



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

El reg major: acueductos y su paso por L'Alfàs del Pi.  
Estudios previos

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Conservación del Patrimonio  
Arquitectónico

AUTOR/A: Pascual Elías, Lidia

Tutor/a: Marín Sánchez, Rafael

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

# EL REG MAJOR, ACUEDUCTOS Y SU PASO POR L'ALFÀS DEL PÍ

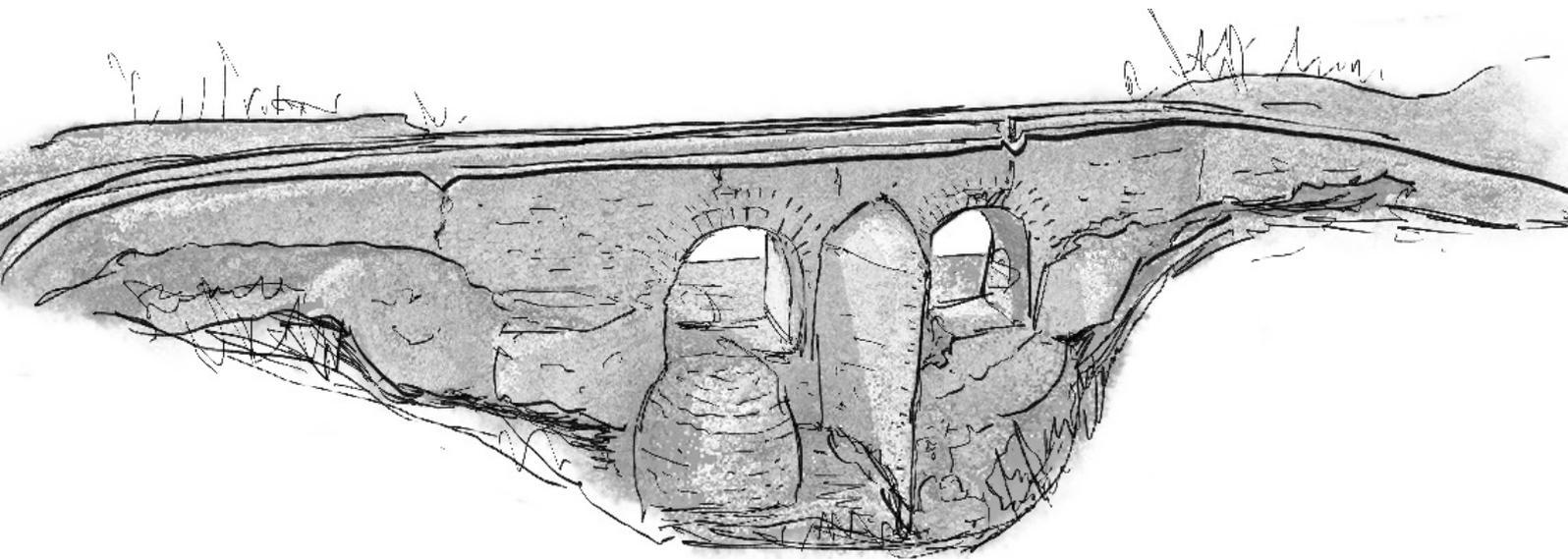
## ESTUDIOS PREVIOS

AUTOR:  
Lidia Pascual Elías

Trabajo Fin de Máster  
2023-2024  
Máster Universitario en Conservación  
del Patrimonio Arquitectónico  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura  
Universitat Politècnica de València

Tutor:  
RAFAEL MARÍN SÁNCHEZ

SEPTIEMBRE 2024



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR  
D'ARQUITECTURA



MASTER OFICIAL EN  
CONSERVACIÓN DEL  
PATRIMONIO ARQ.

# ÍNDICE

---

Resumen	5
<b>Capítulo 1. Introducción</b>	<b>7</b>
1.1. Motivaciones.....	9
1.2. Ámbito y extensión.....	10
1.3. Objetivos del estudio.....	11
1.4. Metodología, otras investigaciones previas, fuentes y recursos.....	12
1.5. Aportaciones y limitaciones del estudio.....	15
<b>Capítulo 2. Análisis del contexto</b>	<b>17</b>
2.1. Contexto geográfico.....	19
2.2. Contexto histórico-social y económico.....	24
2.3. El regadío tradicional valenciano, elementos y tipologías.....	39
2.4. Riego Mayor de Alfaz del Pí y Benidorm. Inventario de infraestructuras hidráulicas.....	45
2.5. El acueducto.....	47
<b>Capítulo 3. Levantamiento gráfico</b>	<b>49</b>
3.1. El levantamiento gráfico: planificación y metodología.....	51
3.2. Instrumental para el levantamiento.....	54
3.3. Proceso de obtención de datos 3D.....	55
<b>Capítulo 4. Análisis formal y métrico</b>	<b>57</b>
4.1. Las unidades de medida.....	59
4.2. Descripción formal y análisis métrico de las estructuras.....	66
<b>Capítulo 5. Análisis constructivo</b>	<b>77</b>
5.1. Objetivos y metodología.....	79
5.2. Caracterización de materiales.....	83
5.3. Acueducto de Carbonera.....	86
5.3.1. Estudio tipológico. Mapeados.....	91
5.3.2. Estudio estratigráfico. Hipótesis evolutiva.....	97

## Agradecimientos

A mi tutor, Rafael, por apoyarme en todo el proceso y creer en mí y en este trabajo. Su profesionalidad y cercanía han sido claves en el desarrollo del mismo.

A Carolina Frías, arqueóloga municipal del Excmo. Ayuntamiento de l'Alfàs del Pí, por facilitarme toda y cuanta información disponía, por gestionar las labores de limpieza del ámbito de estudio, y por mostrarme desde la humildad, la grandeza, a menudo oculta, del patrimonio hidráulico en los entornos rurales.

A mi familia y amigos más cercanos, en especial a Daniel, Miguel Ángel, Camila, Nacho y Marta, por su cariño, ayuda y comprensión a lo largo de este camino.

Gracias.

5.4. Acueducto de Els Arcs.....	102
5.4.1. Estudio tipològic. Mapeados.....	107
5.4.2. Estudio estratigràfic. Hipòtesis evolutiva.....	113
5.5. Acueducto de Soler.....	118
5.5.1. Estudio tipològic. Mapeados.....	127
5.5.2. Estudio estratigràfic. Hipòtesis evolutiva.....	133
<b>Capítulo 6. Anàlisis estructural</b>	<b>139</b>
6.1. El arco como elemento estructural.....	141
6.2. El dimensionado de acueductos y puentes. Las teorías.....	142
6.3. Consideraciones generales de càlculo.....	146
6.4. Càlculo. Metodología.....	148
6.5. Acueducto de Carbonera.....	150
6.6. Acueducto de Els Arcs.....	152
6.7. Acueducto de Soler.....	154
6.8. Conclusiones.....	157
<b>Capítulo 7. Anàlisis patològic</b>	<b>160</b>
7.1. Metodología.....	162
7.2. Descripción de las lesiones.....	164
7.3. Diagnòstic i actuació.....	167
7.3.1. Acueducto de Carbonera.....	167
7.3.2. Acueducto de Els Arcs.....	172
7.3.3. Acueducto de Soler.....	176
7.4. Criterios de intervenció.....	183
<b>Capítulo 8. Conclusiones</b>	<b>185</b>
<b>Capítulo 9. Bibliografía y referencias</b>	<b>189</b>

## RESUM

El treball proposa l'anàlisi històrica, tipològic, constructiu, estructural i de l'estat de conservació d'una sèrie d'estructures arquejades construïdes amb la finalitat de salvar els barrancs localitzats en el recorregut de la séquia que proveeix els terrenys cultivables del terme municipal de l'Alfàs del Pi (Alacant). En concret, s'estudiaran 3 aqüeductes d'esta infraestructura hidràulica: Carbonera, els Arcs i Soler, dels quals destaca este últim, amb una longitud de 15,50 metres i una doble arcada d'una altura màxima de 5,85 metres, amb un contrafort a cada front de l'estructura. Tots ells van ser resolts amb mamposteria travada amb morter i, probablement, es remunten al període andalusí, encara que esta última hipòtesi haurà de ser confirmada a partir dels indicis que proporcione la investigació.

La Història de la Construcció, la ciència que analitza les obres del passat des de la perspectiva particular de l'arquitecte («Scientia») i del constructor («Ars»), oferix una metodologia adequada per a l'estudi d'estos elements amb un enfocament multidisciplinari, que amplia i millora en alguns aspectes els tradicionals i comunament acceptats «Estudis Previs» a la intervenció.

### PARAULES CLAU

Estudi previ; aqüeducte; l'Alfàs del Pi; Sèquia Mare; Arc; estrep; patrimoni hidràulic; reg; maçoneria; sillarejo; anàlisi patològic.

## RESUMEN

El trabajo propone el análisis histórico, tipológico, constructivo, estructural y del estado de conservación de una serie de estructuras arqueadas construidas con el fin de salvar los barrancos localizados en el recorrido del riego que abastece los terrenos cultivables del término municipal de l'Alfàs del Pi (Alicante). En concreto, se estudiarán 3 acueductos de esta infraestructura hidràulica: el de Carbonera, els Arcs y Soler, de los que destaca este último, con una longitud de 15,50 metros y una doble arcada de una altura máxima de 5,85 m. con un contrafuerte en cada frente de la estructura. Todos ellos fueron resueltos con mampuestos trabados con mortero y, probablemente, se remontan al periodo andalusí, aunque este último extremo también deberá ser confirmado a partir de los indicios que proporcione la investigación.

La Historia de la Construcción, la ciencia que analiza las obras del pasado desde la particular perspectiva del arquitecto («Scientia») y del constructor («Ars»), ofrece una metodología adecuada para el estudio de estos elementos con un enfoque multidisciplinar, que amplía y mejora en algunos aspectos los tradicionales y comúnmente aceptados «Estudios Previs» a la intervención.

### PALABRAS CLAVE

Estudio previo; acueducto; l'Alfàs del Pi; Sèquia Mare; Arco; estribo; patrimonio hidràulic; riego; mampostería; sillarejo; análisis patológico.

## RIASSUNTO

Il lavoro propone l'analisi storica, tipologica, costruttiva, strutturale e dello stato di conservazione di una serie di strutture ad arcate costruite con l'obiettivo di salvaguardare i burroni situati lungo il percorso dell'irrigazione che rifornisce i terreni coltivabili del comune di l'Alfàs del Pi (Alicante). In particolare, verranno studiati tre acquedotti di questa infrastruttura idraulica: quello di Carbonera, els Arcs e Soler, quest'ultimo particolarmente degno di nota con una lunghezza di 15,50 metri e una doppia arcata con un'altezza massima di 5,85 m, dotato di un contrafforte su ciascuna facciata della struttura. Tutti sono stati costruiti con muratura a secco legata con malta e, probabilmente, risalgono al periodo andaluso, sebbene quest'ultima ipotesi debba essere confermata dagli indizi che emergeranno dalla ricerca.

La Storia della Costruzione, la scienza che analizza le opere del passato dalla particolare prospettiva dell'architetto («Scientia») e del costruttore («Ars»), offre una metodologia adeguata per lo studio di questi elementi con un approccio multidisciplinare, che in alcuni aspetti amplia e migliora i tradizionali e comunemente accettati «Studi Preliminari» per l'intervento.

### PAROLE CHIAVE

Studio preliminare; acquedotto; l'Alfàs del Pi; Sèquia Mare; Arco; contrafforte; patrimonio idraulico; irrigazione; muratura; pietrame; analisi patologica.

## SUMMARY

The work proposes the historical, typological, constructive, structural, and conservation state analysis of a series of arched structures built to bridge the ravines along the irrigation route that supplies the arable lands of the municipality of l'Alfàs del Pi (Alicante). Specifically, three aqueducts from this hydraulic infrastructure will be studied: Carbonera, els Arcs, and Soler, the latter of which stands out with a length of 15.50 meters and a double arch reaching a maximum height of 5.85 meters, with a buttress on each side of the structure. All of these aqueducts were constructed with masonry bound with mortar and likely date back to the Andalusian period, although this point must still be confirmed based on evidence provided by further investigation.

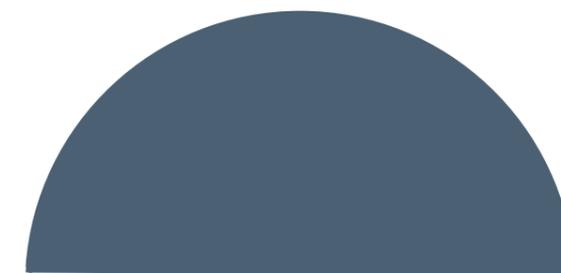
The History of Construction, a discipline that analyzes works of the past from the particular perspectives of the architect ("Scientia") and the builder ("Ars"), offers an appropriate methodology for the study of these elements through a multidisciplinary approach. This approach broadens and improves upon certain aspects of the traditional and commonly accepted "Preliminary Studies" prior to intervention.

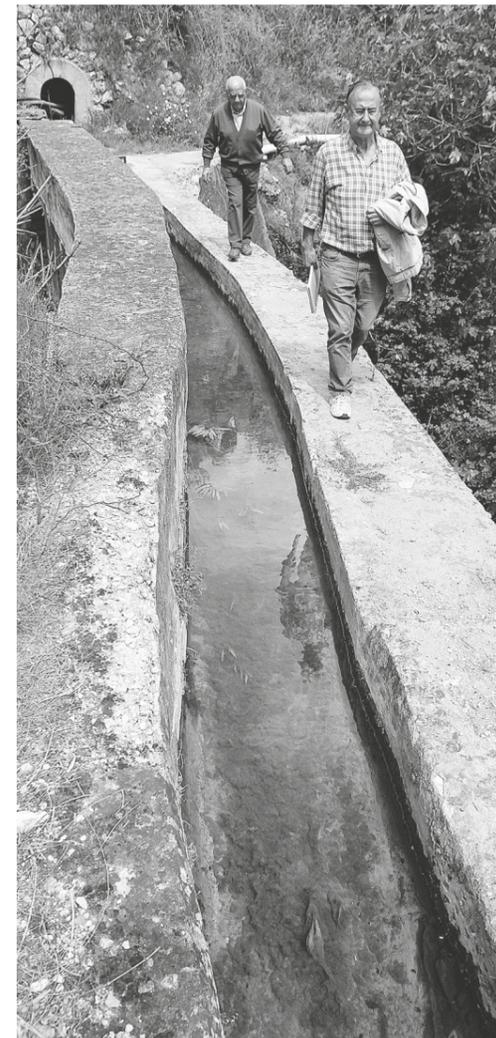
### KEYWORDS

Preliminary study; aqueduct; l'Alfàs del Pi; Sèquia Mare; arch; buttress; hydraulic heritage; irrigation; masonry; ashlar; pathological analysis.

# INTRODUCCIÓN

# 1





▲ Imagen 1.2. Imagen extraída de artículo en prensa alemana *Costa Blanca Nachrichten*. *Thema der woche. Leben für die Marina Baja* (Tema de la semana: Vida para la Marina Baja). Tramo de la *Séquia Mare*. Fotografía de A. García.

◀ Imagen 1.1. Die Teufelsbrücke St. Gotthard. Puente del diablo en el Paso de San Gotardo en Suiza. Oleo sobre lienzo. 1803-1804. William Turner. Fuente: depósito de contenido libre Wikimedia Commos.

## 1.1 MOTIVACIONES

La elección tanto de los acueductos<sup>1</sup> de Carbonera, els Arcs y Soler en el término de l'Alfàs del Pi (Alicante) como objeto práctico de trabajo, así como, la arquitectura hidráulica y los sistemas de regadío enfocados en el sureste de la península Ibérica como tema de investigación, surge a partir de una inquietud personal por la arquitectura relacionada con el agua, el paisaje y la memoria.

Los acueductos, como es el caso, no solo representan un avance técnico, sino que también reflejan la capacidad humana de adaptar y transformar el entorno natural en beneficio de las necesidades de la sociedad.

El patrimonio del agua, es un patrimonio material e inmaterial que a día de hoy sufre una importante vulnerabilidad derivada del desuso, sobre todo en ámbitos de carácter rural, donde la falta de atención hacia estas construcciones es más notoria debido a su no monumentalidad.

La explotación de recursos naturales es fundamental para el desarrollo de las actividades antrópicas. Es por ello que, en lugares como la cuenca mediterránea, donde la disponibilidad del agua es irregular y muchas veces, insuficiente, se ha hecho necesaria la construcción de infraestructuras (de mayor o menor tamaño), que han dado lugar a su posible uso y gestión.

Un ejemplo de su impronta es la práctica generalizada de la agricultura de regadío; al igual que la producción de energía y, por ende, la puesta en marcha de maquinarias, como los molinos harineros o las turbinas que abastecían en los primeros siglos el alumbrado público de numerosos municipios del Levante.

La transcendencia que alcanza es tal, que poblaciones enteras deben su localización a la disponibilidad del agua.

Éste es el caso de l'Alfàs del Pi.

El término “acueducto” en su sentido estricto en la arqueología clásica se refiere a todo sistema de traída y distribución de agua. Sin embargo, en este documento, se utilizará en su acepción más popular, entendida como una conducción de agua sobre arcos levantados, ya que este tipo de infraestructuras son citadas así en la bibliografía señalada y es así como se conoce en la región en que se ubican.

## 1.2 ÁMBITO Y EXTENSIÓN

La *Séquia Mare* o “Rec Major de l’Alfàs del Pi y Benidorm” con una longitud total de 19,05 km se extiende desde su nacimiento a 177 msnm en el barranco de Polop hasta Benidorm, pasando por los términos de La Nucía y l’Alfàs del Pi en Alicante.

De este modo, su extensión queda dividida en tres zonas:

- **Cabecera:**  
300 m de acequia en el término municipal de Polop
- **Zona central:**  
5.095 m en La Nucía y 6.300 m en l’Alfàs del Pi
- **Final de la acequia hasta el mar:**  
7.090 m afectando al municipio de Benidorm

El presente trabajo se centra en tres elementos de esta infraestructura hidráulica a su paso por la localidad de l’Alfàs del Pi, en su zona central o de transición, donde el Rec Major cobra una vital importancia.

El topónimo Alfàs, de origen árabe significa “tierra fértil o tierra cultivada”, eso ya nos da pistas de la estrecha relación que existe entre este lugar y la forma de entender el paisaje, la agricultura y la explotación de recursos naturales como el agua. (FRIAS CASTILLEJO, 2014)

Alfàs de Polop y más tarde Alfàs del Pi, debe su origen como población al Reg Major que, como entenderemos en las siguientes páginas, con su acequia principal, acueductos, lavaderos, molinos y demás elementos, junto a la profesión y tradición entorno a él, constituye el elemento etnológico más significativo de esta localidad y, por tanto, hace más interesante su estudio.

► Imagen 1.4. El escudo oficial de Alfaz del Pi, diseñado en 1964, tiene como símbolo principal el pino de la plaza Mayor, que es un emblema de la localidad desde el siglo XVIII, cuando aún pertenecía a Polop. Tras su separación en 1836, el pueblo cambió su nombre para evitar confusiones con otras localidades por el de Alfàs del Pi. Fuente: “El Pi de l’Alfàs”. Ayuntamiento de l’Alfàs del Pi. Concejalía de cultura. 2020



▲ Imagen 1.3. Esquema del ámbito de extensión total del Rec Major de l’Alfàs del Pi y Benidorm. Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía en dwg del riego y otros esquemas de base encontrados en Olcina & Rico, 2016 y Frías, 2014.

▼ Imagen 1.5. Vista de la plaza mayor de “Alfaz del Pi” (Alicante, España). Primera imagen del pino que da nombre al municipio de la que se tiene constancia. Fue publicada en la obra “Geografía General del Reino de Valencia” de 1914. Fuente: Imagen extraída de “El Pi de l’Alfàs”. Ayuntamiento de l’Alfàs del Pi. Concejalía de cultura. 2020



▲ Imagen 1.6. Acueducto de Segovia desde la calle de San Juan. Fuente: Archivo Wunderlich. Otto Wunderlich. Años 1920-1930. IPCE.

▼ Imagen 1.7. Fotografía de inspección técnica del Acueducto de Soler. Alfaz del Pi. Fuente: Archivo CFC 2023



## 1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Existen numerosas investigaciones sobre grandes acueductos y sistemas de abastecimiento de agua como el acueducto de Segovia, el Pont del Diable en Tarragona, el acueducto de las Aguas Libres en Lisboa o el de Peña Cortada en Valencia (por citar algunos ejemplos de la península ibérica), que casi eclipsan con su grandiosidad a otros de menor entidad (generalmente olvidados), pero no por ello, menos merecedores de nuestra atención. Nos sorprendería cuánto puede aprenderse de ellos, su historia y de la infraestructura hidráulica de la que formaban parte.

La finalidad de este trabajo es abordar el estudio de una serie de estructuras arqueadas construidas con el fin de salvar los barrancos localizados en el recorrido del riego que abastece los terrenos cultivables del término municipal de l’Alfàs del Pi (Alicante), con el propósito de colaborar con nuevas aportaciones desde un punto de vista más arquitectónico a los trabajos realizados hasta el momento, para su conservación y puesta en valor. Estos elementos serán el acueducto<sup>1</sup> de Carbonera, el de Els Arcs y el de Soler.

Para alcanzar el objetivo principal se aplicarán los conocimientos adquiridos en el máster, en especial los relacionados con la elaboración de estudios previos, análisis y propuestas de técnicas de intervención adecuadas al patrimonio arquitectónico.

Los objetivos se basan en:

- 1) Recopilar la documentación de los datos obtenidos a partir de las fuentes históricas, gráficas, escritas, materiales y orales, para lograr una aproximación a la tipología arquitectónica en cuanto a su composición, método constructivo y materiales utilizados.
- 2) Realización levantamientos gráficos, que funcionarán como medio para alcanzar el objetivo principal. Este material gráfico posee valor propio, pues constituirá un documento inédito que puede ser de utilidad en caso de pérdida material o en futuras intervenciones.
- 3) Determinar el estado de conservación y patología, y se propondrán técnicas de intervención para su preservación.

### 1.4 METODOLOGÍA, OTRAS INVESTIGACIONES PREVIAS, FUENTES Y RECURSOS

Para el desarrollo del presente Trabajo Final de Máster se ha llevado a cabo todo un proceso de investigación y análisis de la información existente y disponible, que ha permitido alcanzar los objetivos previstos.

En primer lugar, es necesario reconocer el entorno y contexto histórico del caso de estudio para comprender su evolución a lo largo del tiempo. Para ello se recurre a la investigación a través de diferentes **fuentes históricas y documentales**:

**-Análisis de la documentación gráfica**

- Cartografía, grabados y planimetría histórica
- Planimetría reciente (si la hay)
- Fotografías

**-Análisis de la documentación escrita**

- Manuscritos, cartas y otros documentos
- Libros/Atlas
- Artículos y revistas
- Archivos históricos

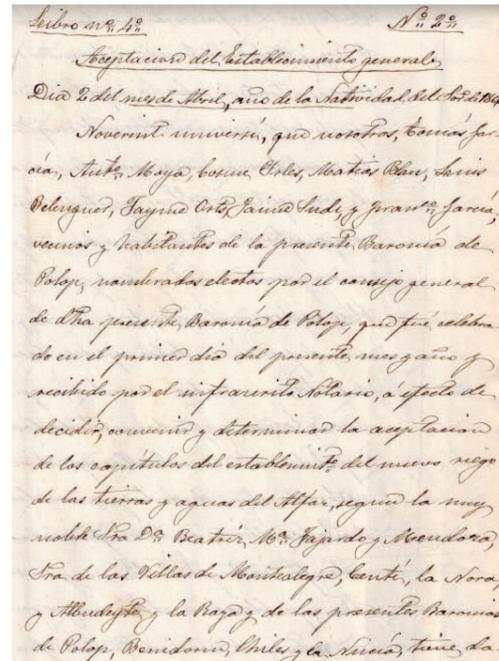
Muchas de estas fuentes han sido facilitadas por la arqueóloga Carolina Frías Castillejo y el ayuntamiento de l'Alfàs del Pi. Cabe destacar la importancia de la investigación sobre estos recursos, esenciales para el entendimiento del elemento estudiado.

**-Otras fuentes de interés**

- Fuentes orales – José Soler
  - Carolina Frías Castillejo
- Filmografías:
  - ‘La estatua’ (1956) - Luis Gamboa
  - ‘Tiempos de Azúcar’ (2001) - Juan Luis Iborra

Posteriormente, se han organizado trabajos de recogida de datos, los cuales sirven para profundizar en la definición formal, metrológica y constructiva de los elementos y su estado de conservación.

Estas labores se dividen en trabajo de campo y trabajo de oficina o gabinete:



▲ Imagen 1.8. Extracto de la aceptación por los electos del Concejo General de la Baronía de Polop de los capítulos de establecimiento de las tierras y agua del nuevo riego de Alfaz, con censo reservado a Doña Beatriz María Fajardo y Mendoza y sus sucesores en la Baronía, 2 de abril de 1666. Fuente: Olcina & Rico, 2016, p. 354.



▲ Imagen 1.9. Carátulas de las filmografías "La Estatua" (izquierda) y "Tiempos de Azúcar" (derecha). Fuente: www.Filmaffinity.com



▲ Imagen 1.10. La investigadora tomando anotaciones y fotografiando el acueducto de Els Arcs. Primeras visitas. Fuente: Archivo propio 23'.



▲ Imagen 1.11. Mediciones y procesamiento de imágenes obtenidas con Agisoft Metashape en Autodesk Autocad. Fuente: Elaboración propia.

**Trabajo de campo:**

El elemento patrimonial es en sí una fuente de información y base de datos valiosísima. Por ello, si los condicionantes lo permiten, es más que oportuno poder realizar visitas in situ al caso de estudio y su entorno, de forma que uno pueda empaparse de él (observarlo, tocarlo...). La toma de datos se ha intentado realizar con la mayor minuciosidad y precisión posible.

La instrumentación de apoyo que ha acompañado a las visitas se ha basado en:

- Anotaciones, bocetos y croquis a mano alzada en soporte papel y electrónico (Ipad)
- Flexómetro, cinta métrica y distanciómetro láser
- Fotografías con cámara fotográfica modelo Réflex Canon EOS 250D 18/55 mm de las que se extrae:
  - > Fotografías tanto generales como en detalle de todo el conjunto. Selección de las más representativas.
  - > Reportaje con evidencias del estado actual del elemento
  - > Transmisión de información directa y visual

- Drone DJI Mini 3 pro, del que se extraen:
  - > Fotografías con las que mejorar la definición de zonas de difícil acceso.
  - > Videos e imágenes aéreas que complementan la documentación.

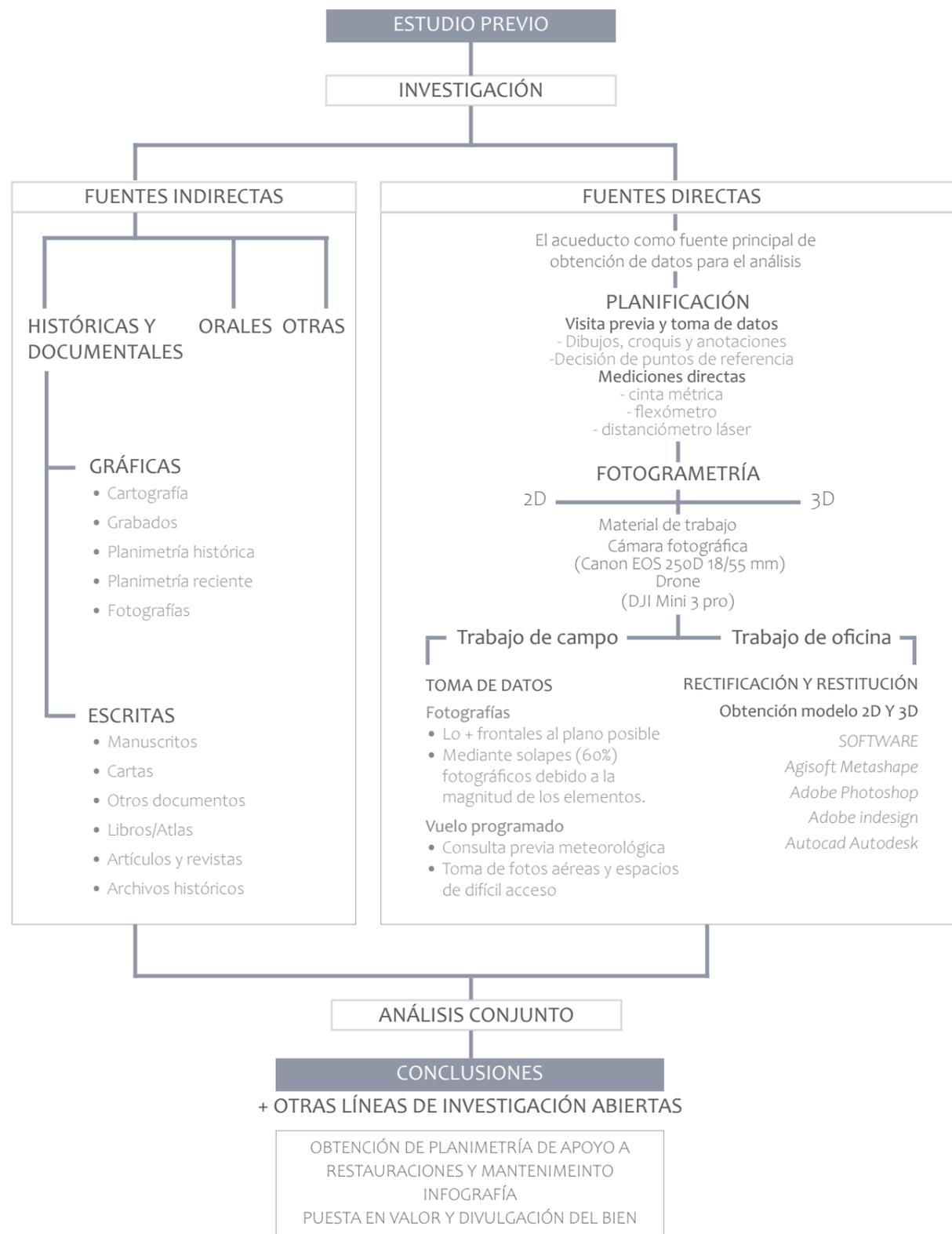
**Trabajo de oficina:**

El trabajo de oficina se basa en la previa preparación a cada visita y el posterior cotejo y transcripción de la información obtenida. Para ello, ha servido de apoyo la consulta de material teórico-técnico del máster, bibliografía y otros asesoramientos externos.

En cuanto a la transcripción de la información obtenida en las sucesivas visitas de campo, se ha utilizado:
 

- Autodesk AutoCad para edición y delineado 2D
- Photoshop
- Rectificación y Restitución fotogramétrica de cada uno de los elementos.

Con toda esta información se ha llevado a cabo la elaboración del presente documento en el que se clasifican y organizan las cuestiones analizadas, recogiendo la información obtenida del análisis formal, metrológico y constructivo de las estructuras y facilitando su comprensión para una posterior intervención



▲ Imagen 1.12. Esquema de metodología y flujo de trabajo. Fuente: Elaboración propia

### 1.5 APORTACIONES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

En coherencia con lo descrito en los apartados anteriores, y con el análisis e investigación sobre este tema, se ofrecen los siguientes **aportes**:

- Análisis contrastado del caso de estudio para el entendimiento global de su construcción y desarrollo.
- Puesta en valor de la infraestructura hidráulica (*Sèquia Mare*) y por ende de los elementos que lo configuran (acueductos, brazales, galerías, molinos, etc.) por su evidente relevancia en la constitución del término municipal de Alfaz del Pi.
- Relevancia del caso de estudio, al servir de ejemplo de este tipo de sistemas y a la vez encontrarse en un estado de conservación el cual evidencia las lesiones congénitas pero sin llegar al estado de ruina que imposibilite su comprensión y su posibilidad de intervención.
- Documentación gráfica detallada, análisis patológico, constructivo y material. Aportación fotográfica del estado actual de los diversos elementos y restitución fotogramétrica de cada uno de ellos. Aportes gráficos con 2D y 3D.

Estos estudios dejan paso y plantean nuevas líneas de investigación:

- Un programa detallado de intervención sobre estas estructuras
- Estudio arqueológico para el esclarecimiento de cuestiones puestas en duda durante la redacción de este trabajo.

La elaboración del documento ha contado con **limitaciones** circunstanciales, personales, físicas y meteorológicas que han condicionado los tiempos de redacción del mismo y los primeros intentos de acercamiento al objeto de estudio. La toma de datos inicial se vio dificultada ante la falta de mantenimiento y abandono del entorno de las estructuras.

Tras los trabajos de limpieza realizados a cargo del Ayuntamiento se pudo tener un acceso más o menos factible a las mismas. Las sucesivas visitas para la recogida de datos se realizaron de forma intermitente debido a los temporales típicos primaverales.



▲ Imagen 1.13. Trabajos de limpieza en el acueducto de Soler. Abril de 2023. Fuente: Archivo CFC 2023

**ANÁLISIS  
DEL CONTEXTO**

**2**





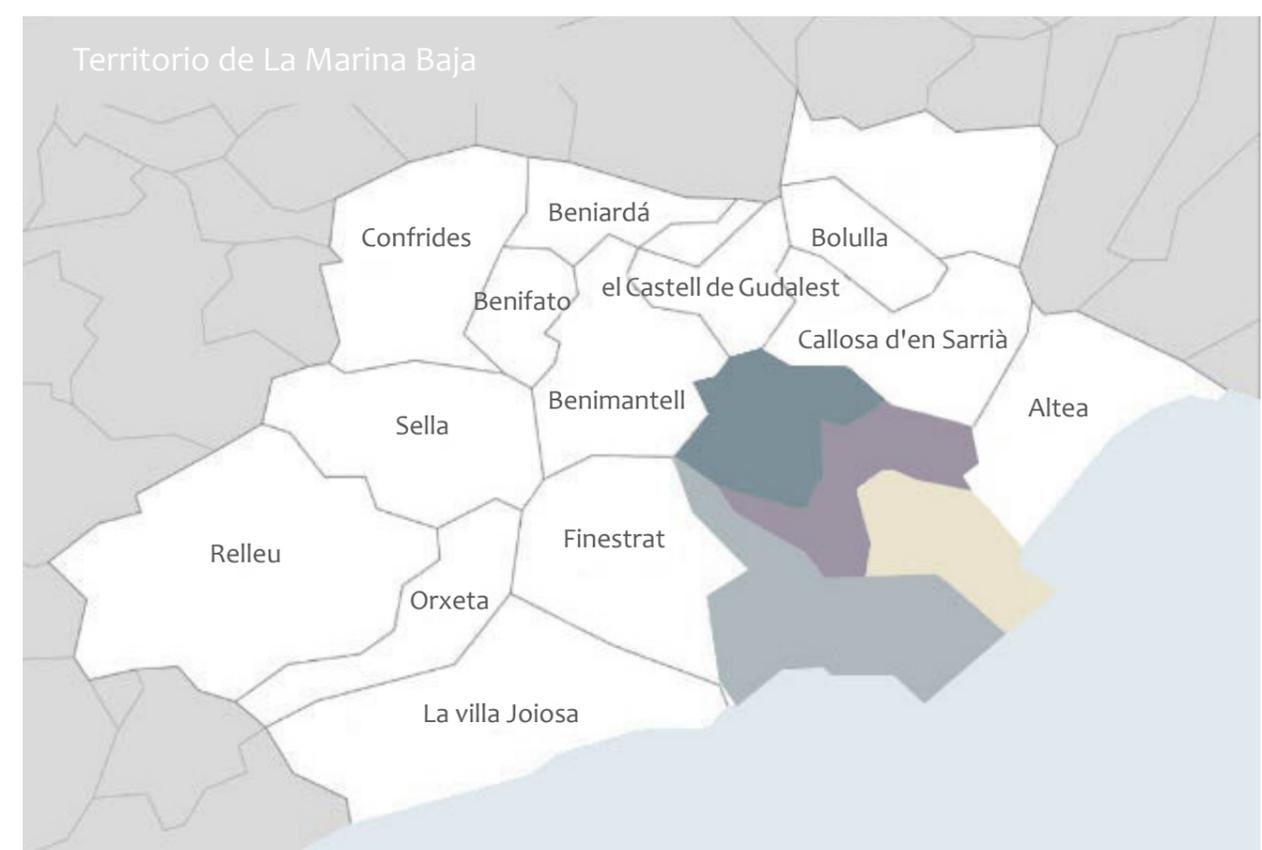
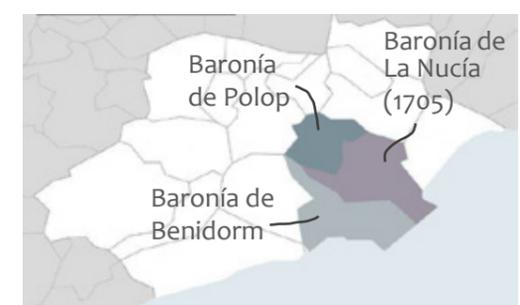
2.1 CONTEXTO GEOGRÁFICO:

Territorio y paisaje

Pertenecientes a la comarca de la Marina Baja, las antiguas baronías de Polop y Benidorm cuentan con aproximadamente un centenar de kilómetros cuadrados (100,84 km<sup>2</sup>), que quedan repartidos de la siguiente forma: Polop 62,96 km<sup>2</sup>, equivalente a un 62,44% del total; y Benidorm 37,88 km<sup>2</sup>, equivalente a un 37,56%.

Polop posteriormente sufre de las segregaciones de los términos de La Nucia (1705) y Alfaz (1836), quedando reducida su extensión y la superficie resultante del territorio de la siguiente manera:

● Polop	22,80 km <sup>2</sup>	(22,62 %)
● La Nucia	21,31 km <sup>2</sup>	(21,13 %)
● Alfaz del Pi	18,85 km <sup>2</sup>	(18,69 %)
● Benidorm	37,88 km <sup>2</sup>	(37,56 %)



▲ Imagen 2.2. Arriba. Extensión original de las Baronías de Polop y Benidorm. Centro. Segregación de Polop con la creación de la nueva Baronía de La Nucia (1705). Abajo. Disposición final del territorio, reducción de la Baronía de Polop con la aparición de l'Alfàs del Pi. Fuente: Elaboración propia a partir de gráficos de Olcina y Rico, 2016.

"Los mapas son la forma en que la historia se revela espacialmente." Norman JW Thomas

Imagen 3-1. Bosquejos planimétricos por términos municipales mandados formar por la ley de 24 de agosto de 1896. Provincia de Alicante. Término municipal de Alfaz del Pi. Fuente: Cartoteca del IGN

El territorio ocupado por las antiguas baronías de Polop y Benidorm, queda dentro del llamado sector septentrional de la Región Climática del Sureste Bético, la más seca de España y Europa, y cuya característica principal es la aridez. En concreto estas tierras costeras y prelitorales quedan abiertas al Mediterráneo hacia el sur y circunscritas por el gran anticlinal de Bernia al norte, Sierra Helada al este y Sierra de Cortina al oeste.

Bernia, de unos 12 km de longitud y una altitud que excede los 1.100 m en su pico (1.129 m), sirve de referencia a los límites municipales de Jalón, Callosa d'En Sarrià y Altea y desempeña un importante papel meteorológico y pluviométrico, cuestión que trataremos más adelante. En el territorio de Calpe, la Sierra de Bernia cae en picado hasta llegar a unos 300 m sobre el nivel del mar, en el saliente conocido por Morro de Toix. Este contrafuerte está constituido por calizas y margas eocenas y oligocenas, exhibiendo un impresionante frontón meridional de 2 km, destacando también la notable apariencia del flanco septentrional, estructurado y perforado por cuevas formadas por procesos de disolución.

Al sur del Morro de Toix, entre las bahías de Altea y Benidorm, se extienden las rocosas formaciones de Arabí, que definen la fachada marítima de Sierra Helada, un anticlinal parcialmente sumergido con una altitud de 432 metros y fracturado por una serie continua de fallas cara al mar, creando desniveles de hasta 400 metros. El característico boom turístico de Benidorm se debe en gran medida a sus excepcionales playas, que se extienden a lo largo de costas bajas que alguna vez fueron pantanosas, con una suave pendiente hacia el mar (inferior al 6 por mil): ejemplo de ello son la Playa de Poniente con casi 3 km de arenal o la Playa de Levante, que en el pasado estaba rodeada por un humedal desaparecido y contaba con dunas.

Al sur de la Sierra de Bernia, con una orientación de noreste a suroeste, se encuentra el extenso sinclinal de la Marina, que abarca unos 150 km<sup>2</sup>. Este territorio limita al norte con la mencionada Sierra de Bernia, al oeste por la Sierra de Cortina, al este por Sierra Helada y al sur directamente frente al mar. La zona conocida tradicionalmente como Marina, se encuentra dentro de los límites de la isohipsa de 400 metros, se extiende entre Alfaz del Pi y Benidorm y se compone de formaciones cuaternarias depositadas sobre rocas del periodo cretácico.



▲ Imagen 2.3. El sector septentrional de la Región Climática del Sureste Bético, queda enmarcado entre los cabos de La Nao (Alicante) y Sacratif (Granada) Fuente: Elaboración propia



▲ Imagen 2.4. Esquema de los distintos accidentes geográficos de la zona. Elaboración propia



▲ Imagen 2.5. Ai. Fuente: Elaboración propia a partir de gráficos de Olcina y Rico, 2016.



▲ Imagen 2.6. Esquema del efecto foehn. Fuente: Elaboración propia



▲ Imagen 2.7. Esquema del efecto foehn. Fuente: Elaboración propia

**1. Subsistencia subtropical:** se refiere a un fenómeno climático específico que involucra el descenso de aire seco y estable desde capas superiores de la atmósfera hacia la superficie terrestre en regiones subtropicales. Este fenómeno tiene un impacto significativo en el clima del Sureste Ibérico.

**2. Gregal:** Viento que viene de entre levante y tramontana, según la división que de la rosa náutica se usa en el Mediterráneo.

**3. El anticiclón de las Azores** es una zona de altas presiones, que se extiende sobre el océano Atlántico a la altura de estas islas portuguesas. Es el encargado de custodiar a la península ibérica de la llegada de precipitaciones.

En la zona geográfica donde se ubicaban las antiguas baronías de Polop y Benidorm se establecen una serie de factores que en su conjunto definen el comportamiento climático del lugar:

Por un lado, nos ubicamos entre los paralelos 38°45' y 36°45' N, en una posición periférica y meridional de la zona de circulación general del oeste, luego, ya se cuenta con dos hechos relevantes: la vecindad de la subsidencia subtropical<sup>1</sup>, y el alejamiento de las trayectorias habituales de la corriente en chorro templada, que suele discurrir a latitudes superiores a 45°.

Por otra parte, la ubicación a sotavento de los vientos del oeste, la inmediatez del Mediterráneo y la cercanía del continente africano, son cuestiones definitorias muy a tener en cuenta a la hora de analizar el comportamiento del lugar.

El relieve asume un papel importante, ya que establece una notable disimetría pluviométrica y facilita el efecto foehn, ambos debidos a un cambio de rumbo en el trazado costero desde el Cabo de La Nao y la presencia del gran anticlinal de la Sierra de Bernia.

Estas circunstancias resguardan a la zona del gregal<sup>2</sup> y los temporales del noreste, y contribuyen a una marcada diferencia en cuanto a precipitaciones anuales en pocos kilómetros; por ejemplo, de los 674 mm en Denia hasta casi la mitad en Benidorm (335 mm).

Sumemos a todo esto la abundancia anual de días despejados (los cuales duplican a los cubiertos) y horas de sol (con una media de más de 2.800 h de sol/año); las precipitaciones, muy irregulares, y poco efectivas por su fuerte concentración horaria y evapotranspiración anual, que duplica a la pluviometría anual media.

En cualquier caso, ningún otro fenómeno climático presente en el Sureste Ibérico posee un impacto o efecto tan significativo como el de la subsidencia subtropical. Ésta no solo es la principal causa del Anticiclón de Azores<sup>3</sup>, el centro de acción más importante en la región, sino que también desempeña un papel crucial en la generación de las sequías más intensas y prolongadas, así como en la escasez de lluvias estivales. Importante es destacar que la sequedad estival es característica de la influencia subtropical y no mediterránea, afirmación muy arraigada y extendida pero errónea.

### Sequía y regadío

La Región Climática del Sureste Ibérico, que incluye el territorio objeto de este estudio, presenta desafíos y oportunidades en cuanto al uso del suelo y su explotación. Tanto uno como el otro, integran un proceso histórico que depende de factores económicos y técnicos, en los que el agua juega un papel fundamental, ya sea para cultivos de secano, riego ocasional, regadío deficitario, huertas tradicionales o nuevos métodos de producción agrícola.

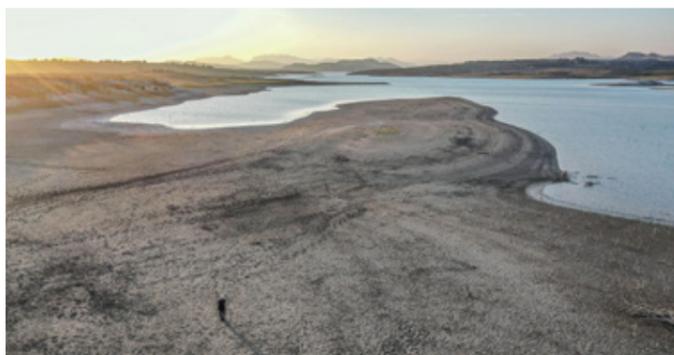
En resumen, el problema principal durante mucho tiempo ha sido la disponibilidad de agua en la región, tanto por la cantidad de lluvia que es escasa e irregular, especialmente en verano, como por la limitada red de ríos y arroyos en el área que abarcan las antiguas baronías (donde se incluyen los términos de Benidorm, Polop, La Nucía y Alfaz del Pi), que se caracteriza por estar llena de barrancos y cauces secos la mayor parte del tiempo. Además, la cantidad de evapotranspiración es considerablemente alta en comparación con la cantidad de precipitaciones que se dan, lo que lleva a un déficit hídrico significativo.

Los cultivos de secano en el Sureste Ibérico dependen de las escasas y poco predecibles lluvias, lo que genera una incertidumbre y variabilidad en las cosechas. Esto supone un alto riesgo ya que, aunque ocasionalmente se dan años excepcionalmente buenos con cosechas fabulosas, generalmente son más frecuentes años mediocres o incluso malos con escasez total de producción.

Así pues, no es de extrañar que se pretendiese convertir estas tierras en zonas de regadío, por muy precario que fuese. En el caso que nos ocupa, esto se buscaba lograr mediante la canalización y distribución del agua de los manantiales del acuífero de Polop.

Por otro lado, en contraste con la escasez de agua, las condiciones térmicas y lumínicas en la región ofrecen grandes oportunidades para el cultivo. La latitud cercana a los 38°45'N, la baja nubosidad y la alta cantidad de luz solar, junto con la influencia térmica del mar Mediterráneo (especialmente en el área de la antigua baronía de Benidorm), proporcionan condiciones óptimas para el crecimiento de cultivos.

Aunque se conoce que la situación en cuanto recursos hídricos ha sido históricamente complicada en ambas baronías, ha resultado ser bien diferente en una y otra.



▲ Imagen 2.8. La sequía amenaza al campo con una siniestralidad de cientos de millones/EFE/MORELL. Fuente: El Periódico de España. Comunidad Valenciana. 19 FEB 2022. F.J. Benito.

◀ Imagen 2.9. Mínimos históricos en el embalse de La pedrera. Toda la provincia de Alicante afectada por la sequía. Tony Sevilla Fuente: Diario Información. Alicante. 22 AGO 2023. J. A. Martínez



▲ Imagen 2.10. Portada del tomo XIII del Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de ultramar. Pascual Madoz, 1845-1850. Fuente: Biblioteca Nacional de España

ALFAZ, (también se dice ALFAS): l. con ayunt. en la prov. de Alicante, aud. terr., e. g. y dióc. de Valencia, part. jud. de Callosa de Enzarria: srr. á la der. del r. Guadalest, en terreno desiguil, donde le combaten todos los vientos, y disfruta de clima muy saludable, sin que se esperimenten otras enfermedades que algunas propias de la estacion. Tiene 216 CASAS de mediana fsp. y comodidad, la de ayunt. y

una igl. part.: confina el téam. con los de Polop y Nucia. El TERRENO participa de monte y llano, es muy fértil y se halla cortado de varios barrancos: brotan en el mismo, fuentes de esquisitas aguas, las cuales con los del expresado r. Guadalest aprovechan los hab. para surtido de sus casas, abrevadero de sus ganados, y para fertilizar muchos trozos de tierra; la destinada á cultivo ofrece abundantes viñedos, bastantes olivares, algarrobos, moreras y diversidad de árboles frutales; ryon.: trigo, cebada, avena, maíz, legumbres, algarrobos, aceite, vino, pasas, almendras, higos, seda y muchas otras frutas: cria ganado lanar y cabrio; y el mular y caballar necesarios para la labranza. ryon.: 223 vec., 941 alm. car. ryon.: 3.376,800 rs. IMP. 121,194. CONTR.: 44,184 rs. Este pueblo debió su origen á la fort. ó cast. de Polo, á donde las gentes de la comarca se refugiaban durante las correrías de los moriscos y piratas; no hace mucho tiempo que se conocía con el humilde nombre de caserío de Alfaz, pero progresivamente, atendida la fertilidad de su suelo y las muchas ventajas que ofrece por todos conceptos, ha ido aumentándose el número de hab. que hoy cuenta en su recinto.

▲ Imagen 2.11. Extracto de la descripción que se hace en el Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de ultramar. Pascual Madoz, 1845-1850, Vol I, 546-547) Fuente: Biblioteca Nacional de España

Prueba de ello se puede encontrar en escritos de los corresponsales y colaboradores de Madoz a mediados del siglo XIX y posteriores al Decreto de las Cortes de Cádiz del 6 de agosto de 1811, donde las baronías ya no eran referencia jurisdiccional.

