentado antes que el puente. Fue consagrado en el año 958, hecho que reafirma la opinión de la existencia de un puente anterior al actual. Se hace difícil imaginar una fundación monacal sin una comunicación eficaz con los condados del norte.

Los constructores medievales, herederos de la técnica romana, sabían escoger los mejores lugares para situar los puentes, muchas veces aprovechando elementos de los cimientos de la época imperial.²

1.- Notas históricas

Se conoce, desde hace tiempo, la existencia de una vía secundaria romana, un "actus", que comunicaba las estribaciones pirenaicas gerundenses con la Vía Augusta, a través de las comarcas del Ripollés, la Garrotxa y el Empordà. Es muy posible que fuera este el camino por el que se transportara la sal de la costa a la montaña y, viceversa, la carne en salazón y los jamones desde la Cerdenya a Empúries para avituallar las naves romanas que recalaban en su puerto y como alimento de las legiones imperiales, según narran los autores de la época.

Restos de dicha calzada son actualmente visibles en el descenso del collado de Capsacosta, en una extensión aproximada de un kilómetro, así como en el puente sobre el Fluvià, aguas debajo de Castellfollit de la Roca, cuyos basamentos estaban contruidos con sillares evidentemente romanos y que, con nosotros, tuvo ocasión de ver el fallecido director del Museo Arqueológico Provincial, Consejero Provincial de Bellas Artes y Jefe del Servicio de Arqueología de la Diputación de Girona, doctor D. Miguel Oliva Prat, publicándolo, poco antes de su muerte, en la revista CYPSELA.

Siguiendo el trazado de la vía, que pese a las variaciones sufridas puede seguirse prácticamente en toda su extensión, nos conduce siempre a la localidad de Sant Joan les Fonts, población situada a unos 6 km de la ciudad de Olot, a cuyo partido judicial pertenece.

El puente sobre el río Fluvià, existente hoy día, no es indudablemente romano, aunque quizá lo fuera en su origen. Consideremos que como en Besalú y en Castellfollit de la Roca, el paso del Fluvià, por la entidad de su caudal, requería la existencia de un puente que no impidiera la libertad de paso en tiempos de lluvia.

Solamente dos noticias hemos podido entresacar de la monumental obra *Noticias históricas del condado de Besalú*, original de D. Francisco Montsalvatge Foses, que se refieren al puente de Sant Joan les Fonts. La primera corresponde al año 1281 y su texto es el siguiente: "venta hecha por (...) Planella y su hijo Guillermo a favor de Pedro y su mujer Berenguela de la mitad de los molinos del ponte, sitos sobre el Fluvià en San Joan las Fonts, reservándose la otra mitad; y bajo la condición de pagar a los otorgantes 3 medias cuarteras de trigo por Navidad en ayuda del censo que pagaban a la iglesia del monasterio de San Joan.

Actum est hoc IIII kalendas januarii anno Domini M. CC. LXXX, primo... Signum Gaucelmi prioris qui hoc firmo..." (Montsalvatge. *Noticias históricas*. Vol 12. Pag. 252 Documento MX)

La segunda cita textualmente: "Firma de señoría o nou establiment que fa per el prior Juan de Montuello a Arnau de Juvina y als seus de las dos parts dele molins que hi ha en esta en lo cap del pont al riu Fluvià per la quantitat 1... sous barcelonesos de terno, se salva la señoría y lo cens de tres cortas de blat net al 1º agost, y mesura de Olot.

Actum est hoc pridie nonas februarii anno domini millesimo trecentesimo vicesimo octavo. " (Montsalvatge. *Noticias históricas*. Vol. 12. Pag. 370. Documento MCCXXIV).

Tenemos casi la absoluta seguridad de que ninguno de ambos documentos se refiere al puente actual. Su estructura no corresponde a los siglos XIII y comienzos del XIV de los diplomas citados. Es muy posible que durante el primer tercio del siglo XV, en ocasión de los terremotos que asolaron las comarcas –especialmente el ocurrido el 2 de febrero de 1428-, quedara destruido el puente viejo y fuera substituido por el que todavía hoy se sigue utilizando, fijando su época de construcción por los alrededores del año 1450. Se trata simplemente de una hipótesis, puesto que las noticias al respecto son, por el momento, inexistentes³.

² "Els Ponts de J.Victor Gay i Carlus Gay Puigbert. pag 68

³ De la memoria sobre el puente preparada por el ayuntamiento de SJIF, para obtener una financiación de las obras para mejorar el puente. Sr.Manel Soler, presidente de Amic se Sant Joan les Font, para

2.- El monumento

El puente de Sant Joan les Fonts constaba inicialmente de tres arcos, uno de los cuales, el mayor, que abarca el actual cauce del río Fluvià, muestra señales evidentes de reconstrucción y su bóveda principal es apuntada. Siguiendo la dirección de las aguas, podemos ver a mano derecha dos arcos de medio punto, exento uno y el otro oculto, en parte, por las construcciones que se levantan a ambos lados. El arco de la izquierda, de menor tamaño que los anteriores, debido al poco desnivel con la ribera, se tapió no hace muchos años. Aparecen, así mismo, a cada lado del arco mayor, dos aliviaderos de medio punto. Parece que en un principio dicho arco mayor era también de medio punto – condición que se adivina contemplándolo desde el nivel del río- y que, seguramente, según hemos dicho antes, resultó destruido con motivo de los terremotos del siglo XV.

En la construcción del puente se utilizó, única y exclusivamente, la piedra del país, especialmente la volcánica porosa de color negruzco, que proporciona a la obra una sensación de vetustez muy acentuada. Los sillares son de pequeño tamaño y en algunos lugares de talla casi perfecta.

Se observa claramente la construcción en dos pendientes, siendo el punto más alto el coronamiento del arco mayor. Por el hecho de ser en un principio empedrado y obstaculizar modernamente la circulación rodada, se han acumulado en la calzada sucesivas capas de asfalto que han hecho subir el nivel del suelo y, en consecuencia, disminuir el de la baranda de piedra. Con todo, es un monumento digno de restauración y que, sin duda, debe reservarse como ejemplo de la arquitectura civil medieval de las comarcas gerundenses.⁴

⁴ Del documento citada en el pie de pagina 3. Documento elaborado por el Ayuntamiento de Sant Joan les Fonts. Manel Soler

Puente de Oix

Décimo tercer puente: Oix

Sobre la riera del mismo nombre que es afluente riera de Sant Aniol d'Aguja y esta del río Llierca.y que finalmente lo es del río Fluvià. Situado frente a la población de Oix del término municipal de Montagut.



Imagen 13.1 Vista general del puente desde orilla derecha aguas arriba.

1. Localización

13	1.1	Denominación del puente	Oix
13	1.2	Cuenca del río	Fluvià
13	1.3	Comarca	Garrotxa
13	1.4	Río	Oix
13	1.5	Termino municipal	Montagut – Oix
13	1.6	Lugar	Oix
13	1.8	Coordenadas geográficas	42° 16' 16,50" N 2° 31' 57,36" E
13	1.9	Coordenadas UTM (x, y)	x' 461450 y' 4680154
13	1.10	Altitud metros sobre el nivel del mar (m)	390
13	1.11	Orientación	Norte – Sur

Tabla 13.1 Situación de la obra.

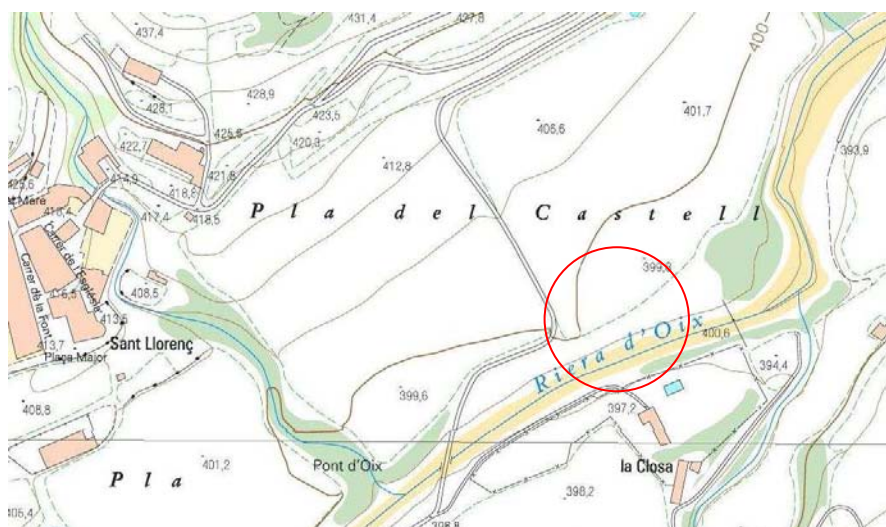


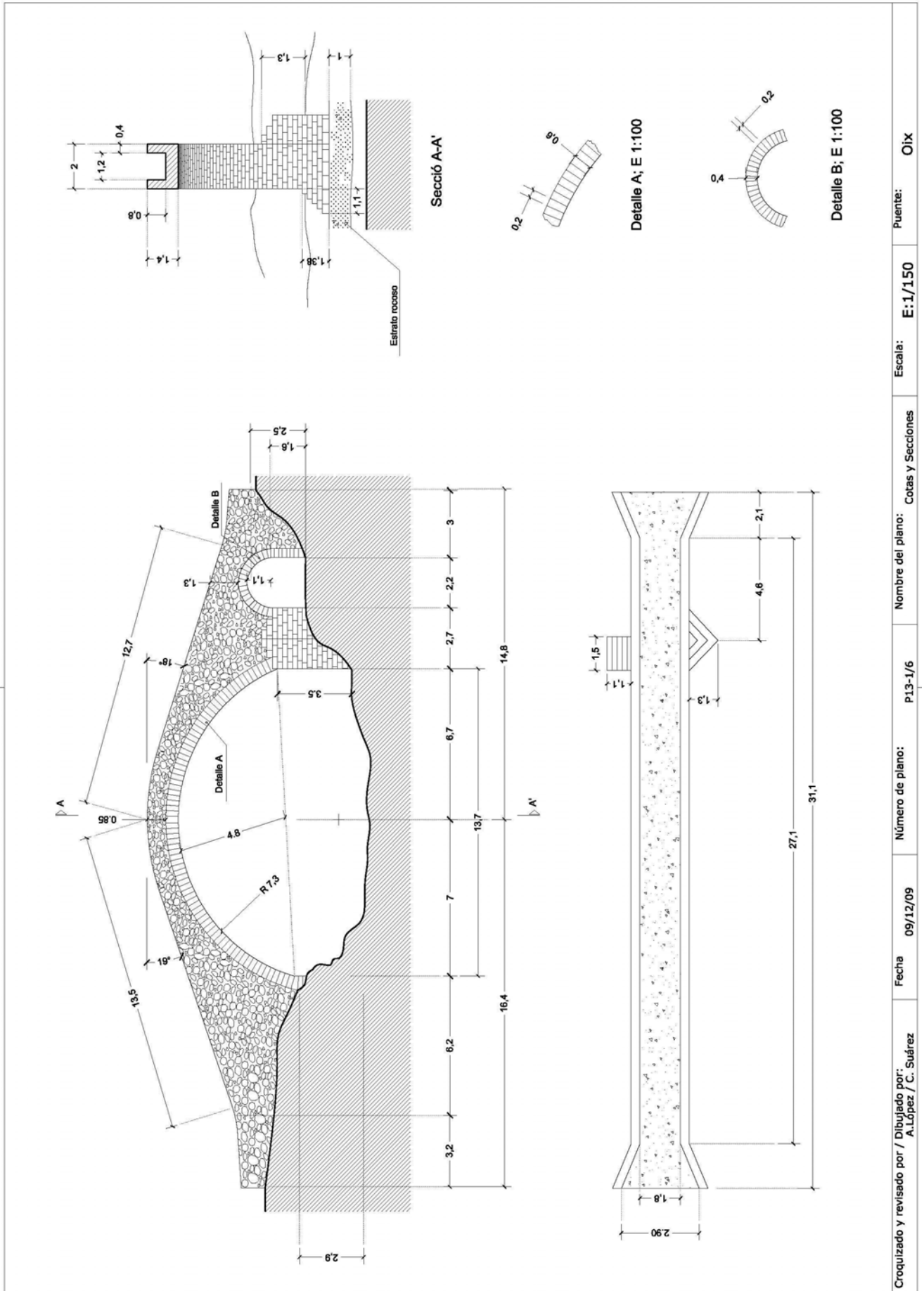
Imagen 13.2 Vista topográfica de la situación del puente. El puente, aunque no aparece en el plano topográfico de IGC, se localiza en la zona que señalizamos.

2. Características generales

13	2.1	Número de arcos		2
13	2.2	Luz de los arcos	L (metros)	2,25 y 13,6
13	2.3	Directriz del arco principal	$\sigma = f / L$	$4,8/13,6 = 1/2,83$
13	2.4	Número de arquillos de aligeramiento		Ninguno
13	2.5	Altura del puente desde la albardilla del pretil al lecho del río	H (metros)	9,75
13	2.6	Calzada con pendientes		Si
13	2.7	Longitud calzada 1 izquierda aguas abajo	L_{c1} (metros)	13,5
13	2.8	Ángulo de inclinación 1	β_1	20°
13	2.9	Longitud calzada 2	L_{c2}	12,7
13	2.10	Ángulo de inclinación 2	β_2	$17,6^\circ$
13	2.11	Longitud total en planta	L_c (metros)	30
13	2.12	Ancho total en planta	A_p (metros)	2
13	2.13	Ancho de la calzada	A_c (metros)	1,2
31	2.14	Espesor de los pretils	c_p (metros)	0,4
13	2.15	Altura de los pretils	h_{pr} (metros)	0,8
13	2.16	Acabado del pretil: albardilla, piezas con un labrado superficial		Piedras con labrado mínimo
13	2.17	Longitud de los estribos	C_E (metros)	3 y 3
13	2.18	Longitud del terraplén	L_t (metros)	
13	2.19	Encauzamiento del río en este tramo		No tiene

Tabla 13.2 Datos arquitectónicos.

En la página siguiente: Dibujo 13.0 Plano P13 – 1/6 Dimensiones fundamentales.



Croquizado y revisado por / Dibuñado por: A.López / C. Suárez	Fecha 09/12/09	Número de plano: P13-1/6	Nombre del plano: Cotas y Secciones	Escala: E:1/150	Puente: Oix
--	-------------------	-----------------------------	--	--------------------	----------------

Está formado por un arco principal de medio punto reducido y uno secundario apuntado. En los arranques del arco principal hay una excentricidad para facilitar la emplazamiento del tajamar y el espolón. La calzada es de doble pendiente con una longitud total de 31 metros, las pendientes, muy pronunciadas, son de 19° y 15° .

En 1987-88 se realizaron trabajos de saneamiento y reconstrucción de algunas partes, por la Associació d'Amics de la Alta Garrotxa. En el apartado 10 de esta ficha se puede ver el alcance de este último trabajo.

El puente se encuentra a 400m al este del puente actual, que permite vadear esta riera para acceder a Oix desde Montagut y continuar hacia Beget.

El estado del puente se debe a la acción de mantenimiento y recuperación del entorno realizada en 1987 por la asociación mencionada anteriormente y con la ayuda económica del Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.

Se trata de un puente formado por una rasante de 31 metros de longitud y 2 de ancha, en doble pendiente, que forman un ángulo de 19° con el plano horizontal. La calzada es de tierra apisonada. Cuenta con unos pretilos de 0,8 metros de altura, formados por una mampostería ordinaria y mortero de cal.

La bóveda principal, formada por una directriz de medio punto rebajada con un ángulo de desarrollo de 132° , que cubre una luz de casi 14 metros con una flecha de 4,8 metros.

Los arranques de esta bóveda no están contenidos en un mismo plano horizontal, sino en otro que forma un ángulo de 3° con el anterior, dando lugar a un “arco cojo”¹; debido a que el arranque se realiza al finalizar la cota mayor del tajamar, en el inicio del sombrerete escalonado con el que finaliza en altura.



Imagen 13.3 A la izquierda: bóveda principal vista desde aguas abajo y desde la orilla derecha.

Imagen13.4 A la derecha: bóveda menor, espolón y arranque del arco principal visto desde aguas abajo y margen derecho.

La boquilla del arco principal, está formada por dovelas de 0,6 metros de canto y 0,2 metros de espesor, muy bien labradas, con detalles en los arranques de haber sido trabajadas por buenos profesionales.

¹ “Arco cojo” según la clasificación de PIEt 70

En el intradós de la bóveda principal se puede ver la repercusión del efecto de las filtraciones del agua de lluvia, sobre una rasante no impermeabilizada: un porcentaje importante del aglomerante entre las piezas que la forman se ha perdido. Las piezas visibles son homogéneas, unas son trabajadas, otras son grandes cantos de río, lajas y algunos ripios.



Imagen 13.5 A la izquierda: arranque de la bóveda en el margen izquierdo.
Imagen 13.6 A la derecha: la bóveda desde el arranque del margen derecho.

La bóveda secundaria, de 2,2 metros de luz, formada por un arco ligeramente apuntado y reducido en los arranques, que se apoya sobre los muros laterales. Su base se eleva del plano de la línea del agua 2,7 metros.

Esta unidad secundaria de la estructura cumple tres funciones:

- a) La primera es como arquillo de aligeramiento.
- b) La segunda, como aliviadero, aumentando la sección de desagüe ante avenidas donde el nivel alcance la cota donde está situada.
- c) La tercera y quizás la fundamental: para permitir el paso de viandantes y rebaños que circulen por el camino formado a media ladera y que transcurre paralelo al cauce del río.

Si en la construcción del puente no hubiera contado con esta segunda bóveda, el camino existente al que nos referimos en el párrafo anterior se habría tenido que variar o interrumpir.

El puente se asienta sobre una zona rocosa visible que abarca a ambos márgenes que se puede describir como roca pizarrosa lajada.

Esta roca se utiliza como cimiento y al elevarse de la línea de agua cerca de los tres metros, ha permitido minimizar la altura de las pilas extremas y poder construir el puente situando solo la pila central en el margen derecho.



Imagen 13.7 A la izquierda: tajamar y parte de la segunda bóveda, vista desde aguas arriba.

Imagen 13.8 A la derecha: margen derecho visto desde el río: arranque de la bóveda, tajamar y espolón sobre un estrato rocoso.

Esta pila de 2,7 metros de ancho tiene en su cara de aguas arriba un tajamar de base triangular que sobresale del plano del paramento una distancia de 1,3 metros, y se eleva desde el cimiento 3,5 metros, finalizando en un sombrero escalonado.

Por la cara de aguas debajo de la pila, en lugar de espolón tiene un contrafuerte escalonado de base rectangular, que solo cubre la mitad del ancho de la pila y de la que sobresale 1,1 metros. Parte desde la cota de cimiento y se eleva casi 1,4 metros finalizando en 5 escalones al nivel de la base de la bóveda secundaria.

Por la cara de aguas arriba, la pila, el tajamar, el contrafuerte y la bóveda pequeña están contruidos con sillaría. Desde la zona de los riñones del margen izquierdo hasta el inicio de los pretilos, va disminuyendo la uniformidad del paramento que de los sillares se pasa a sillarejo con grandes cantos, mampuestos, etc.

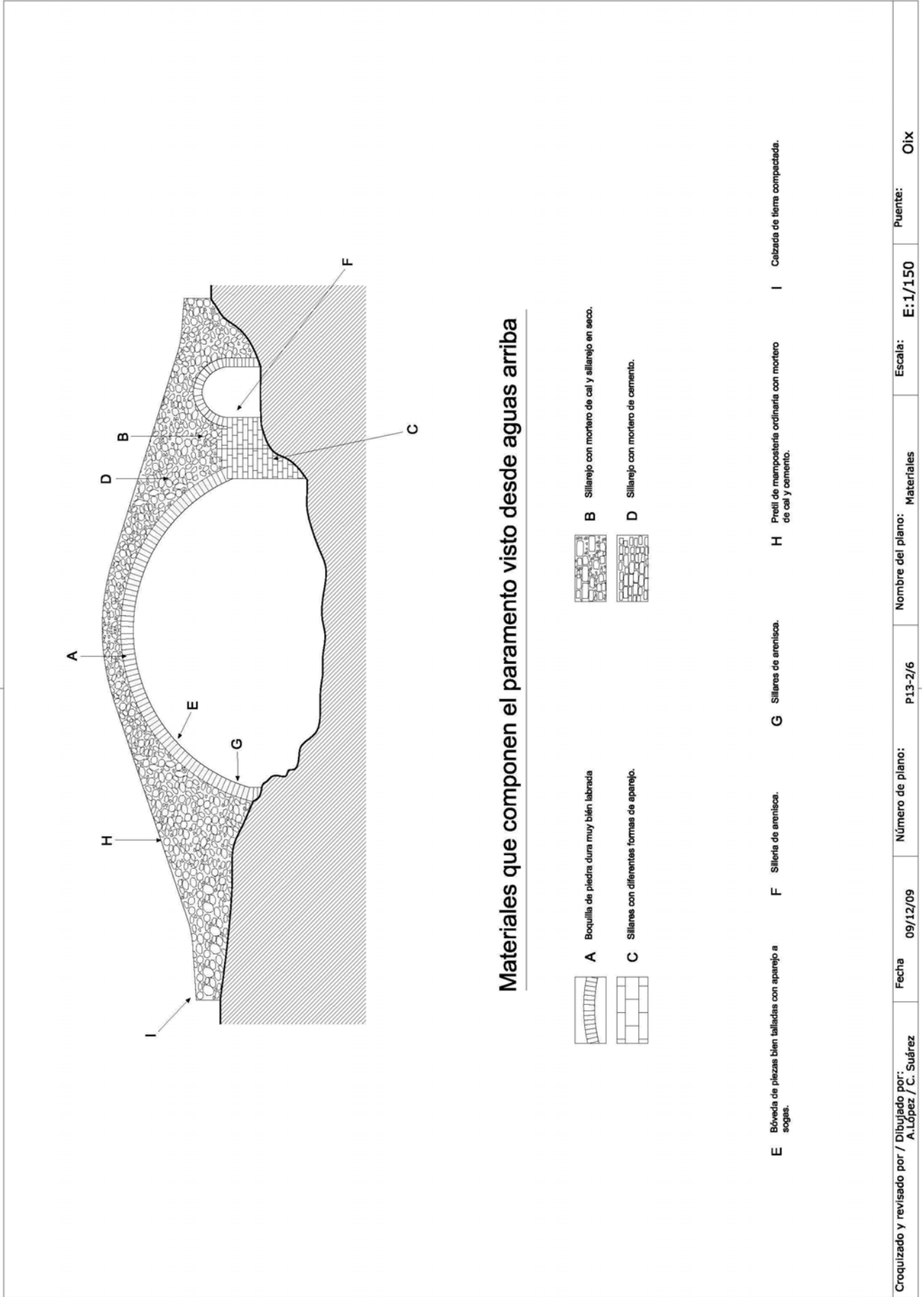
Por la cara de aguas a bajo, excepto en la zona del arranque y el final del contrafuerte escalonado, no se encuentran sillares, arranca con filas de sillarejo, después continua con piedras con la cara expuesta trabajada o pulida no se observa el aglomerante, da la impresión de ser de piedra seca.

Los pretilos se construyeron con mampostería, durante las labores de consolidación en 1987.

En las páginas siguientes:

Dibujo 13.1 Plano P13 – 2/6 Sobre la composición del paramento.

Dibujo 13.2 Plano P13 – 3/6 Detalles fotográficos.



Materiales que componen el paramento visto desde aguas arriba

- A Boquilla de piedra dura muy bien labrada
- B Sillarejo con mortero de cal y sillarejo en sacco.
- C Sillares con diferentes formas de aparejo.
- D Sillarejo con mortero de cemento.
- E Bóveda de piezas bien talladas con aparejo a sogas.
- F Sillería de arenisca.
- G Sillares de arenisca.
- H Pretti de mampostería ordinaria con mortero de cal y cemento.
- I Caizada de tierra compactada.

Croquizado y revisado por / Dibujado por: A.López / C. Suárez	Fecha 09/12/09	Número de plano: P13-2/6	Nombre del plano: Materiales	Escala: E:1/150	Puente: Oix
--	-------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------	----------------

1. Arranque del arco desde la orilla izquierda

2. Vista general desde aguas arriba

3. Arranque del arco y tajamares de la orilla derecha

4. Arco secundario en el camino, orilla derecha

5. Bóveda

6. Calzada vista desde la clave

Fotografías por / Dibujado por: A. López / C. Suárez

Fecha 09/12/09

Número de plano: P13-3/6

Nombre del plano: Detalles fotográficos

Escala: E:1/150

Puente: OIX

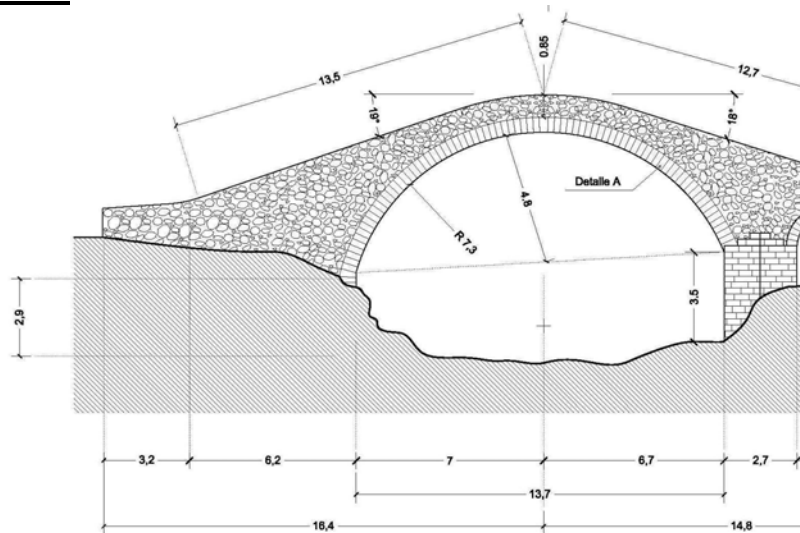
3. Geometría de la estructura

3.0 Características de los arcos

Vistos desde aguas arriba

Orden de identificación: de izquierda a derecha.

3.1 Arco primero



Dibujo 13.3 Arco primero.

13	3.1.2	Número de roscas		1
13	3.1.3	Radio	R_1 (metros)	7,3
13	3.1.4	Luz	L_1 (metros)	13,7
13	3.1.5	Flecha	f_1 (metros)	4,8
13	3.1.6	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_1$	132°
13	3.1.7	Directriz : flecha/luz	$\sigma_1 = f_1 / L_1$	4,8/13,7 = 1/2,83
13	3.1.8	Ancho de pilas	B_{p1}	2,7
13	3.1.9	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p1} (metros)	0,45 - 2,77
13	3.1.10	Dovelas: canto	c_1 (metros)	0,6
13	3.1.11	grueso	e_1 (metros)	0,2
13	3.1.12	Cantidad de dovelas	n_1	87
13	3.1.13	Canto dovela / luz	c_1 / L_1	0,6/13,7 = 1/22,6
13	3.1.14	Relación ancho pila / luz	B_{p1} / L_1	2,7/13,7 = 1/5
13	3.1.15	Estado de la bóveda	E_{b1}	pérdida aglomerante

Tabla 13.3 Detalles del arco primero.

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes inclinadas en los arranques, donde se cumple que $\sigma_1 < 1/2$, y $> 0,288$, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco poco rebajado y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie A*

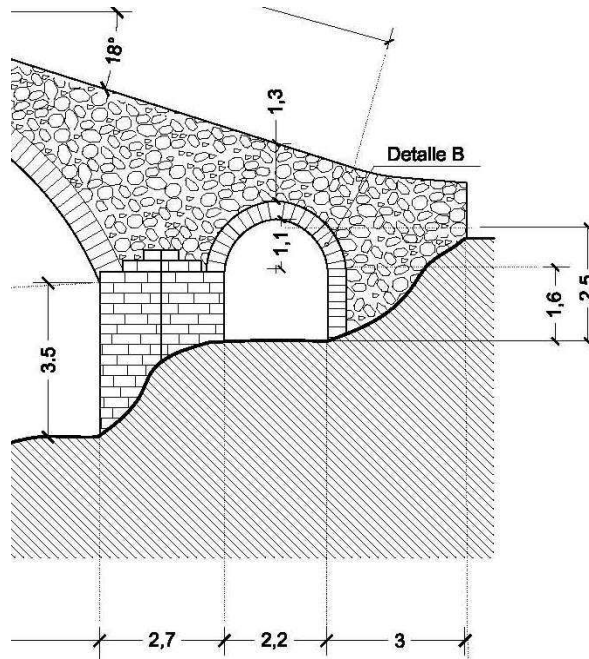
En función del diámetro, es un arco 2d (> 15 metros, < 20 metros).

Esbellez del arco: $c_1/L_1 = 0,6/13,7 = 1/22,6$

Material de la bóveda 4a: sillería de piedra.

Cimentación 5b: zapata de sillería sobre roca.

3.2 Arco segundo



Dibujo 13.4 Arco segundo.

13	3.2.1	Número de roscas		1
13	3.2.2	Radio	R_2 (metros)	1,1
13	3.2.3	Luz	L_2 (metros)	2,2
13	3.2.4	Flecha	f_2 (metros)	0,9
13	3.2.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_2$	146°
13	3.2.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_2 = f_2 / L_2$	$0,9/2,2 = 1/2,5$
13	3.2.7	Ancho de pilas	B_{p2}	2,7
13	3.2.8	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p2} (metros)	1,6 visto
13	3.2.9	Dovelas: canto	c_2 (metros)	0,4
13	3.2.10	grueso	e_2 (metros)	0,2
13	3.2.11	Cantidad de dovelas	n_2	15
13	3.2.12	Canto dovela / Luz	c_2 / L_2	$0,4/2,2 = 1/5,62$
13	3.2.13	Relación ancho pila / luz	B_{p2} / L_2	$2,7/2,2 = 1/0,83$
13	3.2.14	Estado de la bóveda	E_{b2}	pérdida aglomerante

Tabla 13.4 Detalles del arco segundo.

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes inclinadas en los arranques, donde se cumple que $\sigma_2 < 1/2$, y $> 0,288$, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco poco rebajado y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie A*.

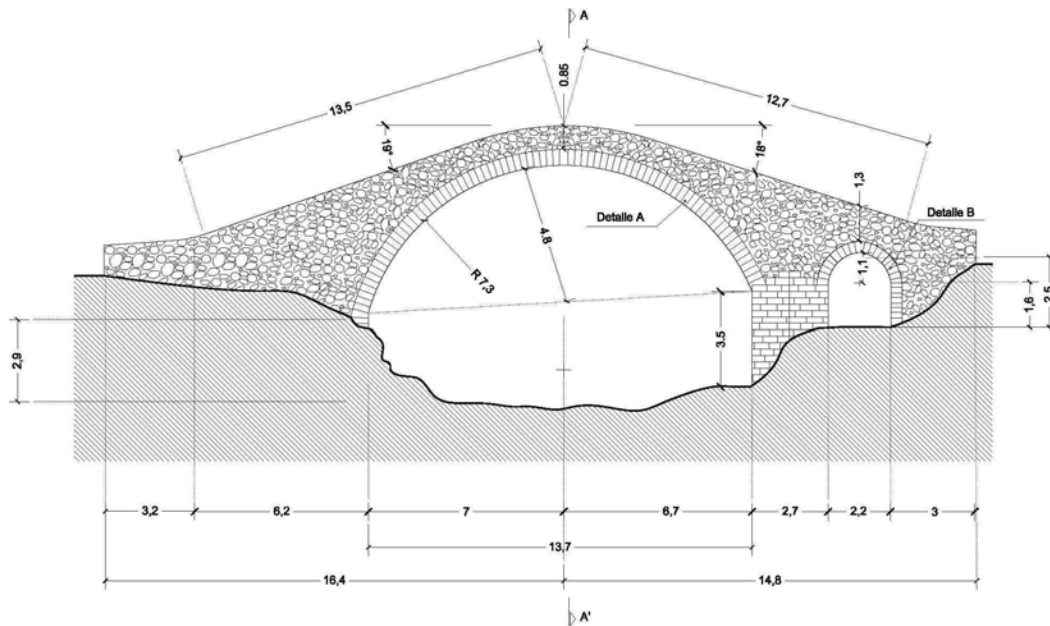
En función del diámetro, es un arco $2a$ (< 5 metros).

Esbeltez del arco: $c_2/L_2 = 0,4/2,2 = 1/5,62$

Material de la bóveda 4a: sillería de piedra.

Cimentación 5b: posible zapata de sillería sobre roca.

3.3 Resumen de las características de los arcos



Dibujo 13.5 Alzado del puente.

Arcos		Primero	Segundo
Número de roscas		1	1
Radio	R_{1-2} (metros)	7,3	1,18
Luz	L_{1-2} (metros)	13,6	2,25
Flecha	f_{1-2} (metros)	4,8	1,1
Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_{1-2}$	132°	146°
Directriz : flecha/luz	$\sigma_{1-2} = f_{1-2} / L_{1-2}$	4,8/13,6 = 1/2,83	1,1 / 2,25 = 1/2,05
Ancho de pilas	B_{p1-2}	2,7	2,7
Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p1-2} (metros)	0,45 - 2,77	1,6
Dovelas: canto	c_{1-2} (metros)	0,6	0,4
grueso	e_{1-2} (metros)	0,2	0,2
Cantidad de dovelas	n_{1-2}	87	15
Canto dovela / luz	c_{1-2} / L_{1-2}	0,6/13,6 = 1/22,6	0,4/2,25 = 1/5,62
Relación ancho pila / luz	B_{p1-2} / L_{1-2}	2,7/13,6 = 1/5	2,7/2,25 = 1/0,83
Estado de la bóveda	E_{b1-2}	pérdida aglomerante	pérdida aglomerante

Tabla 13.5 Resumen de las características de los arcos.

4, 5 y 6. Características de las pilas, tajamares, estribos y terraplenes

Sigue con la misma nomenclatura de identificación que los arcos

4. Pilas	Primera Estribo (estimado)	Segunda	Tercera Estribo (estimado)
Dimensiones (largo x fondo)	3 x 2	2,7 x 2	3 x 2
Ancho de la pila / luz del arco B_p / L	3 / 13,7 = 1 / 4,56	2,7 / 13,7 = 1 / 5	3 / 2,2 = 0,73
Altura de la pila: desde cimiento a arranque del arco h_p	0,4	3,5	1,6
Ancho de la pila mayor / altura del puente B_p / H	-	2,7 / 9,75 = 1 / 3,61	-
Cimiento de la pila T_c	Sobre roca	Sobre roca	Sobre roca
Base en la que se apoya el cimiento	Sobre la roca		
Protección contra la erosión	No tiene	Tajamar y espolón	No tiene

Tabla 13.6 Resumen de características de las pilas.

5. Tajamar	Primero
En la pila nº	segunda
Dimensiones	2,7 x 1,1
Altura desde cimiento	3,5
Forma de finalizar la altura	Sombbrero escalonado
Dimensiones del espolón	1,5 x 1,1
Altura desde cimiento del espolón	1,38
Forma de finalizar la altura del espolón	Escalonado

Tabla 13.7 Resumen de características de tajamares.

6. Estribos (estimación)	Primero	Segundo
Dimensiones (largo x fondo)	3 x 2	3 x 2
Largo de estribo / luz del arco	3 / 13,7 = 1 / 4,53	3 / 2,22 = 1 / 0,74
Largo de estribo / luz mayor	3 / 13,7 = 1 / 4,53	3 / 13,7 = 1 / 4,53
Largo de estribo / longitud puente	3 / 30 = 1 / 10	3 / 30 = 1 / 10
Longitud del terraplén	9,4	3
Orientación del terraplén	Eje de la calzada	Eje de la calzada
Aleta de mantenimiento del terraplén	No	No

Tabla 13.8 Resumen de características de estribos.

7. Sobre las reglas empíricas

Luz	Canto	Altura de pila	Ancho de pila
13,7	0,6	0	3
13,7	0,6	3,5	2,7
2,2	0,4	1,8	3

Tabla 13. Valores correspondientes al puente de Oix

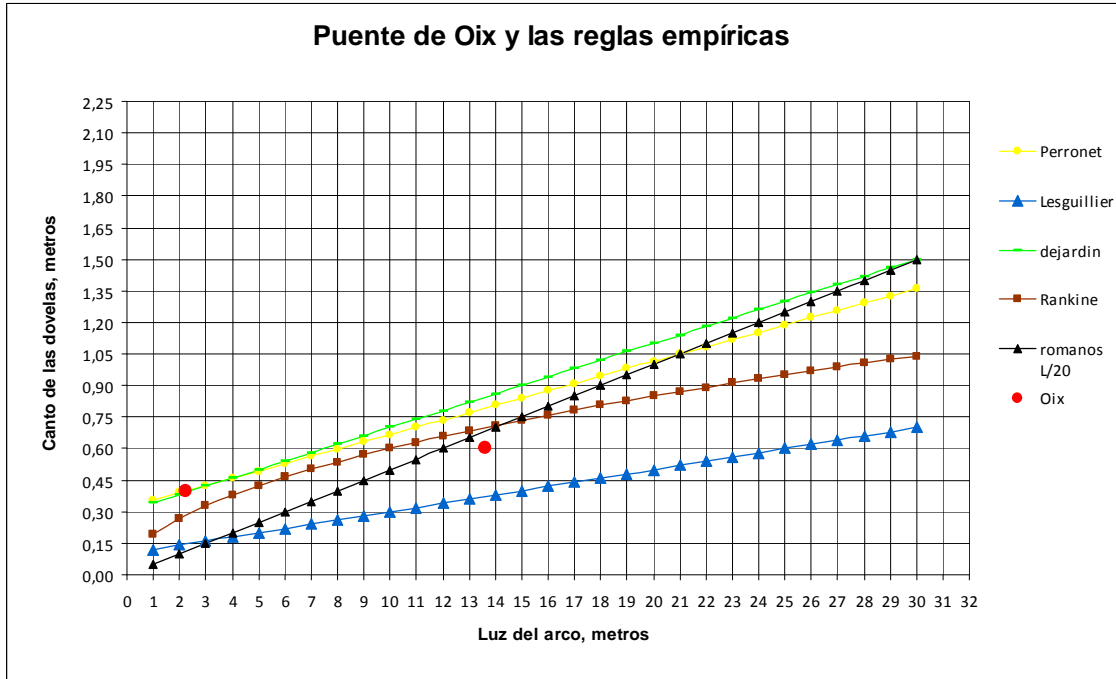


Gráfico 13.1 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Oix.

Se puede observar que el canto, c , de las dovelas de la bóveda menor se identifica con dos reglas: la propuesta por Perronet y la propuesta por Dejardin.

El valor del canto de las dovelas de la bóveda principal, se halla muy cerca de l valor que indica la regla desarrollada por los romanos ($L/20$).

La boquilla de la bóveda principal se encuentran en perfecto estado y denotan que, posiblemente, su implementación en la estructura puede ser posterior a la época en que fue construido el puente. Posiblemente, en la época en que se sustituye la boquilla original por la actual, los conocimientos aplicados en su construcción están influenciados por las reglas de la antigüedad. En cambio, el arco secundario, ligeramente apuntado, denota por el tamaño de las piezas, pertenecer a una época anterior a la construcción y/o renovación de la boquilla del arco principal. .

Respecto al gráfico 13.2, el ancho de la pila respecto a la luz del arco principal, coincide con las reglas pertenecientes al Alto Imperio Romano.

Si se observa el dibujo 13.0 se puede verificar detalles constructivos apoyados en los conocimientos técnicos más recientes, quizás de los siglos XVII y XVIII : salmer en la orilla izquierda y al diseño de un arco cojo para permitir una pila de mayor altura que facilite la construcción de la bóveda secundaria.

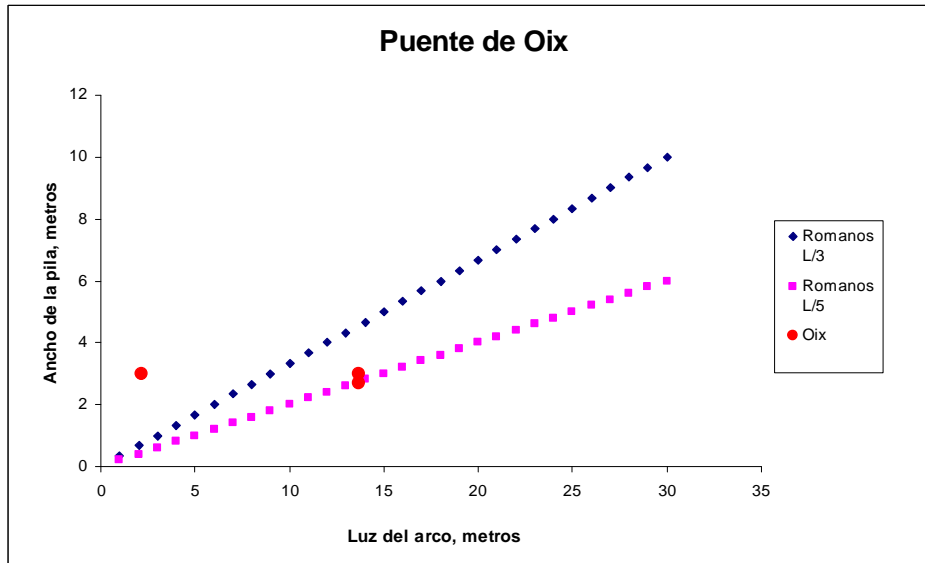


Gráfico 13.2 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Oix

8. Sobre la estructura

Con el programa ARCs hemos determinado, para cada bóveda, los valores de los empujes y las excentricidades necesarios para mantener la línea de presiones en la zona comprendida en el tercio central de la boquilla.

En las conclusiones del trabajo, se comparan los resultados obtenidos con ARCs con los resultados obtenidos por el procedimiento analítico.

A modo de resumen se puede destacar que los resultados medios de los empujes horizontales obtenidos mediante el procedimiento analítico son un 56,46% mayores que los obtenidos con la simulación con ARCs.

Este hecho nos ha llevado a revisar el cálculo analítico, que no adjuntamos en el trabajo, pero que permite asegurar de la diferencia entre los valores de ARCs y analítico solo tienen una variación del orden del 5% mayor entre ARCs y analítico.

8.1 Valores de los empujes y excentricidades obtenidos con ARCs, para diferentes condiciones:

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	180	1,3 y 0,6
Segunda	39	0,5 y 0,6

Tabla 13.9 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas debidos al peso propio de la estructura.

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	270	1,4 y 0,6
Segunda	39	0,5 y 0,6

Tabla 13.10 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas considerando un tren de cargas de dos ejes separados 2 metros y cada una cargada con 120 KN, y con coeficiente de seguridad 3, localizando la carga a 1/2 de la bóveda principal.

8.2 Valores de las cargas específicas sobre los cimientos obtenidas por el procedimiento analítico:

Pila	Carga específica σ (N/mm ²)
Primera	0,118
Segunda	0,294
Tercera	0,065
Valor medio familia	0,213
Valor medio general	0,35313

Tabla 13.11 Valores de las cargas específicas que las pilas apoyan sobre los cimientos

Creemos necesario calcular el coeficiente de seguridad que tiene este puente según la función que se le pretendía dar cuando se construyó. Esto lo conseguimos, al igual que en los puentes anteriores, sustituyendo la carga doble de 120 KN por otra formada por un animal de carga, de 400 Kg. de peso total (peso propio más carga transportada). Suponiendo una distancia entre cuartos traseros y delanteros de 2 metros, se obtienen dos cargas puntuales de 2 KN cada una. Con esto, y manteniendo la línea de presiones con el mismo recorrido que la carga de 120 KN, el coeficiente de seguridad se eleva hasta 180.