En estos escritos se resaltaba en el caso de Benidorm que, “Aunque todo el TERRENO es calcinoso, de greda arenisca y naturalmente estéril, han sabido, no obstante, los hab. de Benidorm, reducir á frondosas huertas sus dos terceras partes por medio del continuo y perseverante trabajo, el frecuente abono y la construcción de cerca de 200 norias que suministran abundantes aguas. Una acequia que toma su curso desde las fuentes de Polop, pasando por Nucía y Alfaz, se introduce en su térm. y fertiliza también una parte del mismo, que además se encuentra plantado de almendros, algarrobos, moreras y árboles frutales” (MADOZ, 1845-1850, pp. 212, Vol IV)

Respecto a Polop, se hacía una alusión más breve en la que se indicaba que “El TERRENO es en parte montuoso, de mediana calidad, que fertilizan los r. de Chirles, Las Fuentes y la Callosa, que corre de NO á SE., y los dos primeros de O. á E.” (MADOZ, 1845-1850, pp. 108, Vol XIII)

Sobre La Nucía se señalaba: “El TERRENO es montuoso la mayor parte, y bien cultivado, con una porción de frondosas huertas, que se fertilizan con las aguas del r. Guadalest y algunos barrancos ó riach. que son sus afluyentes”. (MADOZ, 1845-1850, pp. 191, Vol XII)

Y respecto a Alfaz, lugar segregado de Polop, se decía: “El TERRENO participa de monte y llano, es muy fértil y se halla cortado de varios barrancos: brotan en el mismo, fuentes de exquisitas aguas, las cuales con los del expresado r. Guadalest aprovechan los hab. para surtido de sus casas, abrevadero de sus ganados, y para fertilizar muchos trozos de tierra; la destinada á cultivo ofrece abundantes viñedos, bastantes olivares, algarrobos, moreras y diversidad de árboles frutales” (MADOZ, 1845-1850, pp. 546-547, Vol I)

Es de destacar entonces que, con la puesta en funcionamiento del “Nuevo Riego”, posteriormente “Rec Major de l’Alfàs i Benidorm”, a partir de principios del s. XVIII, hubo una mejora sustancial de la distribución de agua, aumentando la extensión regable en la antigua baronía de Polop, y aliviando el grave déficit hídrico de la de Benidorm, ampliando superficies regadas del mismo y garantizando el abastecimiento para uso doméstico mediante el llenado de cisternas.

## 2.2 CONTEXTO HISTÓRICO-SOCIAL Y ECONÓMICO

### La conquista cristiana en la Marina Baixa

Tras las campañas militares de Jaume II efectuadas en el antiguo Reino de Murcia (perteneciente entonces a la Corona de Castilla desde el 1266, en virtud del Pacto de Almirra de 1244) y la conquista cristiana de las tierras valencianas, la coetánea provincia de Alicante pasa a manos de la Corona de Aragón y lo que actualmente conocemos como la comarca de la Marina Baixa queda casi en su totalidad integrada en las propiedades de Bernat de Sarrià. Éste era un noble militar y diplomático, nombrado almirante por la corona de Aragón, que, desde finales del siglo XVIII, fue incrementando su patrimonio mediante la adquisición de propiedades que le eran ofrecidas por sus servicios.

En 1296 el monarca nombra a Sarrià almirante y es a partir de ahí, cuando se produce la consolidación de esta familia como señores territoriales, adquiriendo en el sur del Reino de Valencia poblaciones como Callosa, Polop, Altea y demás asentamientos que conformaron las llamadas Muntanyes d'En Sarrià<sup>4</sup>.

En ese momento, el territorio presentaba una importante presencia morisca y con el fin de aumentar la población cristiana y la percepción en rentas, Bernat de Sarrià fundó en 1300 Villajoyosa y en 1325 Benidorm. Sin embargo, apenas pudo producirse el asentamiento de población en Benidorm debido a la escasez de agua y los constantes ataques de piratería.

### Los cambios de propiedad, el territorio heredado

Cuando el 31 de diciembre de 1335 muere Bernat Sarrià sin descendencia, el extenso señorío, según su testamento del 21 de julio de 1322, pasa a pertenecer al infante Pedro de Aragón y Anjou, séptimo hijo de Jaime II.

Pedro de Aragón contrae matrimonio con Joana de Foix y fruto de éste tienen cuatro hijos. Al fallecimiento de Pedro de Aragón, heredará las tierras su primogénito Alfonso de Aragón y Foix, también conocido como Alfonso de Aragón el Viejo.

Le sucederá su hijo Alfonso de Aragón y Areno, popularmente apodado Alfonso de Aragón el Joven, quien, al morir sin descendencia, legará nuevamente las propiedades al entonces monarca Alfonso el Magnánimo. En 1425, para las nupcias de su hermano, el infante Juan, con Blanca de Navarra, el rey consorte (Alfonso el Magnánimo), cedió dichas tierras como regalo de bodas.



▲ Imagen 2.12. Esquema de los territorios que conformaban las Montañas d'en Sarrià en la zona de la Marina Baja. Fuente: Elaboración propia a partir de publicaciones de Francisco Amillo Alegre, 2013. <https://histobenidorm.blogspot.com/2013/01/beatriufajardo-de-mendoza-y-la-carta.html>

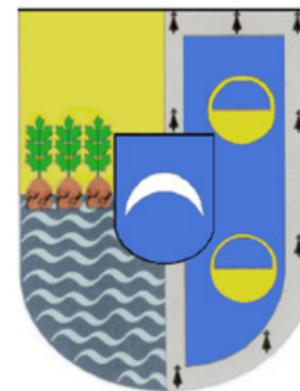


▲ Imagen 2.13. En el siglo XIV la comarca de la Marina tenía una mayoría de población musulmana que residía en las montañas y valles del interior. Los cristianos ocupaban algunas localidades del litoral para controlar a los musulmanes, impedir su huida y evitar la ayuda de los musulmanes del reino de Granada o del Norte de África. El control del territorio se completaba con los castillos. Fuente: Francisco Amillo Alegre, 2013. <https://histobenidorm.blogspot.com/2013/01/>

4. El señorío incluía las poblaciones de Confrides, Callosa, Orxeta, Castell de Castells, Polop, Finestrat, Relleu, Benidorm, Altea, Calpe, Benissa, Teulada, Guadalest, Tárben, Vall de Pop, Caló, Gata, Berniça, Murla y la Vall d'Aiora entre otras. P.M. Orts, 2006b, p.240.



▲ Imagen 2.14. Retrato de Alfonso V de Aragón, óleo sobre tabla (1557). Museo de Zaragoza. Fuente: Wikimedia Commons. Dominio público.



▲ Imagen 2.15. Esbozo del esudo de armas de Beatriu Fajardo de Mendoza realizado por Natividad Climent de acuerdo a la indicaciones de Pere María Orts i Bosch. Fuente: Historia de Benidorm, Francisco Amillo Alegre.

En 1429 Juan de Navarra acaba otorgando como compensación las antiguas Muntanyes d'En Sarrià a su camareo y guarda mayor, Ruy Díaz de Mendoza, en reconocimiento a su apoyo y servicios prestados. De un modo u otro, Ruy Díaz de Mendoza termina enlazado con la familia Fajardo, señores de Alhama y Molina en Murcia.

Al fallecer de Ruy Díaz de Mendoza sin prole, las tierras pasaron de generación en generación de forma análoga entre miembros de la familia Fajardo hasta llegar a Beatriu Fajardo de Mendoza i de Guzmán en el siglo XVII, quien se convirtió en la heredera tras la muerte de todos los miembros varones de la familia (padre, hermanos y sobrinos). No obstante, tuvo que enfrentar un largo litigio con sus tíos Isabel y Francesc Fajardo que duró más de diez años. No fue hasta el fallecimiento de Francesc Fajardo, quien tampoco tuvo hijos, y tras pagar más de 2.000 ducados, que el rey Felipe IV permitió que recibiese la herencia.

### Beatriu Fajardo de Mendoza

El papel de esta mujer cobra vital importancia en el transcurso y posterior devenir del área territorial objeto del presente estudio.

Beatriz se convirtió en señora de Montealegre, Polop y Benidorm y después sumó el legado que había levantado también su madre, quien falleció por la peste que en aquella época assolaba el mediterráneo.

Sin embargo, las tierras heredadas de las baronías de Polop y Benidorm poseían escaso valor debido a:

- la despoblación que sufrían ambas baronías, apenas la fortaleza de Polop vivía allí de forma permanente y sólo unos pocos pescadores vivían en Benidorm de manera intermitente
- la escasez de rentas percibidas y en general la degradación del lugar por las incursiones en la costa y las guerras.

Pero, sobre todo, la escasez de agua impedía la agricultura, y con ella, la supervivencia.

Con el fin de cambiar el devenir de su herencia abocado a la miseria en unas tierras áridas y despobladas, Beatriu decidió invertir en infraestructuras que rentabilizaran su señorío y creó el hoy conocido "Reg Major de l'Alfàs i Benidorm" trayendo consigo el escaso recurso natural que tanto necesitaban. Así, la población comenzó a emerger en la comarca, y con ésta, la producción agrícola y las rentas.

Las obras dieron comienzo en 1659 de la mano de la participación campesina de la zona y fueron dirigidas por el arquitecto Francisco Serrano. La construcción del nuevo riego supuso la ejecución de obras complejas como galerías y acueductos que salvaran los distintos accidentes geográficos del lugar.

El 1 de abril de 1666 marca la puesta en marcha del riego, momento en el que Beatriu se reunió en el Castillo de Polop con el Consejo General (representación de vecinos de Polop, Xirles, la Nucía y Benidorm) y del cual hay constancia escrita<sup>5</sup>.

En dicha reunión se establecieron las condiciones del nuevo riego para los vecinos, consignando los derechos y obligaciones de los vasallos en 17 capítulos.

Además del agua, unos días después (8 de abril) estableció las bases jurídicas mediante la Carta Poble de Benidorm convirtiéndola en una población formal. Así pues, a pesar de ser Jaume I el protagonista de la constitución de la ciudad, historiadores como Francisco Amillo definen a Beatriu Fajardo como su segunda fundadora y en parte, “salvadora”.

El gran interés y determinación de esta mujer hizo posible la ejecución del proyecto y finalmente su puesta en marcha.

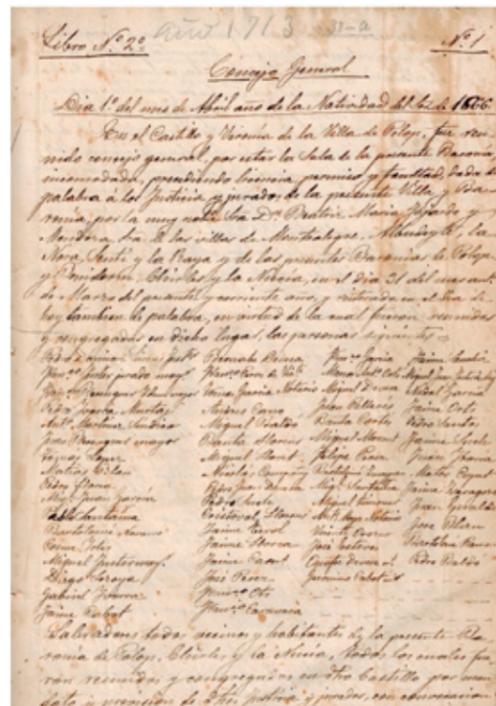
### Las consecuencias económicas del “nou reg”

La mejora e introducción del regadío en los señoríos de Polop y Benidorm mediante la construcción del Reg Major de l'Alfàs i Benidorm, trajo consigo una serie de consecuencias económicas:

**-Incremento de la producción agrícola** e introducción de nuevas producciones como el tabaco y la dacsá (Amillo, 2012, p. 198)

**-Incremento de las rentas señoriales**  
 Dos años después de la implantación del nuevo riego las rentas incrementaron en 500 libras anuales de alquiler (pasaron de las 800 libras previas a las 1.300 libras) (Amillo, 2003, p. 18) y se mantenía una perspectiva futura prometedor.

**-Incremento de la población**  
 Realizando una comparativa de los registros censales entre 1646 y 1730 puede observarse un aumento significativo de la población. Benidorm, hasta el



▲ Imagen 2.16. Capítulos generales para establecer a censo reservativo las tierras y agua del nuevo riego de Alfaz prometidos, dados y entregados, en documento firmado de su mano y letra, por Doña Beatriz María Fajardo y Mendoza a sus vasallos de la Baronía de Polop, Chirles y La Nucía, a 1 de abril de 1666. Fuente: Olcina & Rico, 2016, p. 337-353

5. Acta redactada en Villajoyosa. Documento depositado en el archivo del Sindicato del Reg Major d l'alfàs, con actual Sede en La Nucía. Amillo Alegre, Francisco «Beatriu Fajardo de Mendoza i la carta de poblament de Benidorm de 1666». Samia: Revista d'investigació i assaig de la Marina Baixa, 2013, Núm. 9, p. 96-104 <https://raco.cat/index.php/Samia/article/view/281670>.

▼ Imagen 2.17. Guerra de la Sucesión española en el Reino de Valencia. Detalle de La batalla de Almansa, óleo de Buonaventura Ligli, Museo del Prado  
 Fuente: De Filippo Pallotta, Buonaventura Ligli - [www.almansa.es](http://www.almansa.es), Dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2042470>



6. *Maulets* era el término usado en valenciano y mallorquín para referirse a los partidarios del archiduque Carlos de Austria —proclamado rey como Carlos III—, generalmente campesinos, en el Reino de Valencia durante la Guerra de Sucesión Española. Dado que los motivos para decantarse por un pretendiente u otro eran principalmente económicos o sociales, los campesinos de realengo, el alto clero y la nobleza se posicionaron a favor de Felipe V, mientras que la mayoría de los campesinos, así como el bajo clero, los gremios urbanos y una parte de la pequeña nobleza se decantaron a favor del candidato austriaco. El Diccionario histórico de la Comunidad Valencia también considera el término *maulet* como "persona de modesta categoría social y que se encuentra en una relación subordinada de clientela o dependencia".

momento territorio casi despoblado, pasó de 50 a 581 personas con la llegada del riego. Durante los siglos XVII y XVIII, a medida que se ampliaban nuevas tierras de cultivo, el proceso de repoblación de la zona se fue desarrollando hasta incluso convertir partidas rurales en nuevos municipios, como sucedió más tarde con los términos de La Nucía (1705) y l'Alfàs (1836).

**-Mejoras en las infraestructuras urbanas y agrícolas**, devenidas del propio aumento de la productividad de los cultivos y del asentamiento poblacional en el señorío. En un escrito de 1668 la propia Beatriu Fajardo hace patente la necesidad de reconstruir las defensas de Benidorm y construir nuevos servicios que incluyen un horno y un hostel en Benidorm y la Nucía, así como, un molino en Polop que sería útil para abastecer el aumento de población en la zona.

### De la Guerra de la Sucesión a la década moderada

Uno de los sucesos históricos posteriores que mayor repercusión tuvo sobre el Rec Nou fue la Guerra de Sucesión (1700-1713), que a su carácter bélico internacional por el poder en Europa y el conflicto sucesorio en la monarquía española, se añadió en el Reino de Valencia la disputa sobre los privilegios forales y la confrontación social entre señores (afines al monarca) y vasallos (*maulets*<sup>6</sup>).

Esto generó que los usuarios del Rec Nou, quienes desde abril de 1666 tenían la responsabilidad de hacerse cargo de su mantenimiento, lo desatendiesen, guiados por las promesas de Joan Baptista Basset de liberarles del pago de tasas e impuestos señoriales. Cuando la situación bélica y política lo permitió, los Condes de Montealegre acudieron a la Audiencia de Valencia, la cual tras las sentencias de vista y revisión (1711 y 1713 respectivamente), les respaldó y dictó sentencia en la que los regantes habrían de acatarse a las cláusulas establecidas en 1666 y sus correspondientes pagos.

Desde finales del siglo XVII y durante gran parte de los dos siglos sucesivos, eran patentes las disputas entre regantes y señores por la responsabilidad del mantenimiento del riego. Lo cierto es que la basta construcción del Rec Nou precisaba de constantes y costosas reparaciones, dando lugar a diversos pleitos y convenios que en su mayoría se acababan incumpliendo. Con motivo de la “revolución de las provincias” (1835), se

produjo de nuevo la interrupción en el cobro de las rentas del Rec Major, situación que perduraría hasta la llegada de los moderados al poder en 1843.

### El Reglamento de 1847

Con las redenciones colectivas de dominio directo en muchos señoríos territoriales y solariegos valencianos, en 1847 se aprobó un nuevo reglamento para el funcionamiento del riego<sup>7</sup>, que lejos de mejorar la problemática social, la mantuvo.

Esta orden restableció la percepción de las rentas dominicales del Rec Major, volviendo a las condiciones generales aceptadas en abril de 1666, al tiempo que introdujo un cambio en el régimen de propiedad de la tierra y el agua. Pasó de un censo reservativo a un censo enfiteútico<sup>8</sup>, con división de dominios directo y útil. El reglamento mantenía tintes feudales propios del régimen señorial, el cual llevaba años abolido. Ejemplo de ello podemos constatarlo en el primer art. de dicho reglamento: “La acequia principal, con sus brazales, y las aguas del riego mayor del Alfaz, son de la propiedad del dueño de las baronías de Polop y Benidorm, y de sus herederos ó legítimos sucesores”.

De este modo, el derecho a la percepción de rentas fijas por heredad o fracción de ésta, pertenecía al Marqués de Valparaíso, Conde de Montealegre, en su calidad de sucesor de Beatriu Fajardo. Cuando éste se vió más tarde afectado económicamente por las medidas abolicionistas y desvinculadoras, tuvo que transferir el dominio directo del riego mediante escritura de dación en pago a Don Bernabé Morcillo de la Cuesta.

Otra de las cuestiones más destacables de este nuevo Reglamento era la creación, según su art. 4º, del Sindicato, ya que éste establecería las bases que posteriormente serían tomadas en otras reglamentaciones.

El Sindicato se componía por el propietario de la acequia y un vocal por cada uno de los municipios. Uno de estos vocales se nombraba jefe político, asumiendo la función de director. El director tenía poderes de acción y gerencia de la administración, y tenía la labor de vigilancia y jurado del riego en caso de infracciones, con el apoyo de las autoridades locales. A pesar de todo, la realidad es que el Reglamento de 1847 otorgó al Sindicato una limitada autoridad sobre el Riego Mayor en nombre del propietario, quien tuvo una evidente influencia en la redacción de la norma. Para cubrir los gastos de limpieza y mantenimiento, los

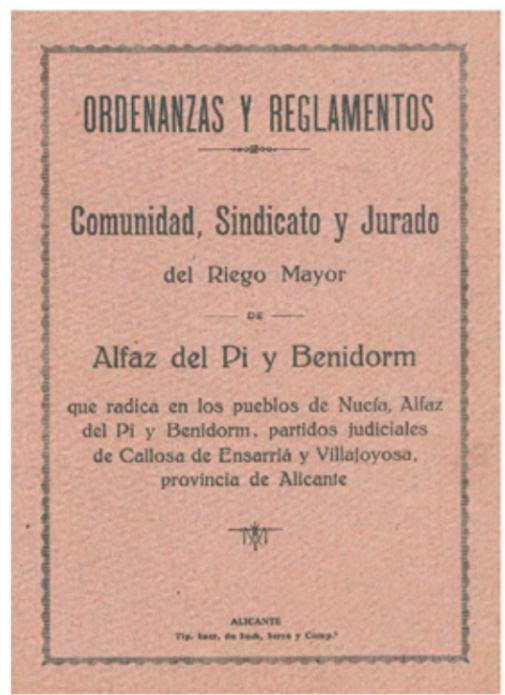


▲ Imagen 2.18. Extracto del Reglamento de 1847. Boletín Oficial de la Provincia de Alicante, nº109, lunes 6 de septiembre de 1847. Fuente: Olcina & Rico, 2017 p.390-391

7. Aprobado por Real Orden de 18 de agosto de 1847, el Boletín Oficial de la Provincia de Alicante publicaba, el 6 de septiembre siguiente, el Reglamento para el régimen y gobierno del aprovechamiento de las aguas del Riego Mayor nombrado del Alfaz en la Provincia de Alicante, que constaba de cinco capítulos y cuarenta y cinco artículos; de estos los dos últimos, 44 y 45, contenían las disposiciones transitorias. El capítulo primero se refería a la naturaleza del Riego Mayor del Alfaz, y a los derechos de los interesados en él; el segundo, al establecimiento del Sindicato; el tercero regulaba las obligaciones y atribuciones del propietario y del Sindicato; el cuarto se refería a la elección del Sindicato; y el quinto reglamentaba el funcionamiento del mismo en sus artículos 41 a 43, mientras los dos últimos incluían, como se ha dicho, las dos disposiciones transitorias, concernientes a la constitución del Sindicato y a la reforma de estas ordenanzas, respectivamente.

8. El censo enfiteútico es un tipo de contrato que era común en algunos sistemas legales de la Edad Media, utilizado en este caso para describir la modalidad de posesión de tierras y derechos de agua. Se trata de un tipo de contrato o régimen de tenencia de la tierra en la cual una persona (enfiteuta), recibe el derecho de utilizar y disfrutar de la tierra perteneciente a otra persona (enfiteutante), a cambio de pagar una renta anual llamada canon enfiteútico. El enfiteuta tiene derechos similares a los de un propietario, como el de vender, hipotecar o heredar el derecho de enfiteusis.

▼ Imagen 2.19. Portada de las Ordenanzas de la Comunidad de Regantes del Riego Mayor de Alfaz del Pi y Benidorm, redactadas en Benidorm en 1926 y aprobadas por Real Orden de 15 de Noviembre de 1927. En ellas se incluyen el Reglamento del Sindicato y del Jurado de Riegos. Fuente: Olcina & Rico, 2017 p.181



regantes debían pagar al propietario cada año una cuota establecida. Además, el dueño del Riego tenía el poder de contratar y pagar a los trabajadores (un Sobreacequero y tres acequeros) encargados de distribuir el agua en la acequia principal y llevar registros detallados de todas las actividades relacionadas con el riego. Esto no hace más que resaltar que el dueño de las baronías conservaba un control significativo del sistema de riego pese a la existencia del Sindicato.

### La Comunidad de Regantes y las Ordenanzas de 1927

Con el problema latente entre señores y regantes, añadido a la división de dominios (directo y útil) del Reglamento de 1847, y al amparo de la Ley de Aguas de 1879, se constituyó la Junta de Comunidad de Regantes en 1879, de forma que todos éstos se congregaron en una entidad más fuerte para defender sus intereses. Finalmente, en septiembre de 1912, la Comunidad de Regantes se hizo con la gestión plena del riego con la compra de la acequia mayor y el molino de Rovira por 18.000 pesetas a los herederos de Don Bernabé Morcillo de la Cuesta.

En 1927 se redactaron unas nuevas ordenanzas (Ordenanzas de la Comunidad de Regantes del “Riego Mayor de Alfaz del Pi y Benidorm” que radica en los pueblos de Nucía, Alfaz del Pi y Benidorm, partidas judiciales de Callosa de Ensarriá y Villajoyosa, provincia de Alicante, 1927. Aprobadas en la Real Orden de 15 de noviembre de 1927) que hasta día de hoy regulan el uso del agua en el Riego Mayor de Alfaz del Pi y Benidorm.

Están publicadas en un libro de 36 páginas que incluyen: las Ordenanzas de la Comunidad de Regantes, el Reglamento del Sindicato y el Reglamento del Jurado de Riegos. La sección dedicada a las ordenanzas se compone de 76 artículos y 10 capítulos, siendo los dos últimos dedicados a unas “Disposiciones generales” y a unas “Disposiciones transitorias”, de menor valor normativo.

El capítulo I. “Constitución de la Comunidad”  
 Es el más interesante para comprender el funcionamiento de la Comunidad. Los artículos contenidos en este capítulo reflejan los requisitos para formar parte de la Comunidad; así como, el funcionamiento de gobierno, la elección de los cargos y su composición; las infraestructuras de riego y otras propiedades; los aprovechamientos de agua disponibles; y, derechos y obligaciones de regantes y molinos.

La Comunidad de Regantes estaba compuesta por la Junta General de propietarios de agua y la figura de un Presidente, el cual debía poseer en propiedad un mínimo de horas de agua (2 horas, más tarde reducidas a 1 hora). El Presidente de la Comunidad era un representante institucional cuyo cargo era honorífico, gratuito y obligado. En cuanto al Sindicato (cuya constitución era similar a la del Reglamento de 1847), era controlado por la Junta General y, a través de la participación de Sobreacequero y Acequeros, se encargaba de labores como la distribución y reparto del agua.

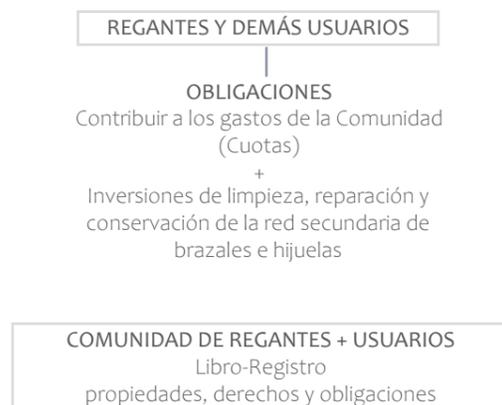
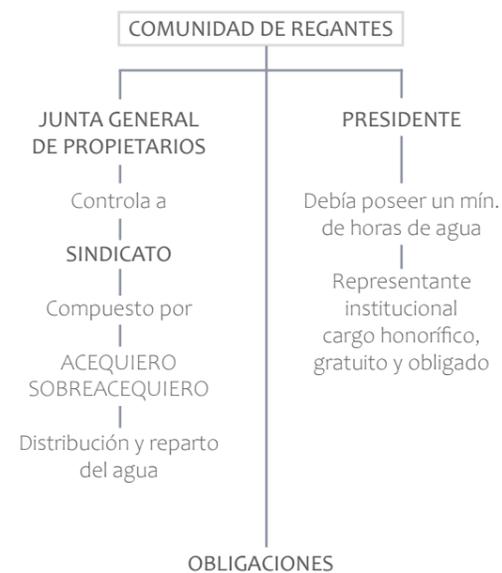
A lo largo del primer capítulo figura información detallada de las pertenencias de la Comunidad de Regantes (art. 2); se establece un caudal máximo aproximado de 175 l/s que variaba según las condiciones hidrológicas de cada año (art. 3); y, se delimitan las zonas regables estimadas en 352 hectáreas (inferior a las 1.200 hectáreas originales), donde no se contemplaban aquellos terrenos de secano con cereales y otros cultivos que podían recibir riego ocasional si existía excedente de agua (art.4).

En cuanto a las hectáreas regables, el riego tampoco se ejercía de forma regular por hectárea, sino en función a la pertenencia de horas, cuartos de hora y medios cuartos que el regante tuviese inscritos en el Libro-Registro.

La Comunidad estaba obligada a la sufragación de gastos para la construcción, reparación y conservación del riego (incluido el cauce principal de la Séquia Mare) (art. 7), pero no cubría las inversiones de limpieza, reparación y conservación de la red secundarias de brazales e hijuelas, las cuales debían costearlas aquellos interesados en ellas (art. 23)

Otra de las obligaciones de los regantes y demás usuarios que hiciesen uso del agua era contribuir en los gastos de la Comunidad (art. 8). De este modo, se establecían unas cuotas "...en proporción al caudal que le corresponda según el tiempo a que tengan derecho en cada turno". Para el cómputo y control de las unidades de pertenencia de agua de cada propietario (en horas, medias horas y medios cuartos), se inscribía en el Libro-Registro de la propiedad del agua.

Aunque el derecho de uso del agua ya lo establecían las unidades de pertenencia de agua que venían inscritas en el Libro-Registro, el Capítulo IV "De las tierras y artefactos", ya preveía un padrón propio de la Comunidad donde constarían tierras, artefactos, derechos y contribuciones a los gastos



▲ Imagen 2.20. Esquema funcionamiento interno de la Comunidad de Regantes. Fuente: Elaboración propia.



▲ Imagen 2.21. Pepa González y Vicenta Llorens González lavando ropa en la Séquia Mare. Década de 1950. Fuente: *Oficis vells, oficis nous. La revolució de los oficios tradicionales en l'Alfàs del Pi. VIII Semana Cultural. l'Alfàs amb Història.* Ayto. de Alfaz del Pi.



▲ Imagen 2.22. Usos y costumbres de la Séquia Mare, permitieron otros aprovechamientos distintos al riego agrícola, como los abrevaderos del ganado y los lavaderos. El abrevadero de la Costera del Boliquet (La Nucía), también se utilizaba como zona de descanso para los campesinos en su regreso al pueblo. (Foto reproducida por Aura Fotógrafo del Programa de Fiestas de La Nucía, agosto de 1951, y facilitada por José Manuel Devesa). Fuente: Olcina & Rico, 2016, p.178

“para mayor orden y exactitud en los aprovechamientos y repartición de las derramas” (art. 34)

El capítulo III. “Del uso de las aguas”

Compuesto por 6 artículos (del 28 al 33), también es interesante ya que, define los usos, duración de los turnos y organización del riego, junto con la distribución de las aguas.

La distribución y reparto de las aguas, como ya se ha comentado, la efectuaba el acequero supervisado por un Sobreacequero y bajo la dirección del Sindicato (art. 31)

La duración y organización de los turnos en tandas de riego quedaba reflejada en el art. 29, con un total de 17 días (408 horas de agua), repartidas entre propietarios con un tandeo de 374 horas y dos cuartos y medio de hora; y 33 horas y un cuarto y medio de hora para el lavado y llenado del cauce, desde su inicio en Polop hasta Benidorm, con el fin de evitar mermas en el caudal y por tanto, perjuicios a algún regante.

En cuanto a los usos, si bien en las Ordenanzas no estaban contemplados otros aprovechamientos, se conoce por la documentación recogida en actas de la Junta General de la Comunidad de Regantes (donde se reflejaban las reparaciones que se hacían en la Séquia Mare) que, además del agua para riego y llenado de sistemas, existían tramos del cauce habilitados como lavaderos o abrevaderos para el ganado.

#### Escasez de medios para el mantenimiento del riego

El constante desafío para la Comunidad de Regantes y el Sindicato era mantener un equilibrio económico entre ingresos y gastos, situación que se tomaba especialmente delicada en épocas de largas sequías o cuando las incesantes reparaciones que requería el riego contaban con poca o ninguna financiación.

En los años 20 se sabe que las fuentes de ingresos que percibía del Riego Mayor eran principalmente tres (Olcina & Rico, 2016, p. 201-206):

-Cobro del censo: 60 pesetas/hora por todas las pertenencias de agua, que sumaban 374 horas y dos cuartos y medio de hora.

-Arrendamiento del Molino de Rovira, por 430 ptas/año al que habría que restar el importe por prestación de servicios quedando en 399 ptas/año

-Arrendamiento de agua: a razón de 250 pesetas/hora, cuyo precio se mantuvo invariable hasta 1935, cuando

se consideró disminuirlo en 20 pesetas/hora debido a la depreciación que sufrió la cosecha.

-Pequeños ingresos (40 o 50 pesetas) por la venta de agua en diversos turnos, a razón de 5 ptas/hora, precio que se incrementó de forma exponencial por la escasez de agua provocada por una intensa y prolongada sequía que assolaba a la Marina Baja en esos años, alcanzado las 20 pesetas/hora en 1931, según reflejan las Actas del Sindicato. Los importes de venta del agua variaban en función de la demanda, con notables incrementos en épocas de sequía.

Estos importes podían hacer un total de unos 25.230 ptas al año de ingresos.

En cuanto a los gastos:

-El pago del convenio con el Ayuntamiento y la Junta de Riegos de Polop suponía unas 500ptas/mes por la compra de 15 l/s

-Pago de honorarios y gratificaciones del personal del Riego:

- Acequero\_1.075 ptas/cuatrimestre + 750 ptas/cuatrimestre en concepto de gratificación. En algunos momentos se requería de la presencia de entre 2 y hasta 4 acequeros con el gasto presupuestario que ello conllevaba.

- Sobreacequero\_150ptas/mes

- Secretario\_176ptas/mes

- Letrado del Riego\_50ptas/mes

- Recaudador delegado del Riego percibía el 1% de lo ingresado en el cobro del censo\_225 ptas/año

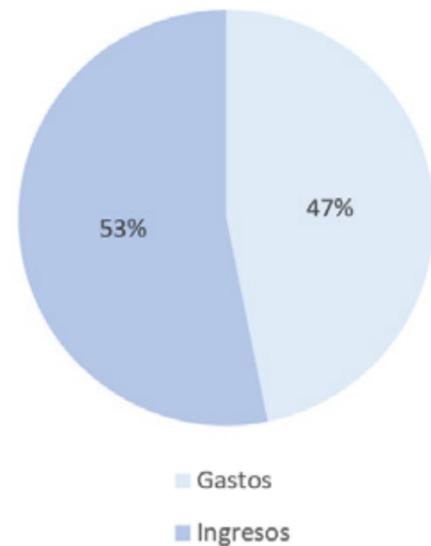
-Otros gastos de menor entidad como:

- 30ptas/mensuales del arrendamiento de la sede en Benidorm y 94ptas/anuales por la inserción de anuncios y pregones en el “Boletín Oficial” y “Diario de Alicante”.

Otros gastos venían a cuenta de limpiezas extraordinarias del cauce para facilitar el llenado de cisternas, con costes registrados de 54 ptas para el pago de jornales invertidos.

Lo que podría resultar en unas 22.197 ptas al año en gastos.

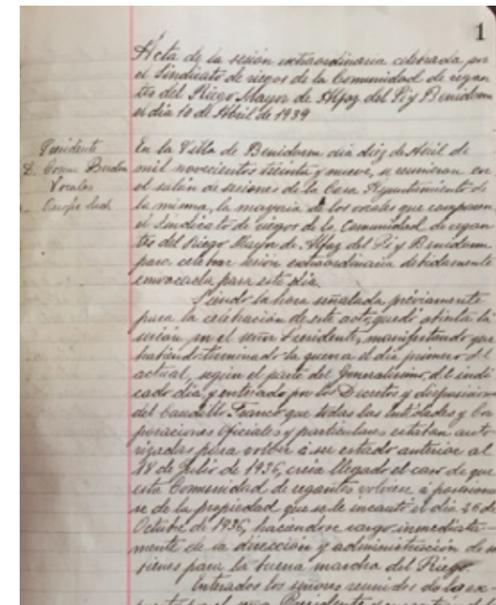
De este modo el margen presupuestario del que disponía la Comunidad era muy escueto cuando se sucedían de manera frecuente gastos derivados de las reparaciones y obras que requería la infraestructura principal del Riego. Se tornaba complicada también la situación con la morosidad de algunos propietarios de agua a la que se enfrentaron tanto gobierno de la Comunidad de Regantes como su



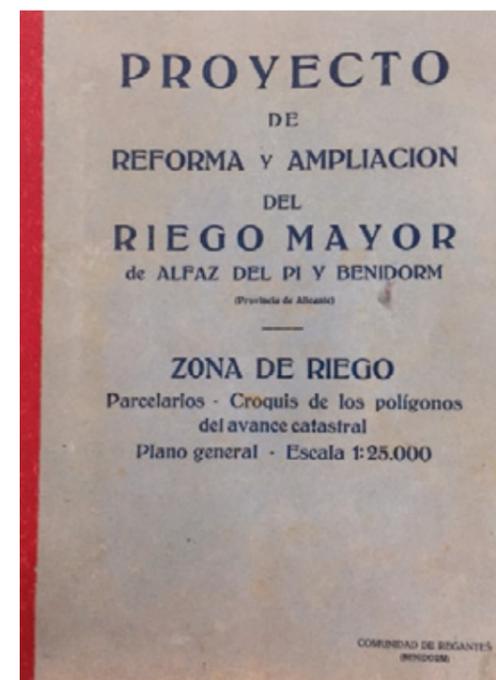
▲ Imagen 2.23. Gráfico de ingresos y gastos de la Comunidad de Regantes de l'Alfàs del Pí y Benidorm en las décadas de los años 20 y 30 del siglo pasado. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de (Olcina & Rico, 2016)



▲ Imagen 2.24. Albarán que, previamente, los regantes entregaban a los acequeros, para acreditar su derecho al riego durante determinado tiempo en el turno o martava correspondiente. Fuente: Olcina & Rico, 2016, p. 177



▲ Imagen 2.25. Acta de la primera reunión de la Comunidad de Regantes al término del conflicto nacional, 10 de abril de 1939. Fuente: Olcina & Rico, 2016, p.402-403



▲ Imagen 2.26. Proyecto de reforma y ampliación del Riego Mayor de Alfaz del Pí y Benidorm redactado por la empresa catalana Butsenes y Cia. Fuente: Olcina & Rico, 2016, p.209

Sindicato. (Olcina & Rico, 2016, pag.207)

Los eventos políticos, sociales y administrativos que ocurrieron tras el estallido de la Guerra Civil en julio de 1936 tuvieron importantes repercusiones en la organización del Riego Mayor. En primer lugar, fue incautado por un Consejo de Intervención que, orgenó su traslado a Alfaz del Pí e impuso unas nuevas ordenanzas de riego. (Acta de 29 de octubre de 1936. Sindicato)

La modificación de las ordenanzas fue radical. Las nuevas ordenanzas se organizaban en 8 puntos que dotaban de amplios poderes al Consejo de Administración.

Durante el periodo de la Guerra Civil sólo figuran en el Libro de Actas dos reuniones: la primera es la mencionada anteriormente y el siguiente Acta celebrada en Alfaz, se trataron aspectos económicos como el precio de venta del agua y el destino de la recaudación.

Concluido el conflicto interno del país, el 1 de abril de 1939, el Sindicato recobraría el control del Riego Mayor (“Acta de la sesión extraordinaria celebrada por el Sindicato de riegos de la Comunidad de regantes del Riego Mayor de Alfaz del Pí y Benidorm el día 10 de abril de 1939”)

### Del proyecto de reforma y ampliación del riego mayor de Alfaz del Pí y Benidorm (1933), al Canal Bajo de Algar (1945)

Al finalizar la Guerra Civil, el precario estado en que se encontraba el cauce principal fue uno de los problemas fundamentales del Riego Mayor. A esto, se añadían las dificultades económicas devenidas de la postguerra y la merma de recursos que se extraían de los manantiales del Barranco de Polop, dando lugar a conflictos con Polop y La Nucía por el aprovechamiento de estos o la apertura de pozos.

La intensa y prolongada sequía de 1933-1945, en la que los caudales alcanzaban como mucho unos 30 l/s (de los cuales 15l/s eran comprado al Riego Mayor de Polop), unida a la grave situación de filtraciones y elevadas pérdidas de agua en el cauce principal, propició que durante esos años la superficie regada no llegase a alcanzar los términos de Alfaz y Benidorm, quedando de esta forma activo sólo el riego en La Nucía.

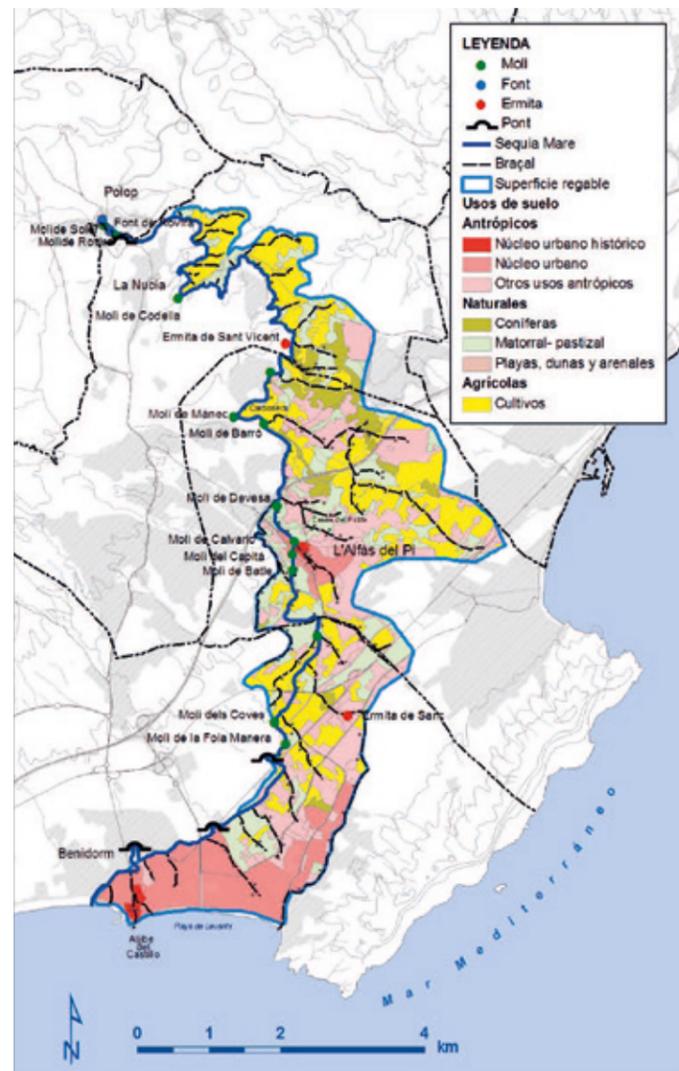
La falta de financiación para las obras de reforma llevaría a la petición de ayuda tramitada a través de la Confederación Hidrográfica del Júcar y obligaría a la solicitud de un

préstamo al Banco Español de Crédito. No sería hasta mediados de los años 40 con la conclusión de las obras de revestimiento del cauce, que se reanuda el riego.

La escasez de agua en la zona era un problema recurrente que preocupaba a diversas instituciones, por lo que se buscaban soluciones o ideas alternativas para hacer llegar el agua a esas tierras.

La idea de construir un nuevo canal de riego alimentado por los ríos Guadalest y Algar ya había sido planteada a finales del siglo XIX y prevista en grandes planes de riego como el “Plan General de Canales de Riego y Pantanos” (1902) y el “Plan Nacional de Obras hidráulicas” (1933). Sin embargo, no fue hasta el “Plan General de Riegos de la Provincia de Alicante” (1940) que se plantearía y decidiría ejecutar el proyecto del Canal Bajo de Algar.

La zona que hasta el momento era regada por la Séquia Mare en los términos de Alfaz y Benidorm, quedaba inscrita dentro de la zona de actuación del nuevo Riego. Además, el Canal Bajo del Algar, tenía la ventaja de suministrar mayor cantidad de agua y mayor garantía de suministro por contar con los recursos que ofrecía la cuenca del Algar-Guadalest.



◀ Imagen 2.27. La Séquia Mare ha quedado reducida al término de La Nucia, dominando una superficie regable de 138 ha, frente a las 1.200 ha de mediados del siglo XX. En los municipios de Alfaz del Pí y Benidorm la extraordinaria expansión del suelo urbano se ha producido principalmente a expensas del regadío, con sustitución del Riego Mayor por el Canal Bajo del Algar (Cartografía digital elaborada por Estela García a partir del mapa original de Francisco Amillo). Fuente: Olcina & Rico, 2016, p.296

▼ Imagen 2.28. Ámbito de extensión del regadío del Canal Bajo del Algar. Fuente: Elaboración propia a partir de documento publicado por Francisco Amillo Alegre, *El Canal Bajo del Algar*, 16 de febrero de 2013. www.histobenidorm.blogspot.com



▲ Imagen 2.29. Trazado actual del Canal Bajo del Algar. Autor Rafael Ferrando. Fuente: Francisco Amillo Alegre, *El Canal Bajo del Algar*, 16 de febrero de 2013. www.histobenidorm.blogspot.com



▲ Imagen 2.30. El Canal Bajo del Algar fue sustituyendo progresivamente a la Séquia Mare en las áreas de uso de Alfaz del Pí y Benidorm, incluyendo el llene de cisternas en algunas zonas y el transporte de agua potable a la ciudad de Benidorm. Fuente: Olcina & Rico, 2016, p.271



El contexto de incertidumbre y escasa garantía de suministro de agua en los municipios de Alfaz del Pí y Benidorm impulsó que, en 1945, se constituyese la Comunidad de Regantes del Canal Bajo de Algar, donde la mayor parte de propietarios de agua era de dichas tierras.

A lo largo de los años 50, en el Rec Mayor se realizaron diversas obras para la conservación y mejora del trazado, siempre enfocadas en la acequia principal, de modo que en los brazales aún existían problemas de filtraciones y pérdidas de agua. Esta situación generaba continuas disputas entre propietarios y Sindicato debido a los gastos que implicaban la conservación, monda y limpieza.

Entre la década de los 50 y los 60, se sucedieron varios intentos por la modificación de la organización del riego en cuanto a la forma de realizar los turnos de riego o plazos en los cobros del derecho de agua (Olcina & Rico, 2016).

Finalmente, con el crecimiento demográfico y territorial de las villas de Alfaz del Pí y más concretamente Benidorm, unido a la llegada del boom turístico a mediados de los años 60, se produjo una fuerte crecida en la demanda de agua. La red de la Séquia Mare se tornó insuficiente para el abastecimiento de estos municipios y el Canal del Bajo Algar fue cobrando protagonismo hasta dejar eclipsado a su antecesor.

A pesar de lo que pueda pensarse, ambas comunidades de regantes, mantienen una cooperación patente desde su creación en 1945, cuando el Canal Bajo del Algar, compartía sede social en Benidorm con el Riego Mayor, hasta 1995, cuando ésta se trasladó a la Nucia.

Sabemos que el fin de ambas entidades siempre ha sido procurar el abastecimiento a la población del ansiado recurso del agua, ya fuese para uso doméstico o agrario. Por consiguiente, la gestión, posesión y control del agua es un tema que cobra un sentido trascendental en el caso que nos ocupa.

◀ Imagen 2.31. La conducción del agua potable de Alfaz del Pí estuvo operativa hasta la intensa sequía de 1993-1995. La tubería cruza por encima de la Séquia Mare a su entrada en el cubo del Molino de Soler (Imagen facilitada por D. José Manuel Devesa). Fuente: Olcina & Rico, 2016, p.236

**Propiedad del agua**

Desde la creación del Rec Nou hasta la actualidad se dan tres situaciones respecto al dominio del agua:

\*Desde su origen hasta la aprobación del nuevo reglamento según la Real Orden de 18 de agosto de 1847

El agua conserva de manera formal y legal, la vinculación con la tierra, asignando su uso y servidumbre a las heredades. Los regantes tenían dominio pleno sobre heredades, medias heredades y tercio de heredades y éstas se dotaban respectivamente de una dotación medida en hilo, medio hilo y tercio de hilo (Hilo = 2 horas de disfrute del caudal en cada tanda de 15 días)

A cambio, los regantes pagaban una pensión anual al dueño o señor territorial de la baronía con la limitación de no poder dividir la finca sin el consentimiento del propietario. La venta y compraventa de pertenencias de agua se realizaba mediante transacciones privadas.

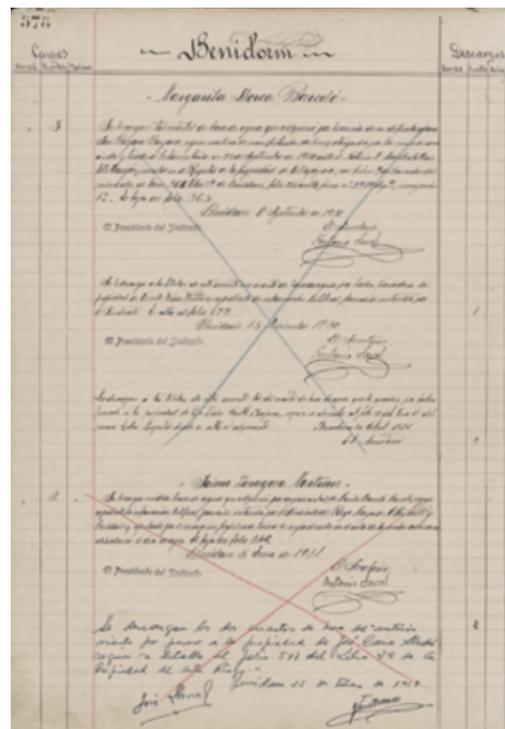
\*Con la llegada de la Real Orden de 18 de agosto de 1847, se estableció la separación completa de las propiedades de agua y tierra. Se establecía de forma ficticia, precisa y explícita el dominio directo sobre el riego, como bien dictaba su art. 1º: “La acequia principal, con sus brazales, y las aguas del riego mayor del Alfaz, son propiedad del dueño de las baronías de Polop y Benidorm, y de sus herederos o legítimos sucesores”

En este reglamento desaparece toda referencia explícita al hilo como unidad de pertenencia del agua. Este desuso unido al mencionado proceso de fragmentación y disociación en las propiedades de agua y tierra propició que se generalizase el empleo de horas, cuartos y medios cuartos como porciones de dominio de agua.

En el art. 14 se disponía que se llevase un control de la titularidad y transmisiones del dominio útil del agua. Para ello se utilizarían dos libros de registro, uno a cargo de los administradores de los marqueses y otro del Sindicato del Riego Mayor, donde en el caso de discordancia prevalecía el primero. De este modo, la compraventa de pertenencias de agua empezó a inscribirse notarialmente en las Contadurías de Hipotecas (en Villajoyosa las de Benidorm y en Callosa d’En Sarrià las de Alfaz, La Nucía y Polop) y posteriormente de forma más rigurosa y precisa en los respectivos Registros de la Propiedad.

\*Tras la compra en 1912 del Molino de Rovira en Polop y del dominio directo del Riego de Alfaz y Benidorm a los herederos de Don Bernabé Morcillo de La Cuesta, el Sindicato y por tanto los regantes consolidaron el control sobre sus derechos de agua, restableciendo su dominio pleno sobre las parcelas o las porciones de agua.

▼ Imagen 2.32. Carátula de la escritura de compraventa del Molino de Rovira (Polop), dominio directo del Riego Mayor de Alfaz e infraestructura hidráulica del mismo, autorizada el 12 de septiembre de 1912. por el Notario del Ilustre Colegio de Valencia, con residencia en Benidorm, Don Lamberto Castells Torrejón, y otorgada por los sucesores de Don Bernabé Morcillo de la Cuesta a favor del Sindicato del Riego Mayor de Alfaz, representado or su director Don Vicente Llorca Castells.