Para realizar la clasificación de la estructura hemos recurrido a la propuesta Séjourné y también a otras de uso común para las estructuras de obra de fábrica:

Según el nº de arcos es: multiarco (1.b)
 En función del vano mayor: >15 <20 metros (2.d)
 En función de la esbeltez del arco: clave/luz 1/22 ,6
 En función de la directriz: flecha /luz 1/ 2,83
 En función del material de la bóveda: fábrica de mampostería (4.c)
 En función de las cargas máxima sobre el cimiento: 0,294 N/mm²
 Y de los máximos empujes horizontales: 270 KN
 En función del tipo de cimentación: zapata de sillería sobre roca (5.b)

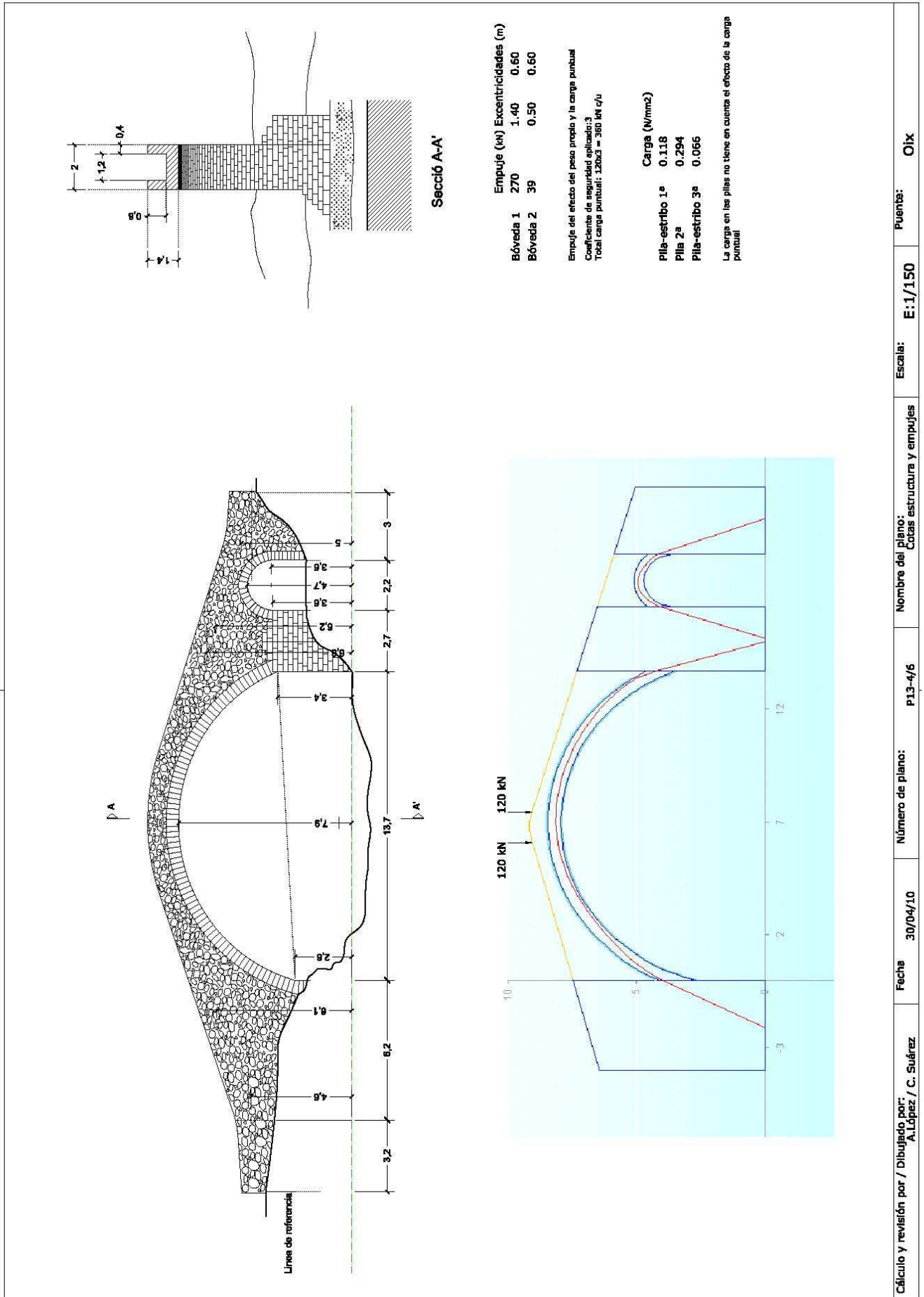
Las dos bóvedas: son de medio punto reducidas A**.

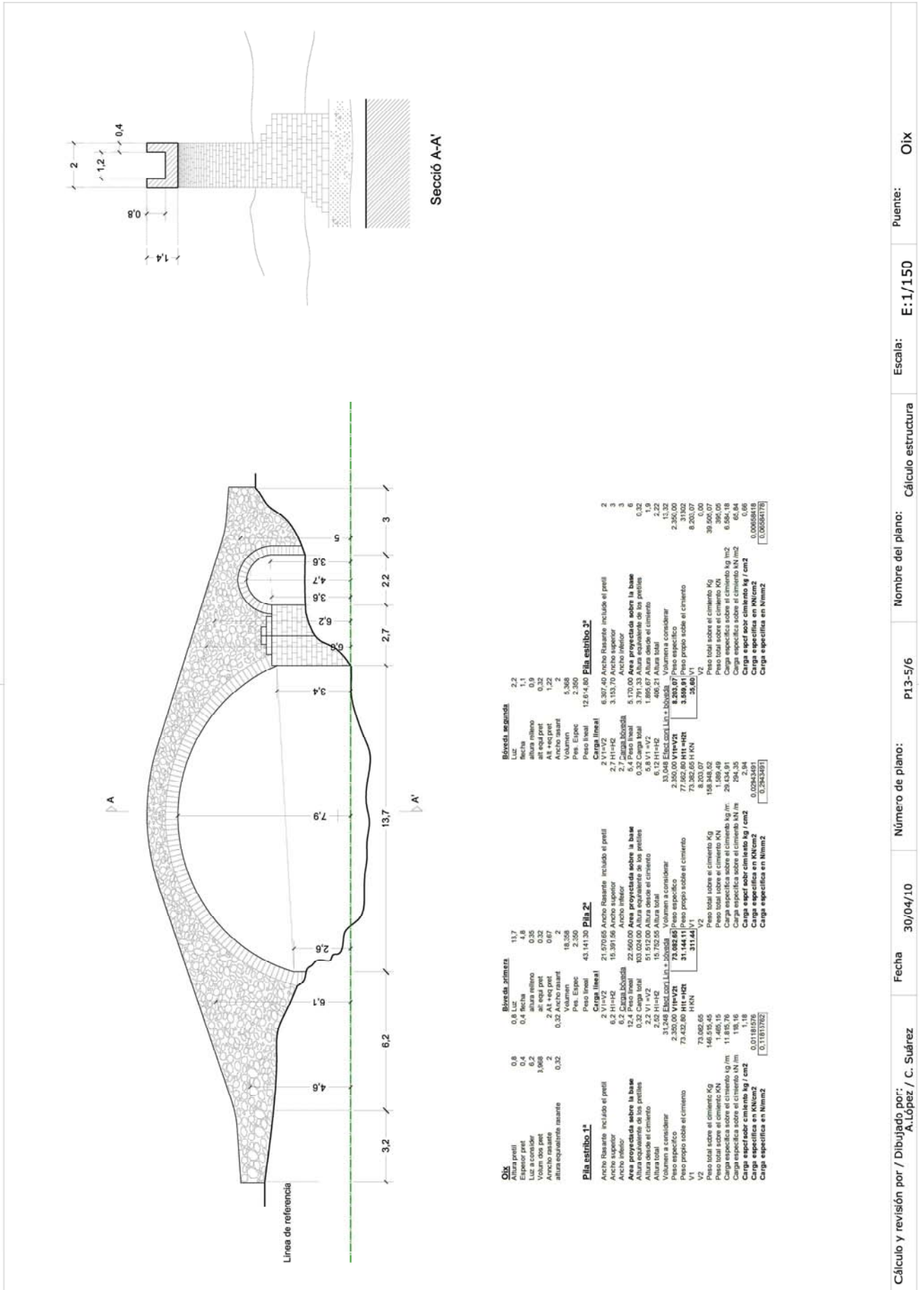
Cuadro 13.1 – Clasificación global de la estructura

En las páginas siguientes:

Dibujo 13.6 Plano P13 – 4/6 Recorrido de la línea de presiones, programa ARCs.

Dibujo 13.7 Plano P13 – 5/6 Tabla con el resumen del cálculo analítico del valor de los empujes.0





Cálculo y revisión por / Dibuñado por: A. López / C. Suárez

Fecha 30/04/10

Número de plano: p13-5/6

Nombre del plano: Cálculo estructura

Escala: E:1/150

Puente: Oix

9. Sobre la hidráulica del puente

Desde el punto de vista hidráulico, hemos calculado los diferentes grados de obturación del puente en función del calado. En el dibujo 13.8 puede verse una aproximación a la zona inundable para diferentes valores de calado y también para cada uno de ellos el coeficiente de obturación que oscila entre el 10,18% y el 20,23%.

La pendiente del río en el tramo donde se localiza el puente es del 1,071%, que corresponde a una zona cercana a la torrencial.

De la información recibida del agente fluvial del río Fluvià, D. Ramón Pérez, recuerda los datos de las avenidas de los meses de octubre de los años 1970, 1977 y 1982.

En la regleta existente en el puente de Esponellà, en la avenida del año 1970 sobrepasó los 9 metros, quizás su valor sería 9,5 o 9,6 metros.

En la avenida del 12 de octubre de 1977, alcanzó los 9,6 metros.

En la del año 1982, alcanzó los 8,9 metros.

Coincidiendo con estos valores, en el puente de Oix, el agua sobrepasó 1,5 metros el puente nuevo de la carretera, lo que hace suponer que en el puente medieval que estudiamos, a escasos 500 metros aguas abajo, el agua también lo sobrepasó.

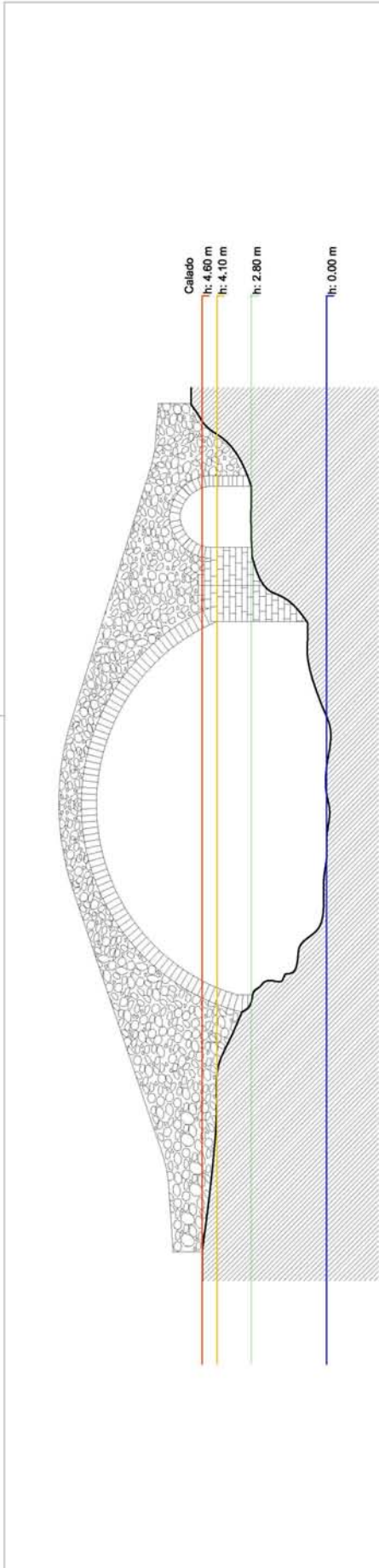
Datos relativos a la hidráulica del puente

Cuenca Km²	Lluvia media diaria mm	Cv	Lluvia máxima diaria (mm) T.100 años	Lluvia máxima diaria (mm) T: 500 años	Caudal punta T: 100 años m³/seg	Caudal punta T:500 m³/seg
38,43	94	0,441	239	317	-	-

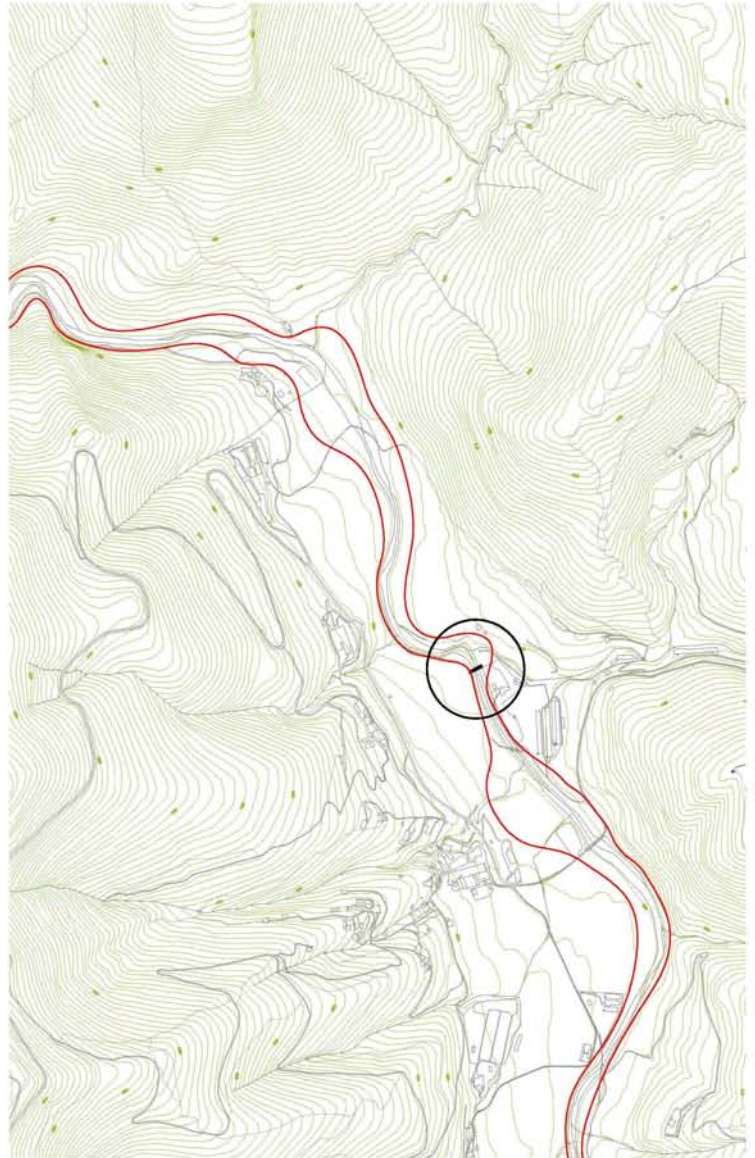
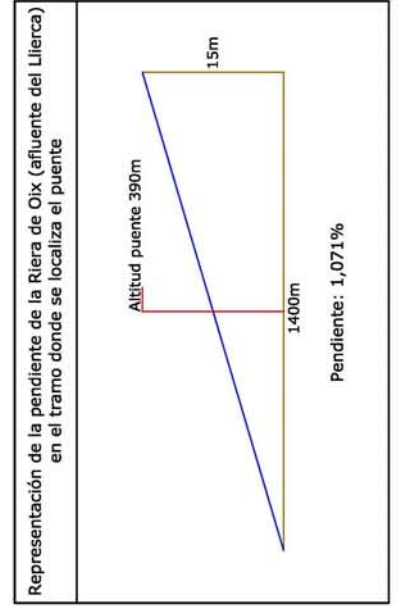
Tabla 14.12 Valores sobre la pluviometría y su repercusión a su paso por el puente

Al no disponer de estaciones de medición de la pluviometría el Servei Territorial d'Obres Públiques en Girona no dispone de datos fiables para indicar los caudales punta para ningún período de retorno. Por esta razón, la zona inundable dibujada se basa en las referencias que hemos obtenido en la entrevista con el agente fluvial mencionado..

En la página siguiente: Dibujo 13.8 Plano P13 – 6/6 Sobre la obturación en función del calado. Pendiente motriz y posible zona de inundación.



Sección total	Sección de paso	% Obstrucción	Calado
78.21 m ²	62.39 m ²	20.23 %	h: 4.60 m
62.65 m ²	53.78 m ²	14.16 %	h: 4.10 m
34.61 m ²	31.09 m ²	10.18 %	h: 2.80 m



10. Hechos históricos asociados con el puente

El documento que añadimos a continuación nos ha sido facilitado por D. Manel Soler, presidente de Amics de Sant Joan les Fonts.

La asociación de Amics de Sant Joan les Fonts está interesada por toda la historia monumental de la comarca de la Garrotxa. Esta asociación ha mantenido, desde sus orígenes, vinculación con Amics del Comtat de Besalú.

El Sr. Soler, con un grupo de la asociación y con los permisos y financiación del Departament de Cultura de la Generalitat y del ajuntament de Sant Joan les Fonts, ha participado en el consolidación, adecuación y restauración de bastantes edificios históricos de la comarca, entre ellos la rehabilitación del puente de Oix que estamos estudiando.

Creemos que es necesario recordar que según la información del agente fluvial indicado en el apartado “Sobre la hidráulica del puente”, en los años 1977 y 1982, como consecuencia de las avenidas del mes de octubre, el agua sobrepasó el nivel de los pretilos de este puente. Según esto, es fácil comprender la situación de deterioro que la estructura del puente presentaba en 1986 (imágenes 13.9 a 13.16).

10.1 Situación del puente en 1986



Imagen 13.9 *A la izquierda:* estado del puente en 1986. Visto desde el margen derecho aguas arriba.



Imagen 13.10 *A la derecha:* estado del paramento desde margen derecho y aguas arriba.



Imagen 13.11 *A la izquierda:* estado de la calzada cerca de la clave



Imagen 13.12 *A la derecha:* estado del puente. Estado de la calzada cerca de la clave



Imagen13.13 A la izquierda: bóveda menor con arco apuntado

Imagen 13.14 A la derecha: bóveda mayor, paramento y restos de los pretiles, desde la orilla derecha y aguas arriba.



Imagen 13. 15 A la izquierda: estado del puente. Visto desde aguas arriba, después de la primera pieza



Imagen13.16 A la derecha: estado del puente. Intradós de la bóveda desde el lecho del río

10.2 Acciones de consolidación realizadas por Amics de l'Alta Garrotxa



Imagen 13.17 *A la izquierda.* Trabajos de desbrozado



Imagen 13.18 *A la derecha.* Estado de tímpanos y del relleno.



Imagen 13.19 Silueta del puente después del desbrozado



Imagen 13.20 Trabajos de Reconstrucción de los tímpanos y pretilos



Imagen 13.21 *A la izquierda:* reconstrucción de pretilos y tímpanos.



Imagen 13.22 *A la derecha:* los tímpanos reconstruidos. En curso la reconstrucción de los pretilos



Imagen 13.23 A la izquierda: los tímpanos reconstruidos y en cursote la reconstrucción de los pretiles

Imagen 13.24 A la derecha: en curso la reconstrucción de los pretiles



Imagen 13.25 y 26 Reconstrucción de los pretiles



Imagen 13.27 y 28. Finalizando los trabajos de reconstrucción de los pretiles y compactación de la calzada



Imagen 13.29 El puente después de los trabajos de reconstrucción 1988.

Puente de Valentí

Décimo cuarto: pont de Valentí.

Sobre la riera de Sant Aniol, afluente de la riera de Llierca, afluente del río Fluvià, en la zona norte del término municipal de Sadernes, en la Alta Garrotxa. Está construido por dos arcos de diferente diámetro que soportan una calzada recta de más de 31 metros de longitud, con un acceso por el margen derecho mediante escalones.



Imagen 14.1 Vista general del puente

1. Localización

14	1.1	Denominación del puente	Pont de Valentí
14	1.2	Cuenca del río	Fluvià
14	1.3	Comarca	Garrotxa
14	1.4	Río	Sant Aniol
14	1.5	Termino municipal	Sales-Sadernes
14	1.6	Lugar	Bosque
14	1.8	Coordenadas geográficas	42° 17' 4,54" N 2° 35' 22,7" E
14	1.9	Coordenadas UTM (x, y)	x' 466248 y' 4681827
14	1.10	Altitud metros sobre el nivel del mar	304
14	1.11	Orientación	E-O

Tabla 14.1 Situación de la obra.

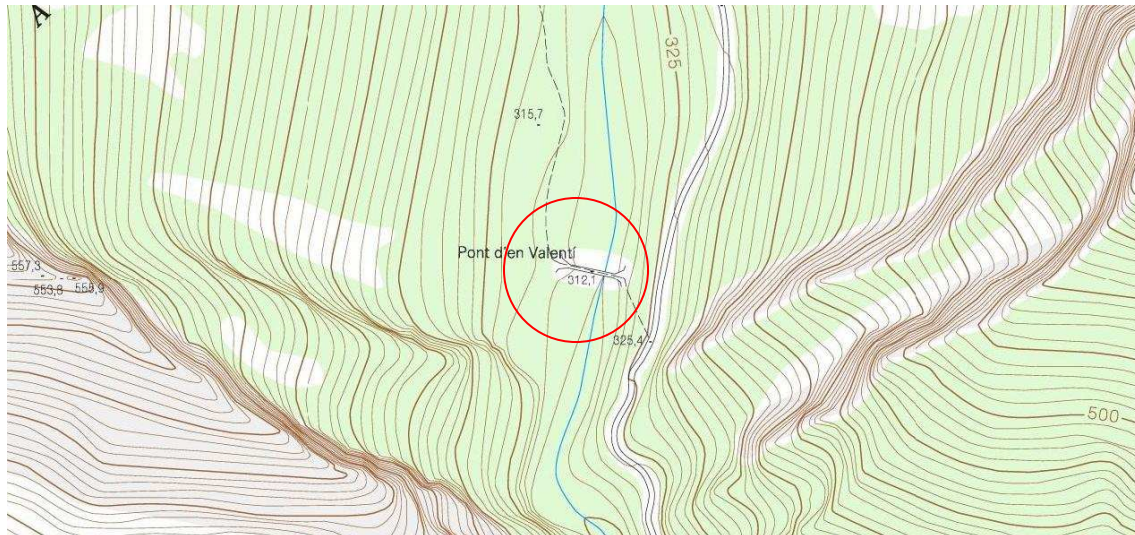


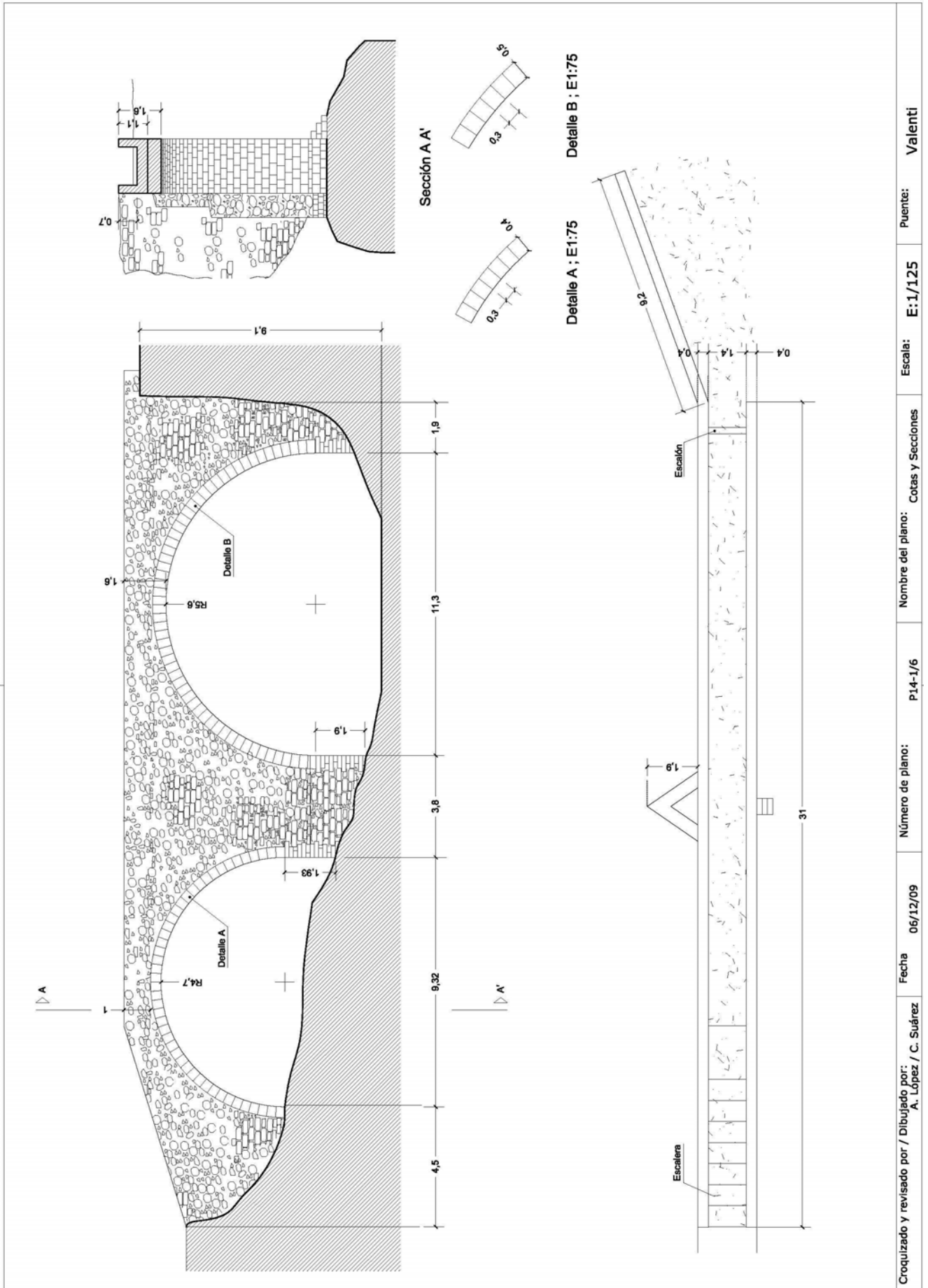
Imagen 14.2 Vista topográfica de la localización del puente

2. Características generales

14	2.1	Número de arcos		2
14	2.2	Luz de los arcos	L (metros)	9,3 y 11,3
14	2.3	Directriz del arco principal	$\sigma = f / L$	$5,6/11,3 = 1/2$
14	2.4	Número de arquillos de aligeramiento		No
14	2.5	Altura del puente desde la albardilla del pretil al lecho del río	H (metros)	8,7
14	2.6	Calzada con pendientes		No
14	2.7	Longitud calzada 1 izquierda aguas abajo	L_{c1} (metros)	-
14	2.8	Ángulo de inclinación 1	β_1	-
14	2.9	Longitud calzada 2	L_{c2}	-
14	2.10	Ángulo de inclinación 2	β_2	-
14	2.11	Longitud total en planta	L_c (metros)	30,72
14	2.12	Ancho total en planta	A_p (metros)	2,22
14	2.13	Ancho de la calzada	A_c (metros)	1,42
14	2.14	Espesor de los pretilos	c_p (metros)	0,4
14	2.15	Altura de los pretilos	h_{pr} (metros)	0,7
14	2.16	Acabado del pretil: albardilla, piezas con un labrado superficial		mampostería
14	2.17	Longitud de los estribos	C_E (metros)	2,33 y 2,82
14	2.18	Longitud del terraplén	L_t (metros)	2,17
14	2.19	Encauzamiento del río en este tramo		No

Tabla 14.2. Datos arquitectónicos.

En la página siguiente: Dibujo 14.0 Plano P14 – 1/6 Dimensiones fundamentales.



Croquizado y revisado por / Dibujado por:
A. López / C. Suárez

Fecha 06/12/09

Número de plano: P14-1/6

Nombre del plano: Cotas y Secciones

Escala: E:1/125

Puente:

Valentí

El puente está sobre el río Sant Aniol d'Aguja, afluente del río Llierca que a su vez lo es del río Fluvià.

El río Sant Aniol d'Aguja circula por un congosto de la Alta Garrotxa, por sus márgenes, durante siglos y desde los primeros tiempos ha circulado un continuo tráfico que une sus riberas con zona de Albanyà en el Alt Empordà y de allí al Coll de Panissier para pasar a Francia.

Vadeando el río, todavía persisten los caminos que conducen a Oix, Beget y Camprodon y de allí a los pasos del Helma o hacia la Cerdanya.

El puente está en el fondo de la garganta por la que transcurre el río, tiene una rasante de más de 31 metros de longitud, con una anchura de 2,2 metros, protegida por unos pretilos de 0,4 de grueso y una altura 0,7 metros, que dejan una calzada útil de 1,42 metros, cubierta de tierra apisonada.

Para acceder al puente desde el camino que existente en el margen izquierdo, hay que descender por una senda que gira manteniendo la pendiente por las diferentes curvas de nivel. El desnivel entre el camino y el puente es de 15 metros.



Imagen 14.3 *A la izquierda:* acceso a la calzada desde la orilla izquierda



Imagen 14.4 *A la derecha:* acceso a la calzada desde la orilla derecha

Para salvar los desniveles entre ambos márgenes y mantener la rasante en un plano horizontal se recurrió a colocar escalones en ambos accesos.

Debido a la localización y situación al puente solo se puede acceder caminando.

La rasante es soportada por dos bóvedas de medio punto. La mayor cubre una luz de 11,3 metros y la segunda de 9,32 metros. Las pilas estribos del puente están encajados entre los márgenes.

La pila estribo del margen izquierdo descansa sobre una roca que desciende suavemente desde la ladera del terreno al centro del lecho del río. A simple vista da la impresión que procede de una colada de mineral de hierro. Es de color rojizo, los sillares fueron cortados para adaptarse específicamente al perfil de esta roca (véase imagen 14.5).

La pila estribo del margen izquierdo, por el lado de aguas arriba está encajada en la ladera de la montaña. Para disminuir el efecto de obstrucción su lateral, conforme se acerca a la pared de la montaña, se va alejando del plano que contiene el paramento en el sentido de aguas arriba formando, con este, un ángulo de 10°. Su función es la

de facilitar la orientación del paso de la vena líquida bajo la bóveda principal, disminuyendo el efecto de obstrucción.



Imagen 14.5 A la izquierda: bóveda principal vista desde aguas abajo



Imagen 14.6 A la derecha: pila-estribo sobre el margen izquierdo

La pila central se apoya sobre un saliente rocoso de la misma naturaleza sobre el que descansa la pila estribo del margen izquierdo. Por efecto de la erosión se puede observar que el saliente rocoso no ocupa toda la superficie de apoyo de la pila (ver imagen 14.7 y 14.8).

En la pila central, se crece en el horizontal de aguas arriba con un tajamar de base ligeramente triangular que se eleva hasta alcanzar una altura de 1,5 metros sobre el cimientado, finalizando con un plano paralelo a la línea de aguas y continuando hacia arriba hasta alcanzar la altura de la rasante con una base triangular de menor tamaño que la primera.

Por la cara de aguas abajo, cuenta con un espolón formado por tres escalones de refuerzo, que no ocupan la totalidad del ancho de la pila, se apoyan sobre el lecho rocoso, igual que lo hace el resto de la pila.



Imagen 14.7 A la izquierda: pila central, tajamar y espolón vistos desde aguas arriba, a mitad de la luz del arco segundo



Imagen 14.8 A la derecha: pila central, sobre el cauce del río, tajamar y pilar socavado, visto desde el arranque del arco primero

La pila estribo del margen derecho, como decimos anteriormente, también esta encajada en la ladera de la montaña.

La segunda bóveda, que arranca desde la pila central, es de medio punto. El plano que contiene sus arranques se sitúa más elevado del que contiene los arranques de la bóveda principal.

Sobre un plano tangente al extradós de ambas bóvedas se localiza un segundo plano, paralelo al anterior que contiene a la rasante.



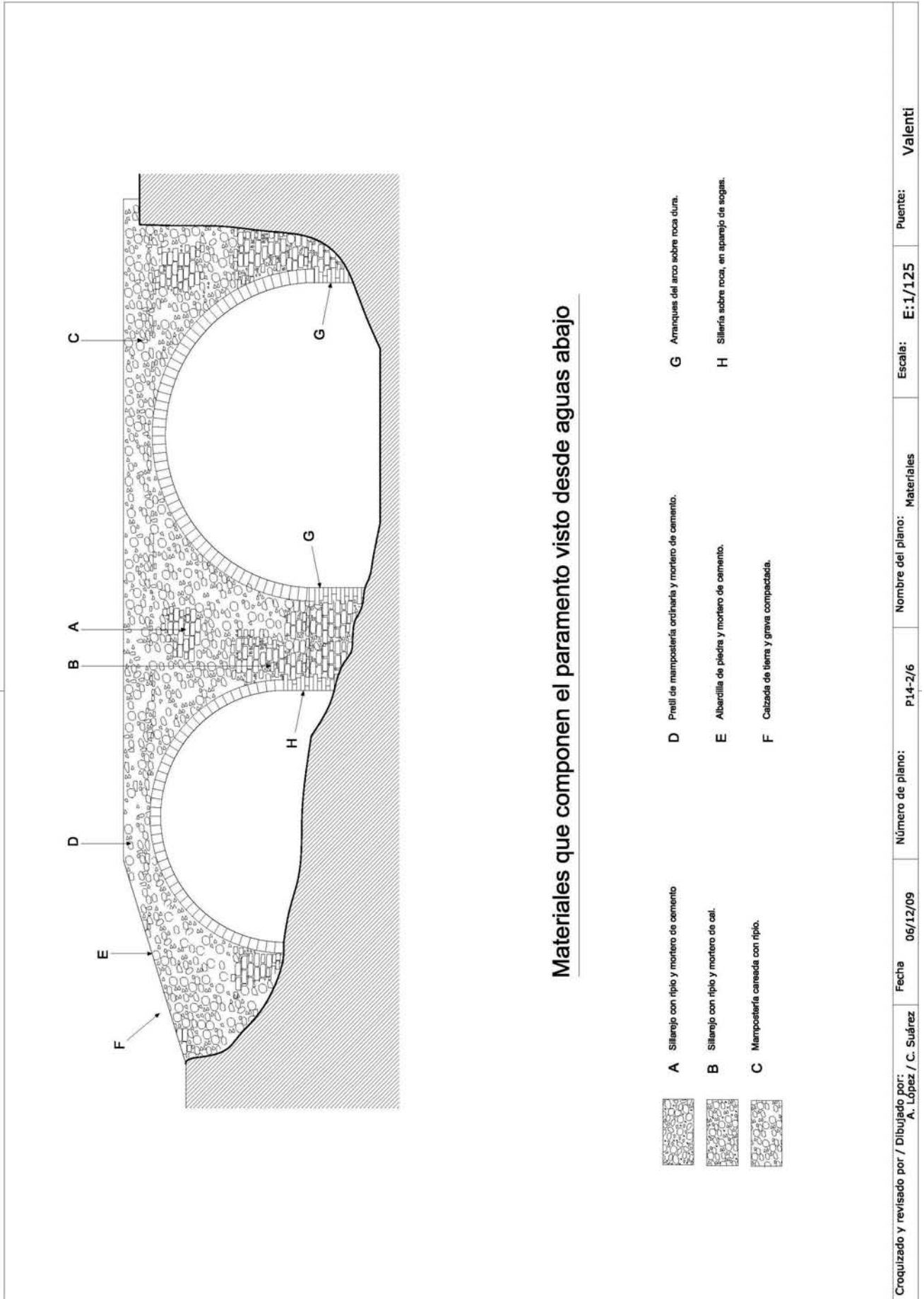
Imagen 14.9 Cauce en V del río *Sant Aniol* d'Aguja aguas abajo del puente de Valentí. Se aprecia el efecto del agua sobre la roca del lecho.

En las páginas siguientes:

Dibujo 14.1 Plano P14 – 2/6 Sobre la composición del paramento.

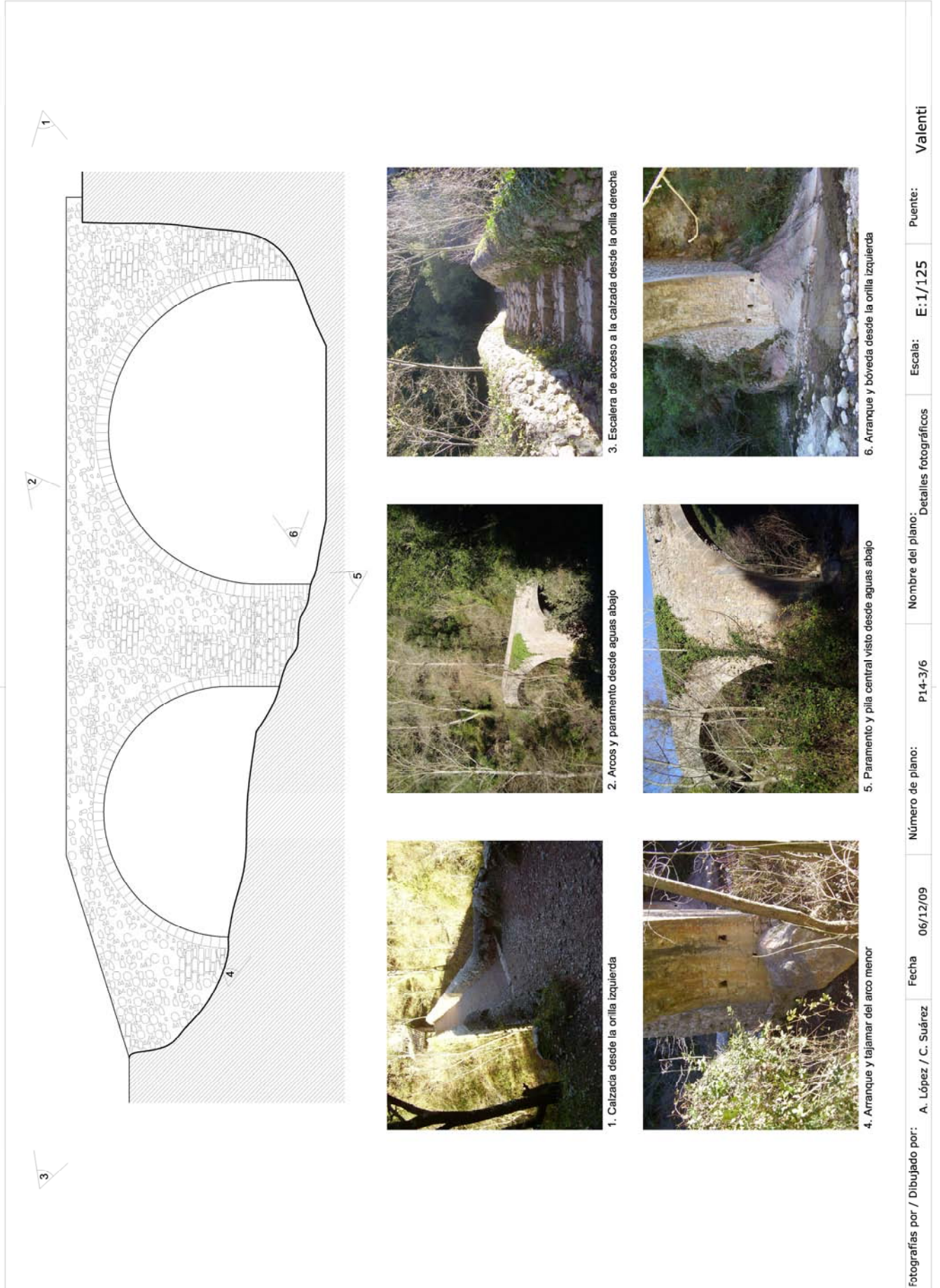
Dibujo 14.2 Plano P14 – 3/6 Detalles fotográficos.

+



Materiales que componen el paramento visto desde aguas abajo

- A Sillarejo con ripio y mortero de cemento
- B Sillarejo con ripio y mortero de cal.
- C Mampostería careada con ripio.
- D Pretti de mampostería ordinaria y mortero de cemento.
- E Albardilla de piedras y mortero de cemento.
- F Caizada de tierra y grava compactada.
- G Armaques del arco sobre roca dura.
- H Sillería sobre roca, en aparejo de sogas.



Fotografías por / Dibujado por: A. López / C. Suárez

Fecha 06/12/09

Número de plano: P14-3/6

Nombre del plano: Detalles fotográficos

Escala: E: 1/125

Puente: Valentí

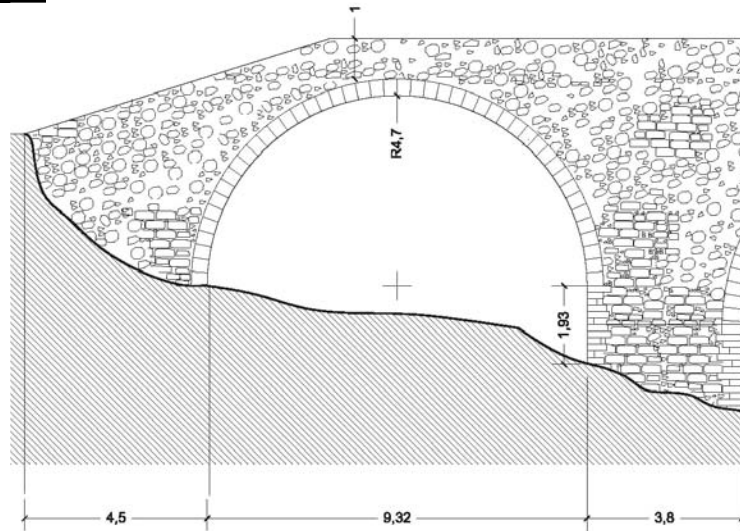
3. Geometría de la estructura

3.0 Características de los arcos

Vistos desde aguas abajo.

Orden de identificación: de izquierda a derecha.

3.1 Arco primero



Dibujo 14.3 Arco primero.

14	3.1.2	Número de Roscas		1
14	3.1.3	Radio	R_1 (metros)	4,7
14	3.1.4	Luz	L_1 (metros)	9,32
14	3.1.5	Flecha	f_1 (metros)	4,7
14	3.1.6	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_1$	180°
14	3.1.7	Directriz : flecha/luz	$\sigma_1 = f_1 / L_1$	4,67/9,32 = 1/1,99
14	3.1.8	Ancho de pilas	B_{p1}	4,5
14	3.1.9	Altura peraltes desde el cimientto al arranque del arco	h_{p1} (metros)	3,29
14	3.1.10	Dovelas: canto	c_1 (metros)	0,4
14	3.1.11	grueso	e_1 (metros)	0,3
14	3.1.12	Cantidad de dovelas	n_1	47
14	3.1.13	Canto dovela / luz	c_1 / L_1	0,4/9,32 = 1/23,3
14	3.1.14	Relación ancho pila / luz	B_{p1} / L_1	3,88/9,32 = 1/2,45
14	3.1.15	Estado de la bóveda	E_{b1}	Bien

Tabla 14.3 Detalles del arco primero.

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes verticales en los arranques, donde se cumple que $\sigma_1 = 1/2$, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco de medio punto completo y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie C.

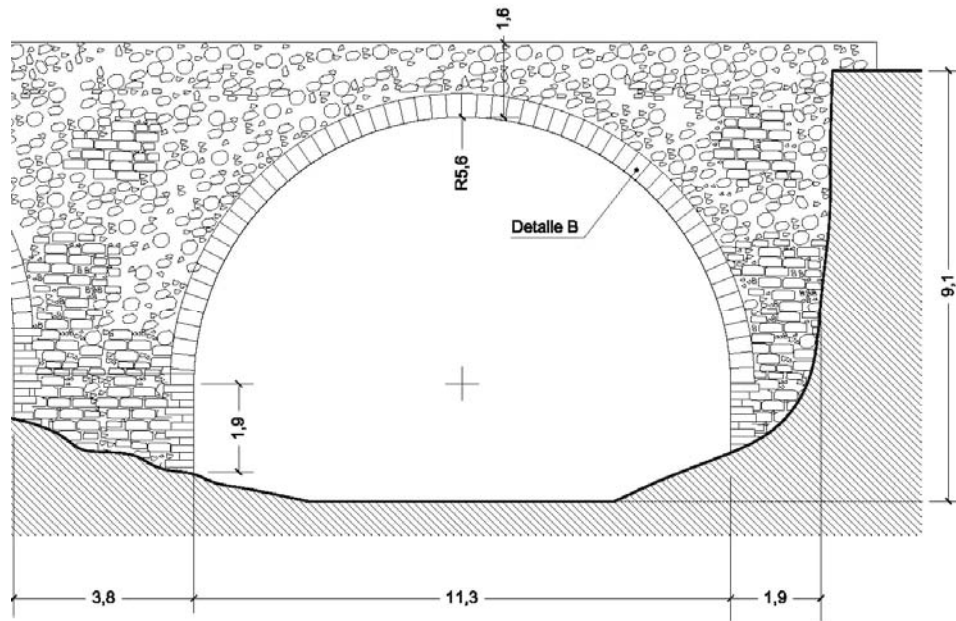
En función del diámetro, es un arco $2b$ (> 5 metros, < 10 metros).

Esbeltez del arco: $c_1/L_1 = 0,4/9,32 = 1/23,3$

Material de la bóveda 4a: sillería de piedra y/o mampuesto.

Cimentación 5b: zapata de sillería sobre roca.

3.2 Arco segundo



Dibujo 14.4 Arco segundo.

14	3.2.1	Número de Roscas		1
14	3.2.2	Radio	R_2 (metros)	5,61
14	3.2.3	Luz	L_2 (metros)	11,3
14	3.2.4	Flecha	f_2 (metros)	5,61
14	3.2.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_2$	180°
14	3.2.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_2 = f_2 / L_2$	5,61/11,3 = 1/2
14	3.2.7	Ancho de pilas	B_{p2}	3,8
14	3.2.8	Altura peraltes desde el cimientto al arranque del arco	h_{p2} (metros)	1,85
14	3.2.9	Dovelas: canto	c_2 (metros)	0,47
14	3.2.10	grueso	e_2 (metros)	0,3
14	3.2.11	Cantidad de dovelas	n_2	57
14	3.2.12	Canto dovela / luz	c_2 / L_2	0,47/11,3 = 1/23,08
14	3.2.13	Relación ancho pila / luz	B_{p2} / L_2	3,8/11,3 = 1/2,95
14	3.2.14	Estado de la bóveda	E_{b2}	Bien

Tabla 14.4 Detalles del arco segundo.