▲ Imagen 2.33. El libro-registro del Riego Mayor de Alfaz (arts. 14 y 15 de la Real Orden de 18 de agosto de 1847) ha funcionado, desde entonces, como una Giradora o Capatré de bens, para control de los cambios en la titularidad de las porciones de agua Fuente: Olcina & Rico, 2016, p.133

El Riego Mayor contaba con 318 titulares propietarios de un total de 374 horas, 2 cuartos y medio cuarto de hora de agua en propiedad.

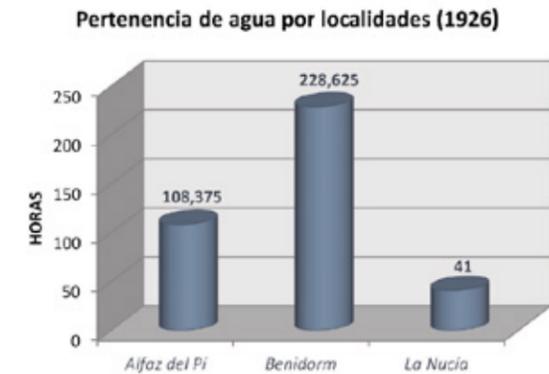
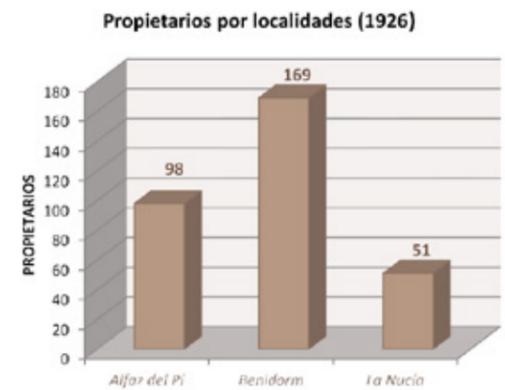
El reparto de propiedad quedaba de la siguiente manera:

- Benidorm = 169 propietarios (53%)  
230 horas (60% de la propiedad del agua)
- Alfaz del Pí = 98 propietarios (31%)  
160 horas agua (28%)
- La Nucía = 51 propietarios (16%)  
38 horas agua (10,2%)

Aunque con el paso del tiempo propietarios y pertenencias del agua fueron variando, sobre todo en Benidorm y La Nucía, mientras que en Alfaz más o menos se mantuvo. (Olcina & Rico, 2016, p. 147).

La propiedad y el negocio del agua eran comunes en otros grandes sistemas de riego deficitario del sureste, como en la Huerta de Alicante, Elche o Lorca, donde los derechos sobre los caudales de sus respectivos ríos y ramblas proporcionaban ingresos seguros. Sin embargo, en el Riego Mayor, el agua no se consideraba una inversión financiera.

Aunque era valiosa, su principal propósito era el riego de parcelas agrícolas y huertos, así como el abastecimiento de agua potable en Alfaz del Pí y Benidorm. Tanto es, que el Sindicato consideró prohibir estas prácticas de negocio del agua o, alternativamente, depositar las cantidades restantes, después de deducir las comisiones correspondientes, en un fondo común para ayudar a cubrir el canon anual de explotación y mantenimiento de la infraestructura que los regantes debían pagar.



▲ Imagen 2.34. Gráficos propietarios y pertenencias de agua por localidades. Sindicato delRiego Mayor de Alfaz del Pí y Bendorm. Archivo del Canal Bajo del Algar. Fuente: Olcina & Rico, 2016, p.144

Además, las concentraciones de derechos de agua en las Baronías eran más territoriales que personales, al contrario de lo que ocurría en la Huerta de Alicante, el regadío ilicitano y la vega de Lorca, donde era común que la nobleza y más tarde el clero, se apropiaran de porciones de agua.

En el caso de Lorca, la propia ciudad ocupaba el primer lugar entre los propietarios de agua continua del río Guadalentín. Los derechos de agua en estas zonas adquirieron un papel importante en las herencias destinadas a obras benéficas y caritativas.

A día de hoy, han transcurrido más de 350 años y aún puede contemplarse el funcionamiento del *Rec Major*. El histórico riego sigue vivo, con su sede y archivo en la Nucía. En los municipios de Polop, Benidorm y Alfaz perdura el legado patrimonial, siendo en el último donde mayor tramo del Riego se conserva.

Hasta mediados de los años setenta del siglo pasado, Benidorm era el municipio que mayor concentración de porciones o derechos de agua tenía. Muy ligado al riego, no era de sorprender que los presidentes del Sindicato fuesen benidormíes. No obstante, como señalamos anteriormente, el crecimiento de la villa y la llegada del boom turístico, hizo que la demanda de agua creciese y la red de la *Séquia Mare* resultaba insuficiente, terminando integrada en la del Canal Bajo del Algar, de manera que se modificaron, sustituyeron o eliminaron gran parte de los elementos originales del Riego Mayor.



▲ Imagen 2.35. A partir de 1950 se inició el cambio hacia la economía turística. Sello sin valor postal emitido por la Asociación Gabriel Miró de Benidorm. Se apegaba junto con el franqueo oficial con el fin de que la imagen y el nombre de Benidorm se extendieran por todo el mundo. Fuente: Beatriu Fajardo de Mendoza i la carta de poblament de Benidorm de 1666. Revista d'investigació i assaig de la Marina Baixa. Sarrià, p 96-102. Francisco Amillo Alegre.

◀ Imagen 2.36. Diversos brazales de la *Séquia Mare* quedaron integrados en el callejero de Benidorm para suministrar agua a las cisternas de las casas, al menos hasta la década de los años sesenta. En la imagen, el brazal del Calvario, a la derecha, descendiendo hacia el centro de la ciudad por la calle Tomás Ortuño. Foto facilitada por D<sup>a</sup> Antonia Rostoll Cano. Galería Delfos. Fuente: Olcina & Rico, 2016, p.231

## 2.3 EL REGADÍO TRADICIONAL VALENCIANO ELEMENTOS Y TIPOLOGÍAS

Hablar de regadío en general, es hablar de la infraestructura hidráulica de transporte y, por tanto, de la acequia, su red de derivaciones y el resto de las obras auxiliares necesarias. (Hermosilla & Peña, 2013)

### La acequia

Se considera el elemento principal para el transporte del agua, ya que permite su conducción y articula su distribución para su posterior acumulación y uso.

La cultura del agua ha generado a lo largo de los siglos un vocabulario propio, muchos de los términos proceden del árabe debido al legado e infraestructuras que los musulmanes dejaron en la península ibérica.

La “acequia” o “séquia”, cuya procedencia viene del vocablo árabe “alsāqiyā”, se utiliza para designar a cualquier canal o conducto al aire libre utilizado en los sistemas hidráulicos para el transporte y reparto de los caudales por gravedad, desde la captación del agua hasta el lugar de destino.

▼ Imagen 2.37. *Séquia Mare* a su paso por el acueducto de Soler en el término de Alfaz del Pi. Fuente: Archivo CFC 2003.



Originalmente, la red de acequias se construía con tierra, piedra labrada o una base de piedras o ripios unidos con mortero, a lo que se aplicaba un determinado tipo de cobertura para evitar pérdidas por filtración.

Posteriormente, a principios del siglo XX, surgen los primeros proyectos de remodelación y revestimiento con la incorporación fundamental del cemento, y se comienzan a recubrir las capas de impermeabilización primigenias, facturadas con cal hidráulica y fragmentos de material cerámico cocido.

La **tipología de la acequia** guarda una estrecha relación con la escala de los sistemas de riego y superficie regada, así como, con la geomorfología del espacio irrigado, o con el tipo de producción agrícola del lugar donde se instala.

\*Escala y superficie regada:  
grandes sistemas-megaescala (>20.000 ha) y macroescala (5.000-20.000 ha)  
sistemas medios-escala intermedia (1.500-5.000 ha) y mesoescala (250-1.500 ha)  
y sistemas menores-pequeña escala (250-50 ha) y microescala (>50 ha)

\*Geomorfología del espacio irrigado  
(llano de inundación, delta, valle, cubeta, planicie, páramo, rambla o fondo de barranco)

\*Producción  
litoral hortofrutícola comercial, cultivos de marjal-marjalería, litoral mixto, transición litoral-interior, interior arbóreo, ruedos hortícolas de autoabastecimiento, etc



▲ Imagen 2.38. Labores de limpieza en un tramo original de la Acequia del Rey (Villena), publicación diciembre de 2018. Fuente: Portada.info de Villena, Biar, La Camyada, Camp de Mirra i Benixama.



▲ Imagen 2.39. Sistema de distribución del agua. Fuente: Palazón, 2016

En general, se distinguen entre acequias principales y acequias derivadas de las primeras:

Las acequias principales reciben el nombre de “séquia”, “séquia mare” o “séquia major” (acequia, acequia madre o acequia mayor), y son aquellas que facilitan la circulación del agua de inicio a fin, constituyendo el eje vertebrador del sistema.

Las acequias derivadas de la acequia madre reciben diferente nombre en función de la comarca, su tipología toma-caudal o del sistema.

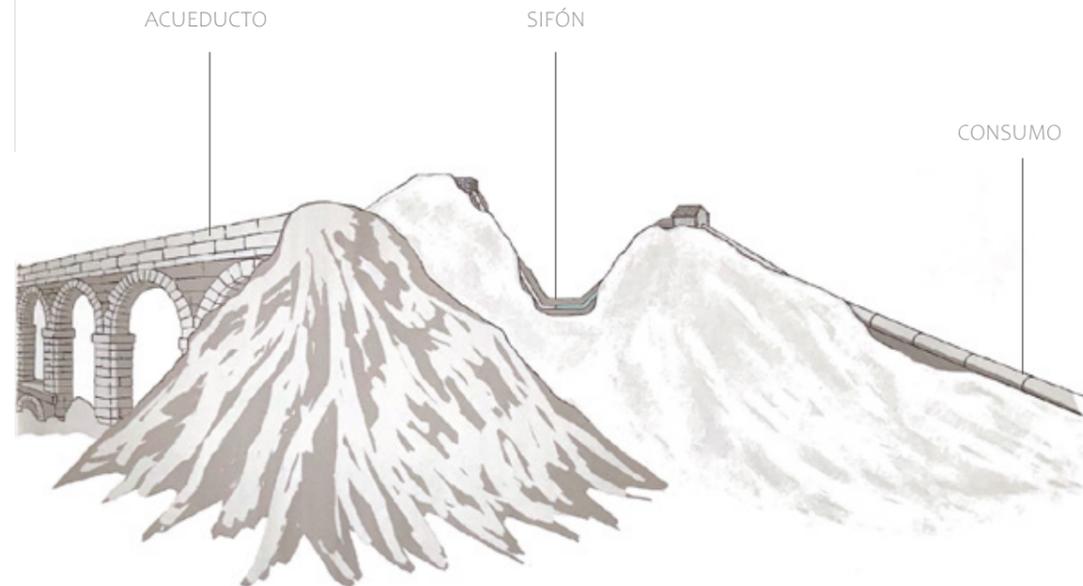
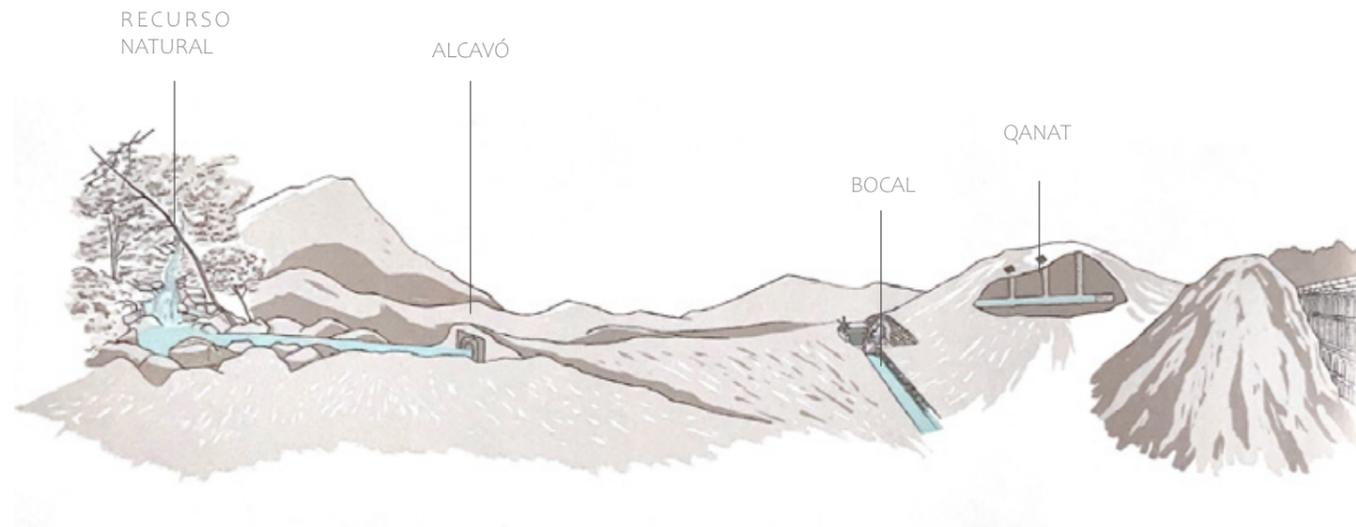
**Nomenclatura territorial**

En la mayor parte del territorio valenciano, ya sea interior o del litoral, estas acequias de segundo nivel son conocidas como “brazales”/”braçals”, aunque un “braçal” también puede ser un “roll” en la Vega de Valencia o Camp de Túria; “fila” en Baix Millars o “fil” en la zona de La Safor.

Con una designación u otra, los brazales se distribuyen desde la acequia principal hacia el perímetro regable en grandes áreas o partidas.

Puede darse el caso, de que exista un tercer nivel que parte del segundo para riegos menores destinados a fincas, heredades o propiedades particulares. En este caso estaríamos hablando de un “ramal, regadora o reguer”.

▼ Imagen 2.40. Conjunto de elementos de la estructura hidráulica. Fuente: Arciniega, 2019



A lo largo del recorrido del sistema hidráulico y localizado en determinados puntos como en el azud, primer y último tramo o en puntos vinculados a accidentes geográficos, puede aparecer un “derramador o aliviadero”, conocido también como “desaguador”, “sobreeixidor”. El aliviadero consiste en un elemento de vertido del excedente a otras acequias o a la red hidrográfica.

Si funciona como una apertura con compuerta ubicada en puntos estratégicos como paso de barrancos o cercanías a ríos, se denomina “almenara” (procedente del árabe “al-manāhir”).

Los riegos en los espacios de humedal se organizan también mediante una jerarquía de acequias:

- Acequia principal de un gran espacio o conjunto de partidas: “sequiol, sequió o canal”
- Riego menor en escalera establecido parcela a parcela: “escala”
- Desagüe particular en cada campo ubicado en los lindes o laterales: “anguilera”
- Canal de drenaje de los riegos sobrantes o emanaciones del entorno que recoge a su paso: “escorrentía”, “escorredor” o “assarb”.

En los medios más abruptos, donde se hace necesario salvar ciertos desniveles u obstáculos y mantener la nivelación y prolongación de la acequia, destacan los “acueductos”, “sifones” y “minas de conducción”.

De las tres obras arquitectónicas, la más destacada por su espectacularidad es el acueducto o “agüeducte”. Aunque etimológicamente se refiere a una conducción de agua similar a una acequia, coloquialmente describe una estructura con arcos y pilares que permite superar obstáculos como barrancos o ríos. En este trabajo, el término se utilizará según la definición establecida en el capítulo 1.

En la Comunidad Valenciana al acueducto también se le conoce como “arco/arc” y “arcs o arcades”, en función de si la construcción cuenta con un único arco o si dispone de varios arcos respectivamente.

Los arcos pueden variar de estilo, ya sea de medio punto, apuntado, carpanel, escarzado u ojival, todos con sus respectivos pilares o apoyos, normalmente facturados con mampostería ordinaria o careada.



▲ Imagen 2.41. Labores de limpieza en un tramo original de la Acequia del Rey (Villena), publicación diciembre de 2018. Fuente: Portada.info de Villena, Biar, La Camyada, Camp de Mirra i Benixama.



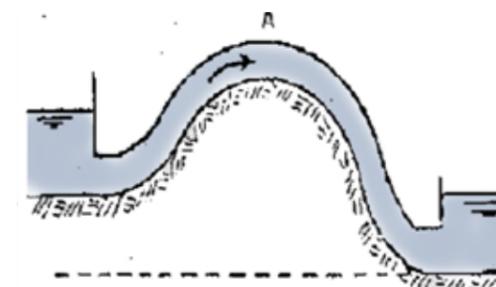
▲ Imagen 2.42. Labores de limpieza en un tramo original de la Acequia del Rey (Villena), publicación diciembre de 2018. Fuente: Portada.info de Villena, Biar, La Camyada, Camp de Mirra i Benixama.



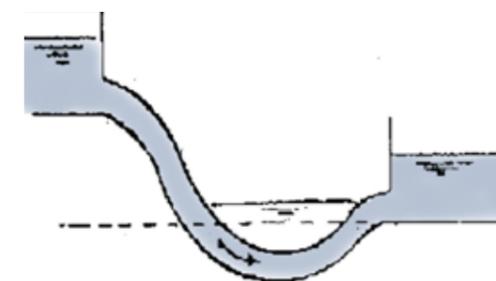
▲ Imagen 2.46. Els Arcs d'Estivella. Daniel Tortajada. Fuente: Prensa online. Levante, 25 de marzo de 2021



▲ Imagen 2.44. Les Arcadetes d'Alboi. Óscar Calvé. Fuente: Prensa online. Las Provincias, 15 abril 2019



▲ Imagen 2.45. Esquema de funcionamiento de un sifón normal. Fuente: Elaboración propia.



▲ Imagen 2.46. Esquema de funcionamiento de un sifón invertido. Fuente: Elaboración propia.

Ejemplos de éstos podemos encontrarlos tanto en las inmediaciones costeras: por ejemplo, las obras medievales de els Arcs de Manises (Horta de Valencia), els Arcs d'Estivella (Camp de Morvedre) o els Arquets de Baix (Torrent); como en el interior valenciano: les Arcadetes d'Alboi (Genovés), el Arquillo del convento (Chelva), les Arcades de la Torre d'En Lloris (Xàtiva) o Los Arcos de Bejís.

En zonas del medio rural como el Rincón de Ademuz, se conoce como “canal”, siendo originalmente construcciones rústicas, en las que, de manera artesanal se utilizaba la sección vaciada de un tronco (normalmente sabelo) el cual permitía el discurrir del agua. Posteriormente han ido siendo sustituidos por canales metálicos que permiten mayor movilidad o versatilidad por las reiteradas crecidas, como puede observarse en algunos casos del tramo alto del río Turia.

El “sifón/sifó” es otro medio de conducción del agua en el que, a diferencia del acueducto, su sección apoya directamente en las laderas de la depresión, siguiendo el perfil del terreno.

Según su funcionamiento se distingue entre:

#### a) Sifón (normal)

Conduce el agua pasando sobre el obstáculo y su funcionamiento se debe a la presión atmosférica que actúa en la superficie del agua a la entrada. Para que funcione, la entrada del sifón debe estar siempre ahogada y en el interior del conducto hay que producir el vacío; de este modo, la diferencia de presión entre la entrada (presión atmosférica) y el interior del conducto (presión cero o próxima a cero), hace que el agua fluya en sentido ascendente hacia la cresta de esta “U” invertida; el agua cae por gravedad hacia la rama derecha generando de nuevo un vacío en la cresta que hace que el flujo de agua sea continuo mientras no se introduzca aire en el conducto.

Un ejemplo muy común de este tipo es el que se emplea para riego en agricultura, sobre todo en América, donde el riego por sifón es muy común.

#### b) Sifón invertido

Es llamado así por su ubicación respecto al anterior, ya que conduce el agua pasando bajo el obstáculo en forma de “U”, generalmente de manera subterránea.

En este caso su funcionamiento se basa en el principio de los vasos comunicantes, donde el agua fluye exclusivamente por acción de la gravedad, y sin que tenga que producirse vacío en el interior del conducto.

En el litoral valenciano aquellos de mayor envergadura, reciben el nombre de “canos”. Entre éstos destacan obras del medioevo dispuestas a lo largo de las comarcas de L’Horta, La Ribera alta o La Plana, como por ejemplo el Cano del Carraixet (Séquia Reial de Moncada) o el Cano de Guadassuar (Séquia Reial del Xúquer)

Por otra parte, aquellos sifones de menor tamaño que libran ciertos cauces de la Ribera Baixa se conocen como “andrones”. Un ejemplo de éstos es la Androna de la Séquia Major de Riola.

En el interior destacan los sifones de las antiguas vías mineras (actualmente vías verdes), como puede ser la Vía de Ojos Negros al paso por la comarca castellonense del Alto Palancia (Ojos Negros-Port de Sagunt).

En lo que respecta a la “mina” o como se conoce en tierras valencianas como “minat, alcavó, túnel, boquera o albelló”, se refiere a ciertos tramos de las acequias que van cubiertos a modo de galería subterránea horizontal excavada de manera artificial e insertados en ladera, taludes o cantiles. Se construyen en diversos materiales (arenisca, conglomerado aluvial, roquedo calizo, material arcillo-limoso, etc) y conducen el agua por gravedad. Aunque los hay de diversos tamaños, generalmente tienen un metro y medio por 60 cm (L’Enciclopèdia, informació lliure en valencià).

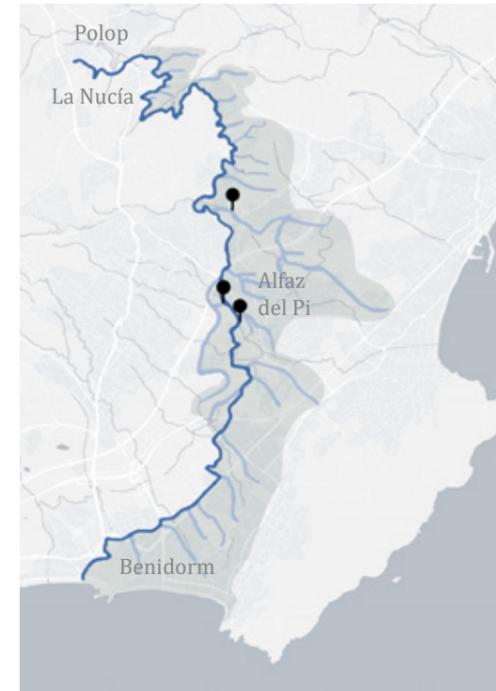
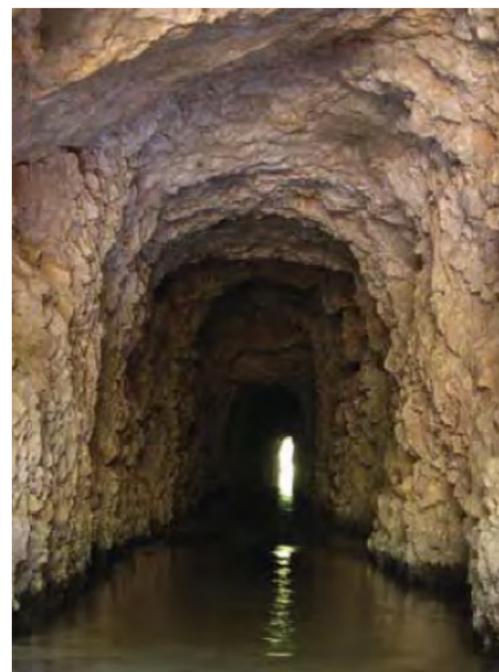
A diferencia del “qanat” se trata de una obra más sencilla, exclusivamente de transporte, que no conlleva un pozo madre, aunque sí que en ocasiones dispone pozos de aireación verticales o laterales; Funciona mediante dos bocas (entrada y salida) conectadas entre sí por la acequia. Las longitudes pueden ir desde escasos metros hasta los centenares de metros en el caso de grandes sistemas.

Algunos ejemplos de éstos pueden ser las mines de la Séquia Reial del Xúquer en los términos de Picassent y Silla (partidas del Mas del Reig y Albuador), les minetes de la Séquia Major d’Elx, o los alcavons de la Séquia Vella d’Ontinyent.

► Imagen 2.48. Alcavó de la Séquia Vella, Ontinyent (Valencia). Fuente: Hermosilla & Estela, 2011, p. 163.

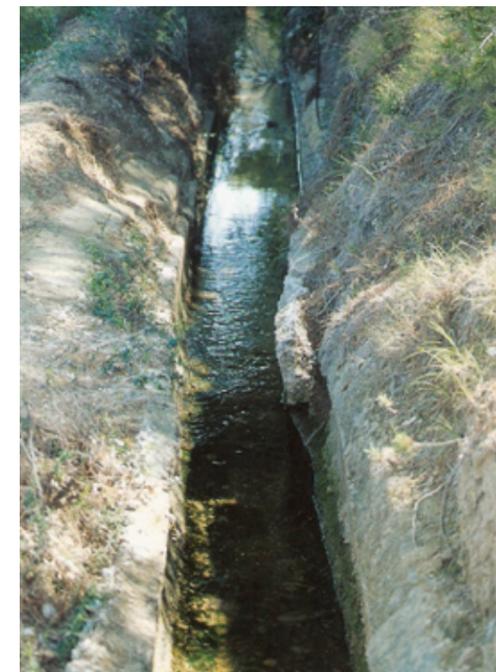


▲ Imagen 2.47. Cano de Guadassuar, Séquia Reial del Xúquer, Guadassuar (Valencia). Fuente: Hermosilla & Estela, 2011, p. 157.



▲ Imagen 2.49. Recorrido de la Séquia Mare del Riego Major de l’Alfàs del Pi i Benidorm (Alicante). Fuente: Elaboración propia a partir de planos existentes de CFC 2014.

▼ Imagen 2.50. Séquia Mare del Riego Major antes de la llegada al bocal 31. Fuente: Archivo CFC 2003.



## 2.1 RIEGO MAJOR DE L'ALFÀS DEL PÍ Y BENIDORM, INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

Las limitaciones geográficas y las condiciones históricas han ido dando lugar a un amplio abanico de sistemas y elementos relacionados con el agua y su uso. (Hermosilla & Monreal, 2011). La Sèquia Mare del riego Major de l’Alfàs del Pi y Benidorm supone tanto por su historia, como por su extensión y gestión, uno de los ejemplos más curiosos de sistemas hidráulicos vernáculos de la Marina Baixa (Frías, 2008)

Como se comentaba en el capítulo introductorio del presente estudio, la extensión del Rec Major abarcaba desde los manantiales de Polop hasta el municipio de Benidorm, con una extensión total de unos 19,05 km, pasando por los términos de La Nucía y l’Alfàs del Pi en Alicante.

Su estructura principal se compone de una acequia conocida como Séquia Mare, acompañada de una serie de brazales que distribuyen el agua hacia las distintas propiedades o destinos. A estos elementos se suman numerosos componentes adicionales (galerías, azudes, brazaletes, hijuelas, bocales, lavaderos, aljibes y molinos), los cuales permitían maximizar el aprovechamiento de unos recursos hídricos que siempre han sido limitados.

### INVENTARIO

**Acequia principal (séquia mare)**, caracterizada por su pobre construcción en el siglo XVII mayoritariamente con canales de tierra, donde sólo algunos tramos se construyeron con mampostería. Aunque con el paso de los años se iban reforzando con obra diversos tramos de esta acequia, a principios del pasado siglo casi todo el recorrido a su paso por Benidorm continuaba siendo de tierra. El deterioro de los morteros de cal aplicados provocó que en los años 40 se ejecutara un proyecto de revestimiento y reconstrucción de los canales. A partir de la década de los 70 se empezaría a reparar la acequia con secciones de hormigón prefabricado y, posteriormente, con tuberías de pvc.

**Brazales (braçals):** constituyen los tramos de acequia que conducen el agua desde la Séquia Mare a las zonas a irrigar. La actual Comunidad de Regantes es propietaria de los brazales, mientras que los brazaletes e hijuelas (derivados de éstos y de menor entidad) pertenecen a los propietarios de las tierras. En el término de l’Alfàs se han documentado un total ocho brazales.

**Bocales:** son tomas de agua que se hacían en un tramo de la acequia. De las 168 bocales que se contabilizaban en las ordenanzas de 1927, 65 pertenecen a l'Alfàs del Pi.

**Galerías (alcavons):** estos tramos de la acequia subterráneos contabilizaban según las ordenanzas de 1927 un total de 900 m repartidos en 24 galerías.

En los aproximadamente 6.300 m de extensión del riego a su paso por l'Alfàs del Pi, aún destacan infraestructuras de mayor entidad como molinos y acueductos.

**Molinos:** la instalación de molinos junto al cauce principal de la acequia permitía el aprovechamiento de la fuerza del agua, en su mayoría para moler trigo (molinos harineros), con la excepción del molino de l'Almarx en la Nucía, el cual también se empleaba para la producción de energía eléctrica.

En las Ordenanzas de 1927 se contabilizaban 9 molinos, donde 5 de ellos se localizaban en l'Alfàs. Faltaría añadir un sexto molino, el Molí de Rates, el cual no figuraba ya en las mencionadas Ordenanzas por hallarse ya en aquel momento en desuso. (FRÍAS CASTILLEJO, 2014)

Cabe destacar que los molinos harineros del Reg Major supusieron un motor importante en la economía de la zona hasta mediados del siglo pasado. Además, son testimonio de una cultura agraria y formas de vida actualmente desaparecidas, resultando interesantes desde el punto de vista patrimonial por conservar aún elementos principales como el cup y el cacau, que ayudan a la comprensión y funcionamiento de los mismos.

De norte a sur, los molinos hidráulicos del Reg Major en el término de l'Alfàs son Molí de Barró, Mà nec, Devesa, Calvari, Capità y Rates.

**Acueductos:** de estas estructuras construidas con el fin de salvar barrancos o grandes desniveles localizados en el recorrido del riego, las Ordenanzas del 27 citan 10 arcos, de los cuales 3 se encuentran en término de l'Alfàs. Estos tres acueductos suponen el objeto de estudio del presente trabajo.

Son de norte a sur el de Carbonera, els Arcs y Soler, destacando en magnitud y elementos que lo componen este último.



▲ Imagen 2.51. Alcavó situado en la partida del Captivador (La Nucía). Fuente: Frías, 2014.

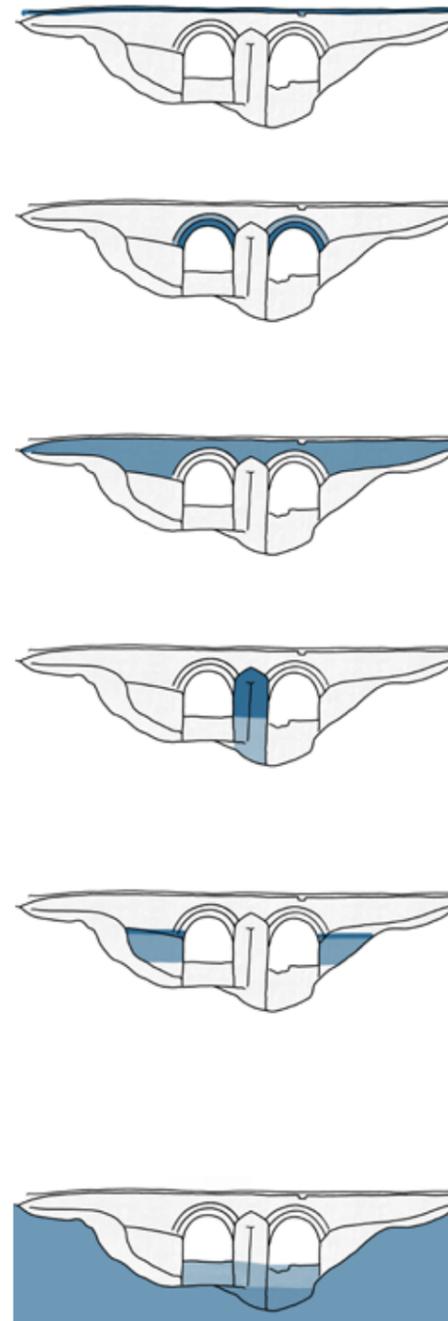


▲ Imagen 2.52. Molino Harinero. Fuente: Arciniega, 2019



▲ Imagen 2.53. Interior del Molí de Mà nec, recientemente restaurado. Se trata de un molino harinero ubicado en el barranco de Carbonera, perteneciente al municipio de l'Alfàs del Pi. Fuente: Excmo. Ayuntamiento de l'Alfàs del Pi.

▼ Imagen 2.54. Esquema de los distintos componentes de un acueducto. Fuente: Elaboración propia



## 2.4 EL ACUEDUCTO

El estudio se basará en el análisis de tres acueductos de fábrica de mampostería. En términos generales, un acueducto se compone de los siguientes elementos:

### Canal Superior o Acequia

No hay que olvidar que es el elemento principal por el que se ejecuta esta construcción. La acequia discurre por la parte superior de la estructura, salvando el accidente geográfico.

### Arco o Bóveda

Se trata del elemento resistente principal en puentes y acueductos. Tiene dos características generales: su comportamiento estructural depende de su forma y se compone de materiales que no son capaces de resistir tracciones, es decir, trabaja principalmente a compresión.

### El relleno y los tímpanos o muros de enjuta

Las paredes que retienen el relleno sobre el extradós del arco hasta el nivel de calzada se denominan paredes de enjuta o tímpanos.

### Pilas y tajamares

Se trata del elemento resistente principal en puentes y acueductos. Las pilas transmiten las cargas al terreno.

### Estribos

Son los elementos encargados de resistir por gravedad los empujes horizontales que provienen del arco. A pesar de que puedan presentar un buen acabado en obra de fábrica, justo porque trabajan por gravedad, lo normal era rellenarlos con un hormigón ciclópeo o un material poco trabajado.

El bloque en cada estribo sobre el que descansa la última dovela o ladrillo en el extremo del arco se denomina salmer

### Cimentación

Al igual que pasa con las bóvedas, las cimentaciones de los puentes arco de fábrica presentan un gran número de tipologías y materiales de construcción. Así, la cimentación puede ser superficial, profunda, sobre roca, sobre emparillado de madera y cama de grava, etc.



▲ Imagen 2.55. Esquema del recorrido de la Sèquia Mare del Reg Major de l'Alfàs del Pí i Benidorm. Se ubican los acueductos objeto de estudio y el resto de estructuras que emergieron junto al riego.  
Fuente: Elaboración propia a partir de planos existentes de Olcina & Rico, 2016, y CFC 2014.

## LEVANTAMIENTO GRÁFICO

# 3

### 3.1 EL LEVANTAMIENTO GRÁFICO, PLANIFICACIÓN Y METODOLOGÍA

Para la elaboración del levantamiento gráfico y toma de datos, tal y como se ha expresado en el apartado 1.3. Metodología del presente documento, se ha llevado a cabo una labor conjunta entre trabajo de campo y de gabinete.

El **objetivo principal** ha sido la obtención de material fotográfico actualizado (el cual era antiguo y escaso) y de material gráfico planimétrico, tanto 2D como 3D, el cual era inexistente y hacía imposible el correcto análisis de las diferentes infraestructuras objeto de este estudio. Otro de los objetivos ha sido el poder plantear respuestas de intervención y conservación sobre estos bienes, a través de su análisis histórico, constructivo y patológico.

El instrumental utilizado para el levantamiento gráfico se ha basado en herramientas actualmente convencionales, con el apoyo eso sí, de drones, elementos que permiten la captación de visiones aéreas y de difícil acceso (Almagro & Orihuela, 2015).

Se ha hecho uso de software para el procesamiento fotogramétrico de imágenes digitales y generación de datos espaciales en 3D, como Agisoft Metashape.

El resto de material gráfico y planimetría 2D se ha obtenido a partir de bocetos, dibujos y esbozos, y se ha recurrido a herramientas de Autodesk como Autocad y de Adobe, como Photoshop, Illustrator e Indesign (Amado, 1996).



▲ Imagen 3.2. Toma de datos. Acueducto de Carbonera. Fuente: Archivo propio 23'



▲ Imagen 3.3. Barrido fotográfico con vuelo dron. Acueducto de Carbonera. Fuente: Archivo propio 23'



▲ Imagen 3.4. Captura de pantalla de modelo 3D y nube de puntos del acueducto de Carbonera en la interfaz de Agisoft Metashape. Fuente: Elaboración propia.

Las **principales limitaciones** con las que se ha contado para la realización de dicho levantamiento han sido:

- **La accesibilidad al entorno próximo**

En los entornos de los tres acueductos en mayor o menor medida ha proliferado de forma incontrolada la vegetación, obstaculizando la aproximación a estas estructuras y la consiguiente toma de datos.

De manera pormenorizada las dificultades de aproximación a cada elemento se han distinguido por las siguientes circunstancias:

Acueducto de Carbonera: la vegetación tenía literalmente enterrada la estructura (apenas se distinguía su parte superior). A esto, hay que añadir la dificultad de acceso, pues ha quedado englobado de parcelas privadas de particulares, teniendo que solicitar permisos para poder acceder.

Acueducto de els Arcs: siendo el más pequeño, curiosamente es el que mejor accesibilidad tenía. A pesar de existir abundante vegetación en su base, parece ser camino de paso para senderistas, lo que podría haber evitado la tremenda invasión vegetal que observamos en las otras dos estructuras.

Acueducto de Soler: en éste, la vegetación superaba la altura del propio acueducto. Su ubicación en el Barranc Hondo, también dificultaba el acceso al mismo, pues en los lindes hay desprendimiento de tierras y el lavado del agua a lo largo de los siglos había dejado al descubierto la cimentación de la estructura, de modo que había varios metros de bajada para acceder a su base y poder realizar tomas de datos. Sin duda este fue un auténtico reto para la redactora del estudio.

Para permitir los trabajos se contó con la colaboración del Ayuntamiento de l'Alfàs del Pi, quien solicitó los pertinentes permisos a la Confederación Hidrográfica del Júcar y realizó labores de limpieza y monda en las proximidades que facilitaron el acceso.

► **Imagen 3.6.** Acueducto de Els Arcs. Febrero de 2023  
Fuente: Archivo propio 23'



▲ **Imagen 3.5.** Acueducto de Carbonera completamente invadido por la vegetación. Febrero de 2023 . Fuente: Archivo propio 23'



▲ **Imagen 3.7.** Acueducto de Soler en Febrero de 2023. El acceso era muy complicado debido a la vegetación y los desprendimiento del terreno. Fuente: Archivo propio 23'



▲ **Imagen 3.8.** Acueducto de Soler. Vista aérea desde vuelo programado con dron. Visita junio de 2023. Fuente: Archivo propio 23'

- **La meteorología**

Para cuando se resolvían los problemas de accesibilidad, la meteorología dificultaba la labor de toma de datos. Como anécdota rescataremos que pasada la época de lluvias (no tan recurrente en la zona), ya se valoraba el uso de antimosquitos, que debido a la ubicación, entorno y clima, de poco serviría.

- **El presupuesto**

El presupuesto con el que se cuenta en un estudio de estas características es muy limitado a no ser que se cuente con algún tipo de financiación o interés por parte de las instituciones para realizarlo. Afortunadamente, el área de patrimonio del Ayuntamiento de l'Alfàs del Pi, tiene interés por la puesta en valor de estas estructuras y está luchando por conseguir financiación para llevar a cabo las reparaciones e intervenciones necesarias. El mismo ha ofrecido facilidades para la realización del trabajo, como documentación de interés y aporte de los trabajos de limpieza y monda de las zonas a estudiar. A pesar de contar con un presupuesto reducido (el propio del bolsillo de la redactora), se ha dispuesto de material suficiente y apoyo de amigos y familiares.

### 3.2 INSTRUMENTAL PARA EL LEVANTAMIENTO

Los vuelos programados se han realizado con el dron modelo DJI Mini 3 pro. Se trata de un componente con un peso inferior a 250 gr y más permisivo con la ley que otros. Su reducido tamaño ha sido un factor importante a la hora de trabajar en el entorno de las estructuras de estudio. Permite mucha más movilidad que otros modelos de mayor tamaño, pudiendo conseguir planos cercanos o inmiscuirse en los recovecos de los elementos obteniendo la mayor información posible.



▲ **Imagen 3.9.** Modelo dron DJI Mini 3 pro. Fuente: Casa comercial. [www.dji.com](http://www.dji.com)

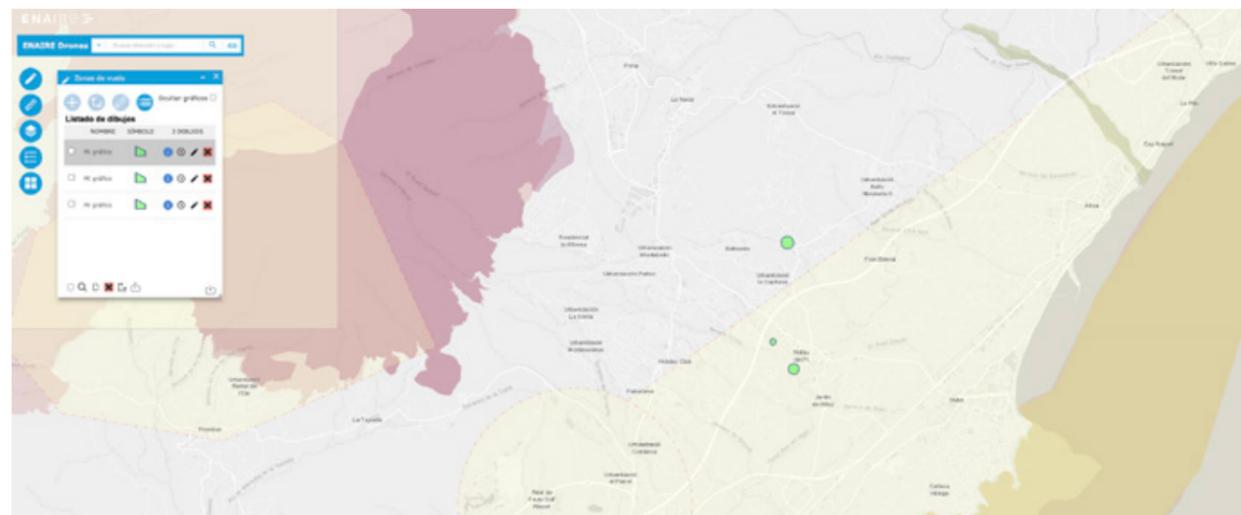
La captura de imágenes se hace a 48 MP en formato 4:3 o 16:9. Permite grabar videos con una resolución máxima de 4K 60fps con formatos MP4 o MOV, con codificación elegible entre H.264 y H.265.

Los perfiles de color que permite usar son Normal o D-Cinelike y la ISO, Exposición, etc, también puede configurarse de forma manual (como en cualquier otra cámara).

Es conveniente tener en cuenta la duración media de los vuelos y el parte meteorológico para una toma de datos correcta y sin incidentes. En este modelo la duración media de la batería rondaba los 20-25 min, teniendo que intercambiar baterías precargadas o realizar pausas.

La planificación e información previa a este tipo de visitas es crucial: primero para no infringir la ley de forma involuntaria, después para ajustar los tiempos y costos que suponen los desplazamientos hasta el lugar. En esta programación se revisó previamente el mapa Enaire (organismo que regula el vuelo de drones junto con AESA) para que todo vuelo fuese legal y se comprobó que no existiesen zonas ZEPA o MITECO de medio ambiente (suelen ser más restrictivas), o las afecciones por algún NOTAM del ejército.

\*Los NOTAM son avisos de carácter temporal e importante que se crean para alertar a los aviadores de cualquier clase de peligro en una ruta o lugar concreto.



▲ **Imagen 3.10.** Acueducto de Soler en Febrero de 2023. El acceso era muy complicado debido a la vegetación y los desprendimiento del terreno. Fuente: Archivo propio 23'

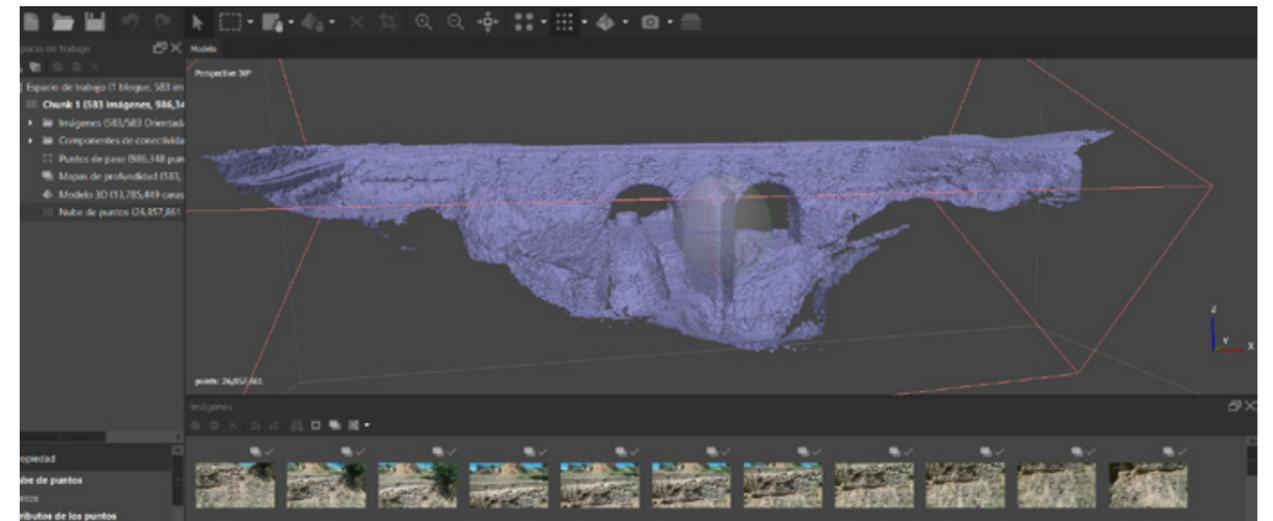
### 3.3 PROCESO DE OBTENCIÓN DE DATOS 3D

La obtención de datos 3D ha resultado ser una herramienta imprescindible para abordar el estudio, ya que gracias a la nube de puntos obtenida se ha conseguido una visión más conjunta de cada uno de los elementos, visión difícilmente perceptible desde una posición más cercana y humana.

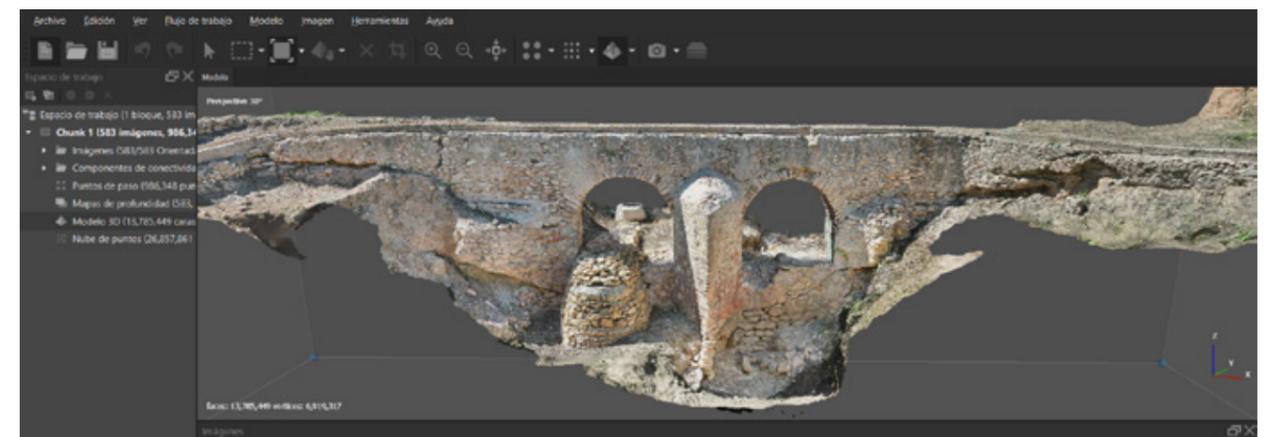
El proceso ha pasado por la introducción de todo el material fotográfico obtenido con cámara y dron al programa. Posteriormente las fotos se alinean de forma tridimensional tomando como referencia aquellos puntos coincidentes en las fotografías y ubicando las diferentes posiciones de la cámara en el momento en el que fue tomada cada imagen.

El siguiente paso es generar una nube de puntos la cual establecerá datos poligonales y éstos a su vez servirán para la creación de una malla. Con la obtención de esa malla y las imágenes, el programa es capaz de agregar un mapa de textura al modelo 3D y de este modo, obtener un modelo con una fidelidad visual significativa.

Estos datos han servido para contrastar y obtener otra serie de modelos 2D con los que se ha podido trabajar y obtener conclusiones. A pesar de que se trata de una investigación académica, se pretende aportar toda la información y documentación técnica posible y que pueda ser de utilidad para futuras intervenciones.



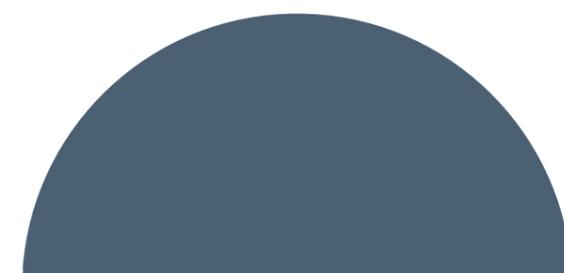
▲ **Imagen 3.11.** Captura de pantalla en Agisoft Metashape: proceso de obtención de datos 3D. Generación de malla del acueducto de Soler. Fuente: Archivo propio 23'



▲ **Imagen 3.12.** Captura de pantalla en Agisoft Metashape: obtención de la nube de puntos texturizada del acueducto de Soler. Fuente: Archivo propio 23'

**ANÁLISIS MÉTRICO  
Y FORMAL**

**4**





#### 4.1 LAS UNIDADES DE MEDIDA

##### Unidades de superficie territorial: tahúllas, jornales y fanecades

En la actualidad, para la mayoría de la gente que vive en las antiguas baronías de Polop y Benidorm, exceptuando el turismo, hay términos del documento del 1 de abril de 1666 que les pueden resultar extraños. Por ejemplo, que el documento esté escrito en castellano en lugar de valenciano (que es el idioma local más extendido en la zona), y que utilice la tahúlla (medida completamente foránea) como medida principal de superficie, explicando que cada parcela tendría una extensión de 60 tahúllas, lo que equivale a 12 jornales. Estas particularidades se deben al hecho de que la persona que propuso las condiciones del Nuevo Riego era de origen noble castellano, pero vivía en Murcia.