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes verticales en los arranques, donde se cumple que $\sigma_2 = 1/2$, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco medio punto completo y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie C.

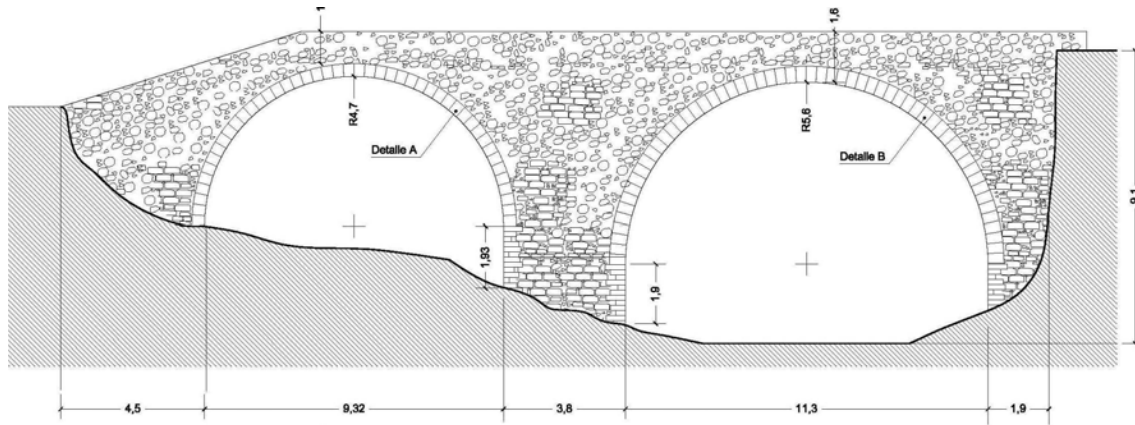
En función del diámetro, es un arco $2c$ (> 10 metros, < 15 metros).

Esbeltez del arco: $c_1/L_1 = 0,47/11,3 = 1/23,08$

Material de la bóveda 4a: sillería de piedra y/o mampuesto.

Cimentación 5b: zapata de sillería sobre roca.

3.3 Resumen de las características de los arcos



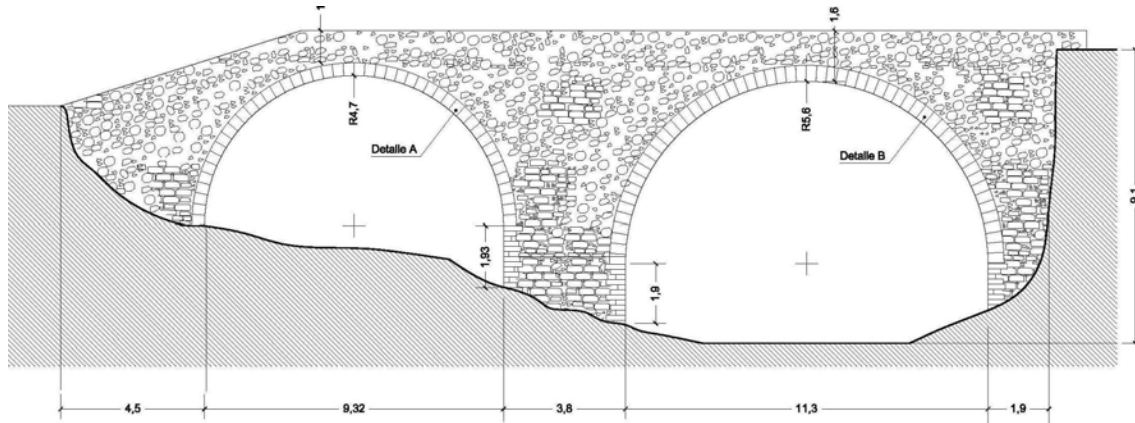
Dibujo 14.5 Alzado del puente.

Arcos		Primero	Segundo
Número de Roscas		1	1
Radio	R_{1-2} (metros)	4,7	5,61
Luz	L_{1-2} (metros)	9,32	11,3
Flecha	f_{1-2} (metros)	4,7	5,61
Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_{1-2}$	180°	180°
Directriz : flecha/luz	$\sigma_{1-2} = f_{1-2} / L_{1-2}$	$4,67/9,32 = 1/1,99$	$5,61/11,3 = 1/2$
Ancho de pilas	B_{p1-2}	4,5	1,9
Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p1-2} (metros)	3,8	-
Dovelas: canto	c_{1-2} (metros)	3,29	1,85
grueso	e_{1-2} (metros)	0,4	0,47
Cantidad de dovelas	n_{1-2}	0,3	0,3
Canto dovela / luz	c_{1-2} / L_{1-2}	47	57
Relación ancho pila / luz	B_{p1-2} / L_{1-2}	$4,5/9,32 = 1/2,07$	$3,8/11,3 = 1/2,97$
Estado de la bóveda	E_{b1-2}	Bien	Bien

Tabla 14.5 Resumen de las características de las bóvedas.

4, 5 y 6. Características de las pilas, tajamares, estribos y terraplenes

Sigue con la misma nomenclatura de identificación que los arcos



Dibujo 14.6 Alzado del puente.

4. Pilas	Primera
Dimensiones (largo x fondo)	3,8 x 2,22
Ancho de la pila / luz del arco B_p / L	$3,8/11,22 = 1/2,95$
Altura de la pila: desde cimiento a arranque del arco h_p	1,85
Ancho de la pila mayor / altura del puente B_p / H	$3,8/8,77 = 1/2,28$
Cimiento de la pila T_c	sobre roca
Base en la que se apoya el cimiento	sobre tierra
Protección contra la erosión	No

Tabla 14.6 Características de las pilas.

5. Tajamares	Primero
En la pila nº	1
Dimensiones	2,8 x 1,9
Altura desde cimiento	7
Forma de finalizar la altura	en vértice
Dimensiones del espolón	0,6 x 0,6
Altura desde cimiento del espolón	0,6
Forma de finalizar la altura del espolón	escalonado

Tabla 14.7 Características del tajamar y espolón.

6. Estribos (estimación)	Primero	Segundo
Dimensiones (largo x fondo)	2,33 x 2,22	2,82 x 2,22
Largo de estribo / luz del arco	$2,33/9,32 = 1/4$	$2,82/11,3 = 1/4$
Largo de estribo / luz mayor	$2,33/11,3 = 1/4,84$	$2,82/11,3 = 1/4$
Longitud del terraplén	4,5	2
Orientación del terraplén	Eje del puente	Eje del puente
Aleta de mantenimiento del terraplén	-	9,2

Tabla 14.8 Características de los estribos.

7. Sobre las reglas empíricas

Luz	Canto	Altura de pila	Ancho de pila
9,32	0,4	0	2,33
11,3	0,47	1,9	3,8
11,3	0,47	1,6	2,82

Tabla 14.9 Valores correspondientes al puente de Valentí.

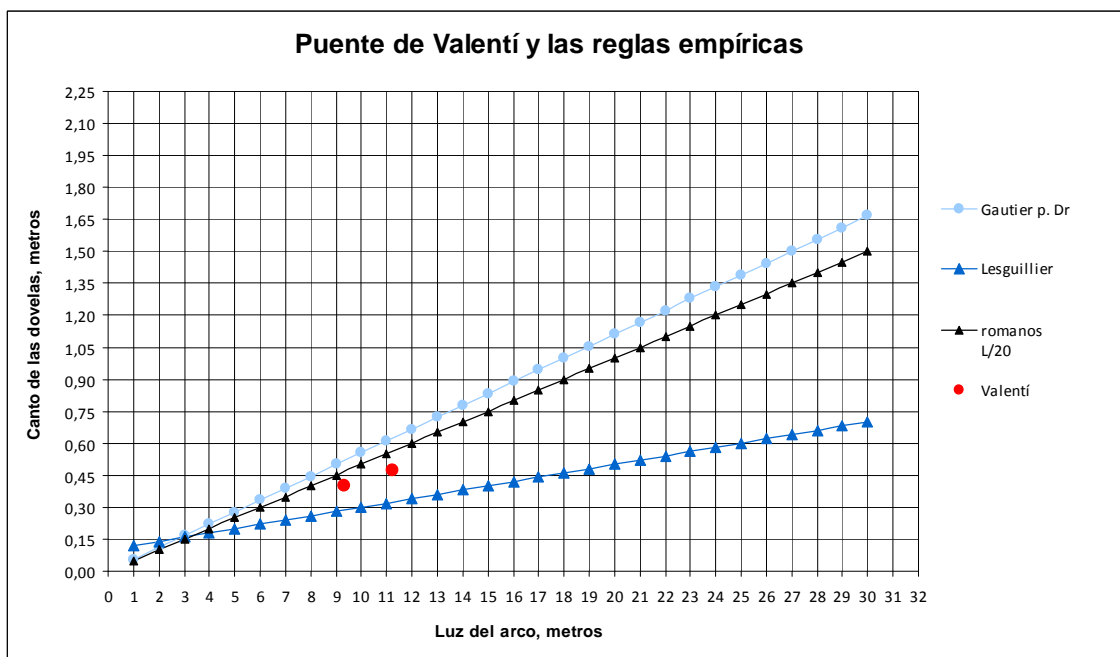


Gráfico 14.1 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Valentí.

Se puede observar que los cantos de las dovelas de ambas bóvedas se identifican con la regla desarrollada por los romanos (L/20).

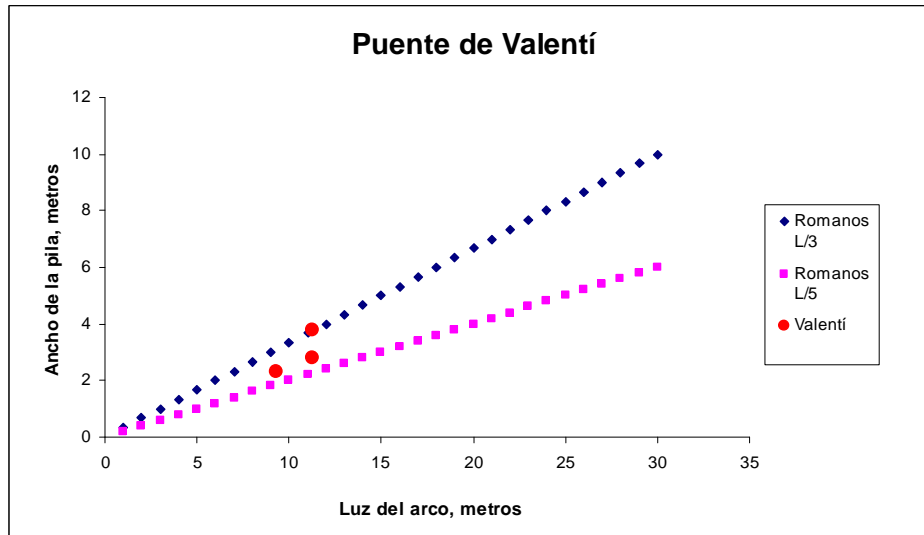


Gráfico 14.2 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Valentí.

El ancho de la pila continua siendo el que tradicionalmente deben emplear los maestros constructores que perseveran en la aplicación de las reglas tradicionales que provienen de la época romana. Por regla general, las pilas tienen una dimensión más esbelta del 1/3.

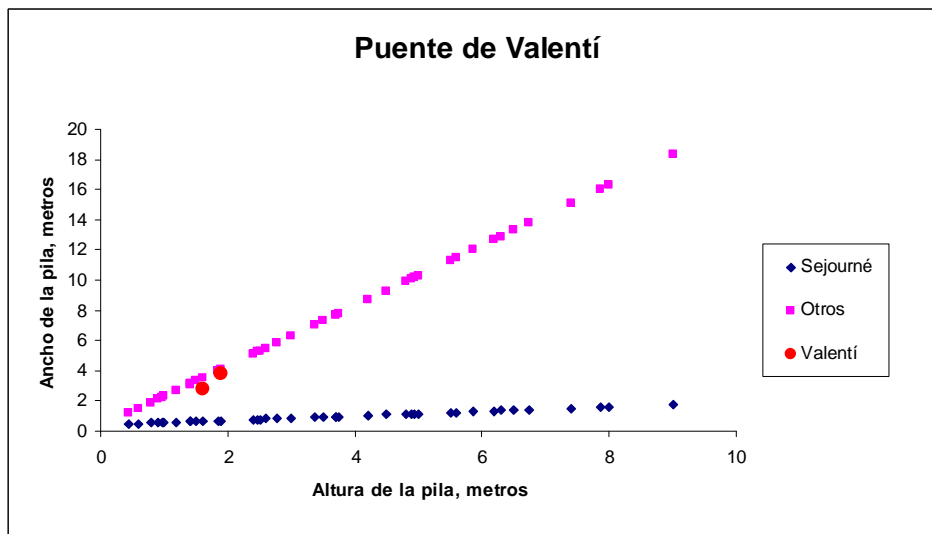


Gráfico 14.3 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Valentí.

De la observación del gráfico anterior se puede deducir que los maestros constructores emplean reglas conocidas que aquí identificamos como otros. Estas otras se refieren a las que anteriormente se aplicaran en el Renacimiento.

8. Sobre la estructura

Con el programa ARCs hemos determinado, para cada bóveda, los valores de los empujes y las excentricidades necesarios para mantener la línea de presiones en la zona comprendida entre el intradós y el extradós .

En las conclusiones del trabajo, se comparan los resultados obtenidos con ARCs con los resultados obtenidos por el procedimiento analítico.

A modo de resumen se puede destacar que los resultados medios de los empujes horizontales obtenidos mediante el procedimiento analítico son un 5,94% mayor que los obtenidos con la simulación con ARCs.

8.1 Valores de los empujes y excentricidades obtenidos con ARCs, para diferentes condiciones:

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	160	1,6 y 1,3
Segunda	294	1,8 y 1,6

Tabla 14.10 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas debidos al peso propio de la estructura.

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	160	1,6 y 1,3
Segunda	310	1,8 y 1,6

Tabla 14.11 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas considerando un tren de cargas de dos ejes separados 2 metros y cada una cargada con 120 KN, y con coeficiente de seguridad 3, localizando la carga a ½ de la bóveda segunda.

8.2 Valores de las cargas específicas sobre los cimientos obtenidas por el procedimiento analítico:

Pila	Carga sobre el cimiento en N/mm ²
Primera	0,127
Segunda	0,329
Tercera	0,365
Valor medio familia	0,213
Valor medio general	0,35313

Tabla 14.12 Valores de las cargas específicas que las pilas apoyan sobre los cimientos

Operando de forma semejante que con los puentes anteriores, sustituimos la carga doble de 120 KN por la que representaría un animal de carga, con un peso total conjunto de 400 kg. Y con una distancia de 2 metros entre patas. Esto produce dos cargas puntuales de 2 KN que, para mantener el mismo recorrido de la línea de presiones calculada para 120 KN, supone un coeficiente de seguridad de 180.

Para realizar la clasificación de la estructura hemos recurrido a la propuesta Séjourné y también a otras de uso común para las estructuras de obra de fábrica:

Según el nº de arcos es: multiarco (1.b)
En función del vano mayor: $> 10 < 15$ metros (2.c)
En función de la esbeltez del arco: c en la clave/luz $1/23$
En función de la directriz: flecha /luz $1/2$
En función del material de la bóveda: sillería de piedra (4.a)
En función de las cargas máxima sobre el cimiento: $0,365 \text{ N/mm}^2$
Y de los máximos empujes horizontales: 310 KN
En función del tipo de cimentación: zapata de sillería sobre roca y superficial. (5.b y 5.a)

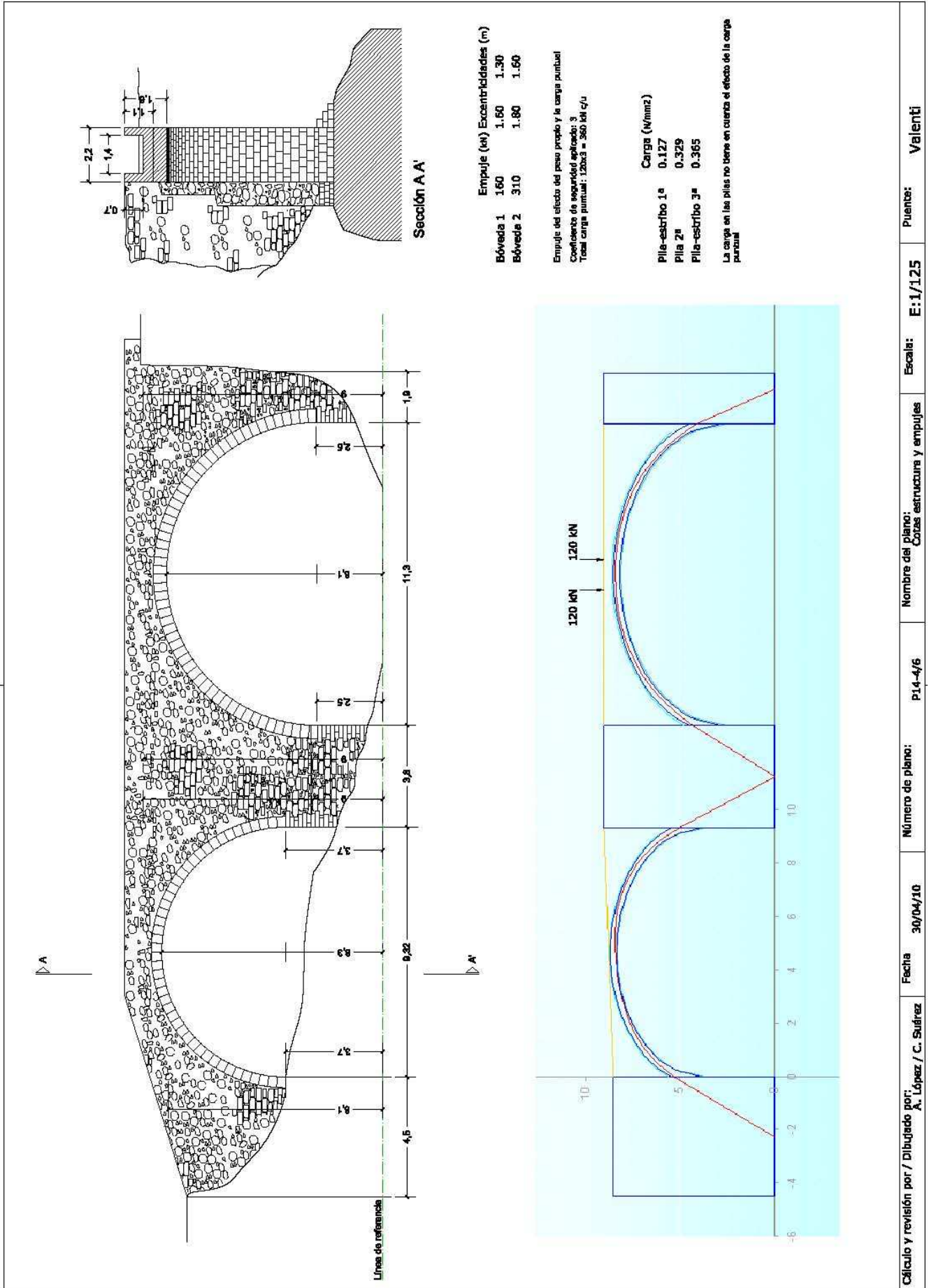
Las dos bóvedas: ambas son de medio punto completo C.

Cuadro 14.1 – Clasificación global de la estructura

En las dos páginas siguientes:

Dibujo 14.7 Plano P14 – 4/6 Recorrido de la línea de presiones, programa ARCs.

Dibujo 14.8 Plano P14 – 5/6 Tabla con el resumen del cálculo analítico del valor de los empujes.



9. Sobre la hidráulica del puente

Desde el punto de vista hidráulico, hemos calculado los diferentes grados de obturación del puente en función del calado. En el dibujo 14.9 puede verse una aproximación a la zona inundable para diferentes valores de calado y también para cada uno de ellos el coeficiente de obturación que oscila entre el 19,87% y el 37,71%.

La pendiente del río en el tramo donde se localiza el puente es del 3,214% que corresponde a una zona muy torrencial. Podemos añadir la información que ya hemos indicado en el puente de Oix y que recibimos en la conversación con el agente fluvial del río Fluvià, D. Ramón Pérez.

Todos los datos relativos a las avenidas de los años 1970, 1977 y 1982, afectaron simultáneamente a los puentes de Oix, Valentí y Llierca. No nos pudo precisar el nivel del agua alcanzada en el puente de Valentí por la dificultad de transitar por el camino que bordea al río bajo una pluviometría alta. Pero si que nos indicó que, en la cuenca del Sant Aniol, donde está situado el puente de Valentí, con una lluvia persistente de 60 l/m², el tiempo de respuesta del río es de 3 horas para alcanzar las cotas de inundación, es decir, que el nivel de agua puede sobrepasar el de los pretilos.

En el informe previo a los trabajos de reacondicionamiento que realizó el Departament de Monuments de la Diputació de Girona, al que hacemos referencia en el apartado de hechos históricos asociados con el puente, se puede leer que la estructura del puente ofrecía un aspecto de seguridad. En cambio, al referirse a los pretilos indica que prácticamente abina desaparecido.

Parte de los pretilos pueden haber desaparecido por el empuje que puedan ocasionar por los empujes o golpes recibidos por las cargas que circulen por la calzada. En el caso del puente de Valentí, con una anchura de calzada de 1,4 metros, y con un acceso por escalones, es difícil imaginar una carga móvil que pueda chocar contra los pretilos y, con la energía del choque, romperlos. Es mucho más fácil comprender que, con lluvias intensas de 60 l/m², y con un tiempo de respuesta de 3 horas el agua pueda sobrepasar la altura de los pretilos, la rotura de estos debe provenir de la energía derivada de las avenidas periódicas, sobretudo teniendo en cuenta la pendiente motriz que tiene el río en el tramo donde se localiza el puente.

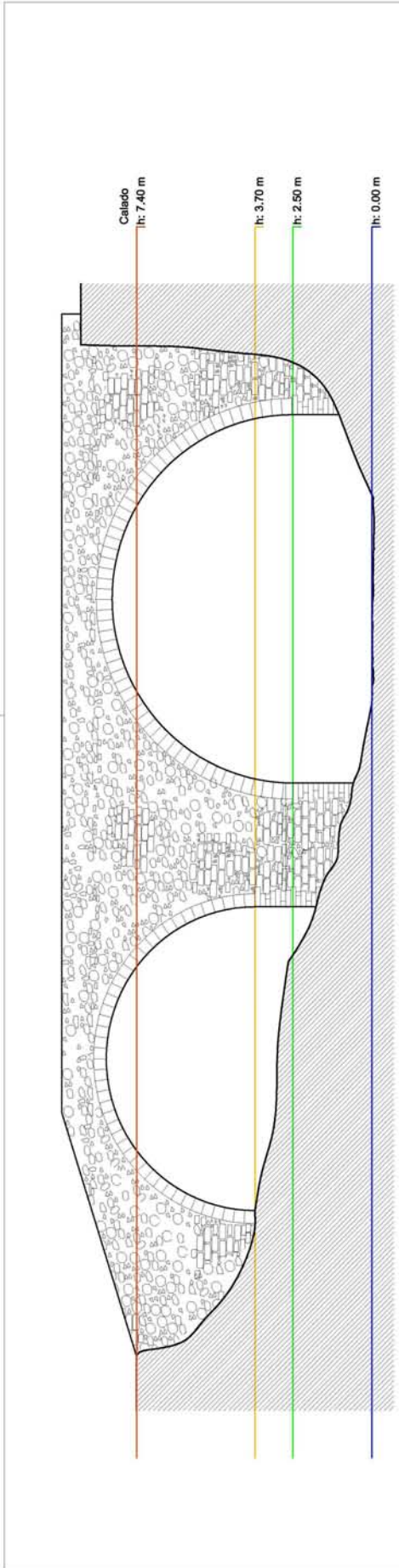
Datos relativos a la hidráulica del puente

Cuenca Km ²	Lluvia media diaria mm	Cv	Lluvia máxima diaria (mm) T.100 años	Lluvia máxima diaria (mm) T: 500 años	Caudal punta T: 100 años m ³ /seg	Caudal punta T:500 m ³ /seg
35,57	93	0,448	239	319	-	-

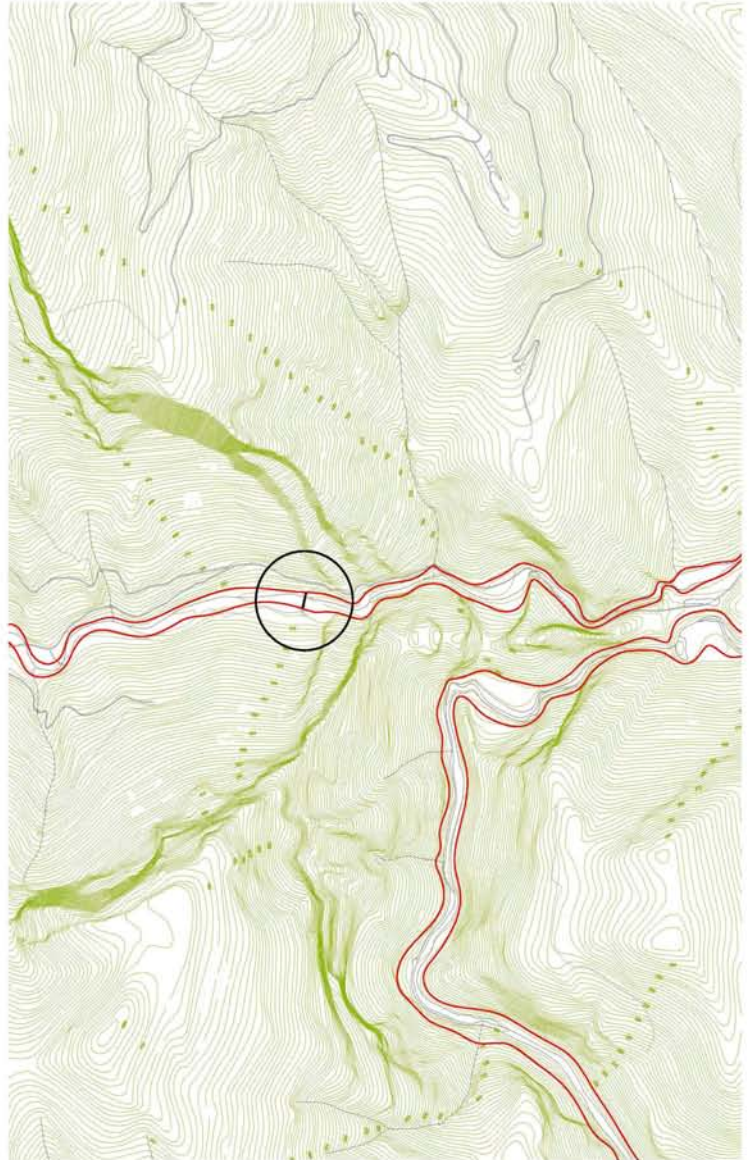
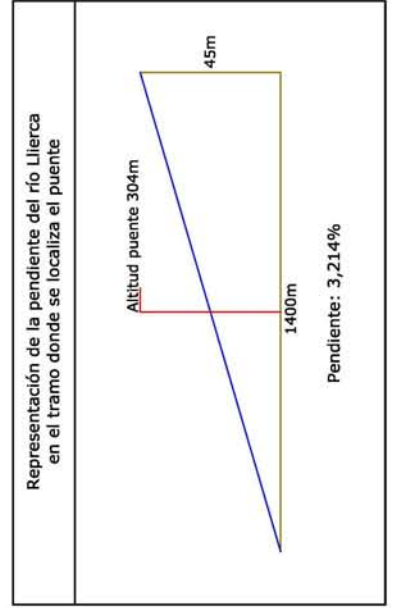
Tabla 14.13 Valores sobre la pluviometría y su repercusión a su paso por el puente

Considerando que la velocidad de la lamina de aguas se mantendrá a la misma velocidad de forma independiente al caudal. Al no disponer de estaciones de medición de la pluviometría el Servei Territorial d'Obres Públiques en Girona no dispone de datos fiables para indicar los caudales punta para ningún período de retorno. Por esta razón, la zona inundable dibujada se basa en las referencias que hemos obtenido de las personas que nos relatado este tipo de episodios.

En la página siguiente: Dibujo 14.9 Plano P14 – 6/6 Sobre la obturación en función del calado. Pendiente motriz y posible zona de obturación.



Sección total	Sección de paso	% Obstrucción	Calado
170.28 m ²	111.18 m ²	37.71 %	h: 7.40 m
60.01 m ²	46.68 m ²	22.22 %	h: 3.70 m
33.43 m ²	29.79 m ²	19.87 %	h: 2.50 m



10. Hechos históricos asociados con el puente

En el camino de Sardenes a Sant Aniol, el puente de Valentí garantizó el paso de los traginers, que desde los valles de Camprodon y Beget pasaban por el coll de Talaixà hacia el valle del Fluvià.

También lo utilizaban los que venían del Empordà por el coll del Riu, Bassegoda i Albanyà.

Es de estilo románico puro. Se desconocen los datos de construcción. Su estado de conservación es bueno, gracias a los trabajos del Consorci de l'Alta Garrotxa y la Diputació de Girona.¹

El puente de Valentí

Muy cerca de la cova dels Ermitons, con restos del paleolítico; prácticamente bajo la cova del Bisbe, la boca de la cual, visible desde el camino, se abre entre el cielo y la tierra a medio risco de Gitarriu; y dominado por la cova de los Monges -un yacimiento de la edad de bronce-, abierta a tramontana del peñón monolítico del Castillo s'Espasa, el puente de Valentí, o d'en Valentí, quizás, sorprende con toda seguridad a todo aquel quien lo contempla por primera vez.

Contrariamente a lo que un forastero pueda suponer, el puente de Valentí no es un puentecillo cualquiera, como tantos otros que hay desperdigados por nuestras comarcas. Nada de esto. El de Valentí es un señor puente y mucha gente, al verlo, se pregunta qué hace en un lugar tan escondido y salvaje. Intentaremos explicarlo.

Permitía, el puente de Valentí, el trasiego de los mulos de carga, cargados con serajes de carbón, que procedentes de Beget y de Oix, sobre todo, pasando por el collado de Talaixà, alcanzaban el valle del Fluvià por Montagut o la de la Muga y el Alt Empordà por el valle y el cuello de Riu, Bassagoda, Albanyà y Sant Llorenç de la Muga.

Por lo demás, siguiendo a la inversa el camino del carbón, el puente de Valentí se utilizaba para que salvaran la riera de Sant Aniol las caravanas de animales que transportaban hasta las ferrerías del Ripollès el mineral de hierro tan abundante en este lugar, como se puede ver por el color rojizo de la tierra y por las instalaciones en ruinas que se encuentra aguas arriba, siguiendo el sendero que conduce al antiguo monasterio benedictino de Sant Aniol d'Aguja.

No tenemos ninguna noticia referente a la época de la construcción del puente, formado por dos arcos de medio punto, adivinando, no obstante, en sus paramentos, más de una reconstrucción. Sin embargo, se mantiene en pie, ofreciendo todavía una sensación de poderío y fundadas esperanzas, con las obras de recuperación realizadas este año, de una larga y fructífera supervivencia.

Aunque, como acabamos de decir, no tenemos casi ninguna información sobre el puente de Valentí, sí tenemos dos referencias, una de las cuales es literaria, y la otra, aun siendo verosímil, incierta.

Hablamos, en primer lugar, de un pasaje de la novela *La puñalada*, del escritor olotense Marià Vayreda, quien, al hablar de un secuestro, dice: "Aunque hizo más (el gavián), por aquellos días cobró el rescate de Cruells de Bigues, al que llevaba preso desde cuando corría por Collsacabra. La operación se hizo en una casucha de sobre el puente de Valentí...".

Esta casucha situada junto al puente de Valentí, y el lado derecho da la riera de Sant Aniol, no es otra que la que más adelante se llama Hostal de las Moscas o Ca la Bruta y que César Augusto Torres define como un "hostal abandonado".

La otra referencia, de la que hemos hecho mención, se encuentra en el libro "Crimes et mort des trabucayres", escrito por la señora A.F. Mare, publicado en 1968, de donde traducimos el siguiente párrafo: "secuestro de Lluís Plantés, de Torrellà (España) 15 de marzo de 1842. Al anochecer, siete hombres llegan al campesinado de Llos, armados con carabinas, y toman a Plantés. La banda y el prisionero se dirigen a la montaña por el lado de Río y de Sant Aniol, pasan la noche dentro de una caverna y luego se dirigen al puente de Salanté, cerca de la iglesia de Sant Julià de Ribelles, permaneciendo hasta el 20 de marzo".

Todo hace suponer que este puente de Salanté, que se encuentra en los andurriales de Riu y Sant Aniol, no puede ser otro que nuestro puente de Valentí, el único existente en esta región. El término francés Salanté se debería, en todo caso, a una mala interpretación de Valentí.

Y acabaremos con unas líneas, antológicas como todas las suyas, de este gran amigo y extraordinario poeta en prosa de la Alta Garrotxa, que es Josep Girona y Casagran. Leedlo, por favor: "No mucho más arriba, las aguas cristalinas del torrente pasan impacientes por debajo del viejo puente de Valentí, que contempla indiferente, impassible, al paso acogió solícito al peatón, las de caminar por senderos pedregosos y còrrecs despeñados".²

¹ Els Ponts de J.Víctor Gay i Carlus Gay Puigbert pag 66

² Traducción literal del texto original en catalán de la publicación de la Diputació de Girona con motivo de la inauguración del puente después de su reconstrucción.

Puente de Llerca

Décimo quinto puente: pont de Llierca.

Sobre la riera del mismo nombre en término municipal de Sales de Llierca. Puente espectacular por el trazado de su único arco, que se realiza por la disposición de los estribos encajados en las rocas al final de la garganta por donde circula el río. Calzada en doble pendiente con una longitud total de 43 metros.



Imagen 15.1 Vista general del puente.

1. Localización

15	1.1	Denominación del puente	Llierca
15	1.2	Cuenca del río	Fluvià
15	1.3	Comarca	Garrotxa
15	1.4	Río	Llierca
15	1.5	Termino municipal	Sales
15	1.6	Lugar	Serrat del Pont
15	1.8	Coordenadas geográficas	42° 14' 50,57" N 2° 7' 29,27" E
15	1.9	Coordenadas UTM (x, y)	x' 467406 y' 4677524
15	1.10	Altitud metros sobre el nivel del mar	229
15	1.11	Orientación	Este-Oeste

Tabla 15.1 Situación de la obra.

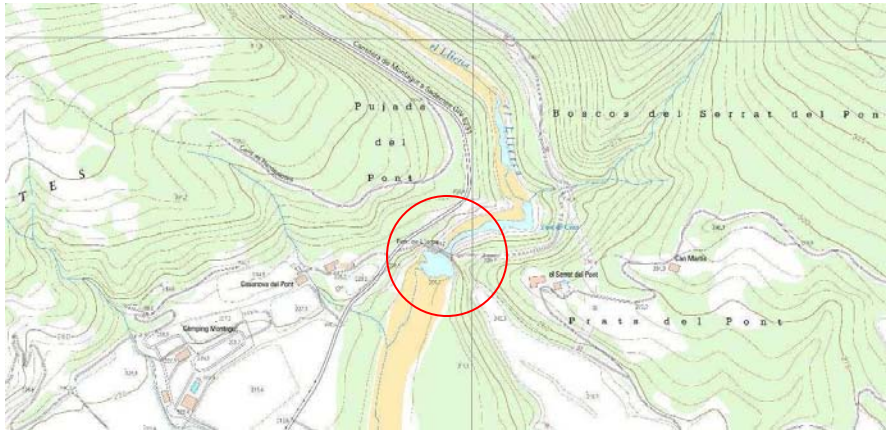


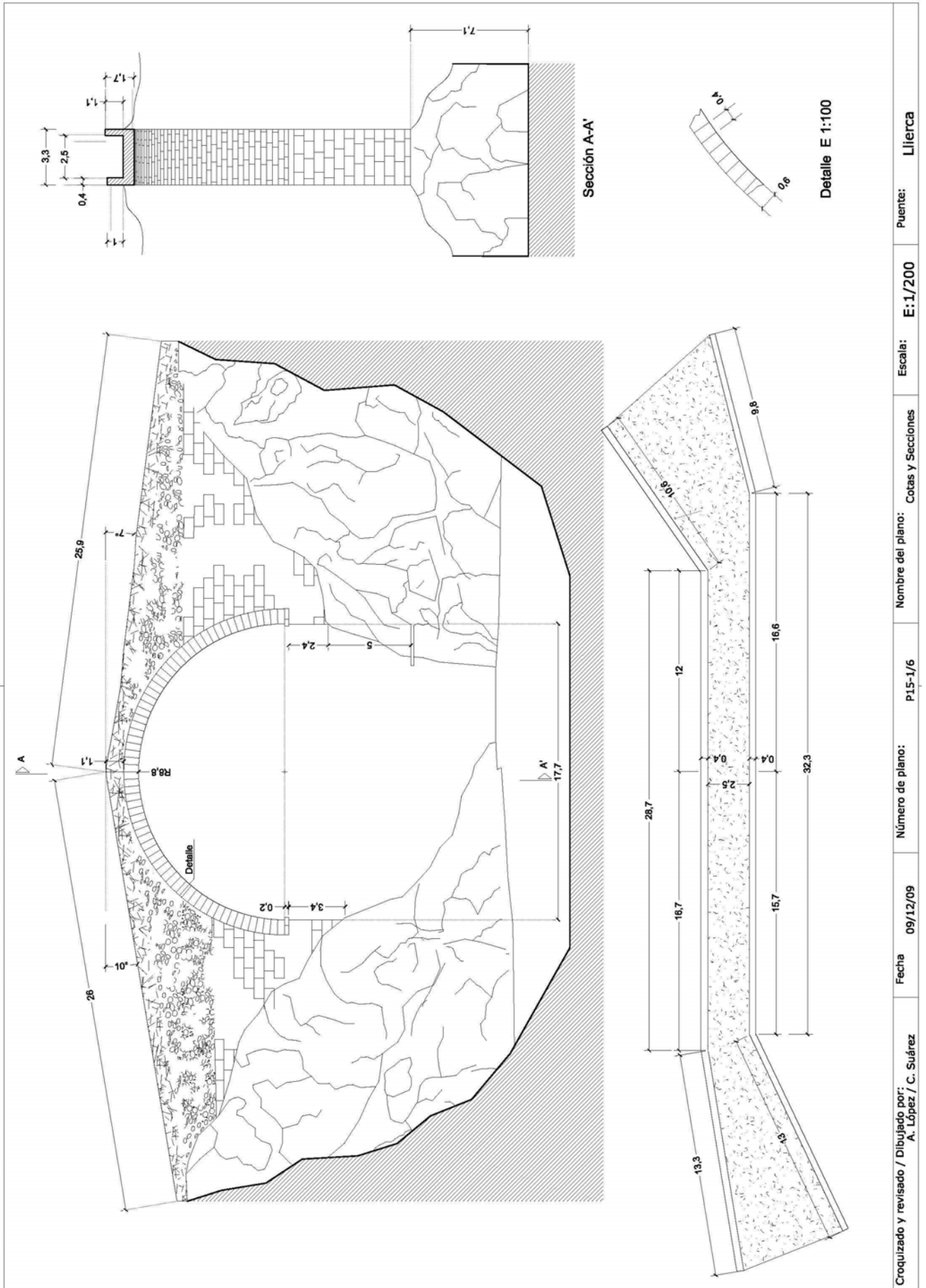
Imagen 15.2 Vista topográfica de la localización del puente.

2. Características generales

15	2.1	Número de arcos		1
15	2.2	Luz de los arcos	L (metros)	17,7
15	2.3	Directriz del arco principal	$\sigma = f / L$	$8,8/17,7 = 1/2$
15	2.4	Número de arquillos de aligeramiento		0
15	2.5	Altura del puente desde la albardilla del pretil al lecho del río	H (metros)	25
15	2.6	Calzada con pendientes		Si
15	2.7	Longitud calzada 1 izquierda aguas abajo	L_{c1} (metros)	30
15	2.8	Ángulo de inclinación 1	β_1	10°
15	2.9	Longitud calzada 2	L_{c2}	22,6
15	2.10	Ángulo de inclinación 2	β_2	7
15	2.11	Longitud total en planta	L_c (metros)	52
15	2.12	Ancho total en planta	A_p (metros)	3,3
15	2.13	Ancho de la calzada	A_c (metros)	2,5
15	2.14	Espesor de los pretils	c_p (metros)	0,4
15	2.15	Altura de los pretils	h_{pr} (metros)	1 y 1,1
15	2.16	Acabado del pretil: albardilla, piezas con un labrado superficial		Piedras sin labrar
15	2.17	Longitud de los estribos	C_E (metros)	4,4 y 4,4
15	2.18	Longitud del terraplén	L_t (metros)	10
15	2.19	Encauzamiento del río en este tramo		Natural

Tabla 15.2 Datos arquitectónicos.

En la página siguiente: Dibujo 15.0 Plano P15 – 1/6 Dimensiones fundamentales.



Croquizado y revisado / Dibujado por: A. López / C. Suárez	Fecha 09/12/09	Número de plano: P15-1/6	Nombre del plano: Cotas y Secciones	Escala: E:1/200	Puente: Llierca
---	-------------------	-----------------------------	--	--------------------	--------------------

Formidable construcción en un marco agreste de paredes cortadas, intensa vegetación arbórea, situada en un punto estratégico de la cuenca del río Llierca, en el punto de encuentro entre el cañón que conduce al río y la abertura a la plana aluvial, que desemboca 4 km aguas abajo como afluente del río Fluviá.

El puente se sitúa entre las dos paredes rocosas, encajado entre ella de forma que hacen de pilas y de estribos y al mismo tiempo eliminan los terraplenes ya que, desde la construcción, se ha situado en una cota que permitía enlazar con los caminos cercanos con muy poco espacio.



Imagen 15.3 Vista desde el acceso por la entrada derecha

Es un puente con su rasante en doble pendiente. La parte que conecta con el margen derecho, tiene una longitud de 30 metros, con una inclinación de 10° ; la otra pendiente de 22,6 metros de longitud tiene una inclinación de 7° .

La anchura de la rasante, el tramo central es de 3,3 metros, cuenta con pretilos de protección de 0,3 metros de grueso y 1 metro de altura, dejando un ancho útil de la calzada de 2,5 metros.

Su proyección en planta es quebrada (ver dibujo 15.1). Se pueden identificar tres tramos, el central de 32,3 metros, perpendicular al eje del río en la zona en que lo badea, y por los extremos dos trozos de diferente longitud y orientación.

Los otros dos tramos forman paralelepípedos: las zonas donde conectan con el camino son más anchas que las que entroncan con el tramo central. El de la orilla derecha tiene una longitud de 13 metros y gira en orientación al suroeste, formando un ángulo de 9° con el tramo central.



Imagen 15.4 A la izquierda: acceso derecho



Imagen 15.5 A la derecha: acceso izquierdo

En cambio, el que parte de la orilla izquierda, que tiene una longitud de 10 metros, gira en orientación opuesta al anterior (noreste), formando un ángulo de 20° .

La proyección en planta de los tres tramos recuerda a la letra z, donde los dos trazos laterales se separan por los extremos, midiendo el conjunto de los tres algo más de los 50 metros, con una altura de los pretilos hasta la línea de agua de 25 metros.

La rasante tiene un acabado de empedrado sobre una capa de mortero y tierra apisonada.

La albardilla de los pretilos está formada por recios mampuestos con un mínimo de labrado de piedra Nummulites¹ unidos con un mortero de cal.

Cuenta con una sola bóveda de medio punto de cerca de 18 metros de vano. Su boquilla está formada por una rosca de dovelas de 0,6 metros de canto y 0,4 metros de espesor.

El intradós de la bóveda está formado por piezas con un grueso semejante al de la boquilla. El plano de separación entre los arranques de las pilas estribos con las pilas, está resaltado por un cordoncillo que solo cubre la zona del intradós.

El cimiento es la roca por ambos márgenes, no se observa trabajado para preparar el asiento de la estructura, por lo menos en la zona visible se observa que los sillares de la primera fila varían sus alturas y forma para adaptarse al perfil del terreno.

¹ Genero de los protozoos del orden de los foramíneos que comprenden fósiles típicos de la primera mitad de la era terciaria. Tiene forma lenteja, con un diámetro que oscila entre los 5 milímetros y 6 centímetros. Chamorro, M. A. El campanario de Sant Félix.