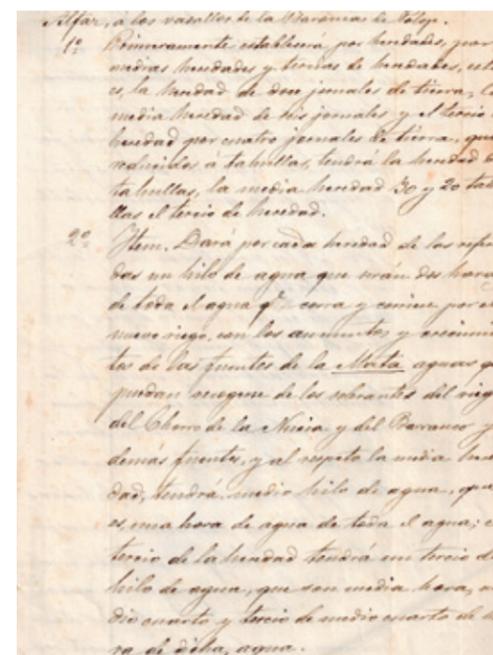
Con el tiempo, las condiciones naturales y humanas, como el clima árido y la cultura y lengua valencianas, se impusieron. Así, el término "Nuevo Riego" fue reemplazado por otros más locales, como "Rec Nou" o "Rec Major de l'Alfàs i Benidorm", para destacar su importancia en la región hasta mediados del siglo XX. Lo mismo ocurrió con las medidas de superficie, como el jornal y la fanecada, que eran comunes entre los agricultores locales. Sin embargo, debido a las diferentes unidades de superficie en el Reino de Valencia, se necesitan algunas precisiones.

Cuando Doña Beatriz María Fajardo y Mendoza propuso las condiciones para el Nuevo Riego, la unidad principal de superficie era el jornal (unidad propia de tierras de secano), que se definía como la extensión que una yunta de bueyes podía arar en un día. Más tarde, una orden real (Real Orden de 9 de diciembre de 1852 (Gaceta de Madrid de 28 de diciembre)), estandarizó las medidas al sistema métrico decimal, estableciendo que el jornal de tierra en Alicante (5.776 varas cuadradas) equivalía a 4.804,1533 m<sup>2</sup>.

Por otro lado, la tahúlla, introducida en 1666 por la baronesa murciana, tenía una superficie de aproximadamente 1.118 m<sup>2</sup>. Así, las equivalencias en el documento de 1666 eran aproximadas, ya que 60 tahúllas (67,080 m<sup>2</sup>) representan una superficie mayor que 12 jornales (57.649,8 m<sup>2</sup>).

A medida que el riego se consolidaba en la zona, se prefería la fanecada como medida de superficie, quedando el jornal en el recuerdo y la tahúlla, medida foránea, en el olvido.

◀ Imagen 4.2. Extracto de Gaceta de Madrid donde aparece la Real Orden de 9 de diciembre de 1852 y figura la equivalencia de medidas como el jornal y la fanecada (fanecada). Fuente: Boletín Oficial del Estado.



▲ Imagen 4.1. Fragmento del documento del 1 de abril de 1666 donde figuran las condiciones generales para el Nuevo Riego y se establecen unidades de medida superficial como la tahúlla. Fuente: (Gil & Rico, 2017)



**Unidades métricas constructivas de los elementos de estudio**

Dada la poca información métrico-constructiva que se dispone sobre las estructuras de estudio (pues no existen planos ni documentos que arrojen luz al respecto) y, teniendo en cuenta el curioso antecedente de la introducción de otros sistemas de medidas foráneas en la época de implantación del Riego Mayor, se hace necesario cuestionarse el sistema métrico empleado en la construcción original de las mismas.

Con la información gráfica recogida y elaborada, se ha tanteado la equivalencia de las medidas en: palmos y pies Alicantinos; palmos y pies Valencianos; y palmos y pies Castellanos. Estas comprobaciones se han realizado para cada una de las estructuras de forma pormenorizada, teniendo en cuenta las dimensiones de elementos clave como la luz y espesor del arco, la altura de la imposta sobre él y, en el caso del Acueducto de Soler la longitud del tajamar.

La elección de estos sistemas de medida se basa en el periodo y lugar de construcción de los acueductos y en la citada procedencia forastera de la baronesa Beatriz de Fajardo, la cual pudo propiciar la utilización de la métrica castellana del momento, y no la valenciana o la alicantina como podría ser de esperar, pues eran éstas, la utilizadas en ese momento en el Reino de Valencia.

Las equivalencias de medida se han basado en las tablas de correspondencia que ofrece la "Real Orden de 9 de diciembre de 1852". Estas equivalencias se fundamentan en los trabajos de finales del siglo XVIII-principios del XIX de Ciscar y Pedrayes, y las comparaciones realizadas por la comisión de Pesas y Medidas entre los tipos métricos que existían en el Conservatorio de Artes y los modelos que métricos que por entonces eran utilizados en cada provincia.

En las siguientes páginas se muestra de forma detallada los datos tomados, las diferentes comprobaciones y comparaciones de cada una de las estructuras, hasta la obtención de conclusiones. Esta información queda recogida en cuadros resumen para facilidad y comprensión.

§ 145. Real Orden de 9 de diciembre de 1852, por la que se determinan las tablas de correspondencia recíproca entre las pesas y medidas métricas y las actualmente en uso (Diccionario jurídico-administrativo. Madrid, 1858)

Terminadas por la Comisión encargada de preparar los trabajos para la ejecución de la Ley de Pesas y Medidas las tablas de correspondencia recíproca entre las medidas métricas y las que actualmente están en uso en las diferentes provincias del reino; S. M. la Reina, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 7.º de la Ley de 19 de julio de 1840, se ha servido disponer la publicación de las indicadas tablas en la Gaceta y Boletín Oficial de este ministerio, para los efectos correspondientes.

**MEDIDAS Y PESAS LEGALES DE CASTILLA**

La vara de Burgos	vale 0 metros, 836,905 milonésimas de metro
Un metro	1 vara, 196,308 milonésimas de vara, o sea 1 vara, 0 pies, 7 pulgadas, 0 líneas, 895 milésimas de línea.
La libra	0 kilogramos, 409,060 miligramos.
Un kilogramo	2 libras, 173,474 milonésimas de libra, o sean 2 libras, 2 onzas, 12 adames, 409 milésimas de adame.
La cántara o arropa de vino	16 libras, 133 milígramos.
Un litro de vino	1 cuartillo, 983512 milonésimas de cuartillo, o sea 1 cuartillo, 3 copas, 534 milésimas de copa, 12 litros, 563 milígramos.
La arroba de aceite	1 libra, 989,971 milonésimas de libra, o sea 1 libra, 3 panías, 960 milésimas de panía.
La fanega de ardo	65 litros, 501 milígramos.
Un litro de grano	0 cuartillos, 864,849 milonésimas de cuartillo, o sean 3 ochavillos, 459 milésimas de ochavillo.
La fanega superficial de 9,216 varas cuadradas, llamada de marco Real	64 áreas, 39 centáreas, 0 metros cuadrados, 56 decímetros id. 17 centímetros id.
Un área	143 varas cuadradas, 115,329 milonésimas de vara id.

**MEDIDAS Y PESAS REMITIDAS DE LAS PROVINCIAS**

**Álava**

La vara	Es la de Castilla.
La libra	Idem.
La cántara	vale 16 litros, 365 milígramos.
Un litro	1 cuartillo, 3 copas, 822 milésimas de copa.

**Alicante**

La vara	vale 0 metros, 912 milímetros.
Un metro	1 vara, 0 pies, 0 pulgadas, 5 líneas, 694 milésimas de línea.
La libra	0 kilogramos, 533 gramos.
Un kilogramo	1 libra, 14 onzas, 0 adames, 300 milésimas de adame.
La medida de libra para aceite	0 litros, 60 centígramos.
Un litro de aceite	1 libra, 2 cuarterones, 667 milésimas de cuarterón.
El cántaro	11 libras, 55 centígramos.
Un litro	1 micheta, 365 milésimas de micheta.
La fanega	30 litros, 775 milígramos.
Un litro de grano	0 cuartillos, 776 milésimas de cuartillo.
El jornal de tierra de 5,776 varas cuadradas	48 áreas, 34 centáreas, 15 decímetros cuadrados, 53 centímetros id.
Un área	120 varas cuadradas, 2 pies id., 904 milésimas de id.

▲ Imagen 4.3. Extractos de la Real Orden de 9 de diciembre de 1852, por las que se determinan las tablas de correspondencia recíproca entre las pesas y medidas métricas y las actualmente en uso. Fuente: CEM. Centro español de metrología

1 vara = 4 palmos  
1 vara = 3 pies

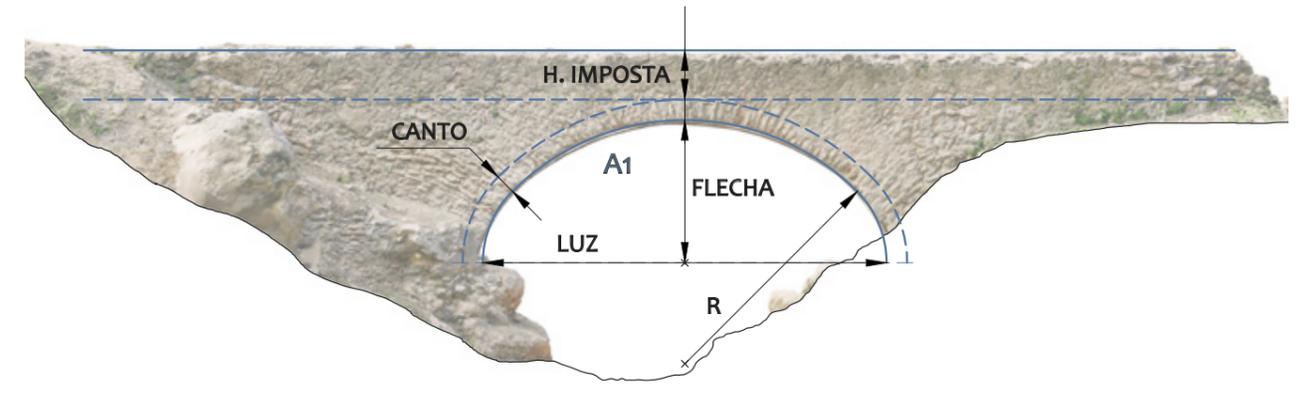
equivalencias	vara valenciana	0,906
	vara alicantina	0,912
	vara castellana	0,835905
	palmo valenciano	0,2265
	palmo alicantino	0,228
	palmo castellano	0,2089763
	pie valenciano	0,302
	pie alicantino	0,304
	pie castellano	0,278635
	metros	

▲ Imagen 4.4. Tabla de equivalencias sistemas métricos. Fuente: Elaboración propia a partir de equivalencias reflejadas en la Real Orden de 9 de diciembre de 1852.

**ACUEDUCTO DE CARBONERA**

**DATOS (m)**

Luz	6,93
Radio	4,18
Canto	0,35
H. imposta	0,8      0,75

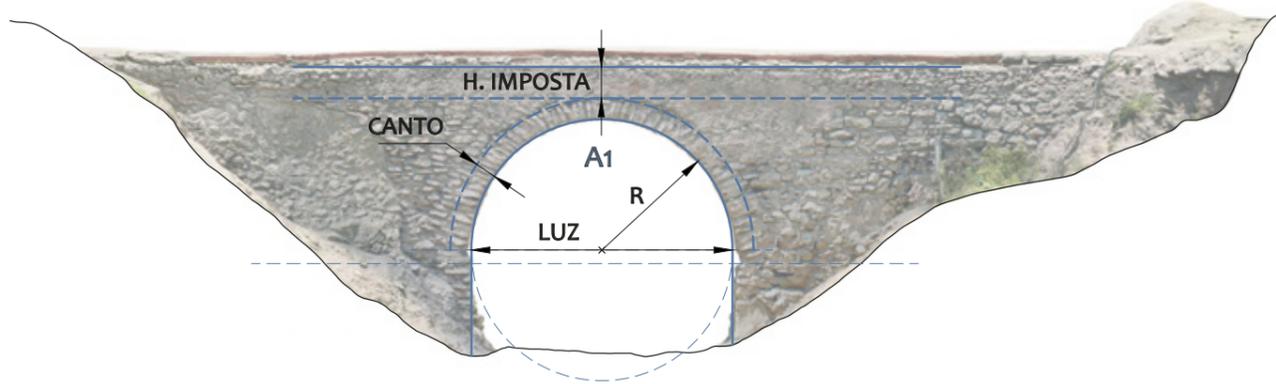


▲ Imagen 4.5. Alzado noroeste (aguas arriba) del acueducto de Carbonera. Se indican los datos que se han tomado como referencia para el estudio métrico. Fuente: Elaboración propia a partir de nube de puntos y fotogrametría.

PALMOS	A1	Luz (m) = 6,93		
		palmo valenciano	palmo alicantino	palmo castellano
		aprox. 30,596026	30,394737	33,161663
ARCOS	A1	Canto (m) = 0,35		
		palmo valenciano	palmo alicantino	palmo castellano
		aprox. 1,545254	1,535088	1,674831
IMPOSTA	A1	Altura (m) = 0,8		
		palmo valenciano	palmo alicantino	palmo castellano
		aprox. 3,532009	3,508772	3,828186
PIES	A1	Radio (m) = 4,18		
		pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
		aprox. 18,454746	18,333333	20,002273
ARCOS	A1	Luz (m) = 6,93		
		pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
		aprox. 22,947020	22,796053	24,871247
IMPOSTA	A1	Canto (m) = 0,35		
		pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
		aprox. 1,158940	1,151316	1,256124
PIES	A1	Radio (m) = 4,18		
		pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
		aprox. 13,841060	13,750000	15,001705

ACUEDUCTO DE ELS ARCS

DATOS (m)		
Luz	4,95	5,1
Radio	2,5	
Canto	0,4	
H.imposta	0,6	



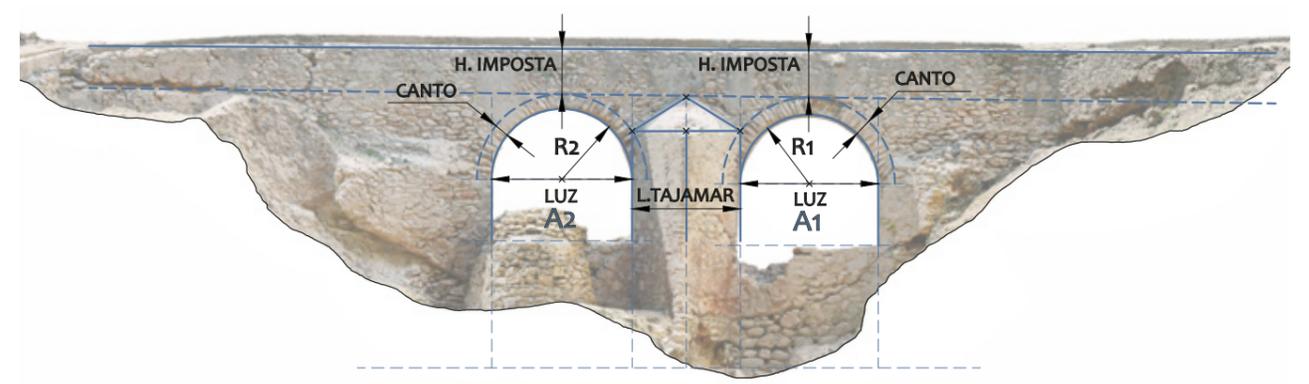
▲ Imagen 4.6. Alzado este (aguas abajo) del acueducto de Els Arcs. Se indican los datos que se han tomado como referencia para el estudio métrico. Fuente: Elaboración propia a partir de nube de puntos y fotogrametría.

PALMOS						
A r c o s	A1 med. Alzado este			A1		
	Luz (m) = 4,95			Canto (m) = 0,4		
		palmo valenciano	palmo alicantino	palmo valenciano	palmo alicantino	palmo castellano
	palmos	21,854305	21,710526	1,766004	1,754386	1,914093
	aprox.	21,75	21,75	1,75	1,75	2,00
	pal - metros	4,9264	4,9590	0,3964	0,3990	0,4180
	error (cm)	-2,36	0,90	-0,36	-0,10	1,80
	A1 med. Alzado oeste			A1		
	Luz (m) = 5,1			Radio (m) = 2,5		
		palmo valenciano	palmo alicantino	palmo valenciano	palmo alicantino	palmo castellano
	palmos	22,516556	22,368421	11,037528	10,964912	11,963082
	aprox.	22,5	22,25	11,00	11,00	12,00
pal - metros	5,0963	5,0730	2,4915	2,51	2,5077	
error (cm)	-0,37	-2,70	-0,85	0,80	0,77	

PIES						
A r c o s	A1 med. Alzado este			A1		
	Luz (m) = 4,95			Canto (m) = 0,4		
		pie valenciano	pie alicantino	pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
	pies	16,390728	16,282895	1,324503	1,315789	1,435570
	aprox.	16,5	16,25	1,25	1,25	1,50
	pies - metros	4,9830	4,9400	0,3775	0,3800	0,4180
	error (cm)	3,30	-1,00	-2,25	-2,00	1,80
	A1 med. Alzado oeste			A1		
	Luz (m) = 5,1			Radio (m) = 2,5		
		pie valenciano	pie alicantino	pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
	pies	16,887417	16,776316	8,278146	8,223684	8,972311
	aprox.	17,00	16,75	8,25	8,25	9,00
pies - metros	5,1340	5,0920	2,4915	2,5080	2,5077	
error (cm)	3,40	-0,80	-0,85	0,80	0,77	

ACUEDUCTO DE SOLER

DATOS (m)		
Luz	2,8	2,85
Radio	1,4	1,425
canto	0,3	0,35
H.imposta	1,31	1,21
l.tajamar	2,2	2,25



▲ Imagen 4.7. Alzado sur (aguas abajo) del acueducto de Soler. Se indican los datos que se han tomado como referencia para el estudio métrico. Fuente: Elaboración propia a partir de nube de puntos y fotogrametría.

PALMOS									
A r c o s	A1			A1			A1		
	Luz (m) = 2,8			Canto (m) = 0,35			Radio (m) = 1,4		
		palmo valenciano	palmo alicantino	palmo valenciano	palmo alicantino	palmo castellano	palmo valenciano	palmo alicantino	palmo castellano
	palmos	12,362031	12,280702	1,545254	1,535088	1,674831	6,181015	6,140351	6,699326
	aprox.	12,25	12,25	1,5	1,5	1,75	6,25	6,25	6,75
	pal - metros	2,7746	2,7930	0,3398	0,3420	0,3657	1,4156	1,4250	1,4106
	error (cm)	-2,54	-0,70	-1,03	-0,80	1,57	1,56	2,50	1,06
	A2			A2			A2		
	Luz (m) = 2,85			Canto (m) = 0,3			Radio (m) = 1,425		
		palmo valenciano	palmo alicantino	palmo valenciano	palmo alicantino	palmo castellano	palmo valenciano	palmo alicantino	palmo castellano
	palmos	12,582781	12,500000	1,324503	1,315789	1,435570	6,291391	6,250000	6,818957
	aprox.	12,5	12,5	1,25	1,25	1,5	6,25	6,25	6,75
pal - metros	2,8313	2,8500	0,2831	0,2850	0,3135	1,4156	1,4250	1,4106	
error (cm)	-1,87	0,00	-1,69	-1,50	1,35	-0,94	0,00	-1,44	

PIES						
T a j a m a r	A1			Alzado norte		
	Altura (m) = 1,31			Longitud (m) = 2,25		
		palmo valenciano	palmo alicantino	palmo valenciano	palmo alicantino	palmo castellano
	palmos	5,783664	5,745614	9,933775	9,868421	10,766774
	aprox.	5,75	5,75	10	10	10,75
	pal - metros	1,3024	1,3110	2,2650	2,2800	2,2465
	error (cm)	-0,76	0,10	1,50	3,00	-0,35
	A2			Alzado sur		
	Altura (m) = 1,21			Longitud (m) = 2,2		
		palmo valenciano	palmo alicantino	palmo valenciano	palmo alicantino	palmo castellano
	palmos	5,342163	5,307018	9,713024	9,649123	10,527512
	aprox.	5,25	5,25	9,75	9,75	10,5
pal - metros	1,1891	1,1970	2,2084	2,2230	2,1943	
error (cm)	-2,09	-1,30	0,84	2,30	-0,57	

PIES				
A r c o s	A1			
	Luz (m) = 2,8			
		pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
	pies	9,271523	9,210526	10,048989
	aprox.	9,25	9,25	10
	pies - metros	2,7935	2,8120	2,7864
	error (cm)	-0,65	1,20	-1,36
	A2			
	Luz (m) = 2,85			
		pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
	pies	9,437086	9,375000	10,228435
	aprox.	9,5	9,5	10,25
pies - metros	2,8690	2,8880	2,8560	
error (cm)	1,90	3,80	0,60	
A r c o s	A1			
	Canto (m) = 0,35			
		pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
	pies	1,158940	1,151316	1,256124
	aprox.	1,25	1,25	1,25
	pies - metros	0,3775	0,3800	0,3483
	error (cm)	2,75	3,00	-0,17
	A2			
	Canto (m) = 0,3			
		pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
	pies	0,993377	0,986842	1,076677
	aprox.	1	1	1
pies - metros	0,3020	0,3040	0,2786	
error (cm)	0,20	0,40	-2,14	
A r c o s	A1			
	Radio (m) = 1,4			
		pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
	pies	4,635762	4,605263	5,024494
	aprox.	4,75	4,5	5
	pies - metros	1,4345	1,3680	1,3932
	error (cm)	3,45	-3,20	-0,68
	A2			
	Radio (m) = 1,425			
		pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
	pies	4,718543	4,687500	5,114218
	aprox.	4,75	4,75	5
pies - metros	1,4345	1,4440	1,3932	
error (cm)	0,95	1,90	-3,18	
I m p o s t a	A1			
	Altura (m) = 1,31			
		pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
	pies	4,337748	4,309211	4,701491
	aprox.	4,25	4,25	4,75
	pies - metros	1,2835	1,2920	1,3235
	error (cm)	-2,65	-1,80	1,35
	A2			
	Altura (m) = 1,21			
		pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
	pies	4,006623	3,980263	4,342599
	aprox.	4	4	4,25
pies - metros	1,2080	1,2160	1,1842	
error (cm)	-0,20	0,60	-2,58	
T a j a m a r	Alzado norte			
	Longitud (m) = 2,25			
		pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
	pies	7,450331	7,401316	8,075080
	aprox.	7,5	7,5	8
	pies - metros	2,2650	2,2800	2,2291
	error (cm)	1,50	3,00	-2,09
	Alzado sur			
	Longitud (m) = 2,2			
		pie valenciano	pie alicantino	pie castellano
	pies	7,284768	7,236842	7,895634
	aprox.	7,25	7,25	8
pies - metros	2,1895	2,2040	2,2291	
error (cm)	-1,05	0,40	2,91	

Una vez realizadas las conversiones de metros a palmos y a pies (alicantinos, valencianos y castellanos) de cada uno de los elementos tomados como referencia (luz del arco, espesor del arco, altura de imposta y/o longitud del tajamar) para el análisis métrico de las tres estructuras, se realizan aproximaciones establecidas cada 25cm (tomadas de la aceptación de irregularidades de los elementos) ajustando para que la conversión palmos-metros y pies-metros quede lo más cercana a la medida de referencia. De ahí se obtienen los márgenes de error que servirán para establecer la hipótesis métrica.

Marcamos en una primera aproximación aquellos márgenes de error inferiores al resto; con ésto se puede ir valorando qué sistema métrico ofrece menor margen de error. En este caso, algunos resultados arrojan márgenes de error muy similares que pueden dar lugar a confusión. De modo que, posteriormente se elabora un cuadro resumen con toda la información obtenida y, con esos datos se realiza una media de los errores para cada uno de los acueductos.

RESULTADOS

Nomenclatura	
A	Alicantino
V	Valenciano
C	Castellano

PALMOS		Soler	Carbonera	Els Arcs	Media por componente de las tres estructuras (margen error en cm)
		error 1 (cm)	error 2 (cm)	error 3 (cm)	
luz arco	A	-0,70	2,40	0,90	1,10
	V	-2,54	-2,17	-2,36	1,47
	C	2,12	1,85	1,32	1,76
canto arco	A	-0,80	0,60	-0,80	0,50
	V	-1,03	0,30	-1,03	0,56
	C	1,57	2,02	1,57	1,65
radio arco	A	2,50	-1,90	0,80	0,90
	V	1,56	1,03	-0,85	0,94
	C	1,06	-0,05	0,77	0,63
h.imposta	A	0,10	-0,20	2,70	1,00
	V	-0,76	-0,72	2,29	1,26
	C	-0,39	-1,63	-2,53	1,52
L.tajamar	A	3,00			2,30
	V	1,50			0,84
	C	-0,35			0,35

PIES		Soler	Carbonera	Els Arcs	Media por componente de las tres estructuras (margen error en cm)
		error 1 (cm)	error 2 (cm)	error 3 (cm)	
luz arco	A	1,20	6,20	-1,00	2,60
	V	-0,65	9,15	3,30	3,68
	C	-1,36	3,59	-0,42	1,49
canto arco	A	3,00	3,00	-2,00	1,80
	V	2,75	2,75	-2,25	1,73
	C	-0,17	-0,17	1,80	0,71
radio arco	A	-3,20	0,00	0,80	0,90
	V	3,45	-2,75	-0,85	1,52
	C	-0,68	-0,05	0,77	0,50
h.imposta	A	-1,80	3,60	0,80	0,80
	V	-2,65	3,05	0,40	0,37
	C	1,35	-3,38	2,69	1,89
L.tajamar	A	3,00			0,40
	V	1,50			1,05
	C	-2,09			2,09

▲ Imagen 4.8. Tablas resumen de los resultados: márgenes de error en palmos y pies para cada uno de los elementos base que se han tomado de cada uno de los acueductos. Fuente: Elaboración propia.

Media de errores por acueducto (cm)			
PALMOS	Soler	Carbonera	Els Arcs
Alicantinos	0,78	1,28	1,30
Valencianos	1,09	3,45	1,14
Castellanos	1,05	5,51	1,55

Media de errores por acueducto (cm)			
PIES	Soler	Carbonera	Els Arcs
Alicantinos	0,90	2,55	1,10
Valencianos	0,61	3,79	1,70
Castellanos	1,13	1,36	1,42

▲ Imagen 4.9. Tablas con la media de los márgenes de error totales obtenidos por acueducto. Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, de los resultados totales en palmos y pies obtenidos, un 66,67% apunta a que las estructuras pudieron ser construidas siguiendo el sistema métrico alicantino de la época. De estos, un 66,67% de las medidas en pies y un 66,67% de las medidas en palmos corroboran esta posibilidad.

Aunque las diferencias entre sistemas y su margen de error se pueden considerar pequeñas, examinando la presente evaluación de manera pormenorizada y general, y dado que no existen antecedentes claros sobre el sistema métrico elegido en la construcción de los tres acueductos, puede proponerse la hipótesis de la utilización de palmos y pies alicantinos, admitiendo de errores inferiores a 2 cm.

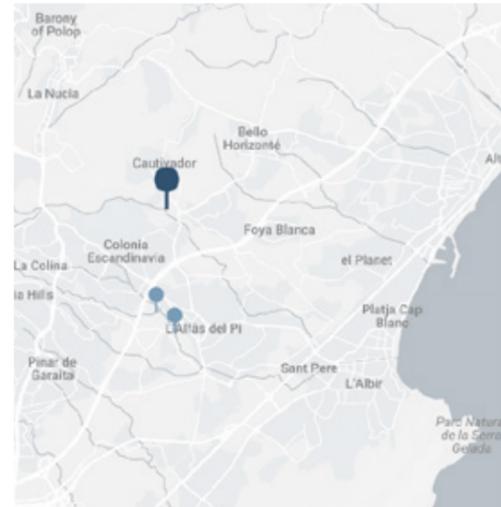
## 4.2 DESCRIPCIÓN FORMAL Y ANÁLISIS MÉTRICO DE LAS ESTRUCTURAS

### ACUEDUCTO DE CARBONERA

El acueducto de Carbonera se ubica en la zona más al norte del término de l'Alfàs del Pi, entre las partidas del *Cautivador* y *Escandinavia*, salva el desnivel producido por el cauce del "Riuet Sequet" (conocido como Barranco de Carbonera) y forma parte del cauce principal de la *Seqüia Mare*. Actualmente se encuentra entre parcelas privadas, por lo que su accesibilidad es comedita y está supeditada a los propietarios de las mismas.

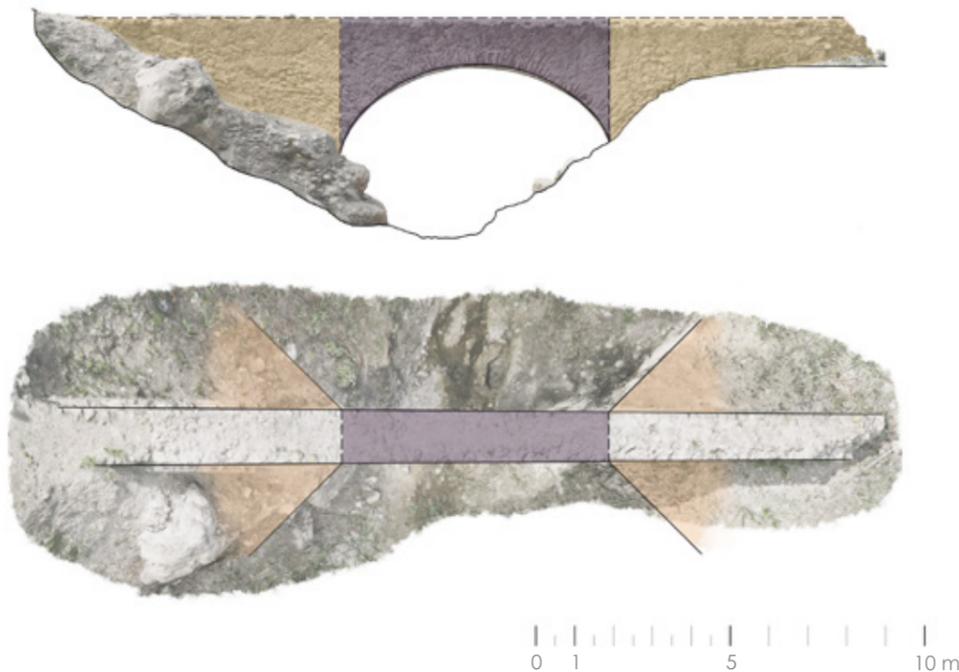
#### Análisis formal

Salvando un desnivel aproximado de 6 m y con una longitud total de trazado de unos 20 m, esta estructura se compone por un único ojo en arco rebajado dispuesto sobre unos machones rectangulares y prismas triangulares a cada lado y en ambos extremos, de forma que facilitan la circulación de aguas (a modo de tajamar) por su zona central. Se trata de una infraestructura compuesta de mampostería ordinaria de aristas vivas, mortero de cal y ripios.

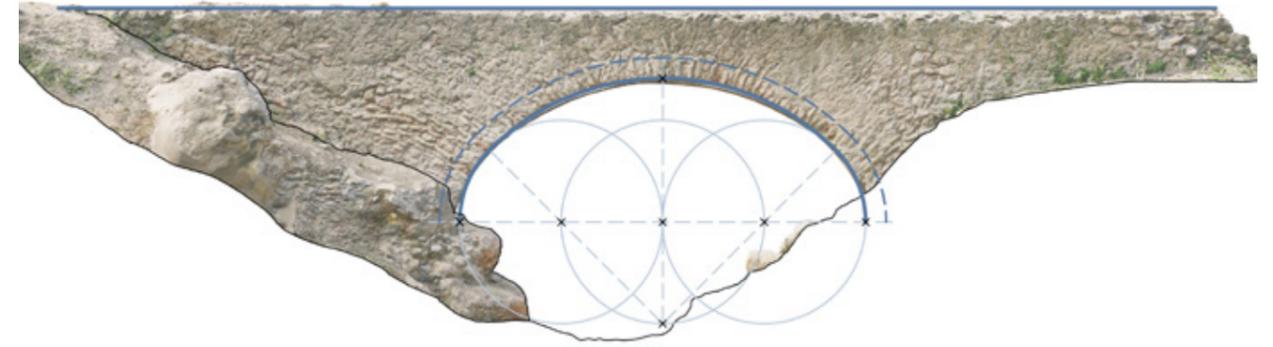


▲ Imagen 4.10. Plano de ubicación de la estructura. Fuente: Elaboración propia.

- Arco y relleno sobre él
- Tímpano y muro acompañamiento
- Estribos



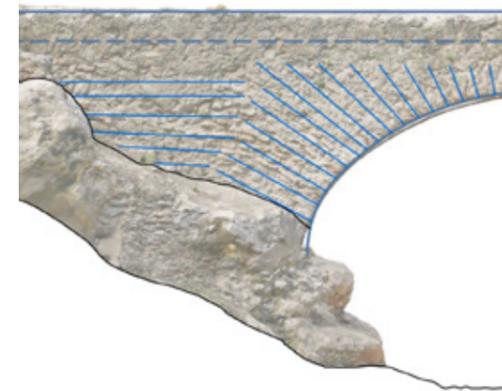
▲ Imagen 4.11. Arriba. Alzado noroeste (aguas arriba) del acueducto y esquema formal. Abajo. Planta de la estructura con esquema formal. Fuente: Elaboración propia a partir de ortofotogrametrías.



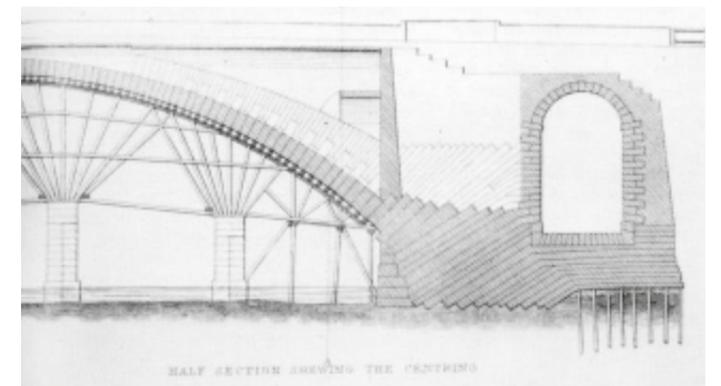
▲ Imagen 4.12. Alzado noroeste (aguas arriba) del acueducto y su composición geométrica. Fuente: Elaboración propia a partir de ortofotografía extraída de nube de la nube de puntos.

La geometría del acueducto está definida por un arco rebajado de tres centros, cuyo grosor es aproximadamente  $1/20$  de su luz<sup>1</sup>. Esta proporción va en consonancia con las reglas geométricas establecidas en los tratados sobre puentes del Renacimiento, que ya discutían las "virtudes e inconvenientes" del uso de arcos rebajados en puentes. Aunque los arcos rebajados ofrecen ventajas en cuanto a su espesor comparado con los de medio punto, estos tratados subrayan la importancia de "reforzar o engrosar" sus estribos.

En el caso que nos ocupa, si observamos detenidamente, podemos ver que, junto al arco rebajado, en los tímpanos, las hiladas de mampostería siguen la inclinación de las dovelas del arco de manera radial y posteriormente pasan a un plano horizontal hasta completar todo el paramento (Imagen 4.13). Se trata de una solución empleada con frecuencia en los estribos de puentes con arcos muy rebajados, donde la fábrica se dispone en hiladas inclinadas tras las hiladas horizontales del paramento de los muros de acompañamiento (Huerta, 2004, pp. 61-69). Previos a este acueducto, ya se encontraban casos con recursos similares, como el puente Fleischbrücke en Nuremberg en el siglo XV (Kaiser, 2003), o el puente de Rialto en Venecia en el siglo XVI (Parsons, 1939). Posteriormente, en el siglo XIX, el puente de Grosvenor (Reino Unido) (Imagen 4.14), supone otro ejemplo de esta técnica para evitar fallos por deslizamiento en los estribos.



▲ Imagen 4.13. Detalle del alzado sureste (aguas abajo) donde se aprecia la inclinación de las hiladas en los estribos. Fuente: Elaboración propia a partir de ortofotografía.



▲ Imagen 4.14. Estribos del puente de Grosvenor construido por George Rennie en 1827-33. En los puentes con arcos rebajados se solía inclinar las hiladas de la fábrica de las cepas o estribos para evitar el fallo por deslizamiento (Ruddock 1979). Fuente: (Huerta,2004,66)

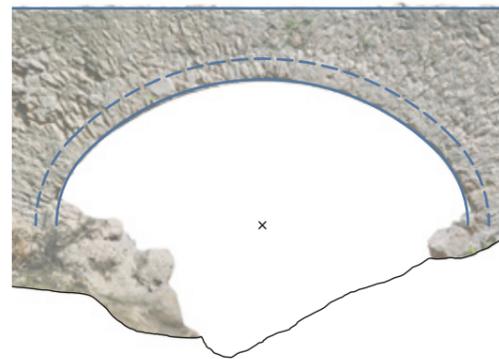
1. La dimensión típica en arcos de edificios y grandes puentes sitúa el espesor en la clave del arco entre  $1/20$  y  $1/30$  de la luz, coincidiendo con las reglas de proporción formuladas por Leon Battista Alberti y que, con pequeñas alteraciones consistieron en la doctrina oficial sobre este tipo de construcciones hasta mediados del siglo XVIII. (Huerta.204,197)

Respecto a la construcción original, pueden apreciarse modificaciones posteriores, como la ausencia del canal superior (Imagen 4.15) que, según fuentes orales, ya había desaparecido en los años 30 del siglo pasado. Por el tipo de estructura y su función, se mantiene la hipótesis de la existencia de un canal superior en su origen. Sin embargo, la única forma de demostrar dicho supuesto sería mediante un examen arqueológico exhaustivo del elemento, que arrojaría datos de mayor precisión, pero que no es objeto del presente estudio.

En cuanto a las pletinas metálicas situadas en el intradós del arco a modo de cimbra permanente, se trata de una intervención realizada entre finales de los 80 y principios de los 90 por Conselleria de Cultura de la GVA. De esta última intervención no se tiene acceso a datos documentales, si bien el propio departamento de Patrimonio del Excmo. Ayuntamiento de l'Alfàs del Pi, asegura que dichas obras se realizaron por esas fechas.

Parece que se trata de dos pletinas metálicas de 1,5 cm cada una a modo de cimbra, bajo una pella perimetral de mortero en el intradós del arco, que asegura el contacto con la fábrica original. Su razón apunta, a un posible temor de fallo de la estructura originado por el lavado de las dovelas del arco a lo largo del tiempo, con pérdidas de material (asociadas a elevadas tensiones de compresión en ciertas zonas de la bóveda o a la meteorización ambiental, o ambas) y/o, a posibles desplazamientos producidos en los arranques del arco. Esto último se cree menos probable por la propia disposición del aparejo en los tímpanos que se ha comentado con anterioridad, pero podría ser una posibilidad si considerásemos esa solución como insuficiente.

En cualquier caso, en el capítulo 6. Análisis estructural se realiza una comprobación del estado de cargas del elemento, y se analizará si realmente esas pletinas metálicas están cumpliendo alguna función a nivel estructural respecto a cargas gravitatorias. Comprender su comportamiento estructural resulta esencial de cara a una futura intervención de restauración y conservación.



▲ Imagen 4.15. Detalle del alzado sureste (aguas abajo) donde se aprecia la ausencia de canal superior. Fuente: elaboración propia a partir de foto.



▲ Imagen 4.16. Fotografías de detalle de las pletinas metálicas en el intradós del arco. Fuente: archivo propio 23'

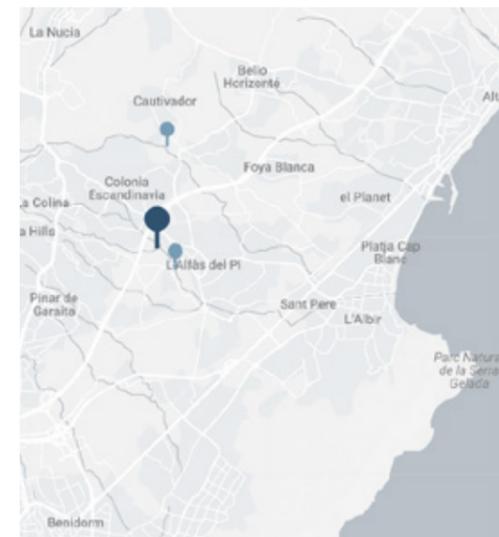


► Imagen 4.17.

Fotografía de detalle en alzado noroeste. En ellas se aprecian pérdidas de material original perteneciente a las dovelas del arco, y reposiciones con ladrillo junto a otros rejuntos de mortero. También se puede observar la pella de 'apoyo' perimetral de mortero y las pletinas metálicas a modo de cimbra en alto estado de oxidación.

Fuente: Archivo propio 23'.

### ACUEDUCTO DE ELS ARCS



▲ Imagen 4.18. Plano de ubicación de la estructura. Fuente: Elaboración propia.

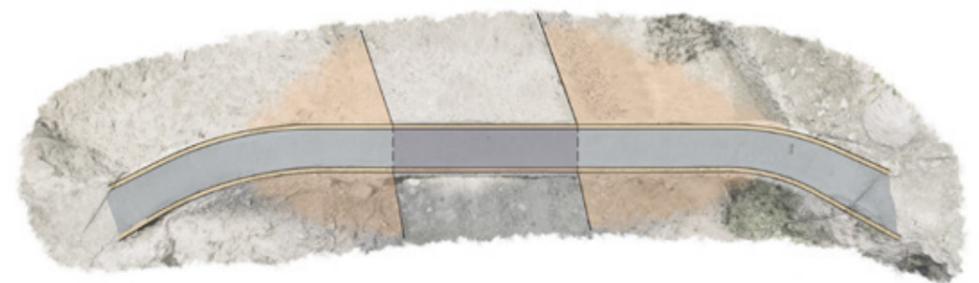
Esta infraestructura perteneciente a uno de los brazos de la original *Sequia Mare*, se ubica actualmente a poco más de 230 m de la AP-7 a su paso por el *Barrant Fondo* (o Barranco Hondo), nombre también de uno de los núcleos más poblados del municipio de Alfàs del Pi. Queda delimitado al este por el núcleo histórico de Alfàs, al norte por *Escandinavia* y al oeste por la autopista y *Barrant Fondo*. Su acceso es relativamente sencillo a través de un vial sin asfaltar (Calle *Àmsterdam*) y parece que forma parte del recorrido que realizan algunos vecinos como ruta de senderismo. La proximidad actual de áreas industriales deslucen su entorno, acaparando todo el espacio hasta dejar a la estructura prácticamente encerrada, a modo de hito casi anecdótico.

#### Análisis formal

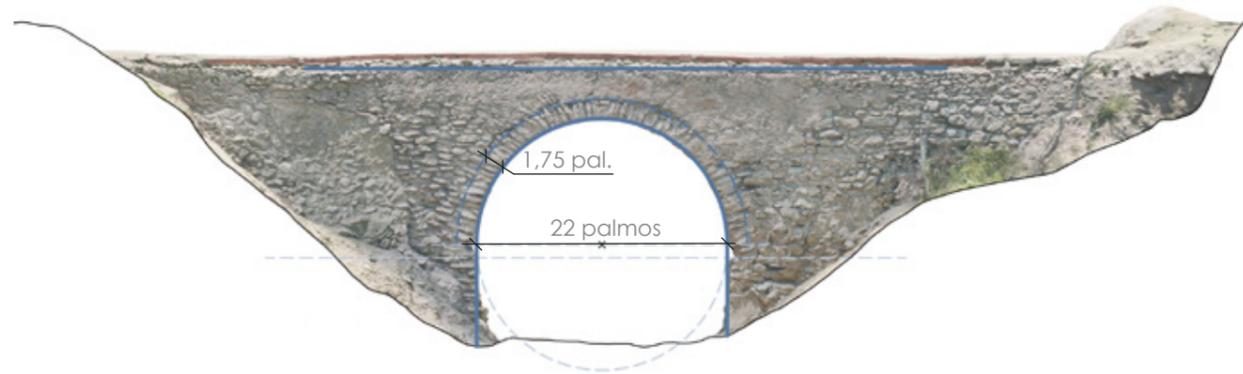
Su fácil acceso hace que la monumentalidad respecto al anterior sea menor, sin embargo, tanto el desnivel que salva, como su longitud de trazado son similares, unos 5,60 m de altura y aproximadamente 18 m de longitud. Se compone por un único ojo en arco de medio punto dispuesto sobre machones rectangulares.

El elemento es de mampostería ordinaria cogida con mortero de cal y ripios.

- Arco y relleno sobre él
- Tímpano y muro acompañamiento
- Estribos



▲ Imagen 4.19. Arriba. Alzado este (aguas abajo) del acueducto con esquema de color formal. Abajo. Planta de la estructura con esquema de color. Fuente: Elaboración propia a partir de ortofotogrametrías obtenidas de la nube de puntos.



▲ Imagen 4.20. Alzado este (aguas abajo) del acueducto. Proporción y composición geométrica. Fuente: Elaboración propia.

### El arco de medio punto

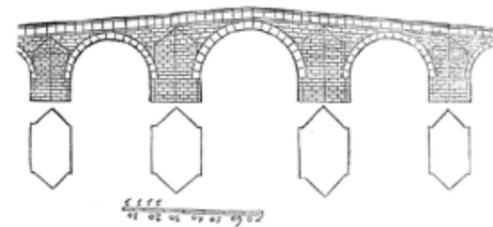
Autores como Fray Lorenzo de San Nicolás (contemporáneo a la construcción de estos elementos) o Leon Battista Alberti (dos siglos anterior a ellos), coinciden en la 'nobleza' que representa el arco de medio punto con respecto a otros tipos de arco desde el punto de vista estructural:

*"Entre todos es el más fuerte el de medio punto, y el más agradable a la vista, y al fin en todo el más perfecto"*

De hecho, respecto a la construcción de los arcos, en el capítulo XLV de su tratado "Arte y uso de Architectura" (1639), reafirma que no hay ninguna regla universal de diseño para determinar el espesor de cualquier arco en función de su luz, sino que debe ser la pericia y experiencia del maestro constructor la que determine un tema tan importante. Para ello realiza una breve comparativa entre puentes y templos, considerando que pudiera ser válida la aplicación de la regla de proporción que establece que el espesor  $e = 1/12$  de la luz para arcos en puentes, mientras que en templos por ejemplo, lo define como desmedido.

En el caso que nos ocupa, esta proporción podría ser en la que se hubiese basado el maestro constructor para la composición geométrica del acueducto, pues el espesor del arco, coincide con la doceava parte de su luz. Respecto a su forma, es muy similar a la de otras estructuras hidráulicas que se pueden encontrar en la comarca de la Marina Baja. Un ejemplo de ello es uno de los acueductos que forma parte del riego d'Ama d'Altea la Vella. Cuenta con protección ambiental y arqueológica, y sus primeras referencias bibliográficas lo datan en el siglo XVIII, aunque no se descarta que su antigüedad sea mayor (del Rey et al, 2022).

▼ Imagen 4.21. Traza de un puente según Fray Lorenzo en su libro "Arte y uso de Architectura". Fuente: (Huerta, 2004: 253)



▼ Imagen 4.22 El Reg d'Altea la Vella en una imagen del siglo XVIII. Detalle del plano del "Termino de Callosa, Alicante", siglo XVIII", Valencia 1995 - Archivo d'Orgaz, Avila. Fuente: Arquitectura rural valenciana.



▲ Imagen 4.23. Arriba. Ortofoto del alzado este obtenida de nube de puntos del acueducto Els arcs. Fuente: Elaboración propia. Abajo. Ortofoto obtenida de nube de puntos del acueducto d'Ama d'Altea la Vella. Fuente: Ayuntamiento de Altea.

Las similitudes entre los dos acueductos son evidentes: único ojo en arco de medio punto sobre machones rectangulares, sencillez y practicidad para salvar los desniveles topográficos; el aparejo es similar, algo más trabajado en el de Altea. Construidos ambos con mampuestos de piedra poco trabajada y elaborado su arco con ripios de piedra alajados, la mayor diferencia entre ambos, se hace notar en el estado de conservación del canal superior, pues el de Els Arcs ha sufrido diversas modificaciones hasta su total cierre e inutilización, mientras que el d'Ama d'Altea la Vella lo conserva prácticamente en su totalidad.



Otro aspecto diferenciador entre ambos son los pretiles naturales del barranco que circundan las estructuras. También han sido modificados en el caso del acueducto del riego mayor d'Alfaz del Pi, incluyendo bancales que se realizarían posiblemente a principios de este siglo, con mampostería ordinaria de diversos tamaños.

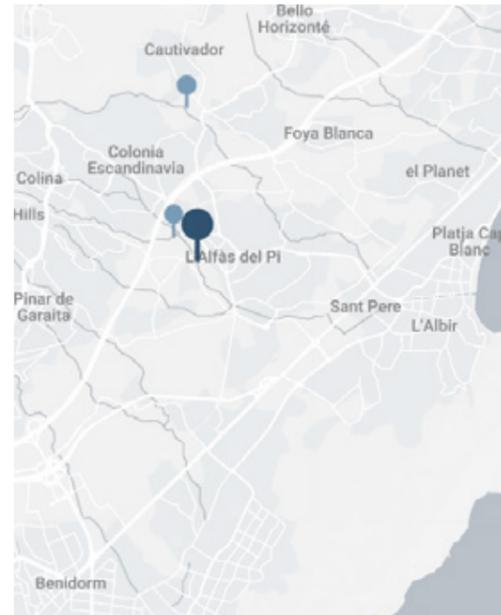
◀ Imagen 4.24. Fotografía de detalle en fachada este del acueducto de Els Arcs. Detalle del arranque del arco. Puede observarse también la huella de la cimbra original en el intradós del arco y perpendicular a la estructura, la diferencia entre el pretil natural del terreno, más bien suelto y con desprendimientos de tierra (al lado este), y el bancale realizado a principios de este siglo (al lado oeste). Fuente: Archivo propio 2023

**ACUEDUCTO DE SOLER**

El tercer acueducto objeto de estudio se trata del más cercano al núcleo poblacional histórico de l'Alfàs del Pi, a tan sólo 320 m de la originaria plaza mayor. Perteneciente a la acequia principal del riego y ubicado en el barranco que le da nombre (Barranc de Soler). Su acceso es comedido: se hace relativamente sencillo llegar a su canal superior si desde el norte accedemos a pie por la vía pista; el acceso a su parte baja donde arrancan los arcos y tajamares es otra historia. Un desafío, un poco de escalada y mucho cuidado, también al descenso, por los desprendimientos del terreno que recoge la estructura.