Imagen 15.6 Vista del arranque, desde la pila derecha y aguas abajo.



Imagen 15.7 Zona de la clave

En el paramento se distinguen un mínimo de tres zonas: desde el cimientado se elevan en filas homogéneas de sillería, tamaño y trama, hasta alcanzar la zona algo más alta de los riñones; después la formación varía con la altura, alternando sillares, sillarejo y mampuestos, alcanzando la cota de la rasante con mampostería.

Posiblemente, al paramento se le agregó un acabado de enlucido de color ocre, que posteriormente, por efecto de las lluvias, se ha ido perdiendo, dejando a la vista la formación del paramento.

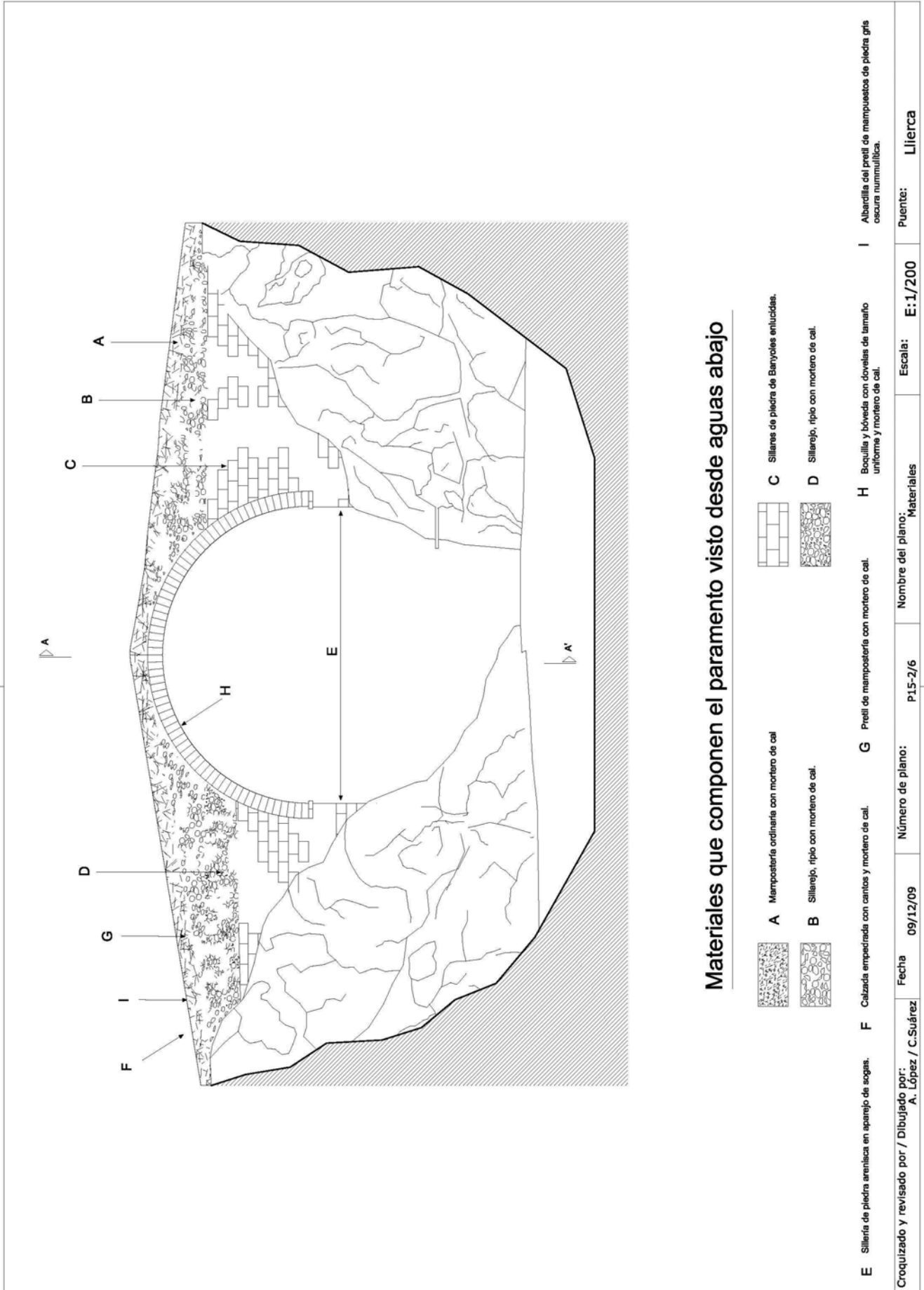
El arrastre del color ocre se pone de manifiesto, sobre todo, en las piezas que forman la pared visible de las pilas estribos.

El mejor comentario que he escuchado de esta formidable estructura fue: “Al medio natural de este paisaje le faltaba este puente” realmente encaja, complementa, armoniza y magnifica el paisaje y todo el medio que lo rodea.

En las páginas siguientes:

Dibujo 15.1 Plano P15 – 2/6 Sobre la composición del paramento.

Dibujo 15.2 Plano P15 – 3/6 Detalles fotográficos.



1. Vista general desde la orilla derecha aguas abajo

2. Calzada desde la orilla derecha

3. Calzada desde la orilla izquierda

4. Paramento desde aguas abajo

5. Bóveda en la clave

6. Paramento y enclave desde aguas abajo

Fotografías por / Dibujado por: A. López / C. Suárez	Fecha 09/12/09	Número de plano: P15-3/6	Nombre del plano: Detalles fotográficos	Escala: E:1/300	Puente: Llierca
---	-------------------	-----------------------------	--	--------------------	--------------------

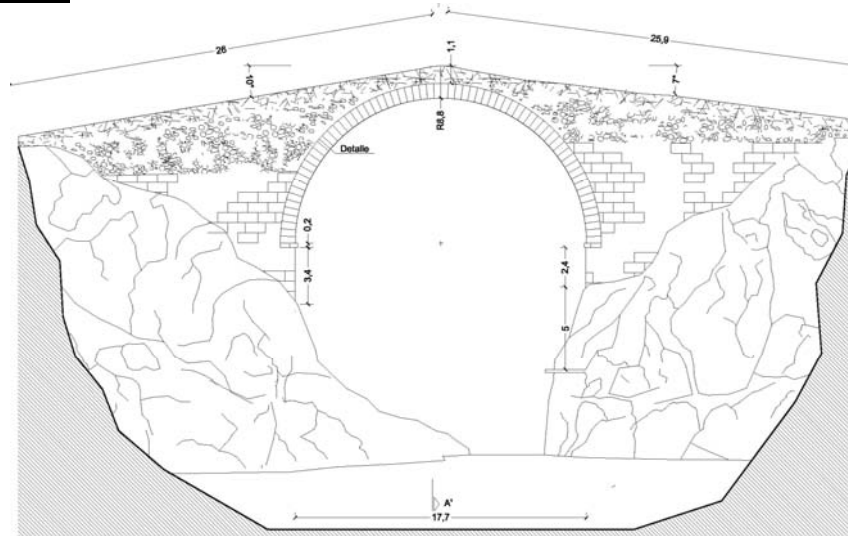
3. Geometría de la estructura

3.0 Características de los arcos

Vistos desde aguas abajo

Orden de identificación: de izquierda a derecha

3.1 Arco único



Dibujo 15.3 Arco único

15	3.1.2	Número de Roscas		1
15	3.1.3	Radio	R (metros)	8,8
15	3.1.4	Luz	L (metros)	17,7
15	3.1.5	Flecha	f (metros)	8,8
15	3.1.6	Ángulo de longitud de arco	2α	180°
15	3.1.7	Directriz : flecha/luz	$\sigma = f / L$	$8,8/17,7 = 1/2$
15	3.1.8	Ancho de pilas	B_p	6
15	3.1.9	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_p (metros)	6,5 - 7,4
15	3.1.10	Dovelas: canto	c (metros)	0,6
15	3.1.11	grueso	e (metros)	0,4
15	3.1.12	Cantidad de dovelas	n	69
15	3.1.13	Canto dovela / luz	c / L	$0,6/17,7 = 1/29,5$
15	3.1.14	Relación ancho pila / luz	B_p / L	$6/17,7 = 1/2,95$
15	3.1.15	Estado de la bóveda	E_b	Bien

Tabla 15.3 Detalles del arco primero

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes verticales en los arranques, donde se cumple que $\sigma_1 = 1/2$, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco de medio punto completo y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie C.

En función del diámetro, es un arco $2d$ (> 15 metros, < 20 metros).

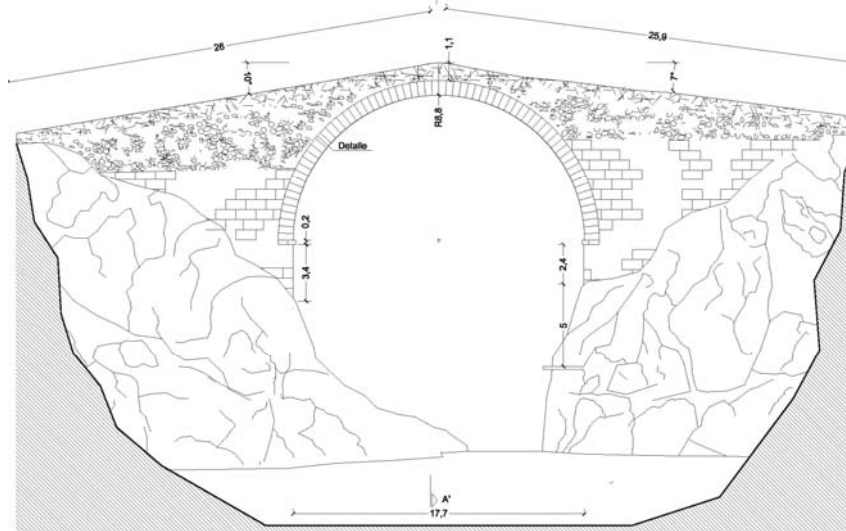
Esbeltez del arco: $c/L = 0,6/17,7 = 1/29,5$

Material de la bóveda 4a: sillería de piedra.

Cimentación 5b: zapata de sillería sobre roca.

4, 5 y 6. Características de las pilas, tajamares, estribos y terraplenes

Sigue con la misma nomenclatura de identificación que los arcos:



Dibujo 15.4 Arco único.

4. Pilas	Primera	Segunda
Dimensiones (largo x fondo)	4,4 x 2,9	4,4 x 2,9
Ancho de la pila / luz del arco B_p / L	$4,4/17,7 = 1/4$	$4,4/17,7 = 1/4$
Altura de la pila: desde cimiento a arranque del arco h_p	3,4	2,4
Ancho de la pila mayor / altura del puente B_p / H	$4,4/25 = 1/5,68$	$4,4/25 = 1/5,68$
Cimiento de la pila T_c	Sobre la roca	Sobre la roca
Base en la que se apoya el cimiento	Sobre la roca	Sobre la roca
Protección contra la erosión	No	No

Tabla 15.4 Características de las pilas.

6. Estribos (estimación)	Primero	Segundo
Dimensiones (largo x fondo)	4,4 x 3,4	4,4 x 2,4
Largo de estribo / luz del arco	$4,4/17,7 = 1/4$	$4,4/17,7 = 1/4$
Largo de estribo / luz mayor	$4,4/17,7 = 1/4$	$4,4/17,7 = 1/4$
Largo de estribo / longitud puente	$4,4/52 = 1/11,8$	$4,4/52 = 1/11,8$
Longitud del terraplén	10 y 13	10 y 13
Orientación del terraplén	Según el eje del puente	Según el eje del puente
Aleta de mantenimiento del terraplén	No	No

Tabla 15.5 Características de los estribos.

7. Sobre las reglas empíricas

Luz	Canto	Altura de pila	Ancho de pila
17,7	0,6	3,4	4,4
17,7	0,6	2,4	4,4

Tabla 15.6 Valores correspondientes al puente de Llierca.

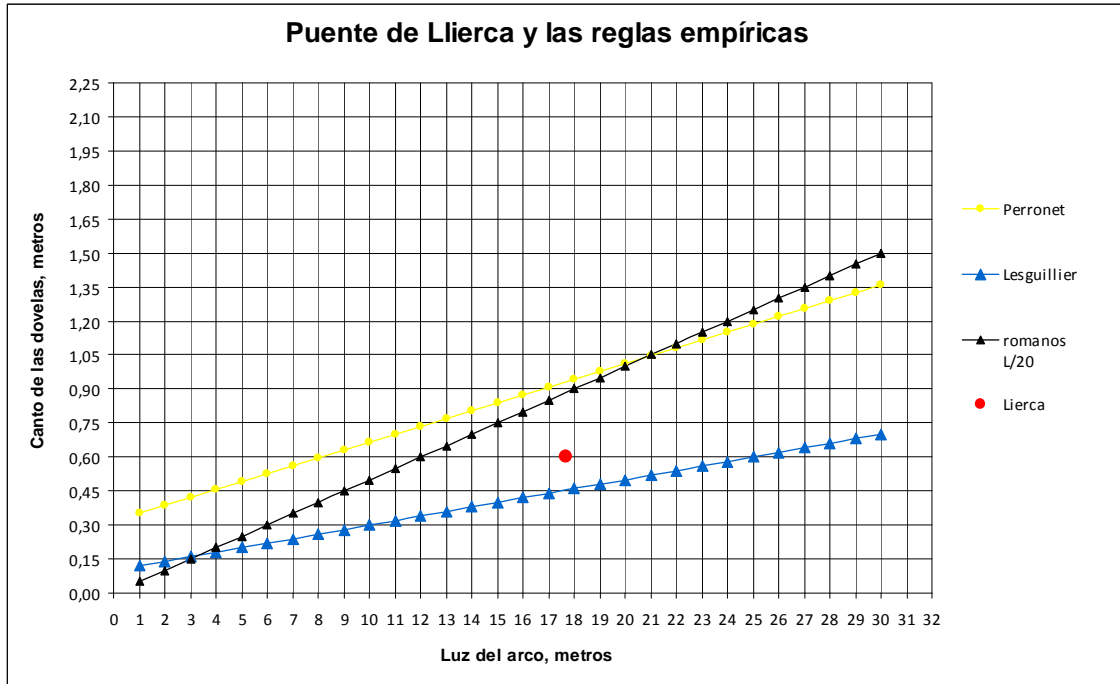


Gráfico 15.1 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Llierca.

El canto de las dovelas en función de la luz del arco, no coincide con ninguna de las reglas empíricas que hemos consultado. El tamaño del canto de las dovelas, para esa luz, es inferior a todos los propuestos por las reglas. Solo Lesguillier, en el siglo XVIII, propone una fórmula sensiblemente más esbelta que la que tiene el puente.

8. Sobre la estructura

Con el programa ARCs hemos determinado, para cada bóveda, los valores de los empujes y las excentricidades necesarios para mantener la línea de presiones en la zona comprendida en tercio central de la boquilla.

En las conclusiones del trabajo, se comparan los resultados obtenidos con ARCs con los resultados obtenidos por el procedimiento analítico.

A modo de resumen se puede destacar que los resultados medios de los empujes horizontales obtenidos mediante el procedimiento analítico son un 1,96% mayores que los obtenidos con la simulación con ARCs.

8.1 Valores de los empujes y excentricidades obtenidos con ARCs, para diferentes condiciones:

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	690	2,5 y 1,9

Tabla 15.7 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas debidos al peso propio de la estructura.

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	718	2,5 y 2

Tabla 15.8 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas considerando un tren de cargas de dos ejes separados 2 metros y cada una cargada con 120 KN, y con coeficiente de seguridad 3, localizando la carga a ½ de la bóveda primera.

8.2 Valores de las cargas específicas sobre los cimientos obtenidas por el procedimiento analítico:

Pila	Carga específica σ (N/mm ²)
Primera	0,209
Segunda	0,209
Valor medio familia	0,213
Valor medio general	0,35313

Tabla 15.9 Valores de las cargas específicas que las pilas apoyan sobre los cimientos

Este puente, en origen, tiene un coeficiente de seguridad de 180. Este valor se obtiene de sustituir la carga del tren de dos ejes con carga de 120 KN por otra que se aproxime mucho más al tipo de carga que podía atravesar el puente en la época en que se construyó. Esto es, un animal de carga, con 2 metros de distancia entre cuartos delanteros y traseros y que supone un peso total del conjunto (peso propio del animal más carga transportada) de 400 kg. Este animal generaría dos cargas puntuales de 2 KN y, para mantener el recorrido de la línea de presiones igual que el de las cargas de 120 KN, se deduce que el coeficiente de seguridad debe elevarse hasta 180.

Para realizar la clasificación de la estructura hemos recurrido a la propuesta Séjourné y también a otras de uso común para las estructuras de obra de fábrica:

Según el nº de arcos es: monoarco (1.a)
 En función del vano mayor: > 15 < 25 metros (2.d)
 En función de la directriz: flecha /luz 1/2
 En función del material de la bóveda: sillería de piedra (4.a)
 En función de las cargas máxima sobre el cimiento: 0,20906 N/mm²
 Y de los máximos empujes horizontales: 718 KN
 En función del tipo de cimentación: zapata de sillería sobre roca (5.b)

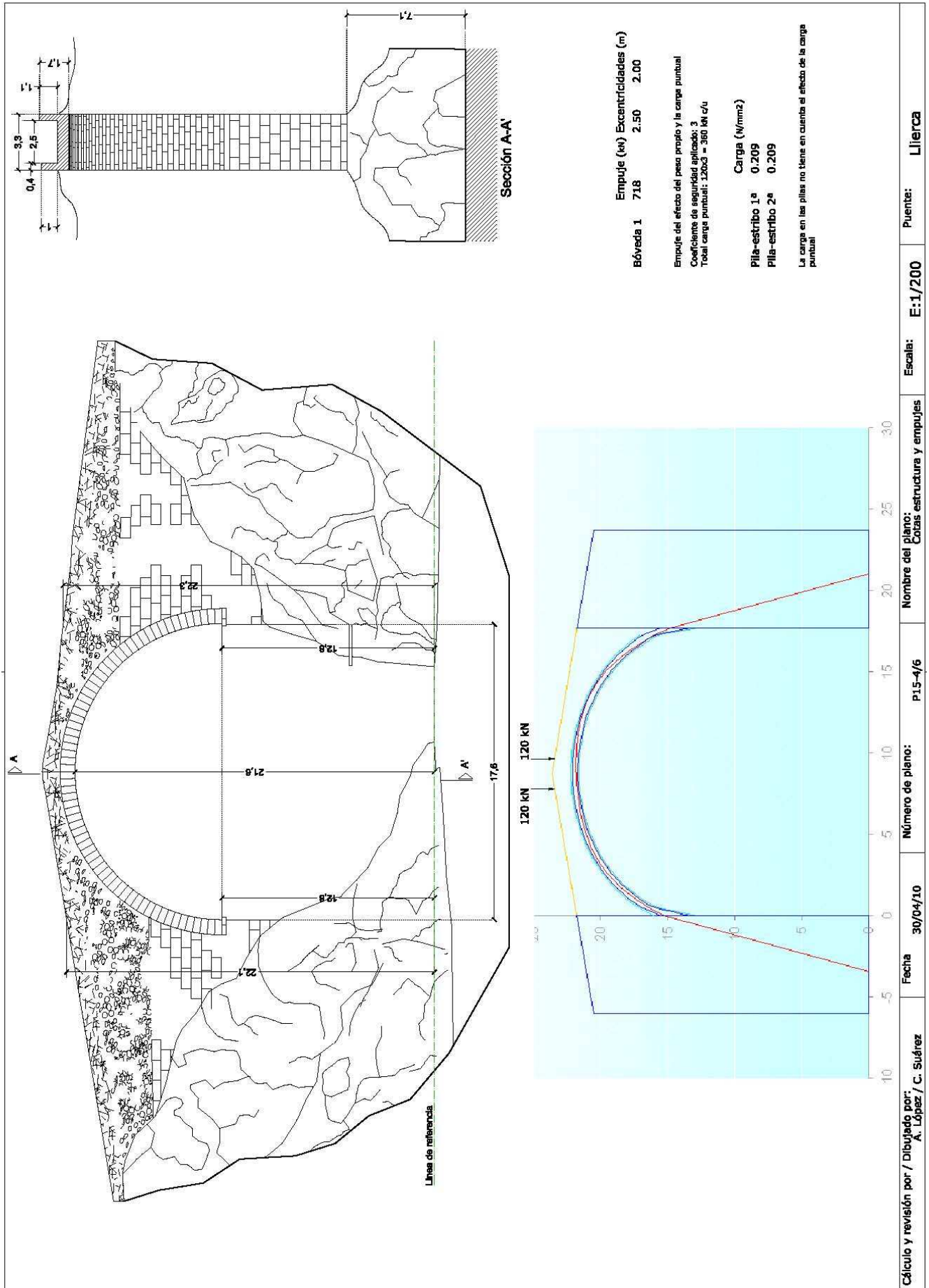
La bóveda: es de medio punto completo C.

Cuadro 15.1 – Clasificación global de la estructura.

En las páginas siguientes:

Dibujo 15.5 Plano P15 – 4/6 Recorrido de la línea de presiones, programa ARCs.

Dibujo 15.6 Plano P15 – 5/6 Tabla con el resumen del cálculo analítico del valor de los empujes.