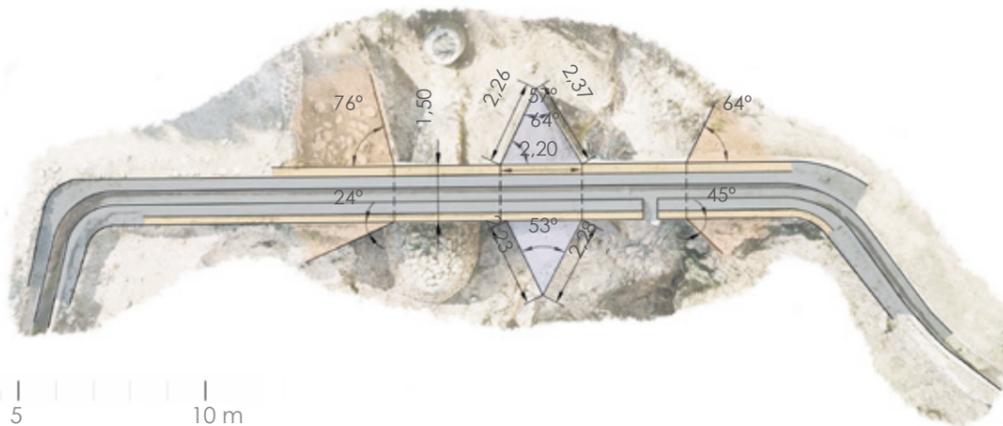
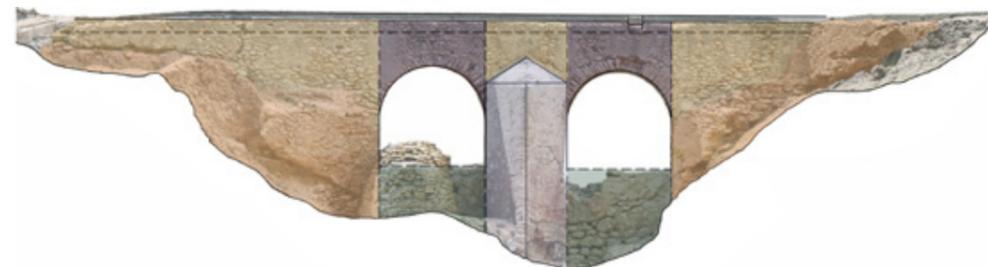
**Análisis formal**

Tiene una longitud de trazado de unos 21 metros y salva desniveles desde unos 4,00 m en su cara norte y hasta 6,50 metros en su cara sur, esta diferencia puede ser debida al desgaste del terreno por las diversas escorrentías y lavados que se han ido produciendo a lo largo del tiempo. El acueducto de Soler de entre las tres estructuras a analizar supone un elemento quizás más interesante de estudio por ser también el más completo.



▲ Imagen 4.25. Plano de ubicación de la estructura. Fuente: Elaboración propia.

- Arco y relleno sobre él
- Tímpano y muro acompañamiento
- Estribos
- Tajamar
- murete contención
- canal superior

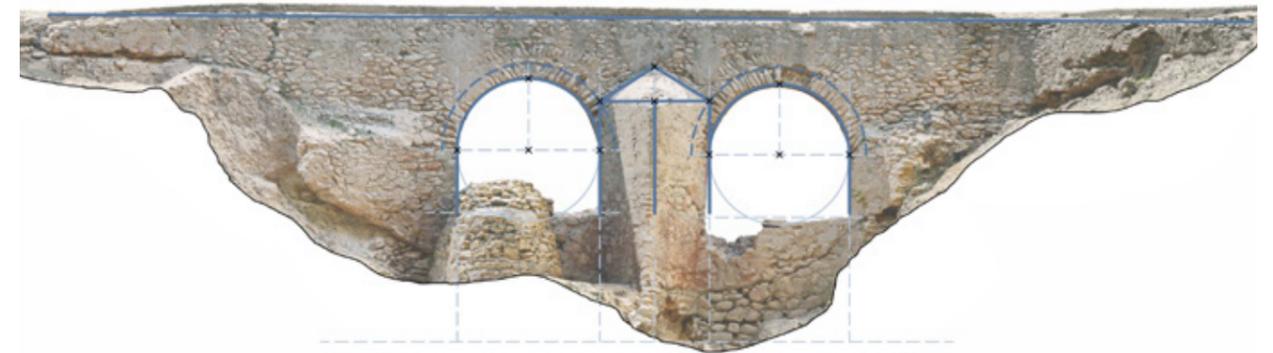


0 1 5 10 m

▲ Imagen 4.26. Arriba. Alzado sur (aguas abajo) del acueducto y esquema formal. Abajo. Planta de la estructura con esquema formal. Fuente: Elaboración propia a partir de ortofotogrametrías.

Al igual que los dos anteriores, está compuesto de mampostería ordinaria de piedra bruta, mortero de cal y ripios, que por lo general quedan destinados a las dovelas de los arcos.

En este caso su composición la forman dos arcos de doble rosca de medio punto, sobre machones rectangulares y tajamares en quilla centrales en ambas caras de la estructura, a fin de debilitar el embate de las aguas y desviar las mismas hacia los lados donde se ubican los arcos.



▲ Imagen 4.27. Alzado sur (aguas abajo) del acueducto. Proporción y composición geométrica. Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior, llama la atención la existencia de doble rosca en los arcos, algo poco común en acueductos o puentes, pero una técnica de construcción muy interesante que pudo haber sido utilizada en este caso por diversos motivos:

- Conferir estabilidad estructural, pues al utilizar dos capas o rosas, se distribuye mejor el peso y las cargas, permitiendo que el arco soporte mayores pesos y tensiones; algo muy útil en estructuras que deben soportar grandes volúmenes de agua, como los acueductos. El tamaño de las dovelas es importante, pues ello determinará la superficie de contacto entre piezas (ayudando a distribuir mejor las cargas que debe soportar el arco) y la masa para resistir las fuerzas internas del arco (a menor tamaño, menor masa y se puede comprometer su equilibrio. Con esa doble rosca, aunque el tamaño de las dovelas sea más pequeño, se asegura su estabilidad

- Flexibilidad constructiva: El tamaño de los mampuestos interviene en su facilidad de manipulación y colocación. la doble rosca permite que el constructor pueda ajustar o refinar la forma del arco con mayor precisión y asegurar una distribución uniforme de fuerzas, mejorando la estabilidad general de la estructura.



► Imagen 4.28. Detalle del arco izquierdo en la fachada sur, donde se aprecia la doble rosca. Fuente: Fotografía de archivo propio 23'. Vuelo con dron por Miguel Ángel Serrano Díaz.

Ejemplos del uso de doble rosca en puentes o acueductos, podemos hallarlos en diversas obras del arquitecto Andrés de Vandelvira (siglo XVI): como el Puente de Ariza (Jaén), originalmente construido sobre el río Guadalimar para mejorar la comunicación de Andalucía con el Levante y La Mancha y, desde 1998 sumergido bajo las aguas del Pantano de Giribaile (Imagen 4.29a), donde emerge en tiempos de sequía (Imagen 4.29b).

El puente está construido en piedra arenisca tallada en sillarejo, con una longitud de casi 100 m y una altura máxima de 17 m. Está compuesto de 5 bóvedas de cañón, de las cuales, la central posee más de 31 m de luz y una embocadura de doble rosca. En 1868 hay constancia de la reconstrucción de los tajamares y la rectificación de la rasante, rebajando su original y característico "lomo de asno" y otorgándole un aspecto algo heterogéneo al conjunto.

Otros elementos interesantes y de los que hablaremos más en profundidad en las próximas páginas son los tajamares de este acueducto. La elección del número de pilas y su tamaño, es fundamental para el correcto funcionamiento de estas infraestructuras hidráulicas. De su espesor depende que resistan el empuje de las bóvedas adyacentes, y de su forma que favorezcan un desagüe suficiente del agua que circule por el accidente orográfico donde se ubique la estructura, ya sea en condiciones normales de caudal o en grandes crecidas. Es en el último caso, en el que se recurre a pilas que incorporan tajamares.

En el caso de la pila y tajamares del acueducto de Soler, sus proporciones no parecen seguir ninguna de las reglas geométricas establecidas por las antiguas teorías<sup>1</sup>, pues la pila tiene de espesor más de la mitad de la luz que cubren los arcos, adquiriendo una potente presencia respecto a la dimensión de la arquería que compone la estructura.

Respecto a su altura, se eleva hasta el espesor de la primera rosca de ambos arcos, muy cercano al plano de asiento del canal, un caso poco común, pues lo habitual es que los tajamares no sobrepasen demasiado en altura el arranque de los arcos (Marín & López, 2023).

Algo similar, aunque más acentuado, sucede en el acueducto del barranco de Granolera en Riba-roja del Túria (Valencia), donde los escasos tajamares ubicados aguas arriba en su zona izquierda, suben hasta el plano de asiento de la canalización. Este acueducto de dudosa datación se constituye de 13 arcos de sillarejo que descansan



▲ Imagen 4.29. Fotografía en tiempos de sequía del pantano de Giribaile (2017). Arco central de doble rosca. Fuente: © José Espino. *Ayer y hoy del embalse del Giribaile: 1996 - 1997 - 2010 - 2015 - 2017.*



▲ Imagen 4.30. Fotografía de alzado norte del acueducto de Soler (aguas arriba). Fuente: Archivo CFC 2023 © José Rafael Frías Jiménez



▲ Imagen 4.31. Acueducto de Riba-roja del Túria. Detalle del tajamar y arco nº2 aguas arriba. Fuente: Archivo Concepción López González (2023)



▲ Imagen 4.35. Acueducto de Manises. Fuente: Google maps. © José Saiz Valero



▲ Imagen 4.32. Acueducto del barranco de los Arcos. Brazal Penat de la Acequia de Marchena (Elche). Se observa que los tajamares llegan sólo hasta el arranque de la arquería. Fuente: © Acequiademarchena.com - Comunidad de la Acequia de Marchena. Campo de Elche.



▲ Imagen 4.33. Detalle de tajamar del acueducto del barranco de los Arcos (Acequia de Marchena). Fuente: © Palantir - ¿...Y por qué no un blog...?

sobre pilares de sección troncopiramidal invertida de mampuestos. De éstos, sólo 3 poseen tajamares y en una de las pilas se ubica un contrafuerte. Sus arcos son desiguales, con una pauta de crecimiento de luces en el sentido del desnivel del barranco. En lo que se refiere a su canalización, el cajado de la acequia fue reconstruido con ladrillo macizo (como en el acueducto de Els Arcs) y más tarde canalizado. Por lo demás, presenta un estado de conservación mas o menos bueno.

Muy próximo al de Granollers y con clara analogía formal encontramos el acueducto de "Els Arcs" de Manises de origen medieval andalusí recientemente estudiado. (Marín & López, 2023). Está formado por 28 arcos (la mayoría de medio punto, con presencia de escazanos y levemente apuntados) dispuestos sobre machones rectangulares. Se clasifican en tres series de vanos según las cotas alcanzadas, siendo las arquerías de los extremos norte y sur más elevadas respecto a los vanos del tramo central. Es en esta última zona, donde los arcos quedan dispuestos sobre pilares más altos y robustos (3,5 m de altura) para soportar la vaguada. Las diferencias de niveles entre las distintas series de vanos ha ido siendo compensada con la incorporación de recrecidos y refuerzos estructurales que ha ido adquiriendo la estructura a lo largo de los siglos.

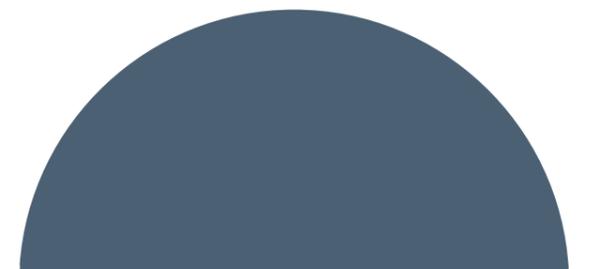
En la Acequia de Marchena en Elche, perteneciente al brazal Penat, encontramos el acueducto sobre el Barranco de los Arcos, fechado por métodos indirectos en el siglo XIII (Arciniega, 2019). Supone otro ejemplo destacable, tanto por su cercanía geográfica a los elementos de estudio, como por su similitud constructiva.

Este acueducto se compone de 6 arcos de medio punto dispuestos a rosca sobre machones rectangulares reforzados con tajamares. Se construyen mediante mampostería ordinaria, donde el tamaño de las piezas es similar desde los soportes hasta la cota del intradós de las claves de los arcos. A partir de ahí, hasta el cajado de la acequia, los mampuestos son de tamaño menor y quedan dispuestos en ordenadas hiladas horizontales. Es muy probable que originalmente los paramentos tuviesen revoco.

Como se puede observar, en este caso la altura de los tajamares no va más allá de los arranques de la arquería. Los tajamares dotan de robustez al conjunto, haciendo las veces de contrafuertes, otorgando estabilidad y evitando que se precisen mayores refuerzos.

**ANÁLISIS  
CONSTRUCTIVO**

**5**



## 5.1 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Durante el estudio preliminar al proyecto de intervención en elementos arquitectónicos históricos, se torna vital la aplicación de disciplinas como la arqueología para el análisis de paramentos. El objetivo es obtener documentación que nos ayude a comprender e interpretar las diferentes fases constructivas, los tipos de aparejo de las fábricas y por consiguiente, su comportamiento estructural.

De esta manera, se consigue un conocimiento material más detallado que permitirá llevar a cabo intervenciones o actuaciones de restauración más respetuosas (Mileto y Vegas, 2003: 189).

Para realizar esta evaluación se ha empleado una metodología similar a la descrita en capítulos anteriores, donde se establece una simbiosis entre el trabajo de campo y el de oficina:

Primero se ha realizado un estudio general de cada acueducto. Posteriormente, se ha pormenorizado el análisis mediante un reconocimiento visual y un examen de los paramentos, la elaboración de un listado de todos los elementos constructivos que conforman las estructuras, y una toma de datos más precisa (fotografías de detalle, mediciones, caracterización de materiales...).

Por último, se ha sistematizado la información obtenida y se ha plasmado en el presente capítulo, con la intención de facilitar una correcta interpretación y comprensión.

Como ya se adelantaba en el capítulo II, los elementos que componen la estructura son: cimentación, pilas<sup>1</sup>, cepas o estribos, bóvedas/arcos, tímpanos, relleno y, en algunos casos, canal superior. A veces, también cuenta con sistemas de desagüe adicionales (como ocurre en el caso del acueducto de Soler). Estos serán los elementos que pasaremos a analizar de forma detallada a continuación.

Los tres acueductos comparten analogías en cuanto a materialidad y configuración constructiva:

-Los arcos, como en la mayoría de los acueductos bajomediavales valencianos (Marín & López, 2023), se componen de sillarejos de formas irregulares, en este caso más bien alajados y con un aparejo dispuesto con las sogas orientadas en la dirección radial.

-Los soportes están compuestos por sillarejos de considerable tamaño para ofrecer una mayor consistencia estructural frente a la acción del agua. En el caso del acueducto de Soler por ejemplo, posee tajamares a ambos lados para minimizar el impacto del agua y los grandes caudales que por el barranco fluyan.

-El plano de apoyo de la canalización superior se encuentra a poca distancia de las claves de los arcos.

1. Entendiéndose como pilas a los apoyos intermedios en acueductos de más de un tramo o arcada.

Para realizar el análisis se han tomado como referencia los métodos de tipificación y sistematización desarrollados por Miguel Ángel Tabales (2002-a: 171-202), basados en trabajos anteriores de Parenti (1988) y Clairac (1877), en los que se han añadido variaciones observadas para cada uno de los tres casos de estudio específicos.

Sobre soporte fotográfico (ortofotografías) y planos a escala de cada uno de los alzados, se ha estructurado en análisis en dos:

I. Estudio tipológico

II. Estudio estratigráfico

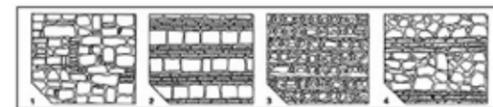
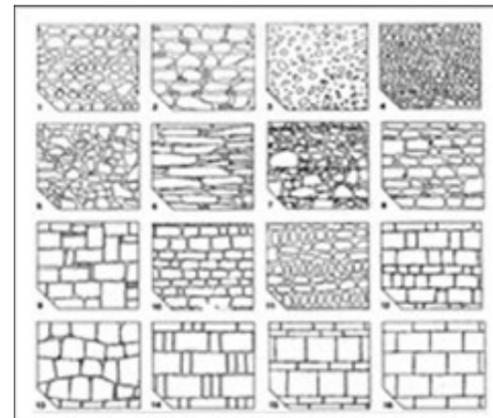
### I. Estudio tipológico

En él se trazan sobre dicho soporte los bordes de las unidades estratigráficas (UE), es decir, zonas que presentan mismas características y materiales, de manera homogénea, y que evidencian haber sido erigidas durante una misma acción constructiva (Mileto y Vegas, 2003: 190).

Aquí se identifican los siguientes elementos: tipos de aparejo, tipos de vano, añadidos, y revestimientos. En su representación se ha seguido la simbología propuesta por Tabales.

#### SÍMBOLOS TIPOLÓGICOS

-  Tipo de aparejo
-  Tipo de vano
-  Elementos añadidos
-  Acabado



	TECNICA COSTRUTTIVA										
Materiali	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Lavorazione	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Apparecchiatura	00	01	02	03	04	05	...	96	97	98	99
Finitura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Malta	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Tecnica costruttiva X= 10.12.5.1 piú il disegno											

▲ Tablas tipológicas de aparejos pétreos y mixtos en función de sus técnicas constructivas (Parenti, 1983, p.335). Fuente: (Vargas, 2013)

### Tipos de aparejo

#### APAREJO

-   Mampostería calzada con ripios de diverso tamaño formando hiladas
-   Irregular sin línea, con relleno de esquirlas
-   Irregular con sillarejo o mampuesto espaciado
-   Alineados subhorizontales y paralelos con sillarejo, alturas diversas
-   Alineados ondulados con esquirlas

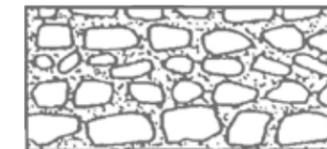
A su vez se diferencian subtipos, quedando configurado de la siguiente forma:

Atendiendo a sus dimensiones, disposición y características modulares, se comparan y encasillan con sus respectivas particularidades en los tipos de aparejo de piedra descritos por Tabales.

#### II.1. Alineado subhorizontal irregular

Identificado con la tipología:





#### II.5. Irregular sin línea con bloques espaciados, con o sin relleno de esquirlas

Identificado con la tipología:





#### II.7. Irregular con sillarejo o mampuesto espaciado

Identificado con la tipología:





#### II.8. Alineados subhorizontales y paralelos con sillarejo

Identificado con la tipología:





#### II.13. Alineados ondulados con o sin esquirlas

Identificado con la tipología:



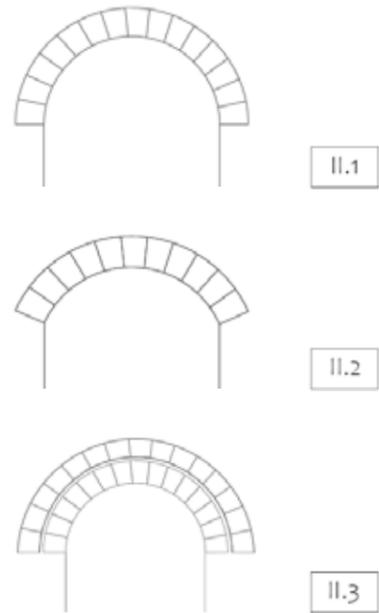


▲ Fotografías de aparejos de piedra. Fuente: Archivo propio 23'

Con respecto a los vanos, elementos añadidos y acabados, en este caso se desglosan en los siguientes subtipos:

VANO	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">II.1</div> Arco de medio punto <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">II.2</div> Arco rebajado de tres centros <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">II.3</div> Arco de medio punto con doble rosca
AÑADIDOS	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">1</div> Metal <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">2</div> Plásticos <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">3</div> Ladrillos <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">4</div> Afloramiento de piedra natural
ACABADOS	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">1</div> Sin acabado, por pérdidas en la mayoría de la superficie <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">2</div> Enlucido de cal (> 1 cm)

▼ Imagen 5.3. Representación gráfica, tipos de vano. Fuente: Elaboración propia.



## II. Estudio estratigráfico

Para el estudio de las unidades se identifican las relaciones existentes legibles en los bordes anteriormente trazados, esto es, si son unidades estratigráficas contemporáneas, anteriores o posteriores.

De este ejercicio se extraen las **hipótesis evolutivas** en la construcción de cada una de las estructuras objeto del presente estudio. Se consideran hipótesis, puesto que no hay documentación histórica alguna en la que se recojan las diferentes actuaciones y sólo se cuenta con fuentes orales, fuentes documentales primigenias y la pericia de la investigadora. No hay que olvidar que a pesar de que la lectura estratigráfica incorpora mucha información referente a aparejos, dimensiones de piezas, etc., se debe entender como un punto de arranque al que habrían que añadirse nuevos datos arqueológicos contrastados.

### SÍMBOLOS ESTRATIGRÁFICOS

	Se adosa a
	Se liga a
	Cubre a
	Corta a
	Taponado - cegado o emparchado
	Hueco, mella, sup. erosionada
	Grieta-Fisura

## 5.2 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

La elección del material, la mayoría de las veces, viene de la mano de la accesibilidad al mismo.

Como se comentaba en el **Capítulo 2. Análisis del contexto**, la zona de la Marina Baja posee una amplia e interesante variedad geológica<sup>2</sup>, cuya caracterización material (litología) se torna importante para abordar el estudio desde el punto de vista constructivo.

Concretamente, las áreas donde se ubican los acueductos forman parte de depósitos cuaternarios (IGME,1982), encontrando aquí de manera predominante arcillas, margas y conglomerados. En las inmediaciones del acueducto de Carbonera, también se localizan yesos.

▼ Imagen 5.3. Figuras A, B, y C, arcilla, marga y conglomerado respectivamente, localizadas en los elementos de estudio. Fuente: Archivo propio 23'. Figura D, Yeso triásico de Caravaca (Murcia). Fuente: Reg. Murcia integra digital · Naturaleza · Rocas



### Arcilla

Roca sedimentaria compuesta principalmente de minerales en forma de partículas muy finas, de diámetros de 0.002 mm a 0.0001 mm. Procede de la meteorización de los feldspatos (caolinización) de rocas pre-existentes, cuya composición básica es silicato aluminico hidratado ( $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ).



### Marga

Roca sedimentaria de naturaleza carbonatada y arcillosa. Su color y grado de cohesión varían en función de la proporción de carbonato o arcilla que posea: a mayor cantidad de carbonato, mayor similitud con la caliza y, a mayor proporción de arcilla, más blanda y terrosa se vuelve. Además, en la zona de la comarca, como en Sierra Helada, también se dan calizas margosas, en las que



### Conglomerado

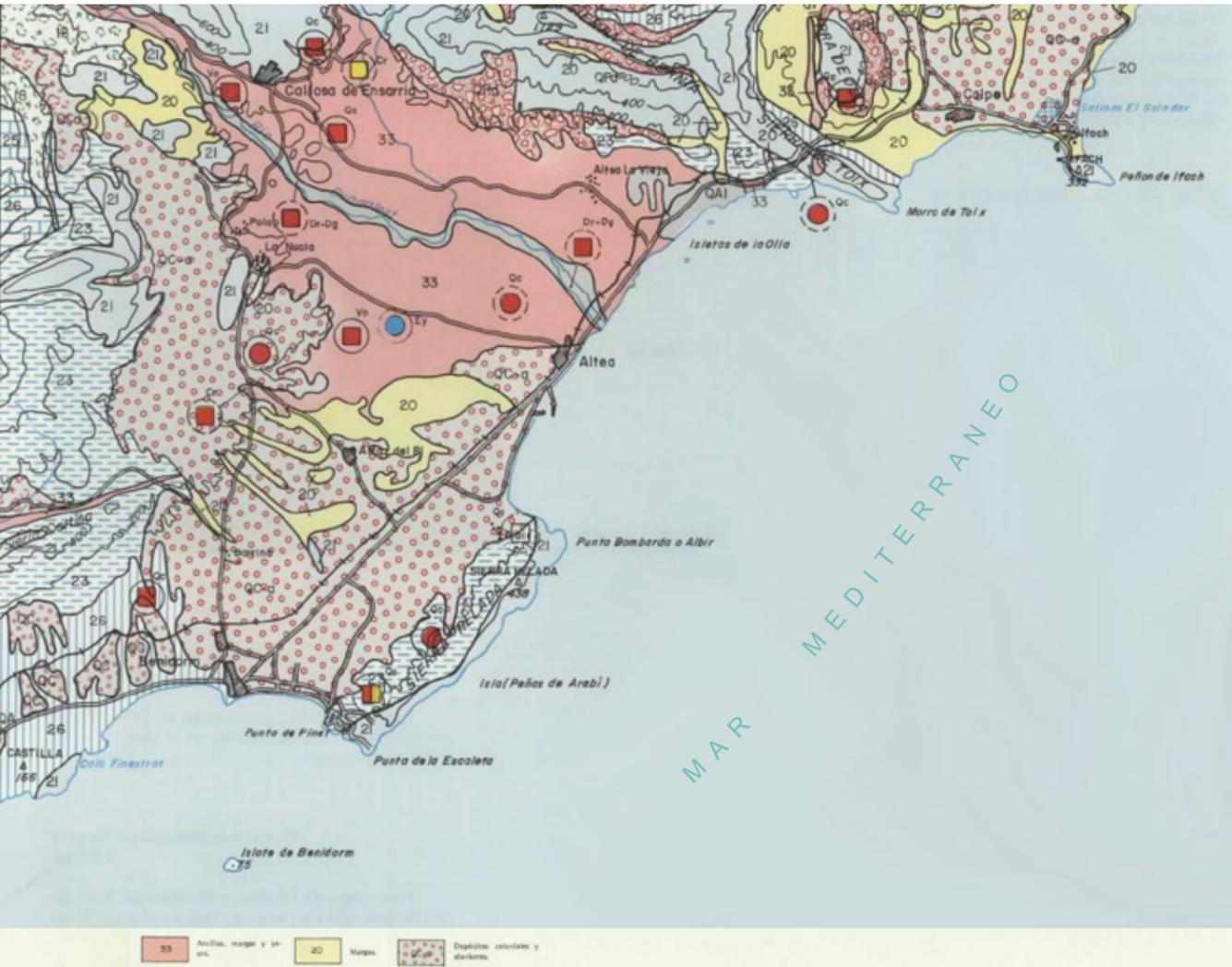
Roca sedimentaria, tipo clástica o detrítica, en la que los granos o cantos, presentan un diámetro superior a 2 mm y quedan unidos por una argamasa cementosa. Los granos suelen presentar una forma redondeada, aunque pueden ser angulosos, en cuyo caso se denominan brechas. Este tipo de rocas se encuentran principalmente en los abanicos aluviales, recubriendo otras rocas de mayor antigüedad.



### Yeso

Roca sedimentaria de origen químico ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) formada por la evaporación del agua (generalmente marina) y la precipitación de minerales disueltos.

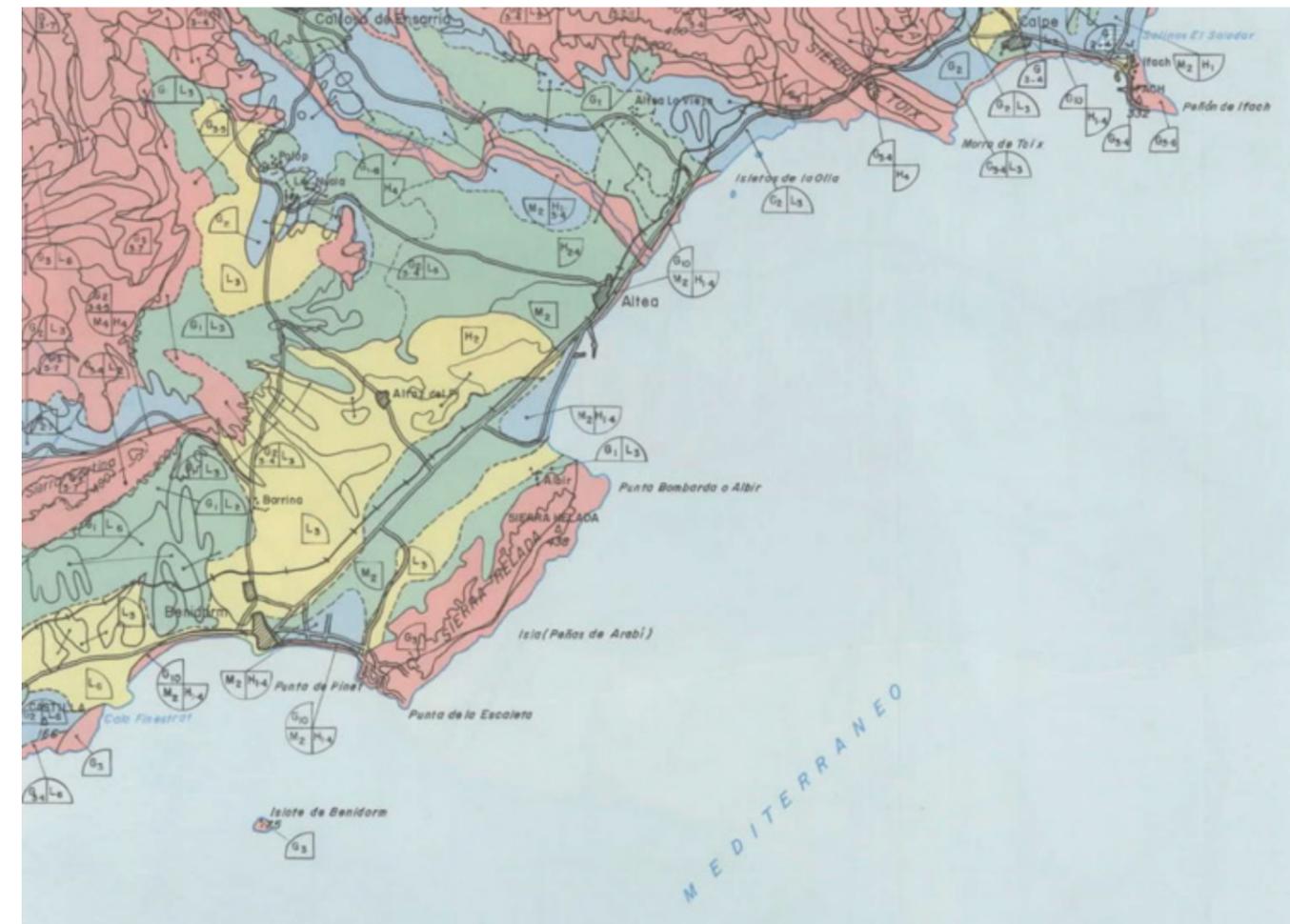
2. Recientemente el Museo Paleontológico de Elche (MUPE), por encargo del Ayuntamiento de l'Alfàs del Pi, ha elaborado un catálogo con los recursos paleontológicos y geológicos del municipio, que ya ha sido expuesto en el XI Congreso de Geología de España (julio de 2024).



▲ Imagen 5.4. Litología. Rocas y minerales industriales. Indicios. Fuente: IGME, 1987. pp. 23. Leyenda en pp. 31.

La predominancia de estos recursos en el medio natural inmediato a los acueductos, constituye una fuente valiosa de materia prima como material de construcción.

Es importante caracterizar los materiales que conforman los elementos ya que, de este modo se puede advertir su comportamiento físico, mecánico y químico, el cual afecta de forma directa a los mismos. Estos datos son esenciales para identificar los potenciales riesgos de degradación en los elementos arquitectónicos y tomar medidas preventivas o correctivas adecuadas.



▲ Imagen 5.5. Mapa nº 8 Interpretación Geotécnica. Condiciones constructivas. Fuente: IGME, 1987. pp. 64. Leyenda en pp. 67.

Según puede observarse en los atlas geológicos, las condiciones constructivas de los terrenos en los que se encuentran las estructuras de **Soler** y **Els Arcs**, pueden presentar problemas de carácter hidrológico por ser zonas con riesgo de arroyada. En las proximidades de **Carbonera**, son más probables los problemas de tipo geomorfológico: zonas con pendientes topográficas comprendidas entre un 7 y un 15 % que presentan riesgo potencial de deslizamiento o reptaciones; y de tipo hidrológico por la agresividad y presencia de sulfatos y cloruros.

Aún así no clasifican las zonas con grandes restricciones para la construcción, considerándose terrenos "seguros".

### 5.3 ACUEDUCTO DE CARBONERA

#### Cimentación

Mediante inspección visual se aprecia que el arco que constituye la estructura apoya directamente sobre la roca natural. Las características morfológicas y químicas precisas de la cimentación sólo podrían determinarse a partir de excavaciones arqueológicas y tomas de muestras. No obstante, sí que se conoce a través de diferentes estudios geológicos, la litología de la zona, luego puede aventurarse que la roca sobre la que se asienta la estructura sea de tipo margoso.

Se aprecia además aguas arriba una imponente roca que emana del terreno y va ligada a la construcción original del acueducto.

#### Pilas y tajamares

Se trata de una estructura formada por una única arcada en la que el apoyo se produce directamente en la roca natural, sin existencia de pilas o tajamares.

#### Cepas o estribos

Los extremos que transmiten la carga a la cimentación, en este caso, están constituidos por la propia roca sobre la que descansa la estructura. Este apoyo, principalmente en la cara aguas abajo (alzado sureste), se observa en combinación con un aparejo más o menos regular compuesto por mampuestos ordinarios de aristas vivas, mortero de cal y ripios. Las dimensiones de los mampuestos varían desde los 15 cm hasta los 30 cm de largo por 5 cm de alto aproximadamente, y están dispuestos en los intersticios de la piedra natural, homogeneizando la base para el soporte del arco.



Imagen 5.6. Esquema marcado cimentación fachada aguas abajo (alzado sureste) del acueducto de Carbonera. Fuente: Elaboración propia



Imagen 5.7. Esquema marcado estribos fachada aguas abajo (alzado sureste) del acueducto de Carbonera. Fuente: Elaboración propia

▼ Imagen 5.8. Izq. Zona de estribo izquierdo aguas abajo (alzado sureste) del acueducto de Carbonera. Dcha. Apoyo sobre roca. Fuente: Archivo propio '23.



Imagen 5.9. Esquema marcado arco fachada aguas arriba (alzado noroeste) del acueducto de Carbonera. Fuente: Elaboración propia

#### Bóvedas y arcos

La construcción a analizar queda definida por un arco rebajado de tres centros compuesto por mampostería ordinaria enripiada.

El arco posee una luz de 6,93 m, un espesor total de 1,40 m y un canto aproximado de 0,35 m. La altura libre central es de aproximadamente unos 4,50 m.

Los mampuestos están colocados a sardinel vertical de forma radial conformando las dovelas del arco, poseen unas dimensiones que varían desde los 35x10 cm hasta los 25x5 cm, y conforman traba con el resto del muro que constituye el tímpano y el relleno. En algunos puntos se observan rejunte realizados con ladrillo cerámico manual visiblemente posteriores a la construcción de la arcada.

El mortero utilizado para su construcción es una argamasa con gravas de hasta 3-4 cm de diámetro, tierra y cal.

En el intradós del arco aún puede observarse la huella de la cimbra original.

Como se comentaba en capítulos anteriores, también encontramos dos pletinas metálicas de 1,5 cm a modo de cimbra permanente. Se asegura el contacto con la fábrica original, mediante una pellada perimetral de mortero de cal, con granulometrías que alcanzan los 2 cm. La coloración de este mortero es significativamente similar al original, pudiendo distinguirse uno de otro, en zonas constructivas claramente añadidas y sobre todo en la cantidad y tamaño de la granulometría, siendo mayor cantidad y menor tamaño en el mortero más reciente.

▼ Imagen 5.10. Izquierda. Detalle del intradós del arco, pletinas metálicas, pellas perimetrales de mortero para contacto entre materiales y huella de cimbra. Derecha. Arco aguas arriba (alzado noroeste) del acueducto de Carbonera. Fuente: Archivo propio '23.



**Características del arco**

Tipo	Arco escarzano de 3 centros		
Dimensiones	(metros)	(pies)	
	luz	6,93 m	(23 p)
	radio 1	2,45 m	(8p)
	radios 2 y 3	1,73 m	(5,5 p)
	canto	0,35 m	(1 p)
espesor	1,40 m	(4,75 p)	
Aparejo	Regular y trabado con tímpano y relleno		
Acabado	Revestimiento continuo, desaparecido casi en su totalidad.		

**Componentes**

**Elementos pétreos**

Tipo	Mampuestos y ripios de piedra natural
Naturaleza	Margas y conglomerados
Dimensiones	Variables: de 35 a 25 cm (soga) y de 10 a 5 cm de canto
Colocación	A sardinel vertical. Radialmente conformando las dovelas del arco

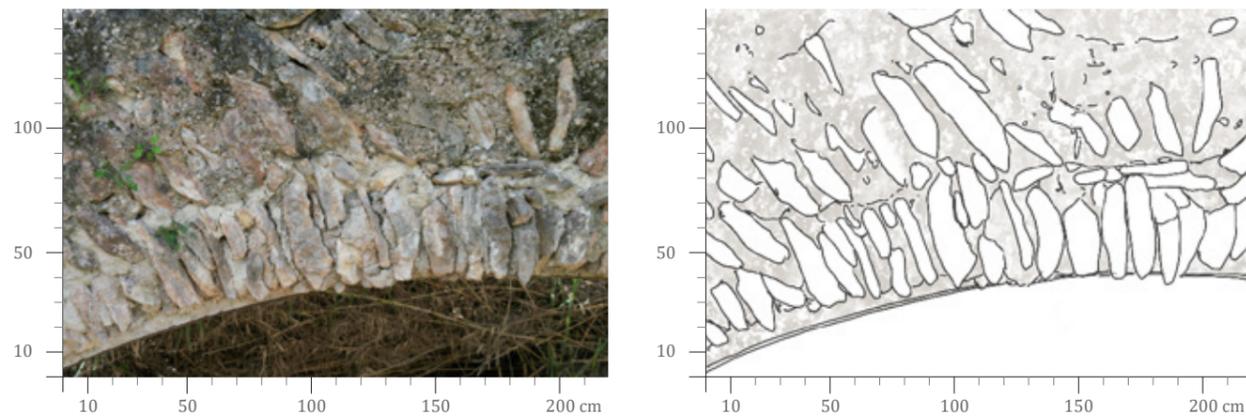
**Mortero**

Mortero de cal y tierra con gravas de hasta 3 o 4 cm.

**Añadidos**

- Ladrillos cerámicos macizos en rejunes
- Pletinas metálicas a modo de cimbra permanente

**Muestra fotográfica y planimétrica**



▲ Imagen 5.11. Izquierda: Detalle de pletinas en el intradós del arco, acueducto de Carbonera. Derecha: detalle pellada perimetral que asegura la solidarización entre arco y pletina, se aprecia la granulometría del mortero utilizado y puede compararse con el original. Fuente: Archivo propio '23.



Imagen 5.12. Esquema marcado tímpano y relleno fachada aguas arriba (alzado noroeste) del acueducto de Carbonera. Fuente: Elaboración propia

**Tímpanos y relleno**

El arranque de este arco rebajado se apoya en la propia roca, junto a un pequeño aparejo ripiado descrito anteriormente. Sobre él, se extiende el mismo aparejo trabado con el arco, de manera que las hiladas de mampostería siguen la inclinación radial de las dovelas y luego pasan a un plano horizontal hasta completar el muro.

Los mampuestos tienen dimensiones variables, con formas principalmente alargadas y máximos de 45 cm de soga, en el caso de aquellos con geometrías más redondeadas, alcanzan cantos de hasta 15-20 cm. La naturaleza de la capa de relleno es desconocida, aunque por el tipo de construcción, se supone una argamasa de cal y tierra con piedras de canto rodado de diversos tamaños.

El muro posee un espesor medio aproximado de 1,40 m, sobre el que posteriormente descansaría el canal de la acequia.

**Características propias**

Tipo	Muro de mampostería
Espesor global	1,4 m (4,75 p)
Acabado	Revestimiento continuo, desaparecido casi en su totalidad.

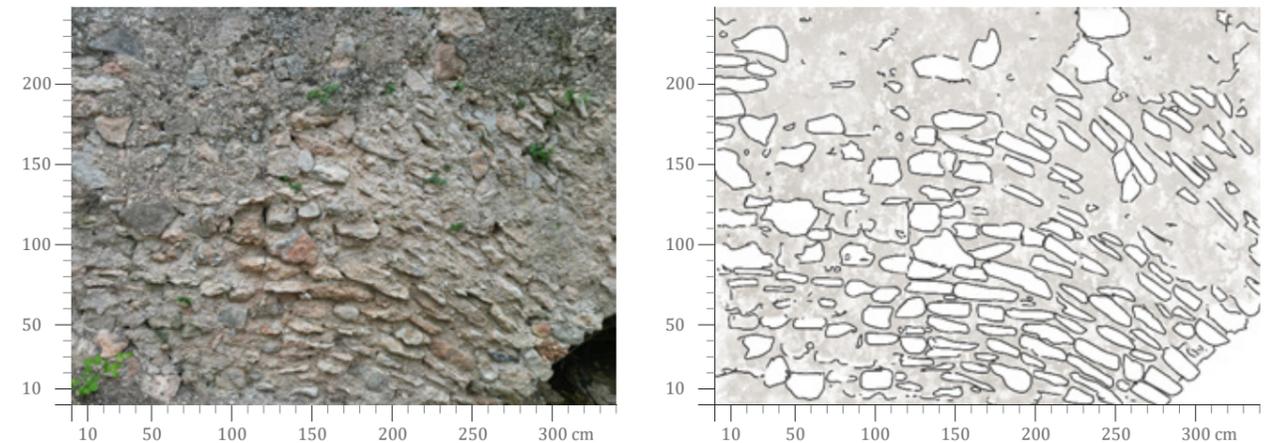
**Elementos pétreos**

Naturaleza	Margas y conglomerados
Dimensiones	Variables, principalmente alargadas hasta 45 cm (soga) y 10 cm (canto)
Aparejo	Alineados ondulados con esquirlas. Tipo II. 5

**Mortero**

Argamasa de cal y tierra con gravas de hasta 3 o 4 cm.

**Muestra fotográfica y planimétrica**



### Canal

Respecto al canal superior, no se observan restos ni posibles indicios de la primitiva acequia.

A pesar de que este tipo de construcción, bajo sus circunstancias originales, incluye la hipótesis de una canalización en la parte superior de la arquería, no se han obtenido datos concisos que certifiquen su existencia en algún momento.

Sólo se ha contado con fuentes orales que de hecho, confirman su ausencia desde antes de los años 30 del pasado siglo.

#### Características propias

Forma canal | No visible, inexistente.

Altura total | - m

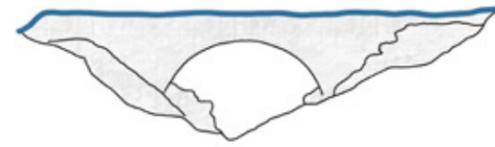


Imagen 5.13. Esquema marcado ubicación canal superior. Fachada aguas arriba (alzado noroeste) del acueducto de Carbonera. Fuente: Elaboración propia

◀ Imagen 5.14. Fotografías aéreas de la parte superior de la estructura. Alzado aguas arriba (noroeste) del acueducto de Carbonera. Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse en las imágenes de la izquierda, no se aprecia una terminación clara ni indicios visibles de la presencia o huella de la acequia superior. Esta ausencia podría deberse a factores relacionados con la degradación estructural o el desgaste progresivo del material a lo largo del tiempo.

Es importante recalcar –aunque este tema se abordará de manera más detallada en el capítulo dedicado a patologías– que todo el canal superior se encuentra en una situación de desprotección debido a la falta de impermeabilización. Esta deficiencia constructiva permite que el alma del muro que acompaña al arco esté expuesta, lo que facilita el acceso del agua y otros agentes externos.

Como resultado, se incrementa el riesgo de filtraciones y deterioro, comprometiendo la integridad de la estructura a largo plazo.

### 5.3.1. ESTUDIO TIPOLOGICO. MAPEADOS

A continuación en base a la metodología expresada en el apartado 6.1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA, se aporta anexo gráfico del análisis correspondiente a esta sección.



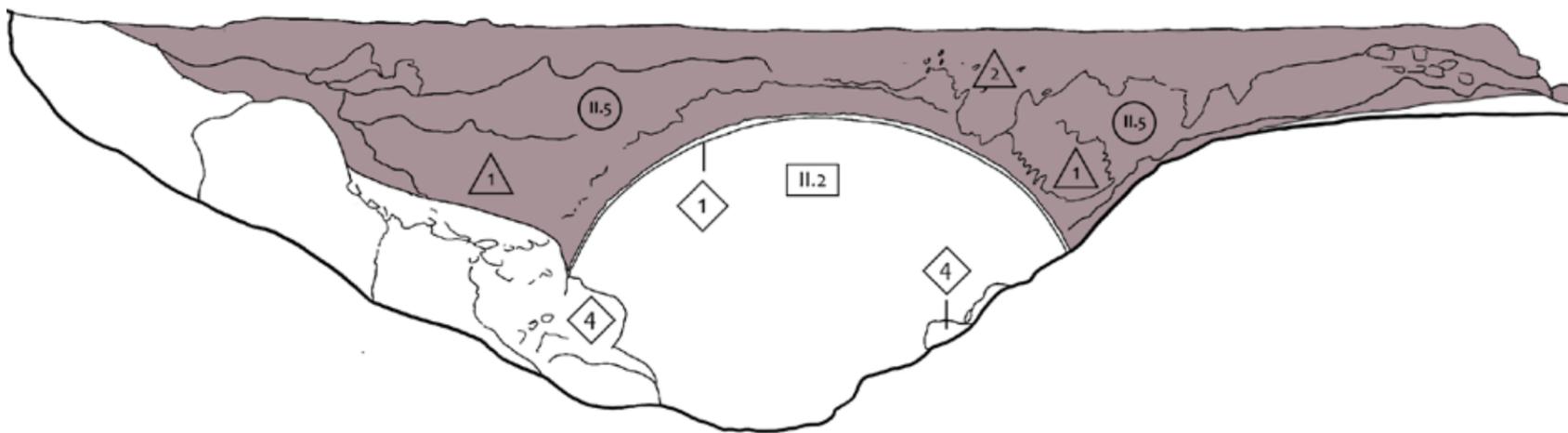
Imagen 5.15. Acueducto de Carbonera. 2013. Cortesía de Carolina Frías.

APAREJO		II.1	Mampostería calzada con ripios de diverso tamaño formando hiladas
		II.2	Irregular sin línea, con relleno de esquirlas
		II.3	Irregular con sillarejo o mampuesto espaciado
		II.4	Alineados subhorizontales y paralelos con sillarejo, alturas diversas
		II.5	Alineados ondulados con esquirlas

VANO		II.1	Arco de medio punto
		II.2	Arco rebajado de tres centros
		II.3	Arco de medio punto con doble rosca

AÑADIDOS		1	Metal
		2	Plásticos
		3	Ladrillos
		4	Afloramiento de piedra natural

ACABADOS		1	Sin acabado, por pérdidas en la mayoría de la superficie
		2	Enlucido de cal (> 1 cm)



Dibujo a línea.  
Marcado de las UE - Estudio tipológico  
Fuente: Archivo propio '23.



Superposición ortofotografía.  
Marcado de las UE - Estudio tipológico  
Fuente: Archivo propio '23.

0 1 5 m

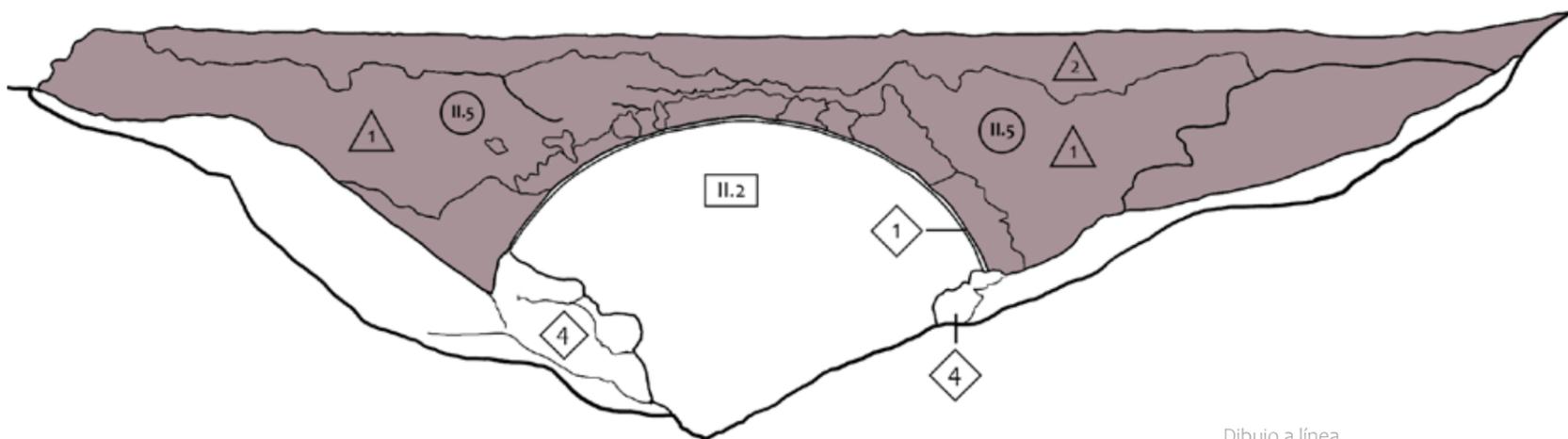
Alzado noroeste · Aguas arriba

APAREJO		II.1	Mampostería calzada con ripios de diverso tamaño formando hiladas
		II.2	Irregular sin línea, con relleno de esquirlas
		II.3	Irregular con sillarejo o mampuesto espaciado
		II.4	Alineados subhorizontales y paralelos con sillarejo, alturas diversas
		II.5	Alineados ondulados con esquirlas

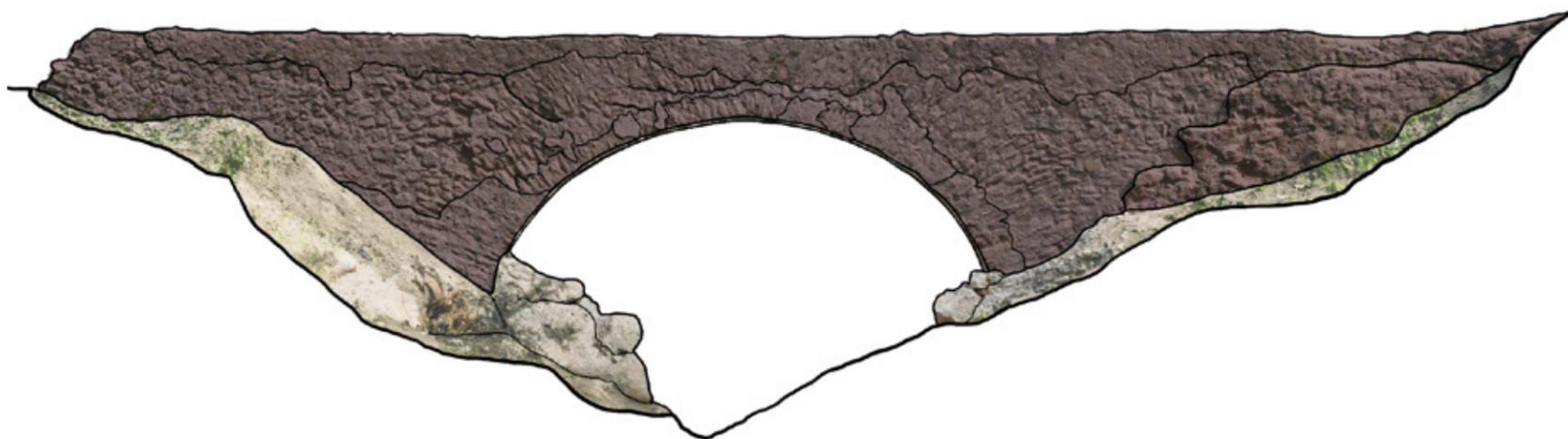
VANO		II.1	Arco de medio punto
		II.2	Arco rebajado de tres centros
		II.3	Arco de medio punto con doble rosca

AÑADIDOS		1	Metal
		2	Plásticos
		3	Ladrillos
		4	Afloramiento de piedra natural

ACABADOS		1	Sin acabado, por pérdidas en la mayoría de la superficie
		2	Enlucido de cal (> 1 cm)



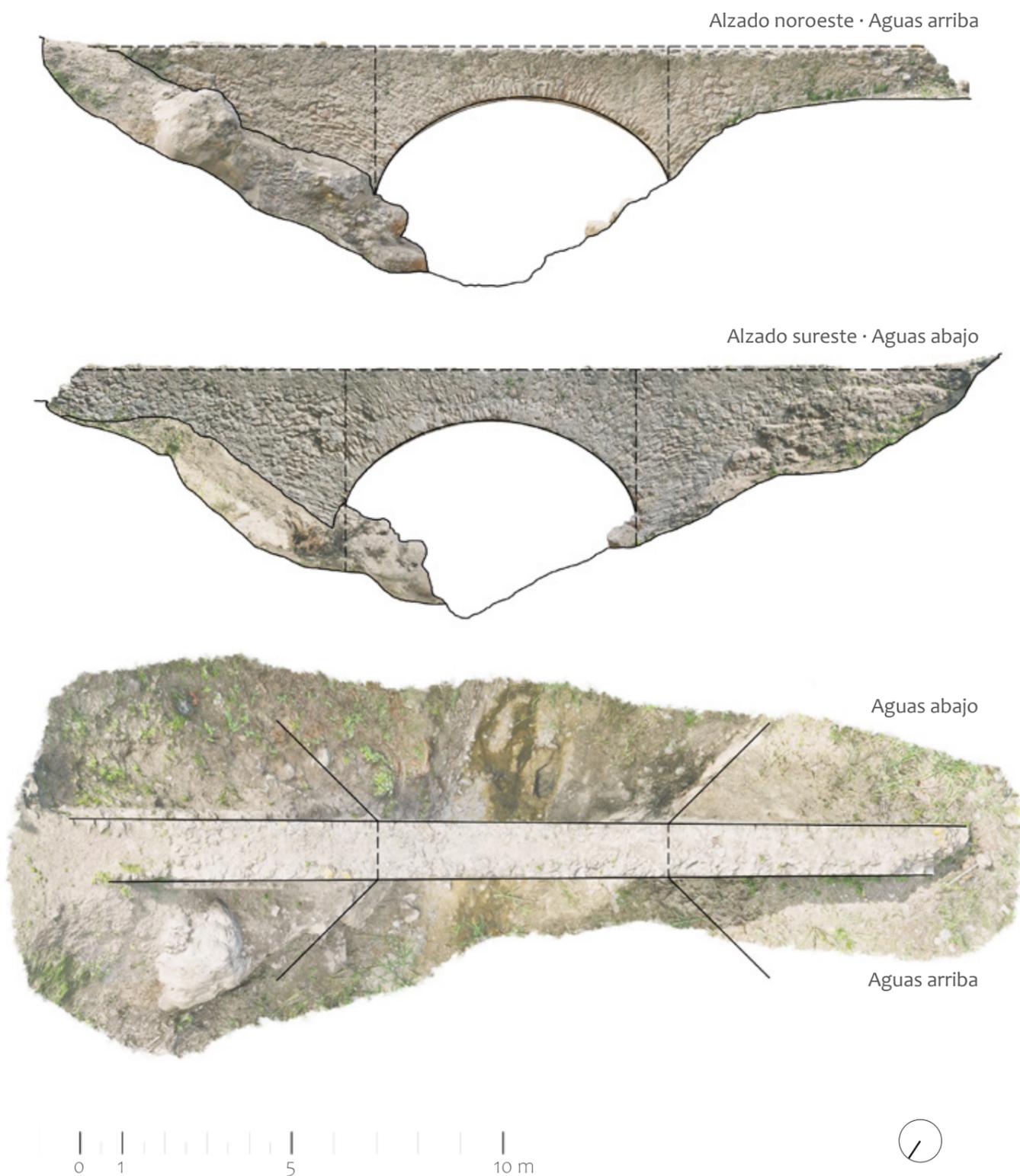
Dibujo a línea.  
 Marcado de las UE - Estudio tipológico  
 Fuente: Archivo propio '23.



Superposición ortofotografía.  
 Marcado de las UE - Estudio tipológico  
 Fuente: Archivo propio '23.

0 1 5 m

Alzado sureste • Aguas abajo



▲ Imagen 5.8. Planta y alzados del acueducto de Carbonera. Fuente: Elaboración propia a partir de ortofotogrametría y nube de puntos.

### 5.3.2. ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO. HIPÓTESIS EVOLUTIVA

La documentación histórica que se tiene respecto a la construcción del elemento y las sucesivas intervenciones que se han llevado a cabo a lo largo del tiempo es escasa. Por ello, y con los medios de los que se ha dispuesto para este estudio, se han marcado cuatro etapas distintas:

- ETAPA I.a** ¿Siglo XVII?, se observa la existencia de un muro de mampostería compuesto por sillarejos alineados subhorizontales, el cual presenta un grosor superior al del resto de la estructura, y se sospecha sea de construcción anterior al resto de ella.
- ETAPA I.b** A partir del siglo XVII, correspondiente a la construcción original de la estructura.
- ETAPA II** Anterior a los años 30 del siglo XX. La inexistencia actual de un canal superior por el que discurriera la acequia, hace que se cuestione su presencia original. Según fuentes orales (como D. José Soler Pérez, cuya colaboración con este proyecto ya comentamos en capítulos anteriores), se tiene constancia de que, antes de los años 30 del siglo pasado, allí no existía tal canal.
- ETAPA III** Entre los años 80 y 90 del siglo XX. Es la datación ofrecida mediante fuentes orales (institución del Ayuntamiento de l'Alfàs del Pi) de la incorporación de un par de pletinas metálicas de acero en el intradós del arco a modo de cimbra permanente. De lo que se supone fue una intervención de refuerzo estructural, no se tienen fuentes escritas ni datos que se hayan podido contrastar.

A continuación, se expresa la lectura y descripción de las distintas Unidades Estratigráficas (UE) que se han detectado. Posteriormente se ordenan cronológicamente en las etapas señaladas mediante la expresión de un diagrama de Harris.

La elaboración de este tipo de esquemas es muy útil para una sistematización, orden y visualización secuencial de los distintos estratos. Existe una gran variedad de software que facilita el manejo de esta herramienta, como por ejemplo: *Harris matrix composer*, *ArchEd* o *Stratify*.

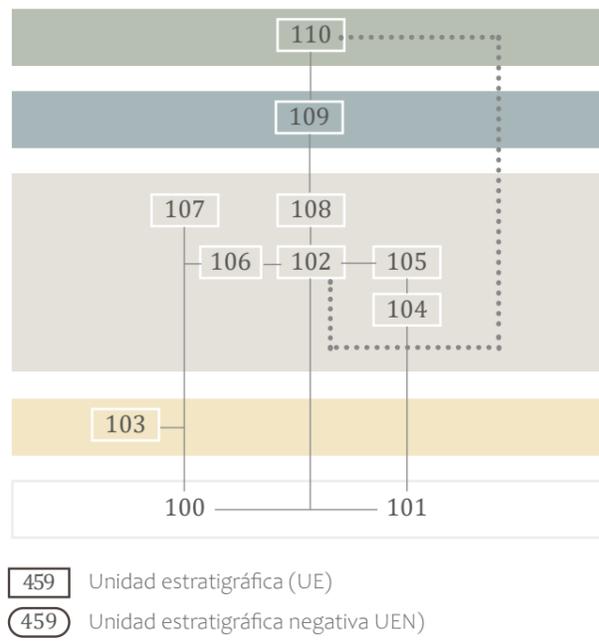
En este caso, al disponer de pocas UE (menos de 50), se ha optado por la realización del esquema de forma tradicional, es decir, manualmente.

NOTA\*\*Reiterar que la información planteada en este apartado se debe tomar a modo orientativo, puesto que el alcance del presente documento cuenta con las limitaciones de ser un estudio académico. Para futuras intervenciones debería acompañarse de estudios arqueológicos o apoyarse en ensayos que ofrezcan análisis y caracterización de los materiales presentes, de modo que se arrojen resultados más detallados de sus relaciones o cronología.

IDENTIFICACIÓN UE

100	Afloramiento de piedra natural
101	
102	Arco rebajado de tres centros
103	Muro de mampostería. Sillarejos de piedra natural, alineados subhorizontales. Mayor espesor que el resto de la estructura muraria.
104	Mampostería. Sillarejos de piedra natural con aparejo tipo II.5. Alineados ondulados con esquirlas. Falta generalizada de revestimiento y piezas con mucha erosión que dificultan la lectura.
105	
106	
107	
108	Revestimiento de mortero de cal de > 1,5 cm.
109	Cimbra permanente compuesta por dos pletinas metálicas que garantizan su contacto con la estructura original mediante pelladas perimetrales de mortero
110	Posible canal superior para acequia

DIAGRAMA DE HARRIS

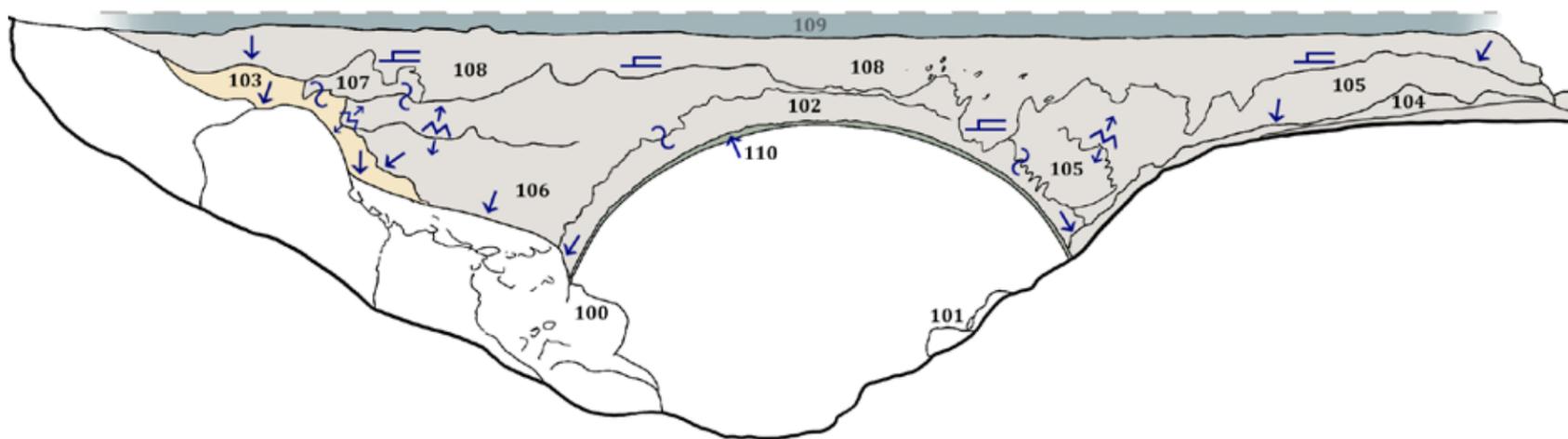


SÍMBOLOS ESTRATIGRÁFICOS

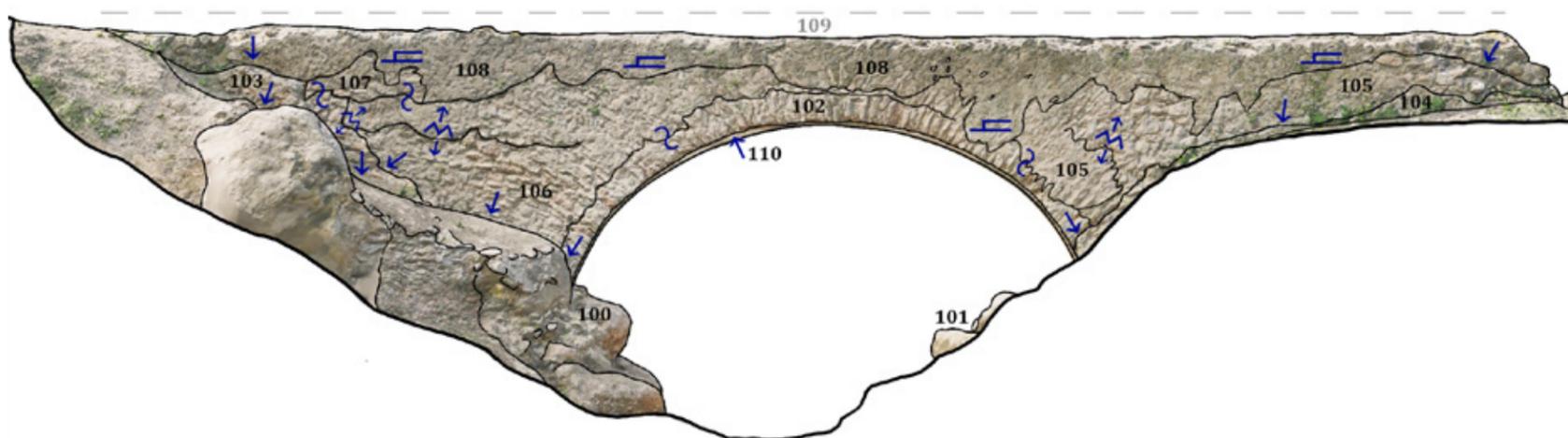
- ↓ Se adosa a
- ↪ Se liga a
- ⊥ Cubre a
- ⊃ Corta a
- Taponado - cegado o emparchado
- Hueco, mella, sup. erosionada
- ↕ Grieta-Fisura

ETAPAS

- ETAPA I.a  
¿Siglo XVII?
- ETAPA I.b  
A partir del siglo XVII
- ETAPA II.  
Anterior a los años 30 del siglo XX
- ETAPA III.  
Entre los años 80 y 90 del siglo XX



Dibujo a línea.  
Marcado de las UE - Estudio estratigráfico  
Fuente: Archivo propio '23.



Superposición ortofotografía.  
Marcado de las UE - Estudio estratigráfico  
Fuente: Archivo propio '23.

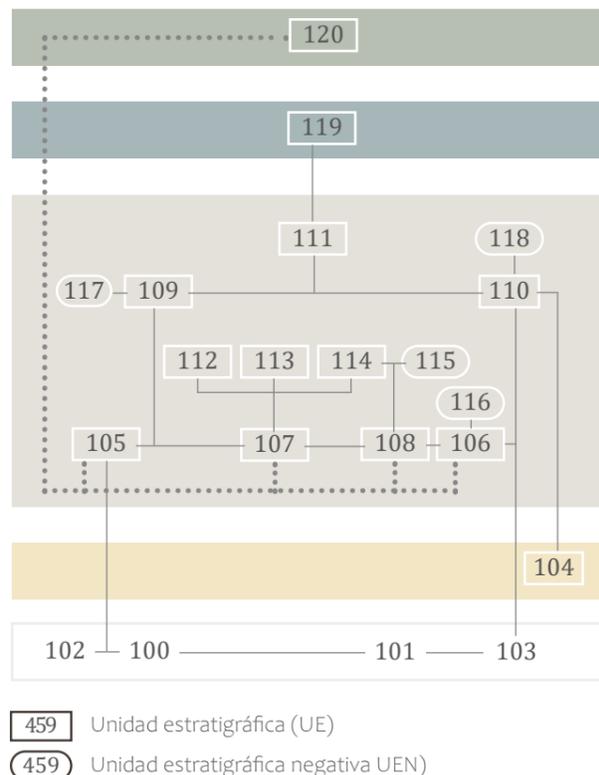


HIPÓTESIS EVOLUTIVA\_Alzado noroeste · Aguas arriba

IDENTIFICACIÓN UE

100 101	Afloramiento de piedra natural
102 103	Talud
104	Muro de mampostería. Sillarejos de piedra natural, alineados subhorizontales. Mayor espesor que 109 y 110
105 106 107 108	Arco rebajado de tres centros
109 110	Mampostería. Sillarejos de piedra natural con aparejo tipo II.5. Alineados ondulados con esquirlas. Falta generalizada de revestimiento y piezas con mucha erosión que dificultan la lectura.
111	Revestimiento de mortero de cal de > 1,5 cm.
112 113 114	Pellas de reparación, taponado-cegado o emparchado con mortero
115 116 117 118	Hueco, mella o superficie erosionada
119	Posible canal superior para acequia
120	Cimbra permanente compuesta por dos pletinas metálicas que garantizan su contacto con la estructura original mediante pellas perimetrales de mortero

DIAGRAMA DE HARRIS

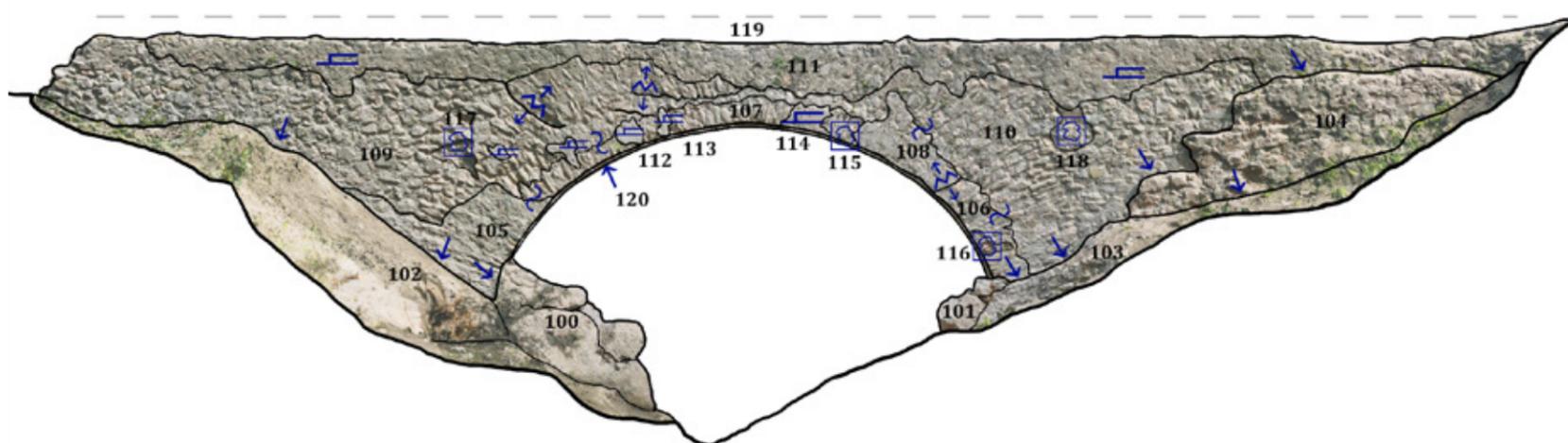
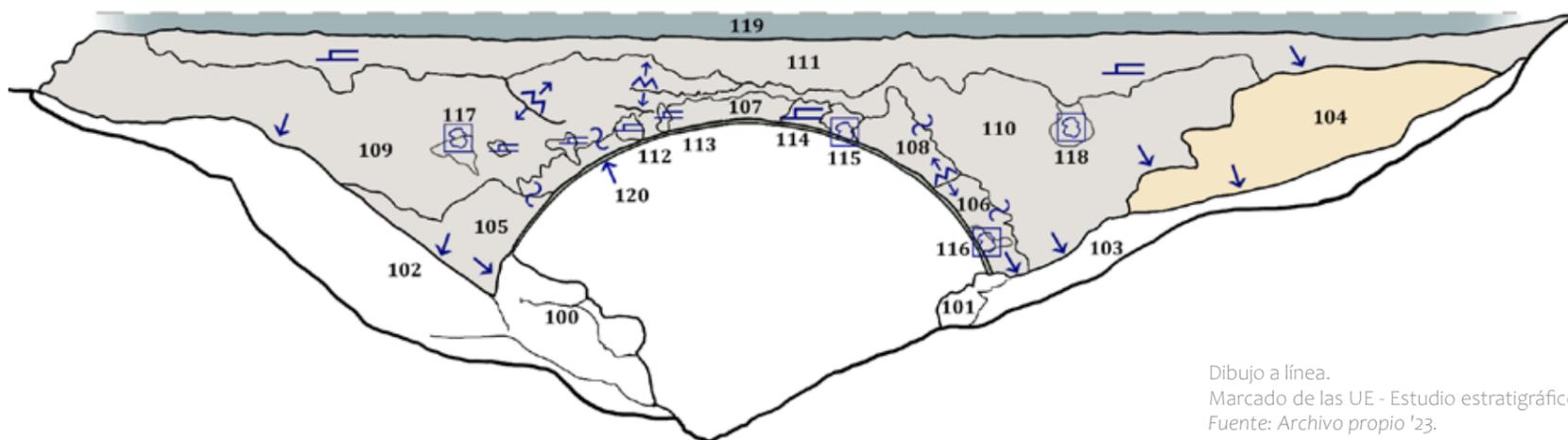


SÍMBOLOS ESTRATIGRÁFICOS

- Se adosa a
- Se liga a
- Cubre a
- Corta a
- Taponado - cegado o emparchado
- Hueco, mella, sup. erosionada
- Grieta-Fisura

ETAPAS

- ETAPA I.a  
¿Siglo XVII?
- ETAPA I.b  
A partir del siglo XVII
- ETAPA II.  
Anterior a los años 30 del siglo XX
- ETAPA III.  
Entre los años 80 y 90 del siglo XX



HIPÓTESIS EVOLUTIVA\_ Alzado sureste · Aguas abajo

## 5.4 ACUEDUCTO DE ELS ARCS

### Cimentación

No se tiene información constatada respecto a la cimentación, pues las limitaciones del estudio (permisos de excavación, propiedad de la Confederación Hidrográfica del Júcar, entre otros) han hecho imposible su obtención. Aunque serían necesarias excavaciones arqueológicas que arrojasen datos precisos, se baraja la hipótesis de que su cimentación sea directamente sobre la roca.

### Pilas y tajamares

Se trata de una estructura formada por una única arcada en la que el apoyo se produce directamente en la roca natural, sin existencia de pilas o tajamares.

### Cepas o estribos

En el caso de este acueducto, las cepas quedan más que visibles y diferenciadas del resto de componentes. A pesar de que los tamaños de los mampuestos entre un estribo y otro varían de forma notable, lo cierto es que no dejan de ser sillarejos de un tamaño mayor al del resto de la estructura, dispuestos de manera alineada subhorizontal y paralela.

El tamaño de estas piezas oscila entre los 90x70x20 cm hasta los 40x30x11 cm aproximadamente.

Si nos ubicamos de frente al alzado este (aguas abajo), y adelantamos hasta situarnos bajo el centro del arco, podemos ver el estribo a mano izquierda, con sillarejos claramente más pequeños a los del extremo de la derecha (Imagen 5.17). En la cepa izquierda, se advierte un muro de aparejo irregular adosado, perteneciente lo más probable a una unidad de ejecución distinta.

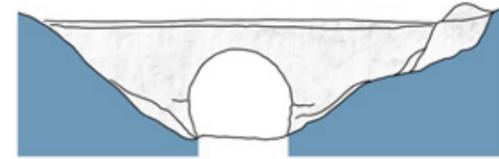


Imagen 5.16. Esquema marcado ubicación cimentación. Fachada aguas abajo (alzado este) del acueducto de Els Arcs. Fuente: Elaboración propia

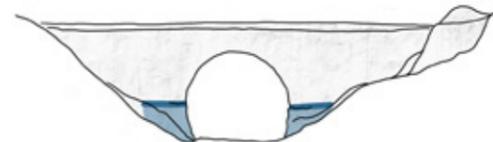


Imagen 5.17. Esquema marcado ubicación estribos. Fachada aguas abajo (alzado este) del acueducto de Els Arcs. Fuente: Elaboración propia

◀ Imagen 5.18. Estribos izquierdo y derecho respectivamente, tomando como referencia para izquierda y derecha el alzado este (aguas abajo) del acueducto de Els Arcs. Fuente: Archivo propio '23.



Imagen 5.19. Esquema marcado ubicación arco. Fachada aguas abajo (alzado este) del acueducto de Els Arcs. Fuente: Elaboración propia

### Características del arco

Tipo	Arco de medio punto	
Dimensiones	(metros)	(pies)
	luz ≈ 5,00 m	(16,5 p)
	radio 2,50 m	(8,25 p)
	canto 0,40 m	(1,25 p)
	espesor 1,35 m	(4,5 p)
Aparejo	Regular y trabado	
Acabado	Revestimiento continuo, prácticamente desaparecido.	

### Bóvedas y arcos

Un arco de medio punto construido en mampostería ordinaria de diversos tamaños es el elemento definitorio formal de esta infraestructura hidráulica.

Posee una luz de unos 5 m, un espesor total de 1,35 m y un canto medio de 0,40 m. La altura libre central es de aproximadamente unos 4,45 m.

Sus dovelas se colocan de manera radial, apreciándose la intencionalidad de traba de los sillarejos que las componen con los tímpanos y el relleno. Las piezas tienen dimensiones que oscilan de 30 a 40 cm de soga (algunas piezas hasta 50 o 55 cm para conseguir la traba), y de 5 a 15 cm de grueso o canto.

El mortero de ligazón es una argamasa de cal, áridos de río y ripios con un tamaño máximo de unos 5-6 cm.

En el intradós del arco, aún se observa la huella de la cimbra original, de la que se pueden ver modulaciones de aproximadamente 1,10 metros de alto (5 palmos alicantinos).

### Componentes

#### Elementos pétreos

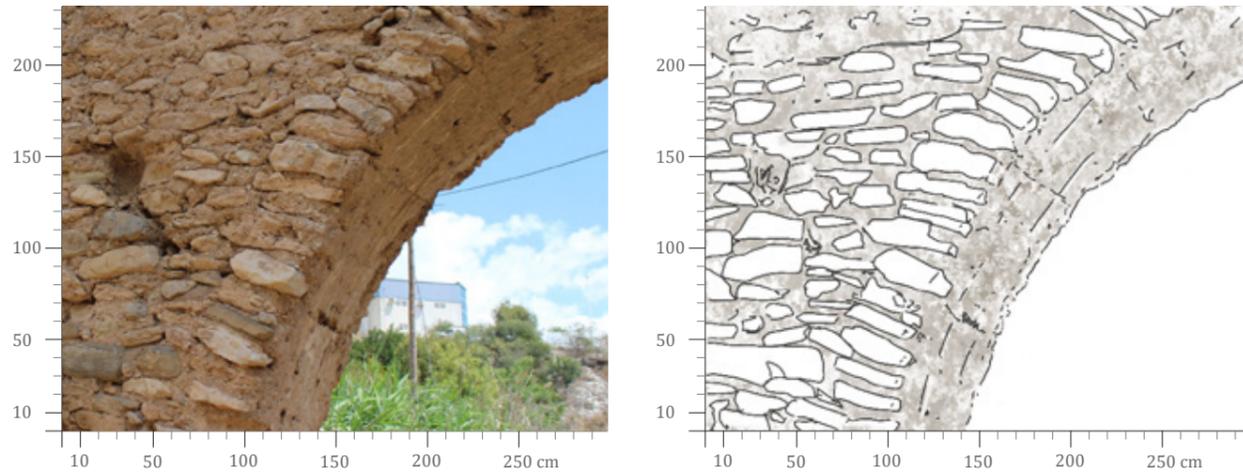
Tipo	Sillarejos y ripios de piedra natural
Naturaleza	Margas y conglomerados
Dimensiones	30-40 (soga) x 5-15 (canto) cm
Colocación	A sardinell vertical. Radialmente conformando las dovelas del arco

#### Mortero

Mortero de cal, áridos de río y ripios de hasta 5-6 cm.

▶ Imagen 5.20. Frontal del arco desde el alzado este (aguas abajo) del acueducto de Els Arcs. Fuente: Archivo propio '23.





### Tímpanos y relleno

En la parte muraria de este elemento, se distinguen al menos dos tipos de aparejo distinto:

- Por un lado y coetáneo a la estructura del arco, por su configuración, materialidad y traba, se desarrolla un muro de mampuestos alineados subhorizontales y paralelos con sillarejo de diversas alturas (II.4). Estas piezas las cuales en ocasiones alcanzan los 70 cm de soga y los casi 20 cm de canto a lo largo del paramento, quedan cogidas con un mortero de cal, arena y gravas, con granulometría de hasta 4-5 cm.
- Por otro lado, se aprecia un aparejo irregular, sin formación de líneas y con relleno de esquirlas (II.2), que arranca desde el terreno en ambos extremos de la estructura y sobre el que parece adosarse el anterior (II.4).

De forma generalizada el acueducto dispone de un revestimiento de cal, el cual ha desaparecido por completo en amplias zonas del muro.



Imagen 5.21. Esquema marcado ubicación tímpanos y relleno. Fachada aguas abajo (alzado este) del acueducto de Els Arcs. Fuente: Elaboración propia

### Características propias

Tipo	Muro de mampostería
Espesor global	1,35 m (4,5 p)
Acabado	Revestimiento continuo, desaparecido en su totalidad en amplias zonas

### Elementos pétreos

Naturaleza	Margas y conglomerados
Dimensiones	Variables, según tipo de aparejo
Aparejo	Tipos II.2 y II.4

### Mortero

Mortero de cal y gravas de hasta 4 o 5 cm.

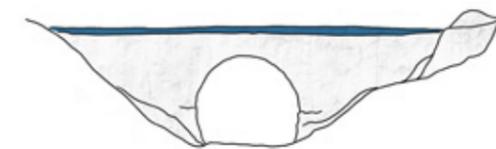
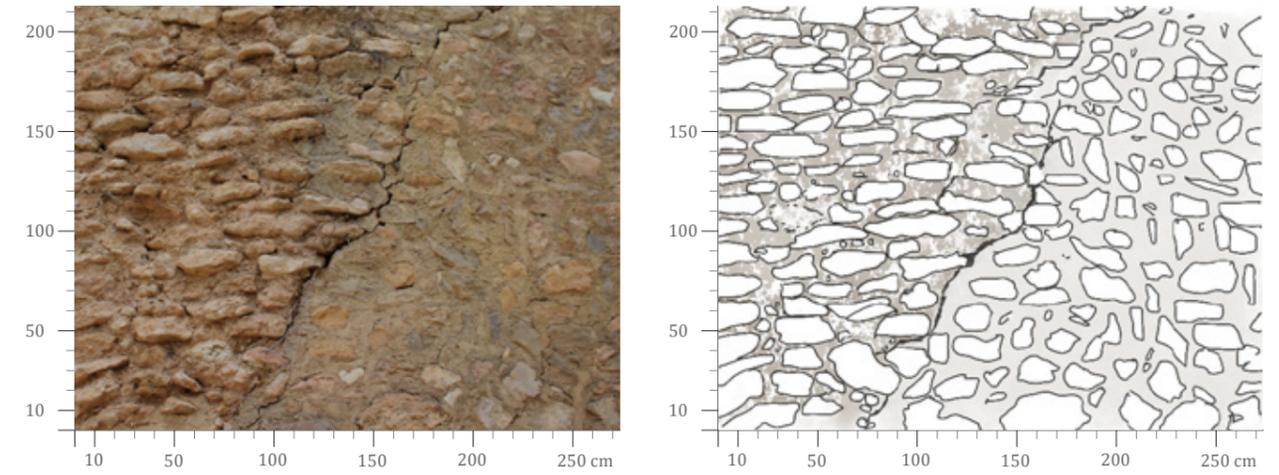


Imagen 5.22. Esquema marcado ubicación canal superior. Fachada aguas abajo (alzado este) del acueducto de Els Arcs. Fuente: Elaboración propia

### Canal

En lo que respecta a la acequia que discurre por la parte superior, actualmente queda oculta por una hilada toscamente ejecutada de ladrillo cerámico hueco, junto a unas últimas filas de ripios y sobre esto, una capa final de mortero de cemento, que ciega por completo cualquier acceso o resquicio del canal original. Se aprecia claramente la línea de coronación primigenia del relleno sobre el arco.

### Características propias

Forma canal	No visible, tapado con mortero de cemento.
Altura total	0,30 m

### Elementos pétreos

Mampuestos de pequeño tamaño de piedra natural de naturaleza margosa dispuestos en hiladas subhorizontales, cogidos con mortero de cal y gravas de hasta 3 cm.

### Elementos cerámicos

Ladrillo cerámico hueco (24x11,5x9 cm) dispuesto en una hilada y cogido con mortero de cemento.



► Imagen 5.23. Detalle de la terminación del canal superior. Frontal del arco desde el alzado este (aguas abajo) del acueducto de Els Arcs, donde también se aprecia la conexión ente el arco y el muro de acompañamiento del mismo. La falta de traba y clara diferenciación que se observa entre ambos sugiere que se construyeron en fases diferenciadas, no a la vez. Fuente: Archivo propio '23.

#### 5.4.1. ESTUDIO TIPOLÓGICO. MAPEADOS

A continuación en base a la metodología expresada en el apartado 6.1. *OBJETIVOS Y METODOLOGÍA*, se aporta anexo gráfico del análisis correspondiente a esta sección.



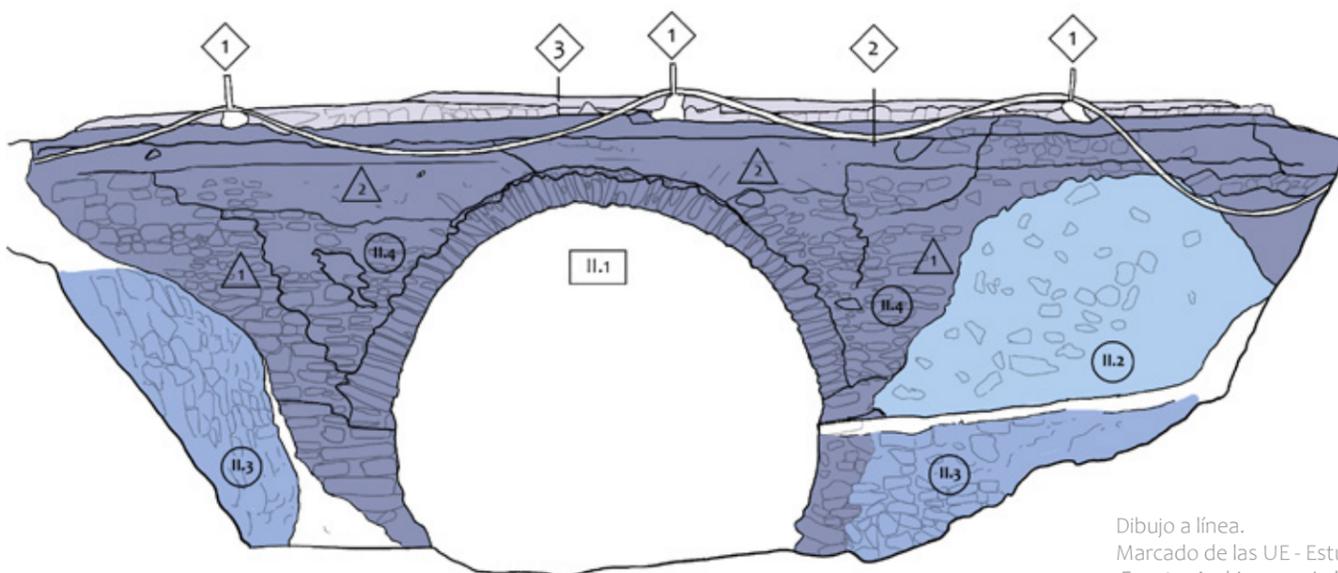
Imagen 5.24. Acueducto de Els Arcs. Febrero de 2023. Archivo propio.

APAREJO		II.1	Mampostería calzada con ripios de diverso tamaño formando hiladas
		II.2	Irregular sin línea, con relleno de esquirlas
		II.3	Irregular con sillarejo o mampuesto espaciado
		II.4	Alineados subhorizontales y paralelos con sillarejo, alturas diversas
		II.5	Alineados ondulados con esquirlas

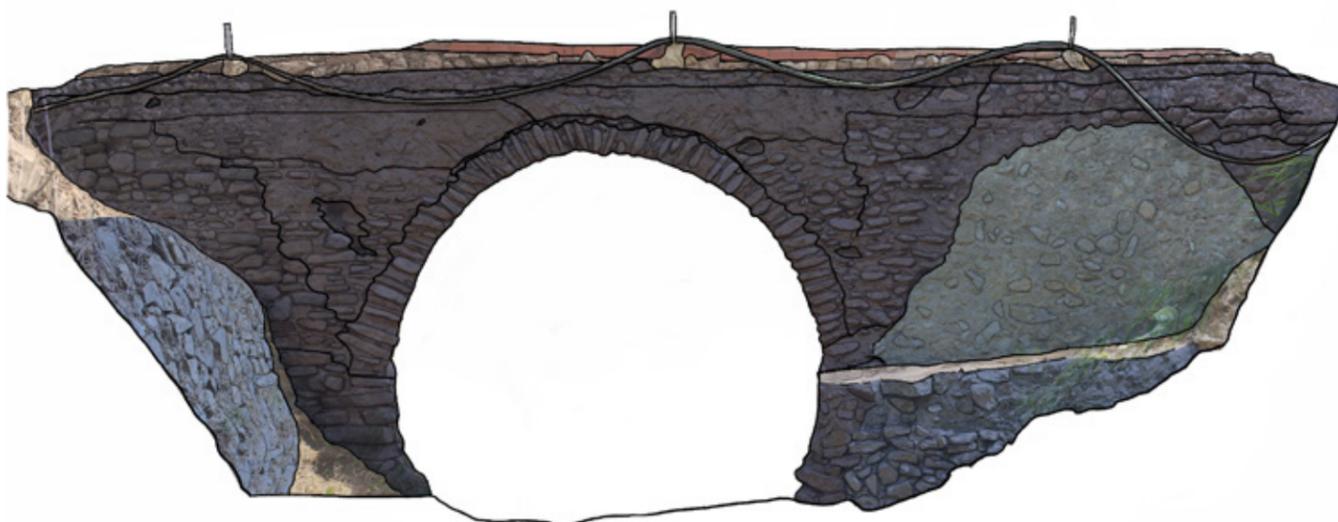
VANO		II.1	Arco de medio punto
		II.2	Arco rebajado de tres centros
		II.3	Arco de medio punto con doble rosca

AÑADIDOS		1	Metal
		2	Plásticos
		3	Ladrillos
		4	Afloramiento de piedra natural

ACABADOS		1	Sin acabado, por pérdidas en la mayoría de la superficie
		2	Enlucido de cal (> 1 cm)



Dibujo a línea.  
 Marcado de las UE - Estudio tipológico  
 Fuente: Archivo propio '23.



Superposición ortofotografía.  
 Marcado de las UE - Estudio tipológico  
 Fuente: Archivo propio '23.

0 1 5 m

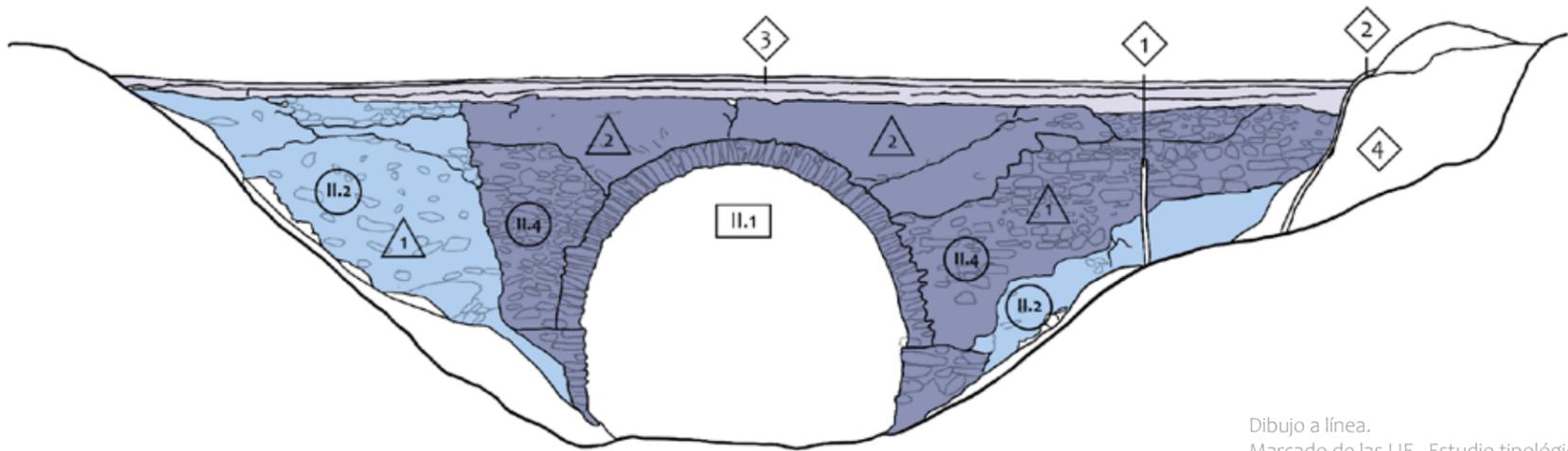
Alzado oeste· Aguas arriba

APAREJO		II.1	Mampostería calzada con ripios de diverso tamaño formando hiladas
		II.2	Irregular sin línea, con relleno de esquirlas
		II.3	Irregular con sillarejo o mampuesto espaciado
		II.4	Alineados subhorizontales y paralelos con sillarejo, alturas diversas
		II.5	Alineados ondulados con esquirlas

VANO		II.1	Arco de medio punto
		II.2	Arco rebajado de tres centros
		II.3	Arco de medio punto con doble rosca

AÑADIDOS		1	Metal
		2	Plásticos
		3	Ladrillos
		4	Afloramiento de piedra natural

ACABADOS		1	Sin acabado, por pérdidas en la mayoría de la superficie
		2	Enlucido de cal (> 1 cm)



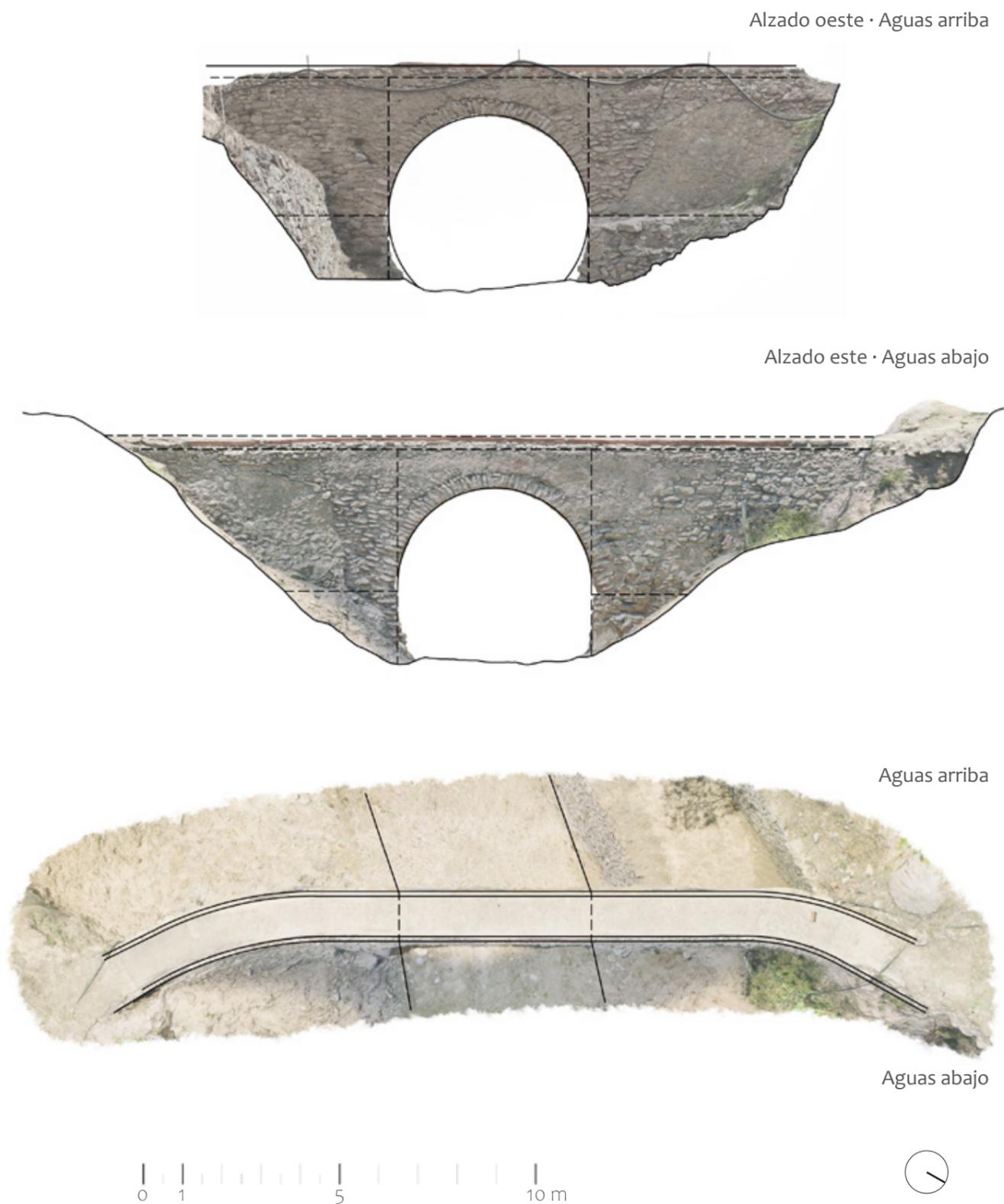
Dibujo a línea.  
 Marcado de las UE - Estudio tipológico  
 Fuente: Archivo propio '23.



Superposición ortofotografía.  
 Marcado de las UE - Estudio tipológico  
 Fuente: Archivo propio '23.

0 1 5 m

Alzado este · Aguas abajo



▲ Imagen 5.8. Planta y alzados del acueducto de Els Arcs. Fuente: Elaboración propia a partir de ortofotogrametría y nube de puntos.

#### 5.4.2. ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO. HIPÓTESIS EVOLUTIVA

Para el caso del acueducto de *Els Arcs* se han marcado tres etapas distintas:

- ETAPA I.a** **¿Siglo XVII?**. Se distingue esta etapa anterior y primigenia a la construcción del arco. Como hemos visto en apartados anteriores, el aparejo es completamente distinto, con los mampuestos más dispersos y mayor cantidad de mortero, comportándose por tanto también distinto al de la estructura del arco. Se sugiere que pudo haber un arco previo al que vemos ahora y que se vino abajo por las circunstancias que fuese (mala construcción, fuerza latera de agua, etc) pero, sí que se puede confirmar que el acueducto está apoyando sobre una estructura existente anterior a él.
- ETAPA I.b** **A partir del siglo XVII**, correspondiente a lo que se estima sea la construcción original de la estructura.
- Siglo XX**. Es la datación que se da los rejunte observados con ladrillo, y a la reconstrucción del canal superior, que actualmente se encuentra rematado por unas hiladas de ripios junto a una fila de ladrillo cerámico hueco y una capa final de mortero de cemento que oculta por completo la acequia.
- ETAPA III** **Siglo XXI**. Se encuentran en esta última etapa canalizaciones en pvc y elementos metálicos encastrados con mortero al estrato de la etapa anterior, sin observarse otra finalidad que la sujetar la canalización de pvc.