Cálculo y revisión por / Dibujado por:
A. López / C. Suárez

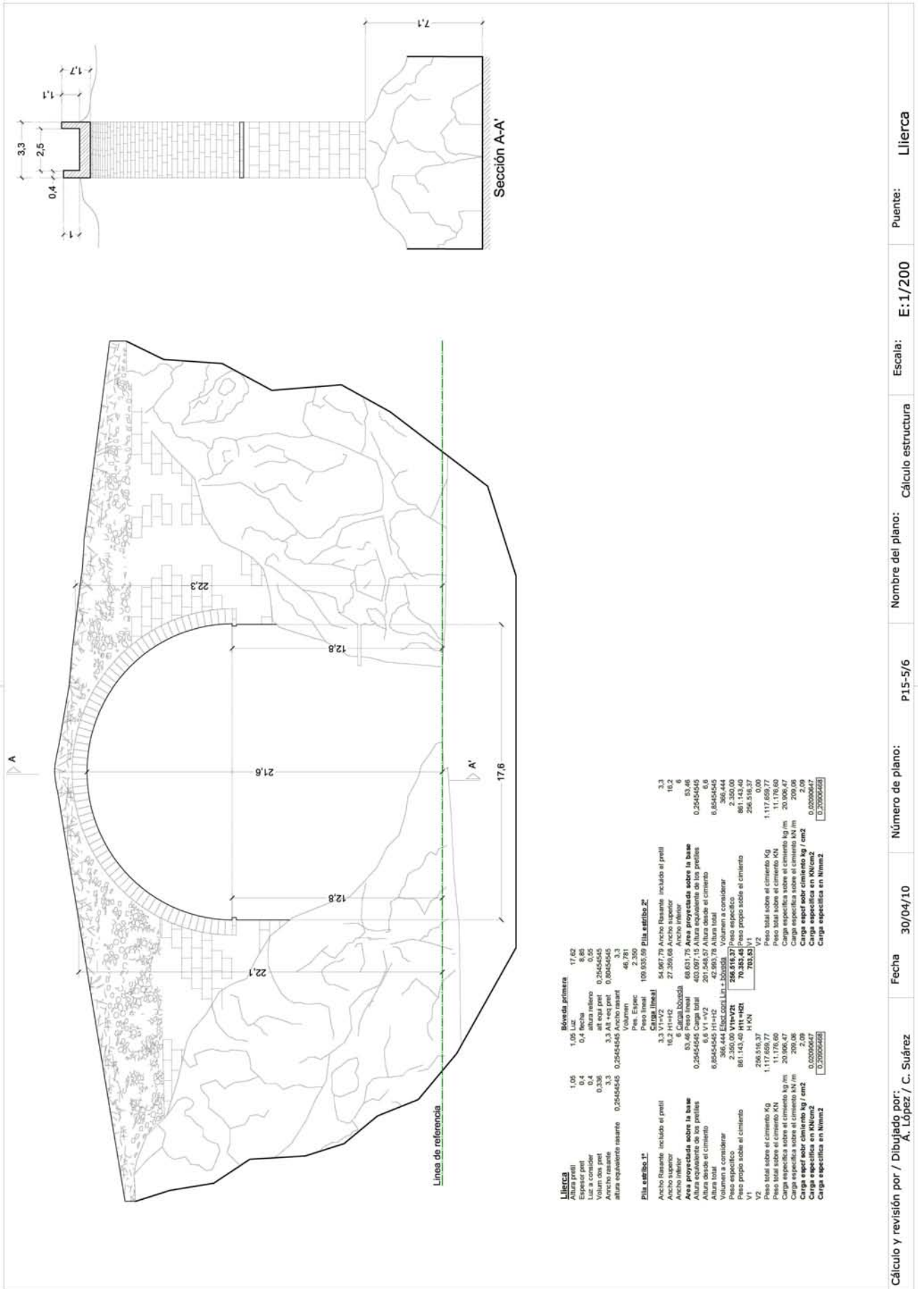
Fecha
30/04/10

Número de plano:
P15-4/6

Nombre del plano:
Cotas estructura y empujes

Escala:
E:1/200

Puente:
Llerica



Llerca		Bóveda primera	
1.06	1.05	17.63	
0.4	0.4	8.85	
0.4	0.4	8.85	
0.336	0.4	0.25454545	
3.3	3.3	0.80454545	
0.25454545	0.25454545	46.791	
		2.350	
		109.935.59	
		117.659.77	
		11.176.60	
		20.906.47	
		2.09	
		0.02090647	
		0.20906469	

Pila estribo I*		Pila estribo Z*	
3.3	3.3	18.2	3.3
18.2	18.2	27.359.68	18.2
6	6	6	6
53.46	53.46	68.631.75	53.46
0.25454545	0.25454545	403.097.15	0.25454545
8.85454545	8.85454545	42.993.76	8.85454545
366.444	366.444	366.444	366.444
2.350.00	2.350.00	2.350.00	2.350.00
861.143.40	861.143.40	861.143.40	861.143.40
256.516.37	256.516.37	256.516.37	256.516.37
11.176.60	11.176.60	11.176.60	11.176.60
20.906.47	20.906.47	20.906.47	20.906.47
2.09	2.09	2.09	2.09
0.02090647	0.02090647	0.02090647	0.02090647
0.20906469	0.20906469	0.20906469	0.20906469

9. Sobre la hidráulica del puente

Desde el punto de vista hidráulico, hemos calculado los diferentes grados de obturación del puente en función del calado. En el plano dibujo 15.7 puede verse una aproximación a la zona inundable para diferentes valores de calado y también para cada uno de ellos el coeficiente de obturación es del 0%, ya que el nivel máximo histórico alcanzado por el agua es inferior al inicio del apoyo de las pilas sobre la roca. La pendiente del río en el tramo donde se localiza el puente es del 0,9%, que corresponde a una zona de erosión.

Datos relativos a la hidráulica del puente²

Cuenca Km ²	Lluvia media diaria mm	Cv	Lluvia máxima diaria (mm) T.100 años	Lluvia máxima diaria (mm) T: 500 años	Caudal punta T: 100 años m ³ /seg	Caudal punta T:500 m ³ /seg
188,18	93	0,448	239	319	777,5	1351,8

Tabla 15.10 Valores sobre la pluviometría y su repercusión a su paso por el puente

Al estar el puente enclavado en una zona con las dos riberas de roca en forma de V, por las referencias históricas que tenemos de los agentes fluviales, el agua ha llegado a alcanzar una altura de 2 metros sobre el canal de aprovechamiento que hay en el margen izquierdo, como se describe en los párrafos siguientes. La sección de paso inferior a las pilas del puente es del orden de los 236 m². A partir de este valor, no creemos prudente dar ninguna cifra de altura que no se la que referenciamos como testimonio del agente fluvial. En el dibujo 15.8 hemos indicado la posible zona de inundación para las avenidas a las que ya hemos hecho referencia en los puentes de Oix y Valentí.

Nuevamente volvemos a hacer referencia a los datos recogidos en la conversación con el agente fluvial D. Ramón Pérez:

Cuando este señor comenzó a trabajar como agente fluvial en el año 1970, no se podía circular en motocicleta por la calzada del puente. Posteriormente se realizaron obras que permitieron mejorar el tránsito. Cree recordar que el empedrado de la calzada y el plano de itinerarios lo realizó el ayuntamiento de Montagut (debe ser el de Sales de Llierca, que es el término municipal al que pertenece el puente).

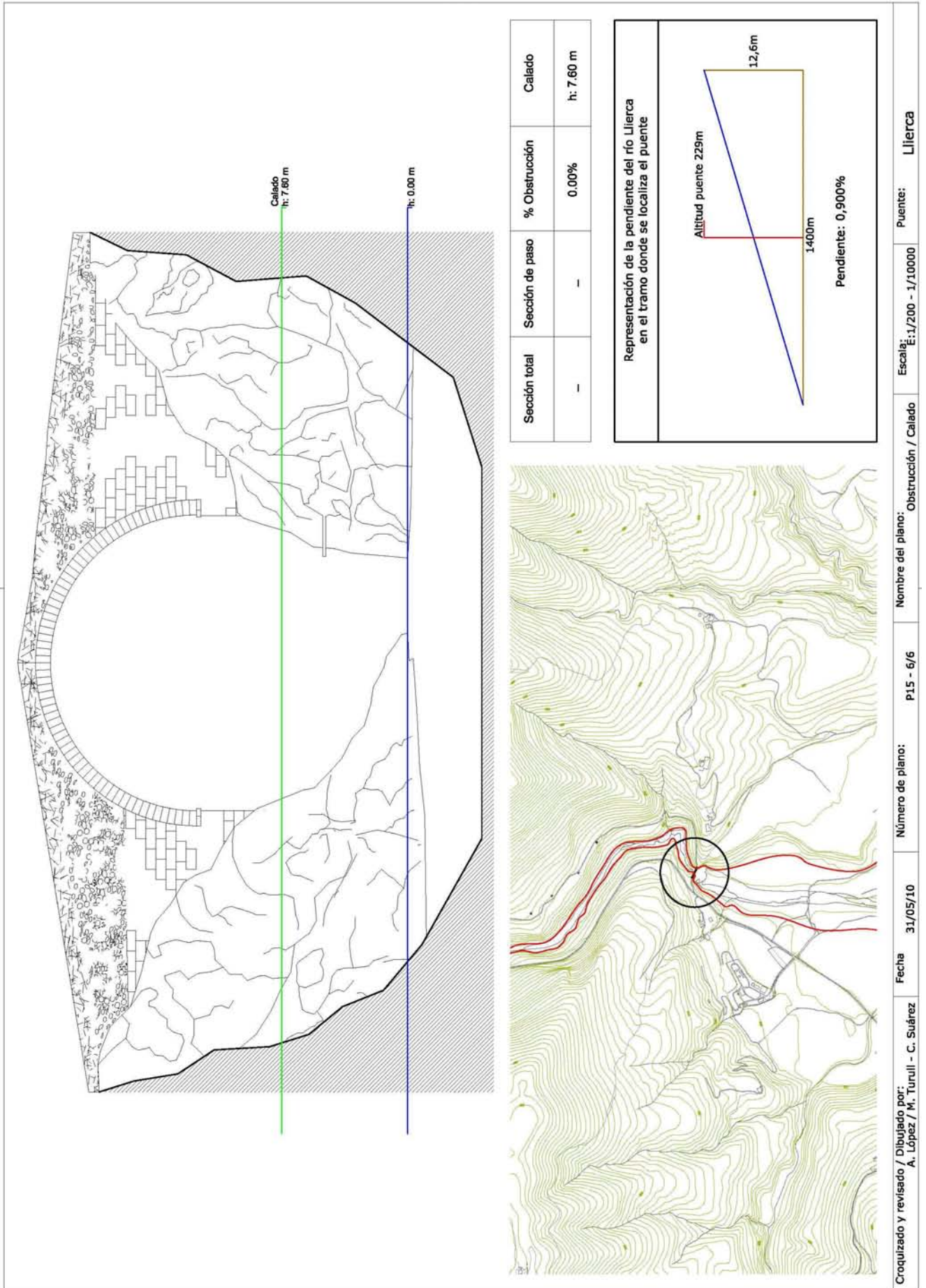
En las avenidas de los años 1970, 1977 y 1982 el nivel del agua sobrepasó 2 metros la rasante del puente existente aguas arriba de la carretera a Sadernes, no lo dañó, solo fue necesaria una gran limpieza de áridos. El puente situado entre Sadernes y Valentí colapsó con la riada del 70. Fue necesario cubrir el vano con vigas, situación en la que se encuentra actualmente. Se estimó que el nivel de la lámina de agua se mantuvo a 15 metros por encima de la rasante.

En las tres riadas a las que nos referimos, el nivel de la lámina de agua al llegar al puente de Llierca, sobrepasó 2 metros la cota en la que se sitúa el pequeño canal que se encuentra en el margen izquierdo.

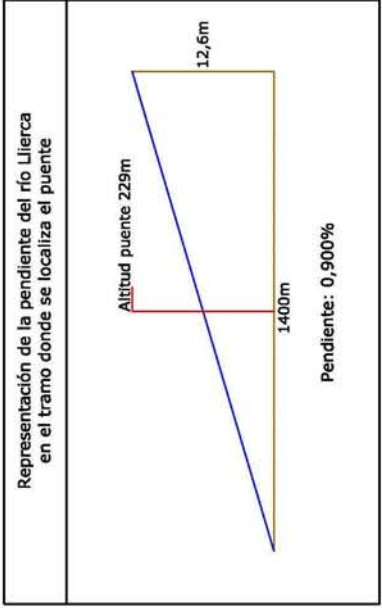
En la página siguiente:

Dibujo 15.7 Plano P15 – 6/6 Sobre la obturación en función del calado. Pendiente motriz y posible zona de inundación. Dibujo 15.8 Plano P15 – 6b/6 Localización de los tres puentes de la cuenca del Llierca: Oix, Valentí y Llierca.

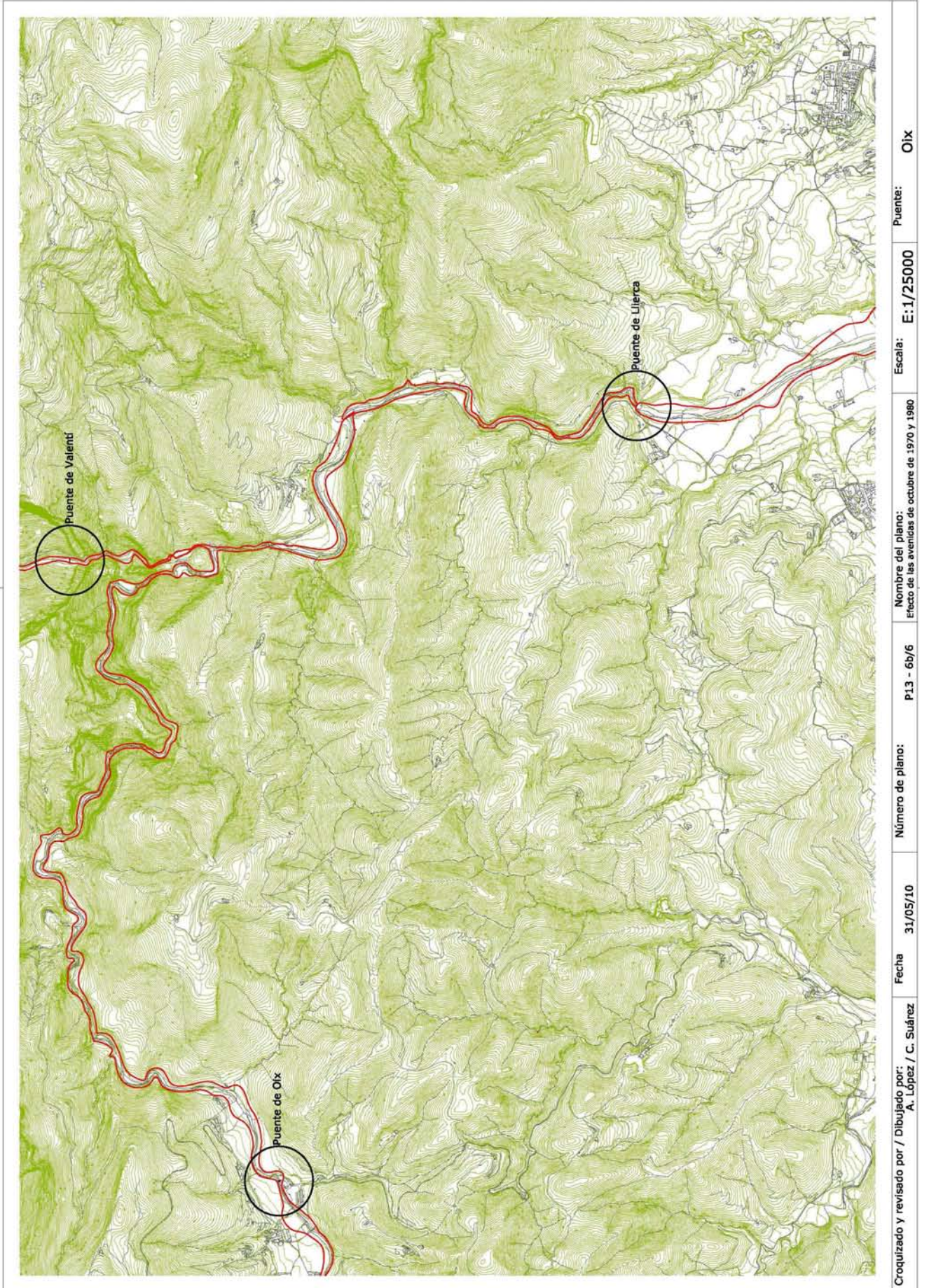
² Cálculos procedimiento “Máximas lluvias diarias en la España peninsular” del M. Fomento 2001.



Sección total	Sección de paso	% Obstrucción	Calado
-	-	0.00%	h: 7.60 m



Croquizado y revisado / Dibujado por: A. López / M. Turull - C. Suárez	Fecha 31/05/10	Número de plano: P15 - 6/6	Nombre del plano: Obstrucción / Calado	Escala: E:1/200 - 1/10000	Puente: Llierca
---	-------------------	-------------------------------	---	------------------------------	--------------------



Croquizado y revisado por / Dibujado por:
A. López / C. Suárez

Fecha 31/05/10

Número de plano:

P13 - 6b/6

Nombre del plano:
Efecto de las avenidas de octubre de 1970 y 1980

Escala: E: 1/25000

Puente: Oix

10. Hechos históricos asociados con el puente



Imagen 15.8 Camino desde Sant Llorenç de la Muga

Sobre este puente hay muy poca información. En el año 1521 ya se identificaba el mas Martí del Pont. En una anterior, de la misma finca, de 1384, se decía más Martí Gratacós. Posteriormente aparecen documentos de 1537 del mas Vilella y uno de 1549 de dos vecinos, uno de ellos es Joan Serrat del Pont. Por su estructura y topología se podría situar a final del siglo XIV o inicio del XV. Es un puente imponente con 52,7 metros de calzada empedrada y 3,1 metros de ancho.

Es la construcción más antigua de Tortellà que se ha mantenido intacta hasta nuestros días; no he encontrado noticias concretas de cuando se edificó este magnífico puente medieval, aunque la misma historia hace pensar que fue obra de los Malart, barones de Sales, en la segunda mitad del siglo XIV o a principios del XV, con fines comerciales. Este puente comunicaba los poblados y casas de campesinos del lado oeste del Llierca y de sus afluentes con Tortellà, y desde aquí con Besalú. Es muy posible que los señores de Sales cobrasen un canon por el paso de mercaderías, de ganado, etc., por puente.³

El puente de Llierca y el antiguo vecindario de Gratacós

El puente de Llierca es uno de los elementos más emblemáticos y admirados del patrimonio local tortellanenc. Éste puente se ha convertido en todo un símbolo para el municipio y la gente de Tortellà siempre lo ha sentido muy suyo. Los equívocos geográficos en que a menudo caen los medios de comunicación al referirse al puente (tanto se habla del puente de Montagut como del puente de Sadernes, olvidando el nombre de Tortellà, término municipal al cual realmente pertenece) parecen avivar este sentimiento de los tortellanencs hacia este monumento.

Pero, curiosamente, de este puente no se sabe casi nada. ¿Cuándo se construyó realmente? Si alguien ha intentado responder esta pregunta lo ha hecho a partir de suposiciones, pero la verdad es que de momento no se ha encontrado ningún documento que nos permita fijar con precisión la fecha de su construcción.

Hasta ahora la versión más plausible que se ha dado sobre la fecha de la construcción sería la de finales del siglo XIV o principios del XV, por lo tanto de época mucho más tardía de la que en algún momento se había imaginado.

Aunque no dispongamos de datos concretos que nos documenten la realización de esta obra, el análisis de la toponimia, es decir el estudio detallado de los nombres del lugar, como los nombres de los caseríos o de las piezas de tierra cercanas al lugar donde se levanta el puente de Llierca, permiten intentar hacer una aproximación.

El conjunto de caseríos de la cercanía del puente (Serrat, Martís, Malleu, etc.) lo conocemos y se conoce desde hace siglos con el nombre de veïnat del Pont, de manera que la presencia del puente dio nombre a todo el vecindario de casas esparcidas por sus entornos. Pero, por otro lado, examinando los documentos más antiguos referentes a éstos caseríos hemos podido comprobar que su existencia es muy anterior a la del puente y que el vecindario, antes de hacerse el puente, respondía a otro nombre mucho más antiguo que era el de Gratacós.

En efecto, Gratacós era uno de los diferentes vecindarios o agrupaciones de caseríos que conformaban nuestra parroquia ya en el siglo XIII. El nombre de Gratacós de hecho era el del caserío principal de éste vecindario al cual daba nombre: un caserío importante antiguamente, pero que deja de existir hacia el siglo XVIII, cuando ya hacía años que sus tierras habían sido incorporadas al caserío de Malleu. Actualmente aún es posible contemplar, en medio de la vegetación que allí crece, los últimos vestigios del caserío de Gratacós. Se encuentran situados no muy lejos del caserío de Martís, en un lugar ahora solitario y tranquilo que la gente del país parece que ha conocido con el nombre de casal de Martís.

³ *Els Ponts de J. Víctor Gay i Carlus Gay Puigbert*

Es por todo eso que a lo largo de los siglos XIII y XIV el actual caserío de Serrat del Pont se conocía por Serrat de Gratacós, de la misma manera que el actual Martí lo era con el de caserío de Martí de Gratacós. El nombre del caserío unido al nombre del vecindario servía para identificar fácilmente los caseríos dentro del término de una parroquia.

En un momento dado, el caserío de Serrat de Gratacós pasó a llamarse Serrat del Pont. ¿Cuándo tuvo lugar éste cambio? Evidentemente, una vez construido el puente, quizás pocos años después.

De momento sabemos que a finales del siglo XIV (año 1384) cuando se menciona el caserío de Martí, se agrega aún el topónimo de Gratacós. Por el contrario, al año 1521 al referirse al mismo caserío de Martí ya se identifica como Martí del Pont.

Ciertamente que, entre éstas dos fechas, el abanico cronológico es todavía muy amplio y solo la búsqueda de nuevos documentos hará posible ir estrechando la cronología y aproximarnos a la fecha de la construcción del puente.

Las referencias más antiguas que mencionan de manera directa la presencia del puente las hemos encontrado en documentos pertenecientes al fondo patrimonial Casabona de Olot. Aunque parecen bastante modernas, puede ser que en realidad no lo sean tanto.

Una es del año 1537 cuando se dice que el antiguo caserío de Vilella, entonces ya derruido, está situado “ultra pontem de Liercha”; es decir más allá del puente. La otra es de unos años después, concretamente del año 1549, a resultas de unas disputas entre dos vecinos, Miquel Malleu y Joan Serrat del Pont, por cuestión del pasturaje de sus respectivos rebaños.

La sentencia arbitral que se dictó para poner fin a la cuestión, entre otras cosas condenaba al de Malleu a “que no puga passar amb son bestiar gros ni menut, so és per passar a part dellà del pont de Lierche per pasturar ni empriuar en pasturas ningunas tingue dit Joan Serrat de part dellà de dit pont (...)”⁴

En definitiva, no podemos precisar todavía la fecha de la construcción, aunque cada vez nos inclinamos más a pensar que se trata de una obra plenamente del siglo XV, seguramente posterior a 1428, momento en que los terremotos hicieron estragos en esta comarca.

Nuestro interrogante quizás no tendrá nunca respuesta o, quien sabe, quizás ésta se encuentra todavía recóndita en alguna página de un antiguo registro notarial. Da igual, no por eso los tortellanencs dejaron de admirar y querer esta magnífica obra, símbolo y emblema de su patrimonio local.⁵

⁴ Traducción literal del original en catalán: Que no pueda pasar con ganado mayor ni menor.....

⁵ Jordi Solé, del Archivo Histórico de Girona. Traducción literal del original en catalán. El autor tuvo la gentileza de facilitármelo.