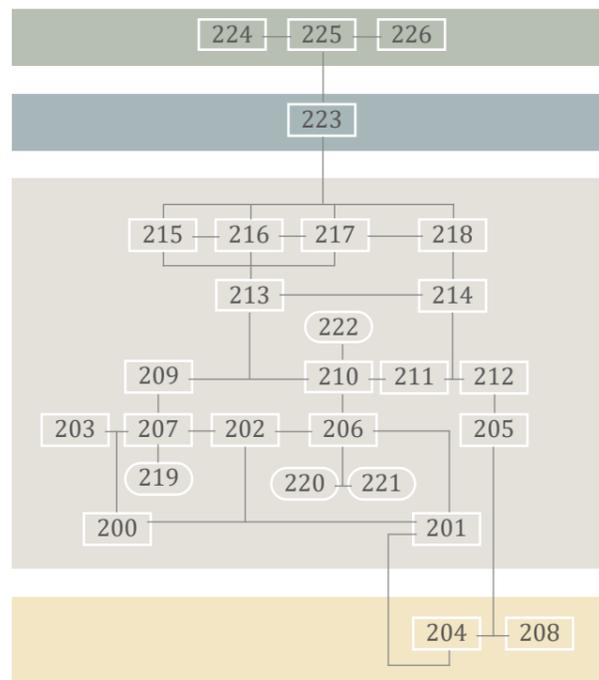
A continuación, se expresa la lectura y descripción de las distintas Unidades Estratigráficas (UE) que se han detectado. Posteriormente se ordenan cronológicamente en las etapas señaladas mediante la expresión de un diagrama de Harris. La elaboración de este esquema se ha realizado de forma tradicional, es decir, manualmente.

NOTA\*\*Reiterar que la información planteada en este apartado se debe tomar a modo orientativo, puesto que el alcance del presente documento cuenta con las limitaciones de ser un estudio académico. Para futuras intervenciones debería acompañarse de estudios arqueológicos o apoyarse en ensayos que ofrezcan análisis y caracterización de los materiales presentes, de modo que se arrojen resultados más detallados de sus relaciones o cronología.

IDENTIFICACIÓN UE

200 201	Estribos y talud
202	Arco de medio punto
203, 205 206, 207 211, 212 213, 214 215, 216 217, 218	Mampostería. Sillarejos de piedra natural con aparejo tipo II.4. Alineados subhorizontales y paralelos con sillarejo de diversas alturas.
204, 208	Mampostería. Sillarejos de piedra natural con aparejo tipo II.2. Irregular, sin formación de líneas y con relleno de esquirlas.
209, 210	Revestimiento de mortero de cal de > 1,5 cm.
219, 220 221, 222	Hueco, mella o superficie erosionada
223	Canal superior cegado mediante hilada de ladrillo cerámico hueco y mortero de cemento
224 225 226	Elementos impropios como canalización de pvc y esperas metálicas cogidas al canal con pellas de mortero de cemento.

DIAGRAMA DE HARRIS



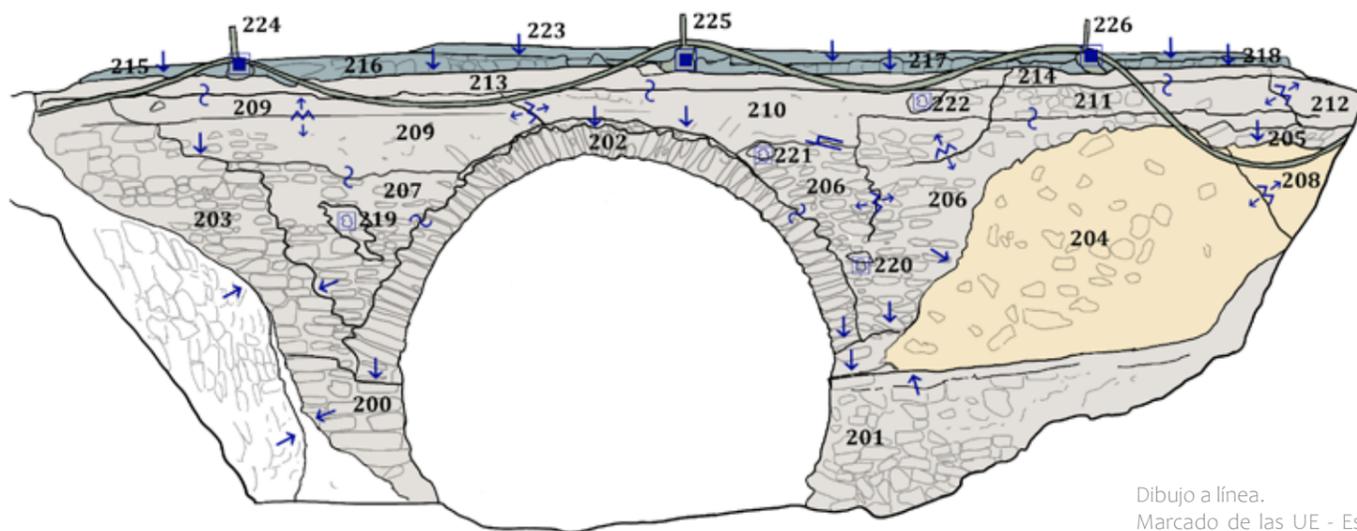
459 Unidad estratigráfica (UE)  
 (459) Unidad estratigráfica negativa (UEN)

SÍMBOLOS ESTRATIGRÁFICOS

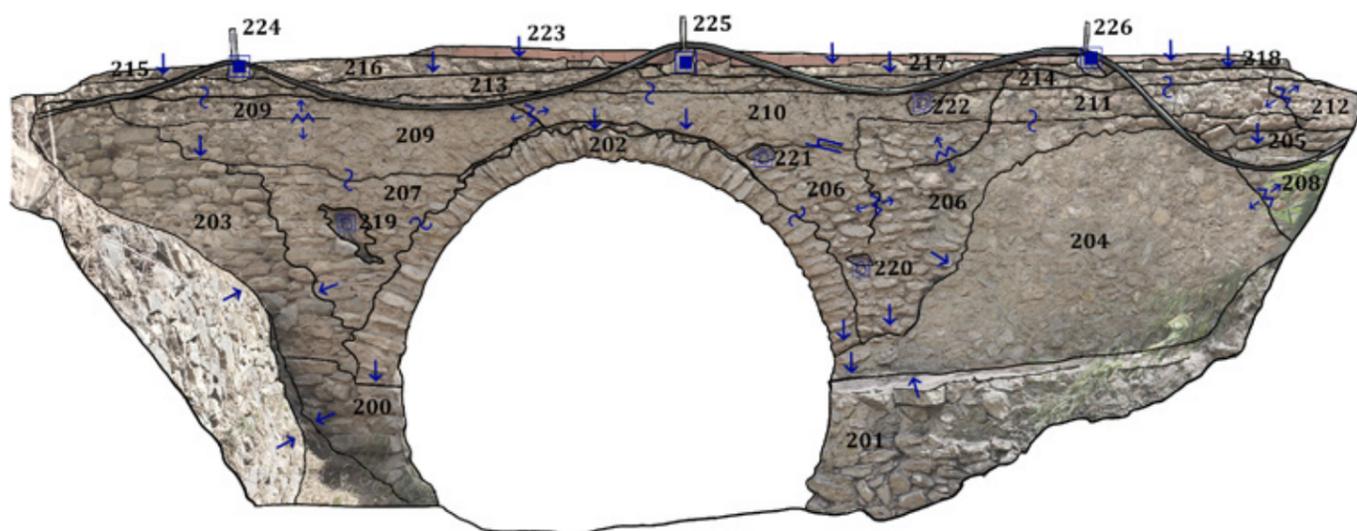
- Se adosa a
- ↪ Se liga a
- ⊥ Cubre a
- ⊥ Corta a
- Taponado - cegado o emparchado
- Hueco, mella, sup. erosionada
- ↔ Grieta-Fisura

ETAPAS

- ETAPA I.a  
¿Siglo XVII?
- ETAPA I.b  
A partir del siglo XVII
- ETAPA II.  
Siglo XX (rejuntas y canal en ladrillo)
- ETAPA III.  
Siglo XXI (canalizaciones pvc y elementos metálicos)



Dibujo a línea.  
 Marcado de las UE - Estudio estratigráfico  
 Fuente: Archivo propio '23.



Superposición ortofotografía.  
 Marcado de las UE - Estudio estratigráfico  
 Fuente: Archivo propio '23.

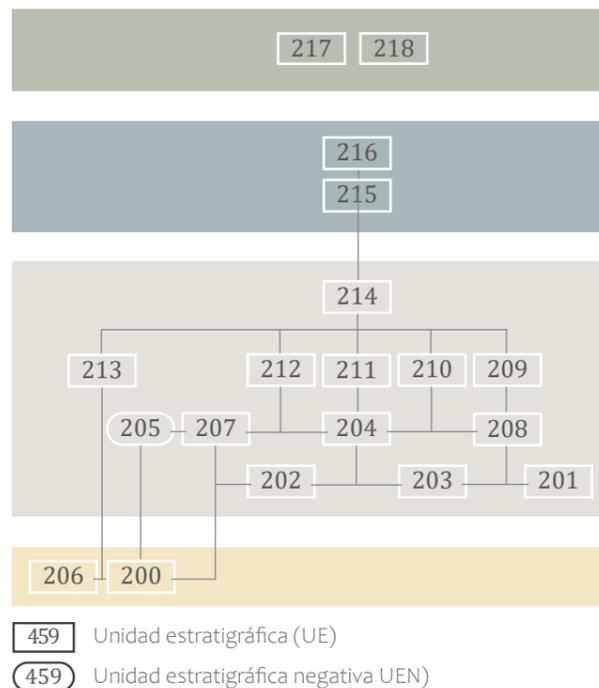
0 1 5 m

HIPÓTESIS EVOLUTIVA\_ Alzado oeste • Aguas arriba

IDENTIFICACIÓN UE

201 202, 203	Estribos y talud
204	Arco de medio punto
207 208, 209 213, 214	Mampostería. Sillarejos de piedra natural con aparejo tipo II.4. Alineados subhorizontales y paralelos con sillarejo de diversas alturas.
200, 206	Mampostería. Sillarejos de piedra natural con aparejo tipo II.2. Irregular, sin formación de líneas y con relleno de esquirlas.
210 211 212	Revestimiento de mortero de cal de > 1,5 cm.
205	Hueco, mella o superficie erosionada
215	Canal superior cegado mediante hilada de ladrillo cerámico hueco y mortero de cemento
216, 217	Elementos impropios como canalización de pvc y esperas metálicas cogidas al canal con pellas de mortero de cemento.

DIAGRAMA DE HARRIS

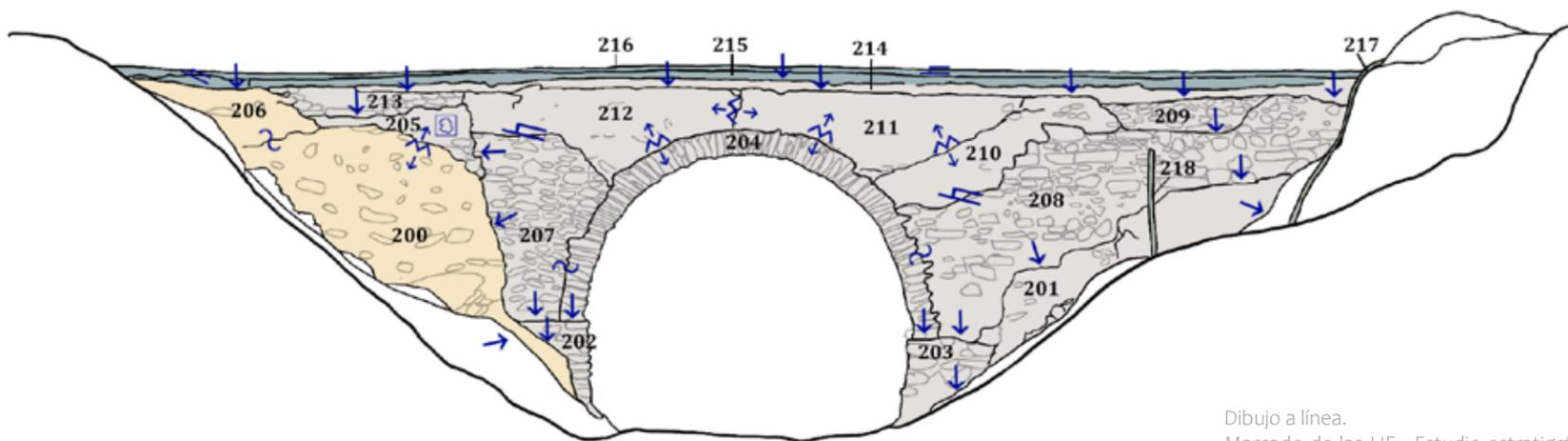


SÍMBOLOS ESTRATIGRÁFICOS

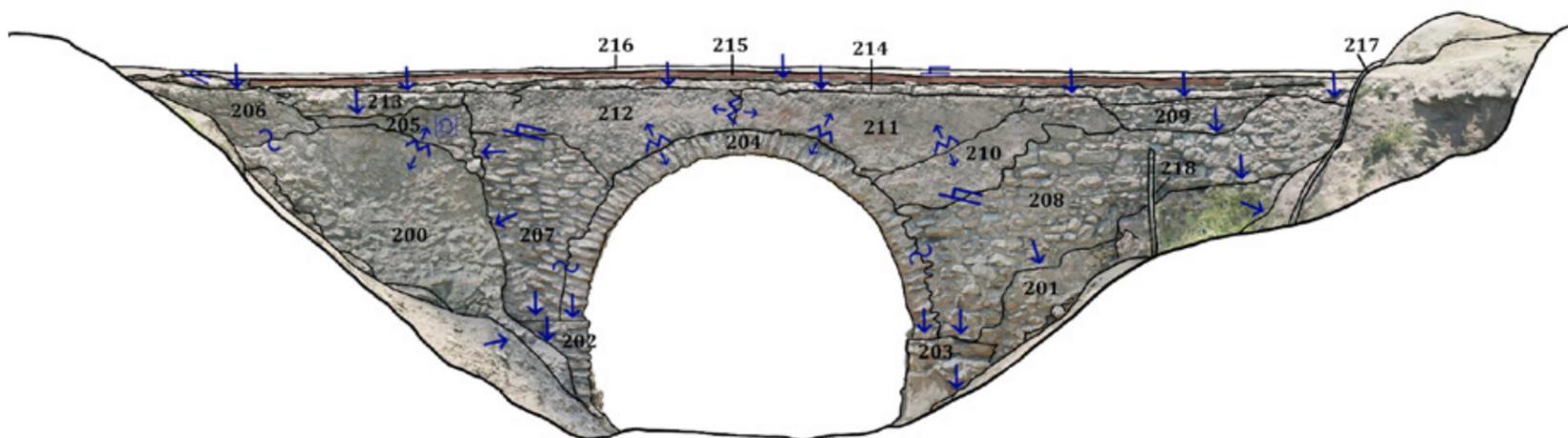
- ↓ Se adosa a
- ↺ Se liga a
- ⊥ Cubre a
- ⊥ Corta a
- Taponado - cegado o emparchado
- ⊞ Hueco, mella, sup. erosionada
- ↕ Grieta-Fisura

ETAPAS

- ETAPA I.a  
¿Siglo XVII?
- ETAPA I.b  
A partir del siglo XVII
- ETAPA II.  
Siglo XX (rejuntes y canal en ladrillo)
- ETAPA III.  
Siglo XXI (canalizaciones pvc y elementos metálicos)



Dibujo a línea.  
Marcado de las UE - Estudio estratigráfico  
Fuente: Archivo propio '23.



Superposición ortofotografía.  
Marcado de las UE - Estudio estratigráfico  
Fuente: Archivo propio '23.

0 1 5 m

HIPÓTESIS EVOLUTIVA\_ Alzado este · Aguas abajo

## 5.5 ACUEDUCTO DE SOLER

### Cimentación

La infraestructura hidráulica en general se sustenta sobre roca, la pila y tajamar en particular sobre sillarejos que poseen un tamaño mayor y visiblemente menos alargado que el del resto de elementos constructivos del acueducto. Se observa en alzado aguas abajo un muro de mampostería con características similares a la cimentación del tajamar, Se desconoce el verdadero fin de este murete, pero parece hacer las veces de una pequeña presa.

Las dimensiones de las piezas oscilan entre los 35 y 50 cm de soga y los 15 y 30 cm de canto, y su aparejo se produce de forma alineada y paralela (tipo de aparejo II.4), cogida con mortero de cal con áridos de hasta 4 o 5 cm de diámetro.

Este componente, a diferencia de las cimentaciones de Carbonera y Els Arcs, ha podido estudiarse gracias a que la cimentación de la pila y el tajamar central han quedado expuestos al aire en el alzado sur (aguas abajo), como consecuencia de los sucesivos remolinos provocados por las inundaciones, o los lavados producidos por el paso del agua. La principal hipótesis que se maneja es que el aliviadero del canal superior haya ido produciendo un lavado continuo, que junto a la escorrentía por los pretiles al barranco, ha ido derivando el agua al mismo punto conflictivo<sup>3</sup>.

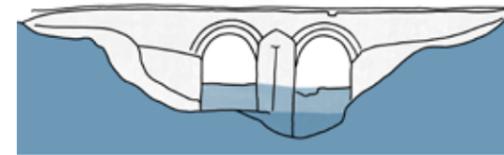


Imagen 5.25. Esquema marcado ubicación cimentación. Fachada aguas abajo (alzado sur) del acueducto de Soler. Fuente: Elaboración propia

◀ Imagen 5.26. Detalle de la cimentación. Frontal del arco derecho y lateral de tajamar desde el alzado este (aguas abajo) del acueducto de Soler. Fuente: Archivo propio '23.

3. Este es un tema que trataremos más en profundidad en el capítulo sobre el análisis de patologías.

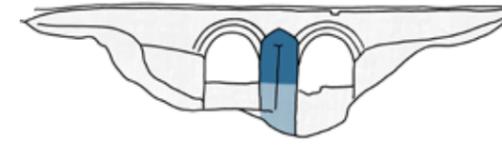
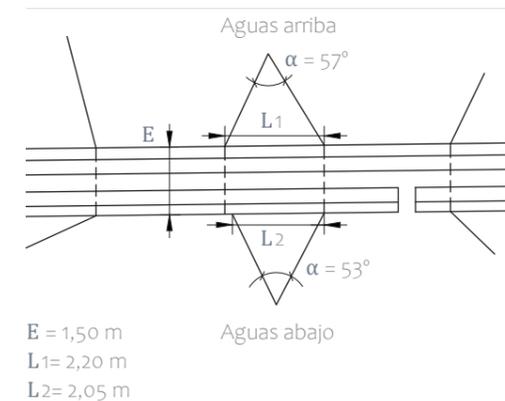


Imagen 5.27. Esquema marcado ubicación pila y tajamar. Fachada aguas abajo (alzado sur) del acueducto de Soler. Fuente: Elaboración propia

▼ Imagen 5.28. Izquierda Boceto de planta de la zona ocupada por los tajamares y acotado de dimensiones relevantes. Derecha. Boceto característico del tajamar de este acueducto. Fuente: Elaboración propia

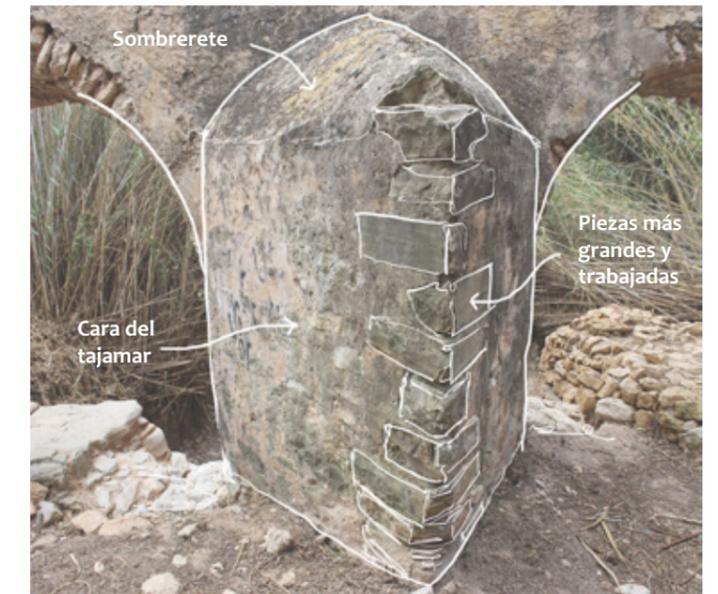


### Pilas y tajamares

Posee una pila central rectangular de 2,20x1,50 m, sobre la que apoyan los dos arcos que componen el acueducto. A ello se añade un tajamar a ambos lados de las aguas. Estos tienen forma tronco-piramidal con unas dimensiones medias de 2,20 m anchura y unos 1,90 a 2,25 m de altura desde el arranque de cimentación, hasta el comienzo del sombrerete, el cual se desarrolla de forma cónica.

La pila, de construcción trabada a los tajamares, se ejecuta con mampostería de dimensiones regulares, de unos 35-40 cm de soga por unos 25-30 cm de canto, con una disposición ordenada en hilada horizontales. Los tajamares en su caso, fueron construidos igualmente con bastante solidez, mediante sillarejos de piedra margosa de entre 30 y 50 cm de soga y entre 10 y 25 cm de canto, cogida con argamasa de cal y áridos de río de un tamaño máximo de unos 5 cm.

Por lo general, el aparejo de estas piezas en las caras que forman los tajamares, se leen dispuestas irregularmente y espaciadas ente ellas con diversos tamaños, siendo siempre mayores que las utilizadas en la formación del muro o los arcos. El ángulo de terminación encargado de redirigir las aguas, si que tiene un acabado más trabajado de las piezas, una regularización del tamaño de las mismas (todas con



cantos entre 15 y 20 cm) y una disposición horizontal y paralela mucho más ordenada.

La gran diferencia entre el tajar aguas arriba y el de aguas abajo, la hallamos en su revestimiento, siendo curiosamente el de aguas arriba (cara norte) el mejor conservado. Este revestimiento se basa en un enlucido de cal de más de 1,5 cm de espesor.



▼ Imagen 5.29. Derecha. Tajar aguas abajo (sur). Izquierda. Tajar aguas arriba (norte)  
Fuente: Archivo propio '23.

Muestra fotográfica y planimétrica

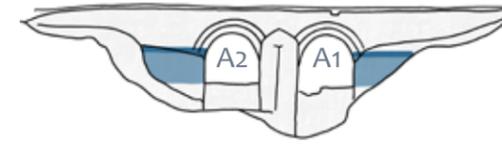
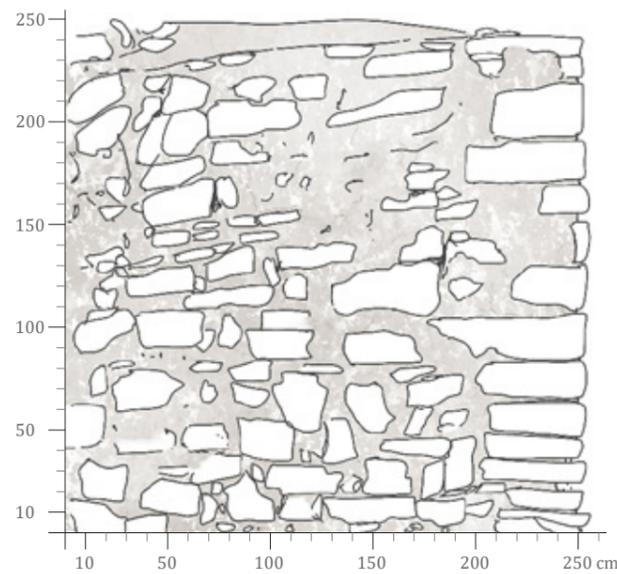
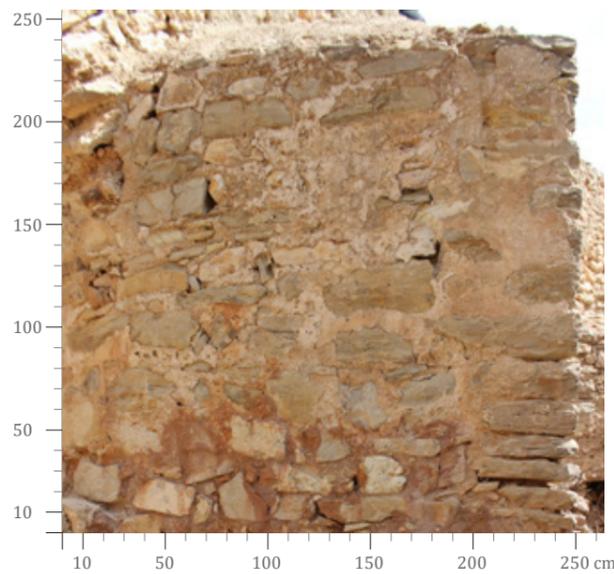


Imagen 5.30. Esquema marcado ubicación estribos. Fachada aguas abajo (alzado sur) del acueducto de Soler. Fuente: Elaboración propia

Cepas o estribos

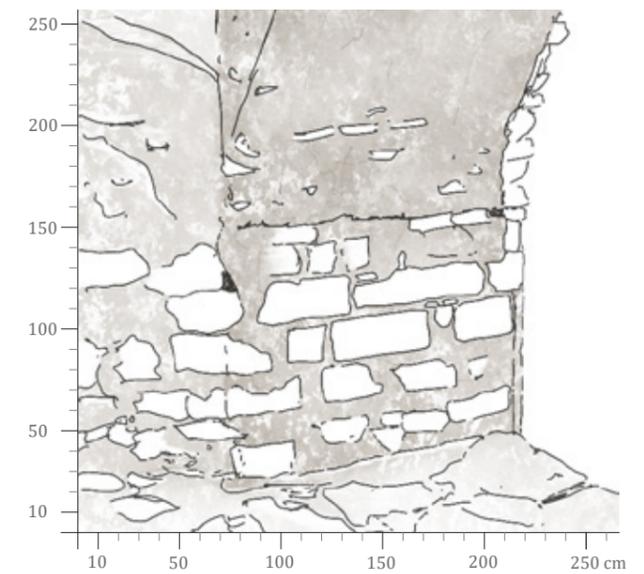
Las cepas de los arcos que apoyan en los extremos del barranco forman un trapecio en extrusión, de modo que sus caras facilitan y acompañan el recorrido del agua a través de las dos arcadas centrales.

Constructivamente poseen características similares a la pila central, con mampuestos regulares, de unos 35-40 cm de soga por unos 25-30 cm de canto, con una disposición ordenada en hilada horizontales.



► Imagen 5.31. Detalle de estribo del arco A1 aguas abajo (fachada sur) donde se observa un descalce o pérdida de sección por acción del agua.  
Fuente: Archivo propio '23.

Muestra fotográfica y planimétrica



**Bóvedas y arcos**

Los dos arcos de medio punto que componen la estructura están encargados de salvar el desnivel producido por el barranco y permitir el flujo de agua, tanto de manera natural (por la rambla) como artificial (por la acequia). Gracias a la ausencia de revestimiento en la parte sur (aguas abajo), se pueden estudiar las piezas y su disposición.

Estos arcos de medio punto poseen embocaduras de doble rosca. Puesto que el tamaño de las piezas no es demasiado grande y en su colocación se observan ripios aún menores entre las juntas, la utilización por parte del maestro de obras de una segunda rosca, le confiere al constructor flexibilidad constructiva para asegurar una distribución uniforme de fuerzas y, así, mejorar la estabilidad general de la estructura.

Ambos están contruidos con sillarejos de piedra natural, colocados a soga de manera radial, conformando las dovelas del arco. Las dimensiones de las piezas oscilan entre los 30-40 cm de soga y los 5-15 cm de canto.

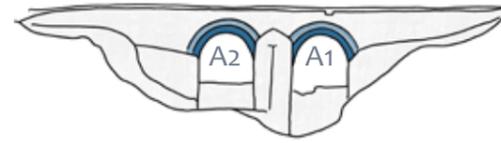
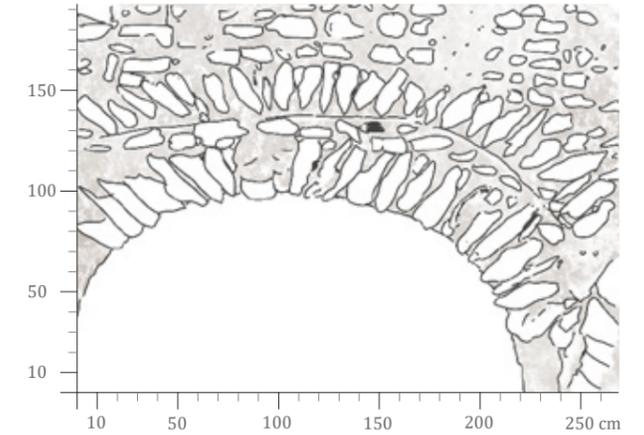


Imagen 5.32. Esquema marcado ubicación arcos. Fachada aguas abajo (alzado sur) del acueducto de Soler. Fuente: Elaboración propia

**Muestra fotográfica y planimétrica**



**Características del arco A2**

Tipo	Arco de medio punto con embocadura de doble rosca	
Dimensiones	(metros)	(pies)
	luz	2,85 m (9,5 p)
	radio	1,425 m (4,25 p)
	canto	0,30 m (0,75 p)
espesor	1,35 m (4,75 p)	

Aparejo	Regular y trabado
Acabado	Revestimiento continuo, bien conservado aguas arriba (fachada norte) prácticamente desaparecido aguas abajo (alzado sur)

**Componentes Elementos pétreos**

Tipo	Sillarejos y ripios de piedra natural
Naturaleza	Margas y conglomerados
Dimensiones	30-40 cm (soga)
	5-15 cm (canto)
*Dimensiones segunda rosca	20-30 cm (soga)
	5-10 cm (canto)
Colocación	A sardinel vertical. Radialmente conformando las dovelas del arco

**Mortero**

Mortero de cal, áridos de río y ripios de hasta 5-6 cm.

◀ Imagen 5.33. Arriba. Arco A2 aguas arriba (fachada norte). Abajo. Arco A2 aguas abajo. (Fachada sur). Fuente: Archivo propio '23.

**Características del arco A2**

Tipo	Arco de medio punto con embocadura de doble rosca	
Dimensiones	(metros)	(pies)
	luz	2,80 m (9,25 p)
	radio	1,40 m (4,5 p)
	canto	0,35 m (1,00 p)
espesor	1,35 m (4,75 p)	

Aparejo	Regular y trabado
Acabado	Revestimiento continuo, bien conservado aguas arriba (fachada norte) prácticamente desaparecido aguas abajo (alzado sur)

**Componentes Elementos pétreos**

Tipo	Sillarejos y ripios de piedra natural
Naturaleza	Margas y conglomerados
Dimensiones	30-40 cm (soga)
	5-15 cm (canto)
*Dimensiones segunda rosca	20-30 cm (soga)
	5-10 cm (canto)
Colocación	A sardinel vertical. Radialmente conformando las dovelas del arco

**Mortero**

Mortero de cal, áridos de río y ripios de hasta 5-6 cm.

◀ Imagen 5.34. Arriba. Arco A1 aguas arriba (fachada norte). Abajo. Arco A1 aguas abajo. (Fachada sur). Fuente: Archivo propio '23.



**Tímpanos y relleno**

En lo referente a los tímpanos del acueducto, se entiende su coetaneidad a la estructura del arco, por su configuración, materialidad y traba, se desarrolla como un muro de 1,50 m de espesor, con mampuestos alineados subhorizontales calzados con ripios de diverso tamaño y formando hiladas (II.1). Sus piezas oscilan entre los 50 y 25 cm de sogá y los 15 y 10 cm de canto, y quedan cogidas con un mortero de cal, arena y gravas, con granulometría de hasta 4-5 cm. Por otro lado, destacar que el relleno sobre los arcos



presenta un aparejo similar, pero con fragmentos más reducidos, de unos 20 a 10 cm de sogá y con cantos máximos de 10 cm.

**Canal**

En lo que respecta a la acequia, a través de la



**Muestra fotográfica y planimétrica**

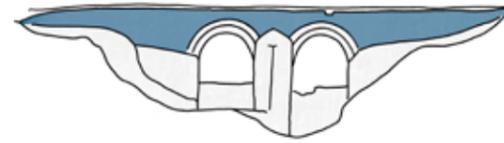
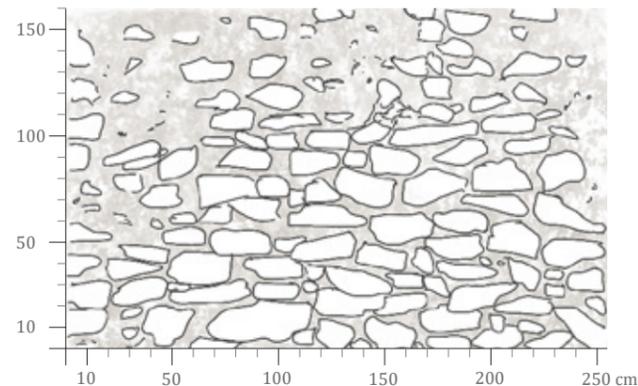
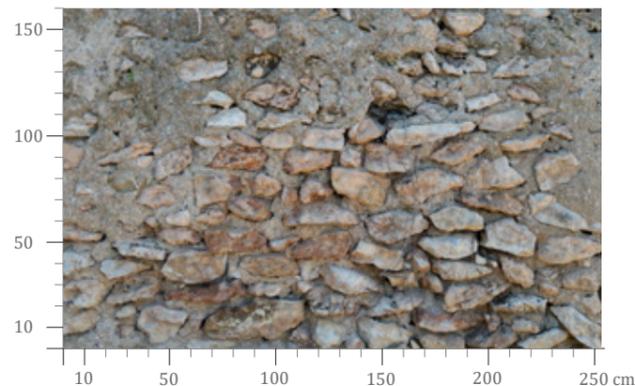


Imagen 5.35. Esquema marcado ubicación tímpanos y relleno. Fachada aguas abajo (alzado sur) del acueducto de Soler. Fuente: Elaboración propia

◀ Imagen 5.36. Arriba. Arco A1 aguas arriba (fachada norte). Abajo. Arco A1 aguas abajo. (Fachada sur). Fuente: Archivo propio '23.

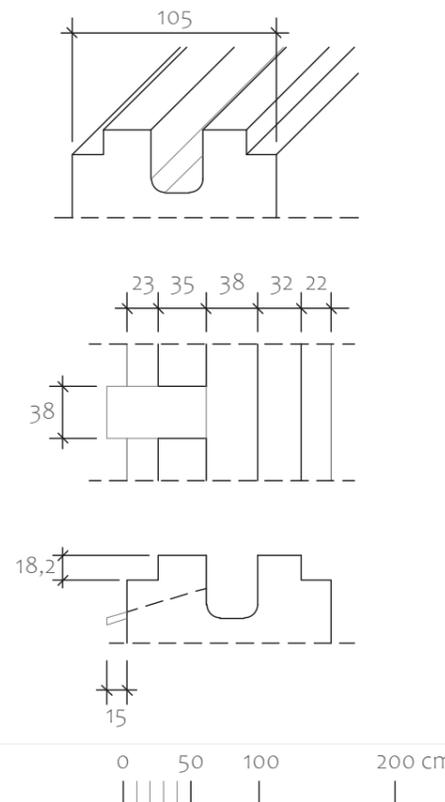


◀ Imagen 5.37. Arriba. Arco A1 aguas arriba (fachada norte). Abajo. Arco A1 aguas abajo. (Fachada sur). Fuente: Archivo propio '23.



Imagen 5.38. Esquema marcado ubicación canal superior. Fachada aguas abajo (alzado sur) del acueducto de Soler. Fuente: Elaboración propia

▼ Imagen 5.39. Bocetos de canal superior y aliviadero. Fuente: Elaboración propia



documentación histórica y bibliografía consultada, se conoce que originalmente su recorrido en estos tramos estaba compuesto por una estructura en madera, que fue reparándose y sustituyéndose a lo largo de los siglos hasta lo que se conserva hoy.

Observamos una acequia claramente distinguida de la imposta del arco, moldeada posiblemente dentro del canal original con hormigón en masa en forma de "U". También se advierte la presencia de un aliviadero. Sus dimensiones y forma quedan definidas en la Imagen 5.37.

**Características propias**

Forma canal | Conformado en "U", de hormigón en masa.

Altura total | Interior canal = 46 cm  
Exterior desde coronación muro = 18,2 cm

**Elementos**

Conformado, argamasa mezcla de pequeños áridos y cal. Cantos rodados de río de hasta 2-3 cm



▶ Imagen 5.40. Arriba. Vista aérea desde fachada agua arriba. Abajo. Vista sobre acequia y aliviadero recayente a aguas abajo (fachada sur) Fuente: Archivo propio '23.

### 5.5.1. ESTUDIO TIPOLOGICO. MAPEADOS

A continuación en base a la metodología expresada en el apartado 6.1. *OBJETIVOS Y METODOLOGÍA*, se aporta anexo gráfico del análisis correspondiente a esta sección.



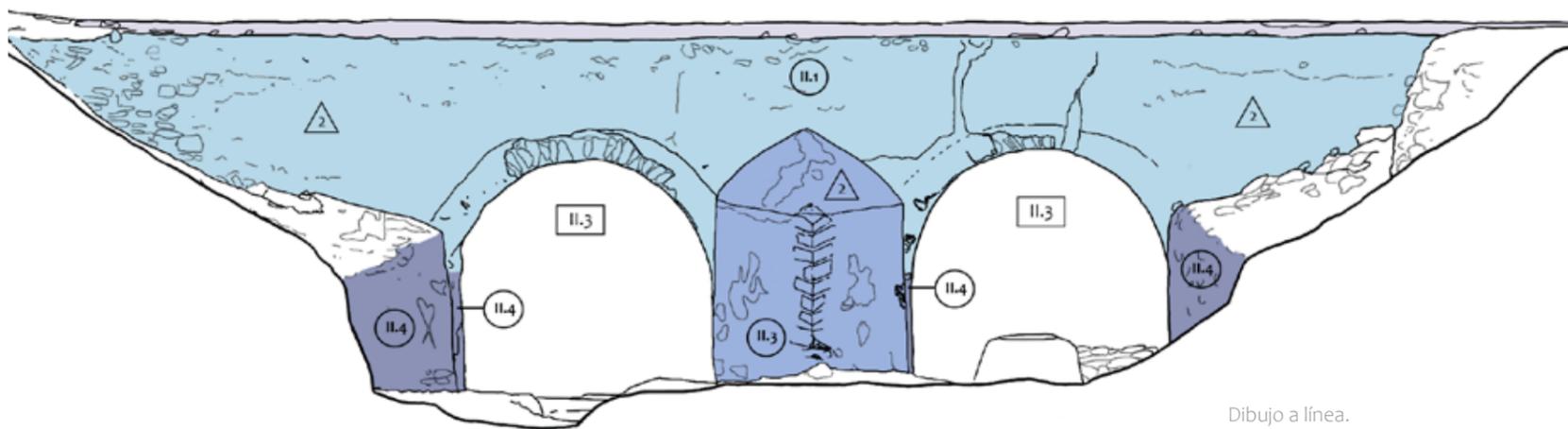
Imagen 5.41. Vista del acueducto de Soler. Febrero de 2003. Créditos a JRF. Cortesía de Carolina Frías Castillejo.

APAREJO		II.1	Mampostería calzada con ripios de diverso tamaño formando hiladas
		II.2	Irregular sin línea, con relleno de esquirlas
		II.3	Irregular con sillarejo o mampuesto espaciado
		II.4	Alineados subhorizontales y paralelos con sillarejo, alturas diversas
		II.5	Alineados ondulados con esquirlas

VANO		II.1	Arco de medio punto
		II.2	Arco rebajado de tres centros
		II.3	Arco de medio punto con doble rosca

AÑADIDOS		1	Metal
		2	Plásticos
		3	Ladrillos
		4	Afloramiento de piedra natural

ACABADOS		1	Sin acabado, por pérdidas en la mayoría de la superficie
		2	Enlucido de cal (> 1 cm)



Dibujo a línea.  
 Marcado de las UE - Estudio tipológico  
 Fuente: Archivo propio '23.



Superposición ortofotografía.  
 Marcado de las UE - Estudio tipológico  
 Fuente: Archivo propio '23.



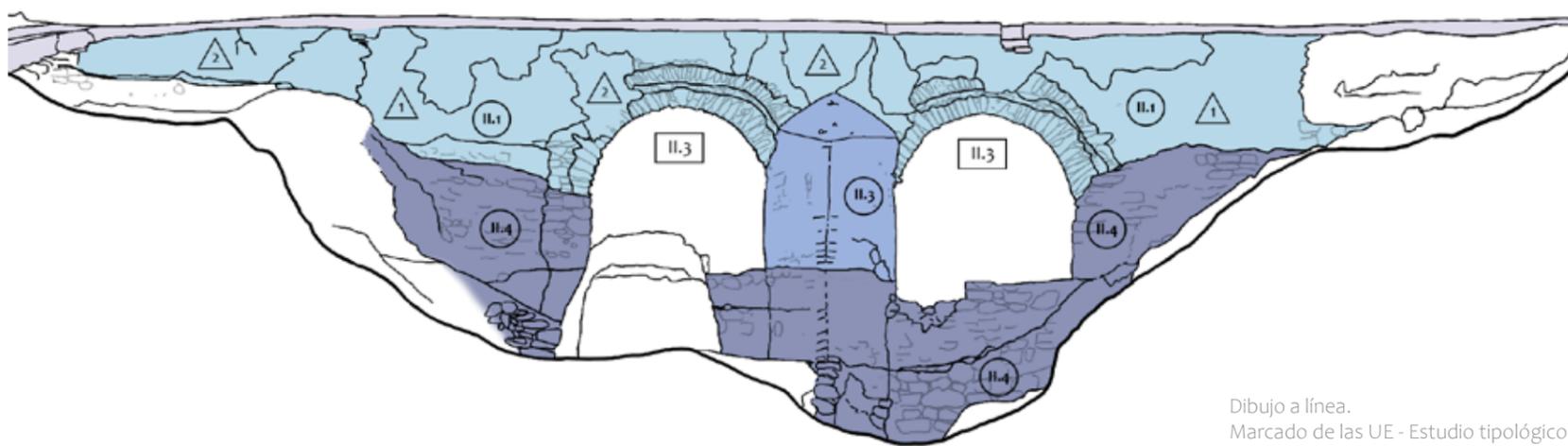
Alzado norte · Aguas arriba

APAREJO		II.1	Mampostería calzada con ripios de diverso tamaño formando hiladas
		II.2	Irregular sin línea, con relleno de esquirlas
		II.3	Irregular con sillarejo o mampuesto espaciado
		II.4	Alineados subhorizontales y paralelos con sillarejo, alturas diversas
		II.5	Alineados ondulados con esquirlas

VANO		II.1	Arco de medio punto
		II.2	Arco rebajado de tres centros
		II.3	Arco de medio punto con doble rosca

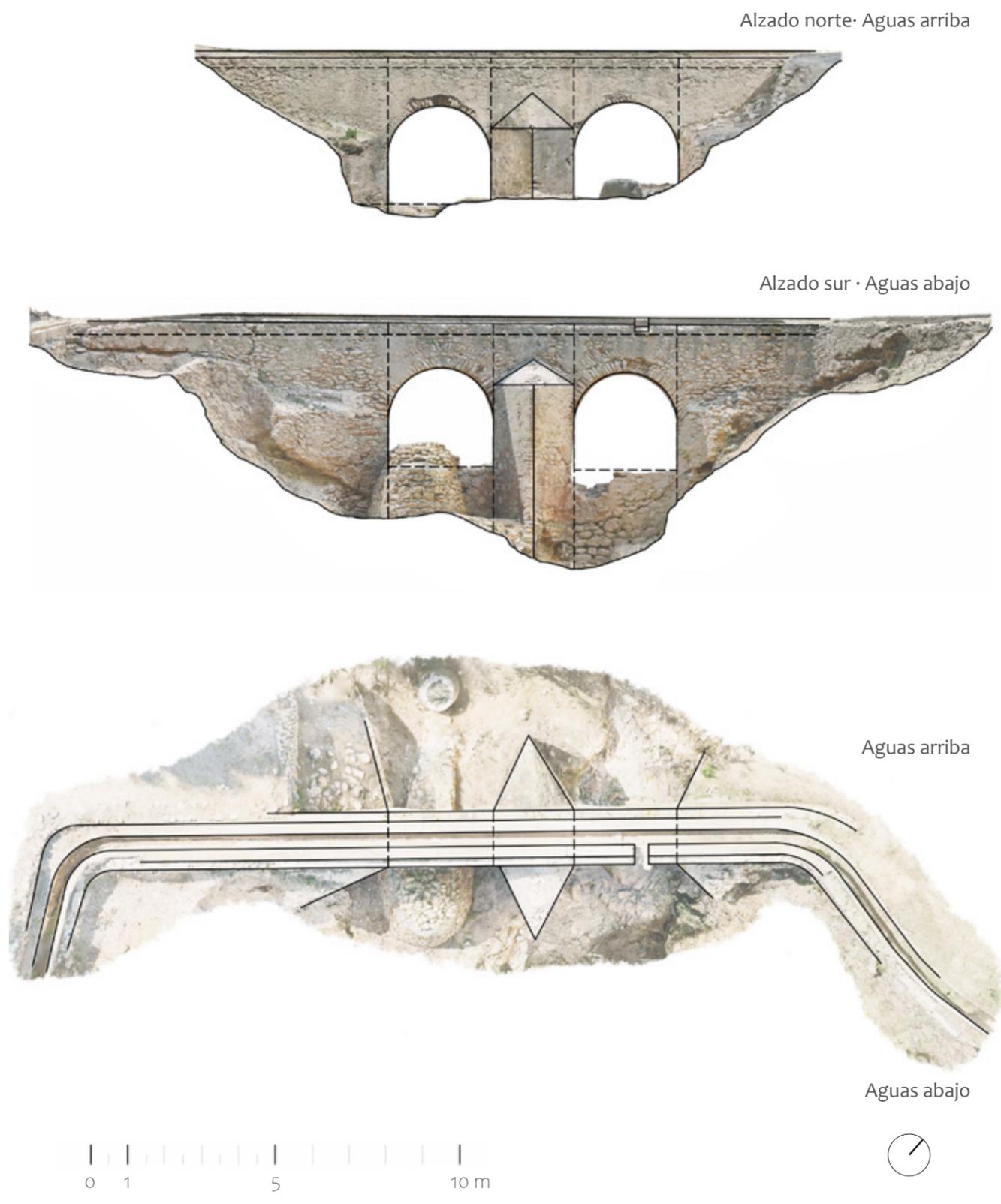
AÑADIDOS		1	Metal
		2	Plásticos
		3	Ladrillos
		4	Afloramiento de piedra natural

ACABADOS		1	Sin acabado, por pérdidas en la mayoría de la superficie
		2	Enlucido de cal (> 1 cm)



0 1 5 m

Alzado sur · Aguas abajo



▲ Imagen 5.8. Planta y alzados del acueducto de Soler. Fuente: Elaboración propia a partir de ortofotogrametría y nube de puntos.

### 5.5.2. ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO. HIPÓTESIS EVOLUTIVA

En el caso del acueducto de Soler se han marcado tres etapas distintas:

- ETAPA I** A partir del siglo XVII, correspondiente a la construcción original de la estructura.
- ETAPA II** Medios del siglo XX. Referente a los distintos rejuntos de ladrillo y mortero localizados en diferentes áreas de elemento, sobre todo en grietas fácilmente localizables.
- ETAPA III** Siglo XXI. En esta etapa se localizan grafitis, y una canalización que deriva en un pozo ubicado en las inmediaciones de una de las arcadas del acueducto. Llama la atención el revestimiento que se llevó a cabo de esta conducción, pues se ejecutó en mampostería, se supone en un intento de integrarse mejor en el entorno en el que se ubica.

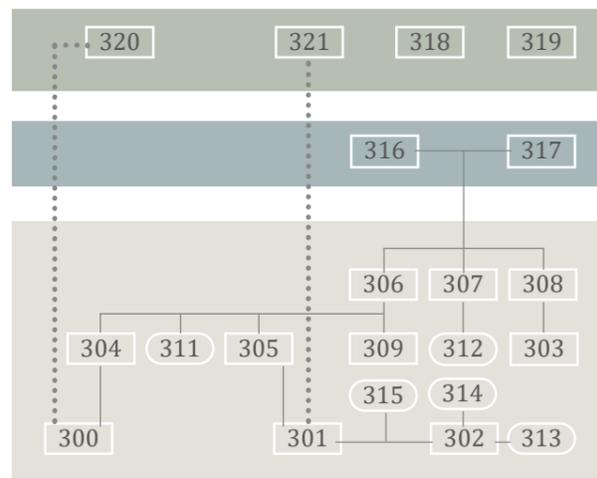
A continuación, se expresa la lectura y descripción de las distintas Unidades Estratigráficas (UE) que se han detectado. Posteriormente se ordenan cronológicamente en las etapas señaladas mediante la expresión de un diagrama de Harris que, como en los dos casos anteriores se ha realizado de forma manual.

NOTA\*\*Reiterar que la información planteada en este apartado se debe tomar a modo orientativo, puesto que el alcance del presente documento cuenta con las limitaciones de ser un estudio académico. Para futuras intervenciones debería acompañarse de estudios arqueológicos o apoyarse en ensayos que ofrezcan análisis y caracterización de los materiales presentes, de modo que se arrojen resultados más detallados de sus relaciones o cronología.

IDENTIFICACIÓN UE

300, 303	Estribos y talud.
301, 302 309	Tajamar y sombrerete.
304, 305	Arco de medio punto de doble rosca.
306 307 308	Mampostería. Sillarejos de piedra natural con aparejo tipo II.1. Alineados subhorizontales calzados con ripios de diverso tamaño y formando hiladas. Con revestimiento uniforme por prácticamente toda la superficie de mortero de cal de > 1,5 cm.
310	Canal conformado en "U" y revestido de mortero.
311, 312 313, 314 315	Hueco, mella o superficie erosionada.
316, 317	Taponado-cegado o emparcha mediante mortero de cemento.
318, 319	Nueva canalización y pozo de registro. Imitación entorno con mampuestos.
320, 321	Elementos impropios, grafitis.

DIAGRAMA DE HARRIS



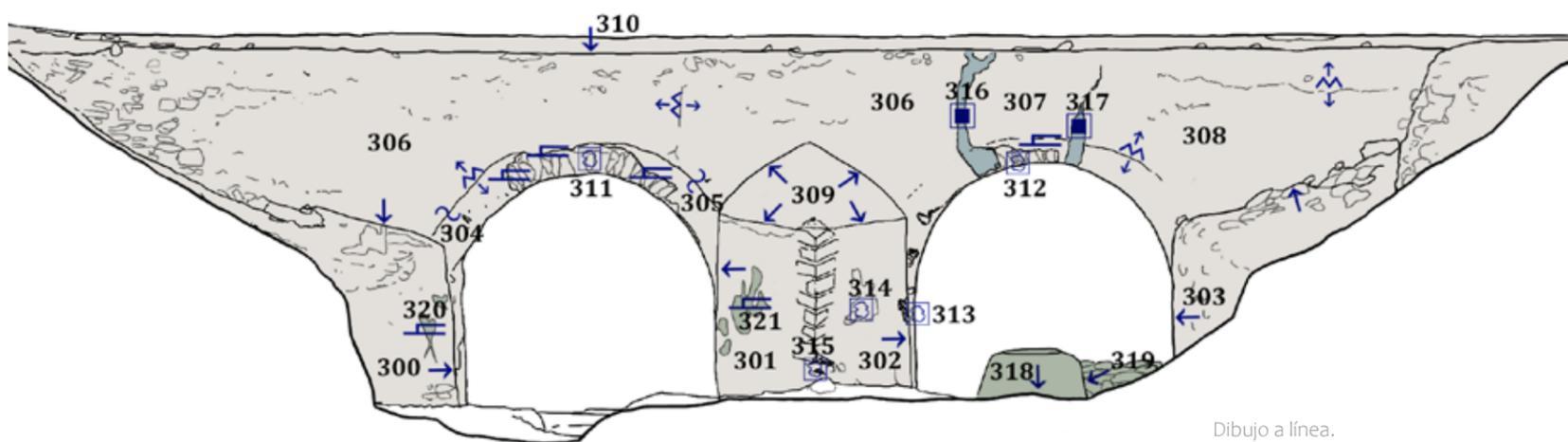
- 459 Unidad estratigráfica (UE)
- 459 Unidad estratigráfica negativa UEN

SÍMBOLOS ESTRATIGRÁFICOS

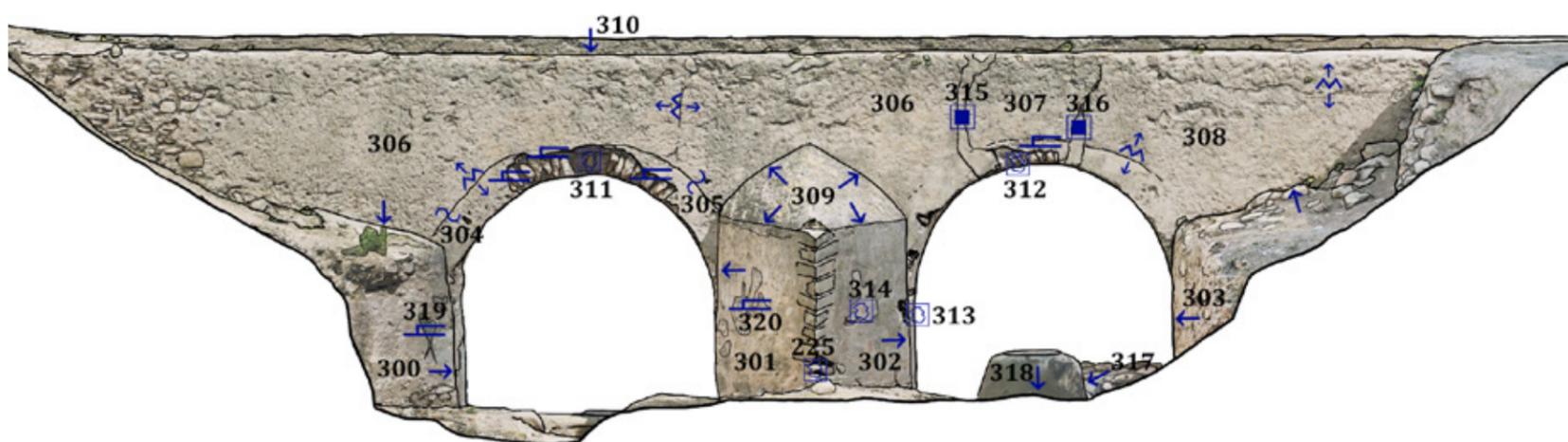
- Se adosa a
- Se liga a
- Cubre a
- Corta a
- Taponado - cegado o emparchado
- Hueco, mella, sup. erosionada
- Grieta-Fisura

ETAPAS

- ETAPA I.  
A partir del siglo XVII (original)
- ETAPA II.  
Mediados del siglo XX (rejuntes de ladrillo y mortero de cemento)
- ETAPA III.  
Siglo XXI (nueva canalización y grafitis)



Dibujo a línea.  
Marcado de las UE - Estudio estratigráfico  
Fuente: Archivo propio '23.



Superposición ortofotografía.  
Marcado de las UE - Estudio estratigráfico  
Fuente: Archivo propio '23.

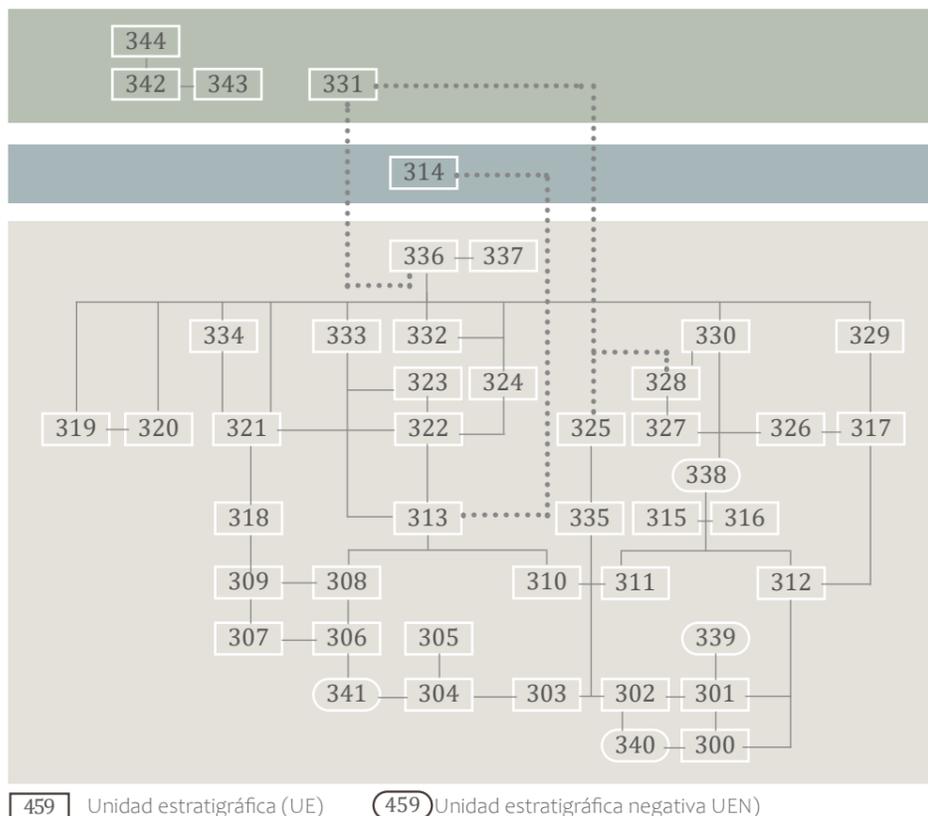
0 | 1 | 5 m

HIPÓTESIS EVOLUTIVA\_Alzado norte · Aguas arriba

IDENTIFICACIÓN UE

300, 301, 302 303, 304, 305 306, 307	Cimentación
308, 309, 312	Estribos y talud
310, 311, 335	Tajamar y sombrero
313, 322, 323 315, 316, 326 327	Arco de medio punto de doble rosca.
317, 318, 319 320, 321, 324, 325, 328, 329 330, 331, 332, 333, 334	Mampostería. Sillarejos de piedra natural con aparejo tipo II.1. Alineados subhorizontales calzados con ripios de diverso tamaño y formando hiladas. Con revestimiento uniforme prácticamente desaparecido de mortero de cal de > 1,5 cm.
336 337	Canal conformado en "U" y revestido de mortero. Aliviadero
338, 339 340, 341	Hueco, mella o superficie erosionada.
314	Taponado-cegado o emparcha mediante mortero de cemento.
342, 343, 344	Nueva canalización y pozo de registro. Imitación entorno con mampuestos.
331	Elementos impropios, grafitis.

DIAGRAMA DE HARRIS



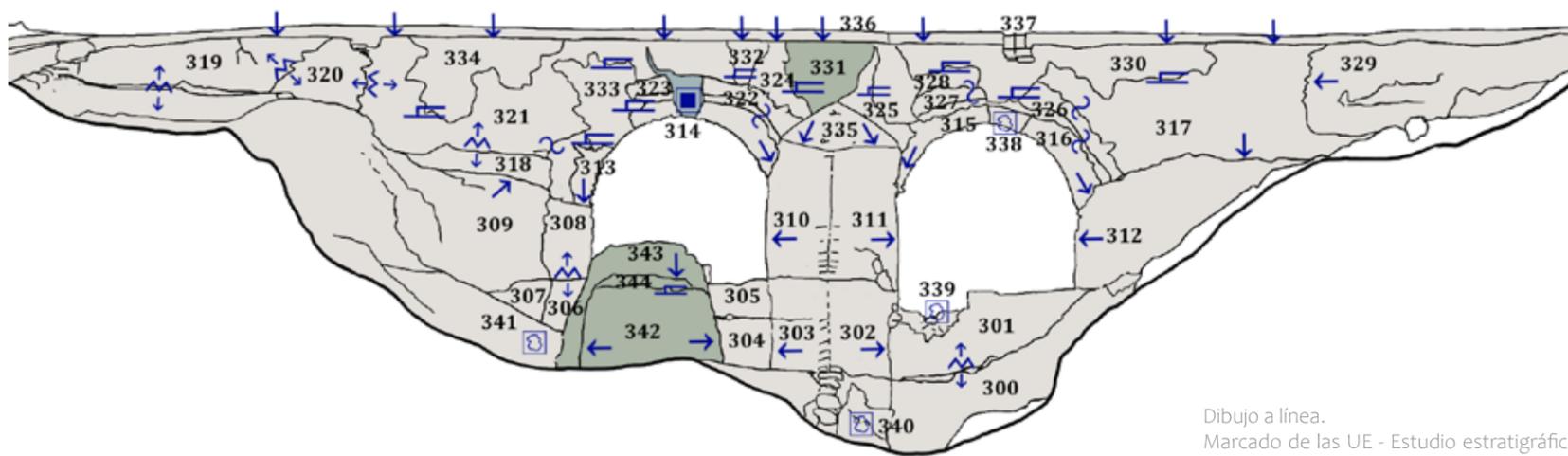
459 Unidad estratigráfica (UE)      459 Unidad estratigráfica negativa (UEN)

SÍMBOLOS ESTRATIGRÁFICOS

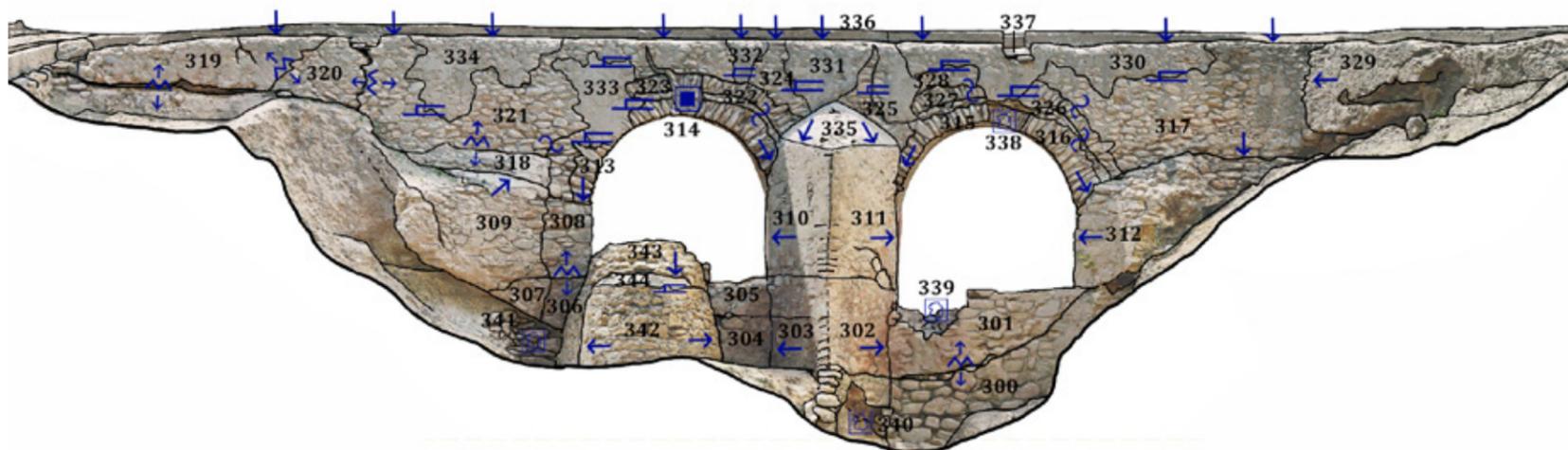
- Se adosa a
- Se liga a
- Cubre a
- Corta a
- Taponado - cegado o emparchado
- Hueco, mella, sup. erosionada
- Grieta-Fisura

ETAPAS

- ETAPA I.  
A partir del siglo XVII (original)
- ETAPA II.  
Mediados del siglo XX (rejuntes de ladrillo y mortero de cemento)
- ETAPA III.  
Siglo XXI (canalización y grafitis)



Dibujo a línea.  
Marcado de las UE - Estudio estratigráfico  
Fuente: Archivo propio '23.



Superposición ortofotografía.  
Marcado de las UE - Estudio estratigráfico  
Fuente: Archivo propio '23.

0 1 5 m

HIPÓTESIS EVOLUTIVA\_ Alzado sur · Aguas abajo

**ANÁLISIS  
ESTRUCTURAL**

**6**





El arco es uno de los elementos estructurales que desde la antigüedad más interés ha suscitado en la arquitectura, pues gracias a él se podían cubrir grandes luces o abrir huecos en muros con materiales como la piedra o el ladrillo.

Aunque su uso se remonta a las primeras civilizaciones, es más fácil encontrarlo a partir de la arquitectura romana, donde su utilización se hizo extensiva en toda la obra civil. Éste, ha ido evolucionando a lo largo del tiempo en cuanto a la forma de entender su comportamiento estructural, las técnicas constructivas empleadas, los materiales y las herramientas.

(Guardiola & Basset, 2011)

### 6.1 EL ARCO COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL

El arco es un elemento estructural lineal de directriz curva que permite salvar una luz o abrir un hueco en un muro.

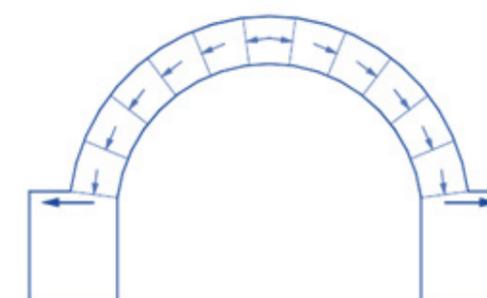
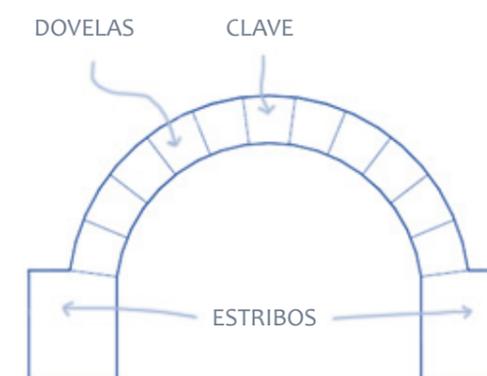
Las piezas que componen el arco se llaman dovelas y los elementos sobre los que apoya, estribos. Estos elementos trabajan principalmente a compresión, transmitiendo las cargas de una dovela a otra hasta alcanzar los estribos, y dando lugar a una catenaria invertida, o lo que se conoce como "antifunicular", que no es más que la línea de transmisión de cargas, la cual adopta una forma cercana a la parábola.

<<Del mismo modo que cuelga el hilo flexible, así, pero invertido, se sostendrá el arco rígido>>

Robert Hooke (siglo XVII)

El dimensionado de un arco suele presentar principalmente dos problemas:

- Definir su directriz de forma que se garantice la compresión de todas las piezas y que no se produzcan esfuerzos de flexión, es decir, en posición, magnitud y dirección, (lo más cerca posible al antifunicular de cargas).
- Dimensionar los estribos para que soporten la carga horizontal que recibirán del arco. A veces, los estribos sufren pequeños movimientos provocando el reajuste de las dovelas del arco.



▲ Imagen 6.2. Elementos que componen el arco y esquema de cargas. Fuente: Dibujos a partir de (Guardiola & Basset, 2011)

## 6.2 EL DIMENSIONADO DE ACUEDUCTOS Y PUENTES. LAS TEORÍAS

### Primeras civilizaciones

Los primeros indicios de construcciones de arcos se remontan al 4000 a. C. en Mesopotamia, realizados con ladrillos secados al sol. Posteriormente se encuentran ejemplos con la misma técnica, aunque de manera muy puntual en galerías interiores de las pirámides de la época egipcia.

### Época romana

No será hasta época romana que el arco tome presencia en las obras de arquitectura e ingeniería. El arte de tallar las piedras en forma de cuña (conocimiento heredado de los etruscos) abrió posibilidades constructivas hasta el momento desconocidas. No obstante, no se tiene constancia del desarrollo de ninguna teoría para el dimensionado o cálculo de estos elementos estructurales.

Vitruvio (s. I. a.C.), autor del tratado "Los diez libros de Arquitectura" y estudioso de obras arquitectónicas, hace una vaga mención al comportamiento del arco, en el que para abrir un hueco en un muro para instalar una puerta o ventana, "debemos descargar los muros por medio de arcos compuestos por dovelas cuyas juntas converjan hacia su centro", sin aportar ningún otro tipo de dato.

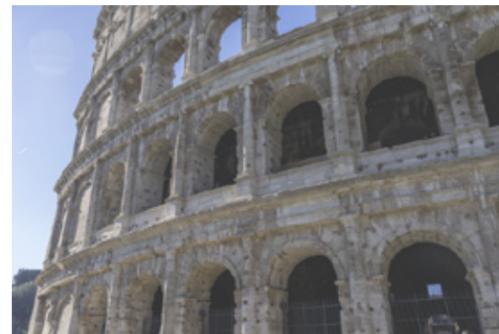
### El medievo

El arco utilizado por excelencia en época romana era el de medio punto, y su uso sobreviviría de forma imperiosa en construcciones civiles como puentes (esenciales para la comunicación entre poblaciones y su abastecimiento), durante toda la Edad Media. No ocurriría lo mismo en el resto de obras arquitectónicas, pues durante la Baja Edad Media, con el estilo románico, el uso del arco perdió fuerza supeditado a grandes extensiones murarias.

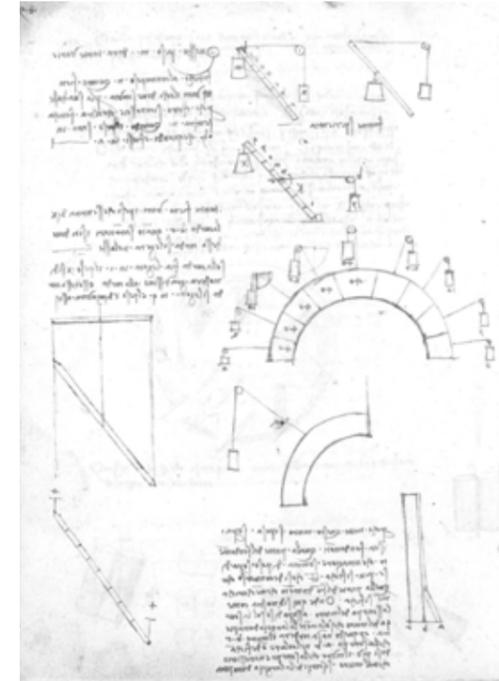
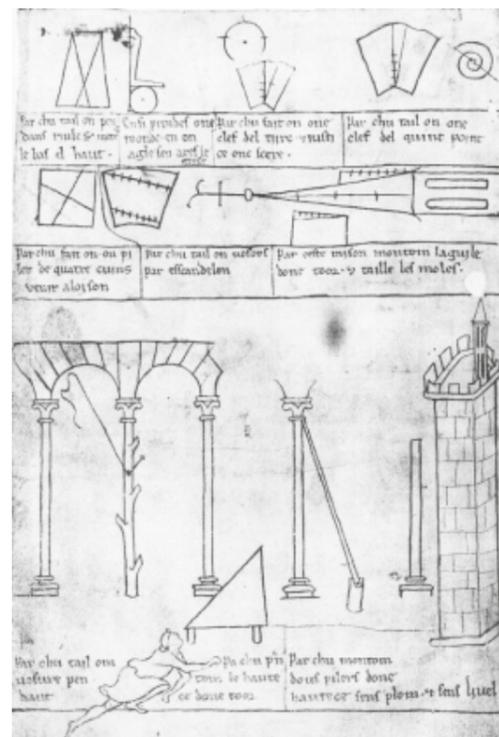
Es en la Alta Edad Media cuando este elemento estructural cobra esencia y se comienzan a utilizar otras formas de arco (arco apuntado), que subrayan el sentido de verticalidad y disminuyen los empujes en los estribos.

Tampoco en esta época hay constancia de tratados o manuales de construcción, salvo el cuaderno de viajes de Villard de Honnecourt (escrito entre 1220 y 1240), en el que se muestran herramientas utilizadas y procesos constructivos

► Imagen 6.4. Página del álbum de villard de Honnecourt en la que se tratan problemas de estereotomía, levantamiento, replanteo y proyecto. (Hahnlose 1972). Fuente: (Huerta, 2004 : 149)



▲ Imagen 6.3. Arriba. Almacenes del Ramesseum Egypt. Fuente: www. egiptología.com © Andy García Montes  
Abajo. Coliseo de Roma. Fuente: Wikipedia Commons Imagen de dominio público.



▲ Imagen 6.5. Página 283 de la digitalización del Códice de Leonardo da Vinci. Fuente: Biblioteca Nacional de España (Leonardo interactivo, Códice Madrid)



▲ Imagen 6.6. Portada del tratado "Arte y uso de Arquitectura" de Fray Lorenzo de San Nicolás (1639). Fuente: Sociedad Española de Historia de la Construcción.

de la época, pero no se advierten reglas de cálculo como tal. Es muy probable que sí que existiesen teorías y reglas que recogiesen la experiencia acumulada pero, que su transmisión fuese oral entre los distintos maestros canteros, debido a la hermeticidad de las logias en la época.

### El Renacimiento

El Renacimiento abre paso a las primeras teorías científicas y tratados sobre el comportamiento estructural del arco.

Alberti (1452) es el primer autor que establece las reglas de construcción y estabilidad de un puente de fábrica. En su tratado de arquitectura "De re aedificatoria", se encuentra una recopilación del conocimiento constructivo de la época (Huerta, 2000: 514). Ahí advierte, que la forma de trabajar del arco, queda definida por su forma.

Palladio por su parte, en 1570, en su tratado "I Cuatro Libri dell'Architettura, muestra reglas de dimensionado de puentes a partir de diversos ejemplos.

Leonardo Da Vinci (1452-1519), fue el primero en estudiar el funcionamiento mecánico del arco, haciendo uso de una serie de poleas sujetas a las dovelas del arco o a la base para evaluar los empujes.

### Siglo XVII

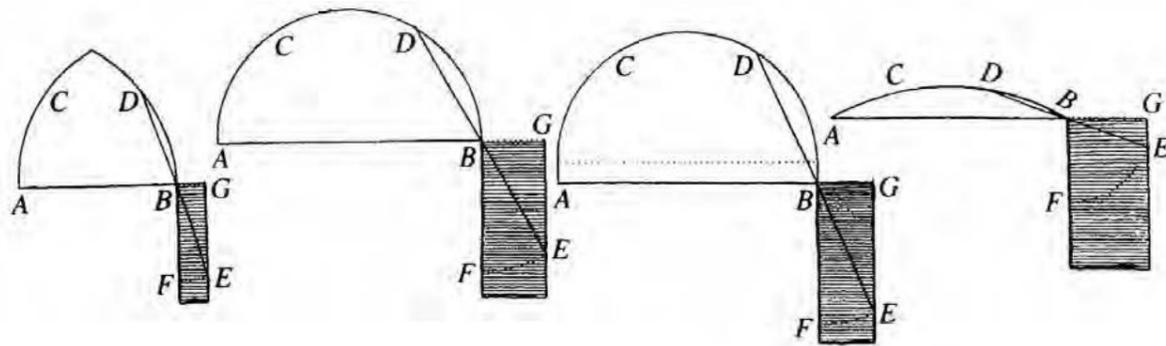
Hasta el siglo XVII, las teorías recogidas en los tratados sobre el dimensionamiento de los arcos, se basaban en reglas geométricas que generalmente se desarrollaban en función del espesor del arco y las dimensiones de los estribos para compensar los empujes horizontales. Luego, la estabilidad de un arco, supone un problema de forma, de que tenga un canto mínimo en función de su luz.

Por ejemplo, respecto al dimensionado de las pilas (Huerta, 2004), Fray Lorenzo de San Nicolás (s. XVII) ofrece una descripción muy detallada en el capítulo 65 "trata del sitio conveniente para los puentes y de su fábrica" de su conocido tratado "Arte y uso de Arquitectura" (1639), donde especifica que, el espesor de la pila ha de tener la mitad de la luz del arco. Esta regla es mucho más comedida que la que emitía Alberti (s. XV), quien aconsejaba entre 1/6 y 1/4 de la luz del arco para el espesor de las pilas. Sin embargo, ambos si que coincidían en recomendar que la altura de la pila se elevase maciza (sin relleno, todo con sillería) hasta los dos tercios de los arcos.

Otros autores posteriores como Simón García (1681) apoyándose en los escritos de Rodrigo Gil de Hontañón (1500-1577), proponen reglas de cálculo para las pilas de los puentes basadas en relaciones de áreas y no en proporciones geométricas o aritméticas basadas en la luz del arco, como solía ser común.

García sostiene que la pila debe tener la mitad de superficie que la superficie que cubre la bóveda (1/2 de la luz del arco x ancho) dictando lo siguiente: "se den tres partes al tajamar situado en la dirección de la corriente y dos al de la parte de abajo." De modo que no define claramente cómo calcula la superficie de la pila.

Sí es destacable la regla geométrica que en 1643 publicó el jesuita François Derand (1588-1644) en la que indicaba cómo dimensionar el espesor de los estribos para soportar el empuje del arco. Ésta fue tomada y popularizada en numerosos tratados de los siglos XVII y XVIII bajo el nombre de *Regla de Blondel*, tras aparecer en los ensayos *Cours d'architecture* (1675-1683) de François Blondel. En ellos, Blondel señala que los empujes de los arcos varían con su forma y, por tanto, en función del tipo de arco, se dará una regla para el dimensionado del estribo distinta.

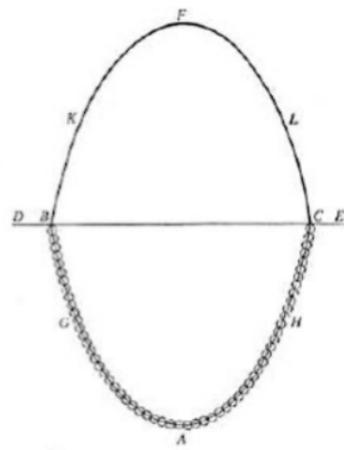


▲ Imagen 6.7. Regla de Blondel para calcular los estribos o pilas de un arco que forma parte de una arcada (Blondel 1675). Fuente: (Huerta, 2004:285)

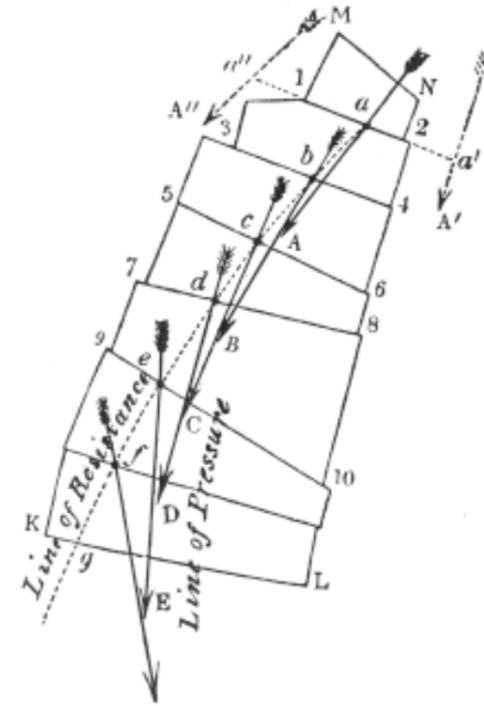
La primera explicación científica sobre el comportamiento del arco la ofrece Robert Hooke (1676), en la que defiende que el arco funciona justo al revés que un cable colgado. Sin embargo muere antes de encontrar la solución matemática.

Sobre esta misma idea, David Gregory publica en 1697 un análisis del comportamiento de los arcos, en el que concluye que la condición de estabilidad la ofrece la línea directriz de una catenaria.

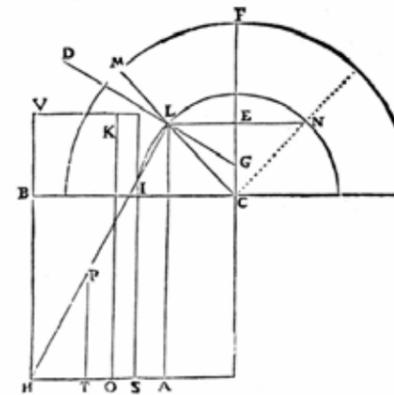
La Hire (1640-1718) fue el primero en utilizar el polígono funicular para estudiar el comportamiento de los arcos y en aplicar la estática para resolver los problemas relacionados con su estabilidad. En su "Tratado de Mecánica" de 1695, realizó cálculos geométricos para determinar los pesos que las dovelas del arco debían tener para constituir un elemento estructural estable.



▲ Imagen 6.8. Idea de Hooke sobre la analogía entre arco y catenaria. Dibujo de Poleni (1748) Fuente: (Huerta, 2004:54)



▲ Imagen 6.9. Líneas de empujes en un macizo de fábrica. La línea de empujes (línea de puntos) es el lugar geométrico de los puntos de paso de la resultante por un sistema de planos de corte dados. Estos planos de sección pueden corresponder a juntas reales o imaginadas. Moseley llamó a esta curva «line of resistance» (línea de reacciones) y a su envolvente, que define la dirección de los empujes, «line of pressure» (línea de presiones). (Moseley 1843). Fuente: (Huerta, 2004:37)



◀ Imagen 6.10. Esquema del análisis de La Hire (De La Hire, 171:71). Fuente: (Sinopoli, 2002:619)

**A partir del siglo XVIII**

En el siglo XVIII surgen autores como el Padre Tosca, García Berruguilla, Plo y Camín, Gautier (1660-1737), o Danyzy (1732), entre otros, que ofrecen tratados en los que establecen diversas reglas para el cálculo y dimensionado geométrico de los arcos, estribos y pilas.

Es Coulomb (1736-1806), quien va un paso más allá en la teoría y determina los límites de empuje que garantizan la seguridad en un arco.

Entre la década de 1830 y 1840, de forma independiente Gertsner (1831) en Alemania, Méry (1840) en Francia y Moseley (1835-1838) en Inglaterra, formulaban el concepto de la línea de empujes, la cual debe situarse dentro del espesor del arco. Posteriormente Navier (1833) define que la línea de presiones debe circular por el tercio central para evitar tracciones.

Poncelet en 1852 desarrolla un método gráfico planteando considerar las propiedades elásticas del material para hallar la línea de empujes.

La aparición de los nuevos materiales como el acero y el hormigón armado, favoreció el desarrollo del enfoque elástico-restistente para el cálculo de las estructuras, y eso dejó al análisis de equilibrio y el interés teórico por los arcos de fábrica en el olvido. Los ingenieros del siglo XIX eran conscientes de que aplicar esta teoría era suponer el arco con un material homogéneo, isótropo y con propiedades elásticas definidas, nada más lejos de la realidad en arcos y bóvedas de fábrica. Por ello, en los manuales de ingeniería de la época se distinguía entre *arcos elásticos* (madera y hierro) y *arcos rígidos* (fábrica).

A mediados del siglo XX Heyman defiende que el marco teórico elástico impide apreciar los resultados experimentales y, por lo tanto, desarrolla una teoría general de los arcos y estructuras de fábrica mediante la aplicación del análisis límite. Confirmado que en el caso de las estructuras de fábrica que la condición más restrictiva no es la resistencia, sino la estabilidad. (HUERTA, 2004)

Hay que tener en cuenta que aunque el procedimiento en el cálculo tradicional y en el cálculo actual científico sean diferentes: el primero dicta reglas de cálculo para un cierto elemento de un periodo concreto (las reglas del gótico no sirven para el renacimiento), basado en las órdenes empíricas, y el cálculo científico busca establecer teorías comunes y globales; ambos tienen el mismo objetivo final: el de obtener un procedimiento seguro de cálculo.

### 6.3 CONSIDERACIONES GENERALES DE ANÁLISIS

El análisis de la estabilidad frente a su peso propio de los tres acueductos puede plantearse de dos formas:

1. Considerar que el arco de apertura de vano soporta por sí sólo todas las cargas, incluidas las del muro que tiene encima.
2. Considerar que el arco y el muro que descansa sobre él actúan en conjunto, lo que equivaldría a un arco de gran canto.

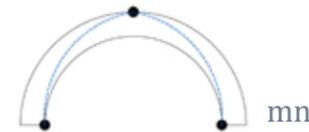
Aunque ambas consideraciones son perfectamente válidas teniendo en cuenta el tipo de fábrica y las deformaciones que se observan en las tres estructuras, en este caso se ha optado por la opción más desfavorable y conservadora: considerar que el arco soporta todas las cargas, a pesar de que también existen soluciones intermedias que garantizarían el equilibrio de la estructura.

Así, el problema consistirá en calcular los empujes de cada arco en términos de posición, magnitud y dirección, controlando que las estructuras de fábrica, ya sea un arco o un estribo, mantengan la línea de empuje dentro de la fábrica. En el caso de los estribos, es importante que dicha línea se aleje del borde exterior de su base; de lo contrario, si la línea tocara el borde, se formaría una rótula y el estribo colapsaría por vuelco.

En esta investigación se plantean cinco casuísticas distintas para cada infraestructura hidráulica: empuje mínimo, empuje máximo, variable A, variable B y variable C.

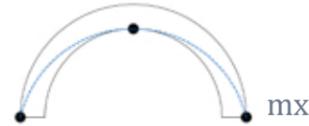
#### Empuje mínimo (mn)

Es el empuje correspondiente a la línea de mayor altura o peralte contenida dentro del arco. Se trata de la resultante más vertical que se puede alcanzar, es normalmente la situación más desfavorable.



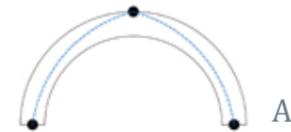
#### Empuje máximo (mx)

Se trata de la línea de empujes más rebajada dentro del arco.



#### Variable A

Se considera el empuje que describe una línea entre la parte más peraltada de la clave del arco y el punto medio de la última dovela que apoya sobre el estribo.



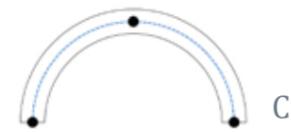
#### Variable B

Se considera el empuje que describe una línea entre la parte más rebajada de la clave del arco y el punto medio de la última dovela que apoya sobre el estribo.

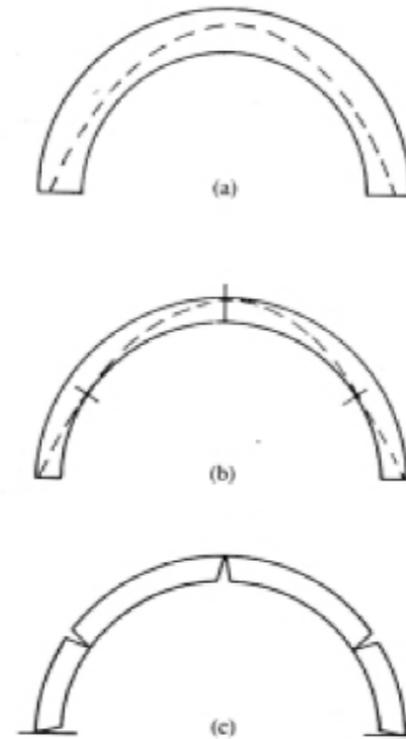


#### Variable C

Será el empuje que describe un comportamiento ideal en el que la línea de empujes justo por el centro de las dovelas hasta recaer al centro de los estribos.



◀ Imagen 6.11. Esquema de distintos empujes en un arco. Fuente: Elaboración propia



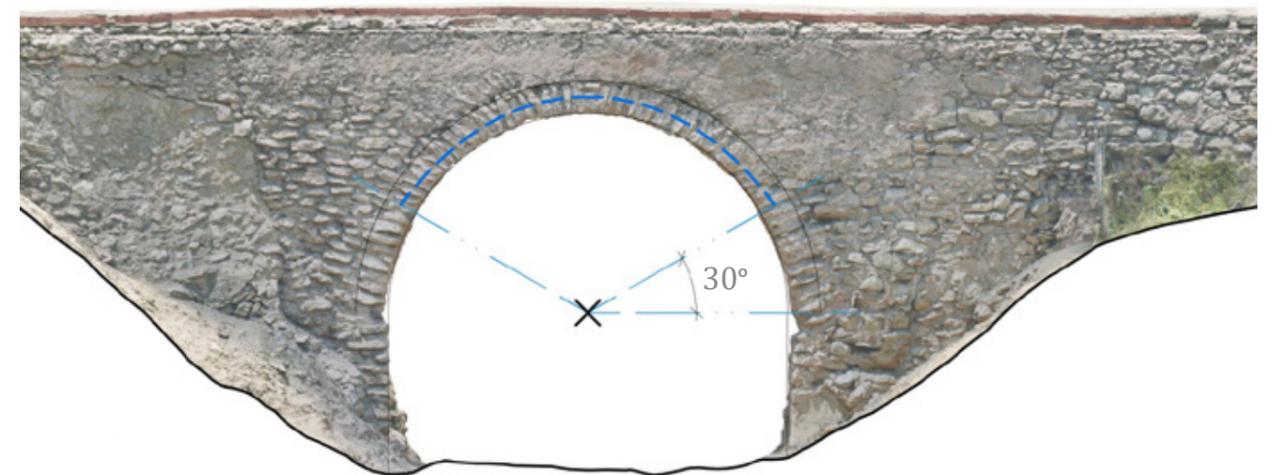
▲ Imagen 6.12. Definición de coeficiente geométrico de seguridad. (a) Arco de medio punto estable, con la línea de empujes en su interior; (b) Arco en situación límite, mínimo espesor que permite dibujar la línea de empujes en su interior; (c) Mecanismo de colapso del arco límite. Fuente: (Huerta, 2004:93)

Respecto a los estribos de nuestros casos de estudio, tanto los coeficientes geométricos de seguridad que ya estimaban Moseley (1843), Rankine (1858), y Heyman (1969, 1982), como los empleados por los antiguos constructores, del orden de 4, o superiores (Huerta, 2004), no se han considerado. Al presentarse muros de gran anchura junto a rocas, en el caso de darse deformaciones en el arco, se darían en el momento en que el mismo entrase en carga, pues al tratarse de muros de mampostería, estos pueden "encoger" mientras el mortero de cal de las juntas sigue fresco. Una vez ha endurecido, la rigidez del muro se aproximará a la de una piedra, considerando que se tienen estribos prácticamente "infinitos", en los que el contrafuerte no tendría fin, y aunque la línea de presiones fuese casi horizontal, no se saldría del contrafuerte, pues derivaría a la roca.

#### Línea de presiones

Otro aspecto a tener en cuenta a la hora de abordar los cálculos es que, se ha considerado con carácter general que la línea de presiones sale a partir de los 30°, punto donde la dovela deja de formar parte del muro y empieza a formar parte del arco. Es decir, hay una zona en la que las dovelas están trabadas claramente con el muro que las acompaña.

A partir del punto en que la dovela comienza a resbalar y no sustentarse por sí sola, es necesaria la colocación de la cimbra. Por ello se ha decidido tomar como referencia en los cálculos el punto en el que el arco comienza a apoyar en el muro.



▲ Imagen 6.13. Línea de presiones a partir de los 30°, se aprecia en la imagen cómo el arco ya no queda tan trabado con el muro y se hace necesaria cimbra. Fuente: Elaboración propia a partir de ortofotogrametría

## 6.4 CÁLCULO. METODOLOGÍA

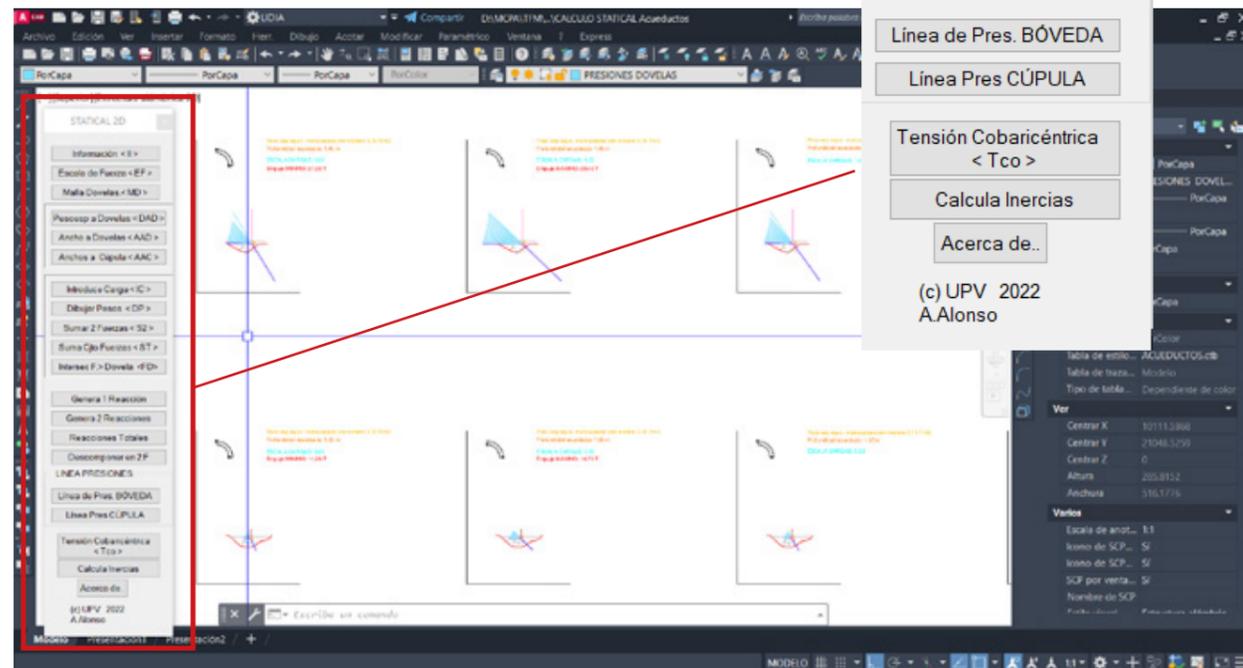
Gracias al desarrollo de investigaciones y la evolución tecnológica de los últimos años, existen en la actualidad herramientas informáticas útiles para el cálculo y dimensionado de este tipo de estructuras.

El cálculo se ha realizado a partir del plugin "Statical" 2022 para el software de Autodesk Autocad, desarrollado por el profesor e investigador A. Alonso Durá, perteneciente al departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras de la Universitat Politècnica de València. Se trata de un programa muy práctico para la obtención automática de funiculares y que permite realizar el cálculo de arcos simétricos, asimétricos y gajos de una cúpula, arrojando información valiosa en nuestro caso para visionar y cuantificar el comportamiento estructural de los elementos de estudio.

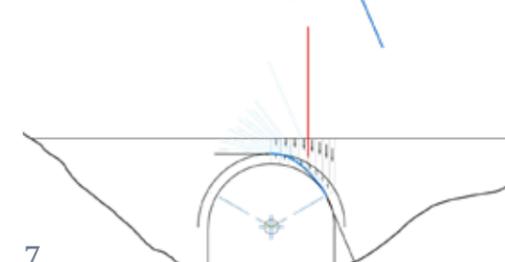
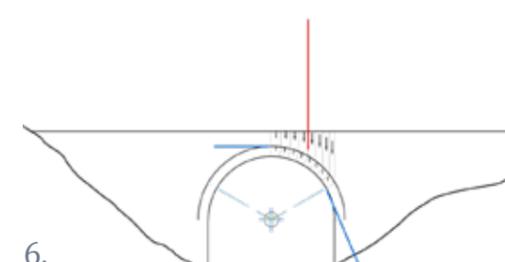
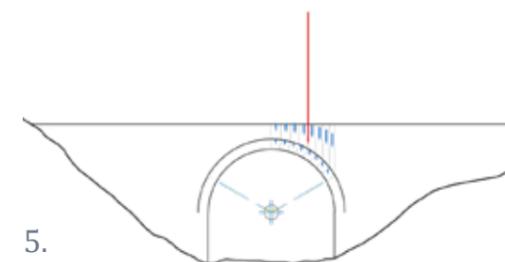
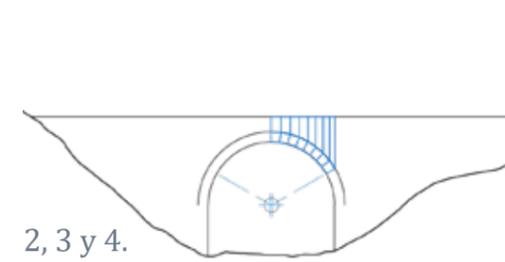
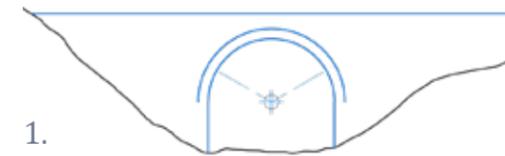
La metodología a seguir de manera general para el cálculo a través de esta herramienta ha sido la siguiente:

### 1. Líneas base

Una vez establecidas las líneas base del arco, se tantea la escala de las líneas de fuerza que aparecerán posteriormente dibujadas en el modelo (este paso puede ser también posterior, se trata más de una comodidad visual).



▲ Imagen 6.14. Muestra de la interfaz de Autodesk Autocad con la herramienta Statical 2D y sus órdenes. Fuente: Archivo propio 24'



### 2. Mallado de dovelas

Consiste en un proceso automatizado en el que indicamos el número de dovelas en las que queremos que se divida el arco. Una vez tenemos éstas, deberemos dibujar mediante polilíneas cerradas y de forma manual las porciones de muro que gravitan sobre cada dovela del arco. Se realizará de manera vertical desde cada punto superior de las dovelas del arco. Esto es así porque estamos considerando que el arco tiene apoyado un muro. Además, sólo se considera medio arco puesto que este es simétrico y no se encuentra deformado.

### 3. Definición de la densidad de las dovelas

En este caso tenemos un aparejo de piedra y mortero de cal. Se ha considerado entonces una densidad equivalente, en la que se estima un porcentaje de piedra y otro de mortero. Para este análisis se han dado unas proporciones de 80% piedra (0,8x densidad de la piedra) y 20% de mortero (0,2x densidad del mortero).

### 4. Definición del ancho de las dovelas

Se introduce el grosor del acueducto y de esta forma, el programa puede calcular el volumen (pues la superficie ya la tiene a partir de las polilíneas de las dovelas anteriormente dibujadas).

### 5. Dibujar pesos.

Automáticamente el software coloca cada peso en su lugar, el siguiente paso será en de sumar todo el conjunto de fuerzas y con ello obtener la resultante.

### 6. Generar las dos reacciones en el extremo.

Generamos las dos reacciones a partir de la resultante. Marcamos entonces los puntos de paso de ambas reacciones y el programa los calcula de manera automática. Durante la investigación se decide abordar cinco casuísticas distintas: la del empuje mínimo, la del empuje máximo y tres variables más, como ya se ha señalado.

### 7. Obtención línea de presiones

Una vez calculadas las reacciones, podemos obtener la línea de presiones del arco. La aplicación la calcula a partir de todos los pesos propios, y las dos reacciones obtenidas en el paso anterior. Automáticamente dibuja la línea de presiones y todas las cargas resultantes que están actuando sobre cada una de las secciones del arco.

A partir de ahí, tenemos toda la información de la que se pretende disponer para evaluar el comportamiento estructural en distintas situaciones de estabilidad de estos arcos.

Es importante recordar que, según el teorema de la seguridad (Heyman) basta con encontrar una sola línea de presiones para asegurar la estabilidad.

\*Es recomendable no obstante en estos casos, ser lo más riguroso posible, pero dada la intencionalidad del estudio, sólo se ha tratado de abordar el cálculo en la situación más desfavorable.

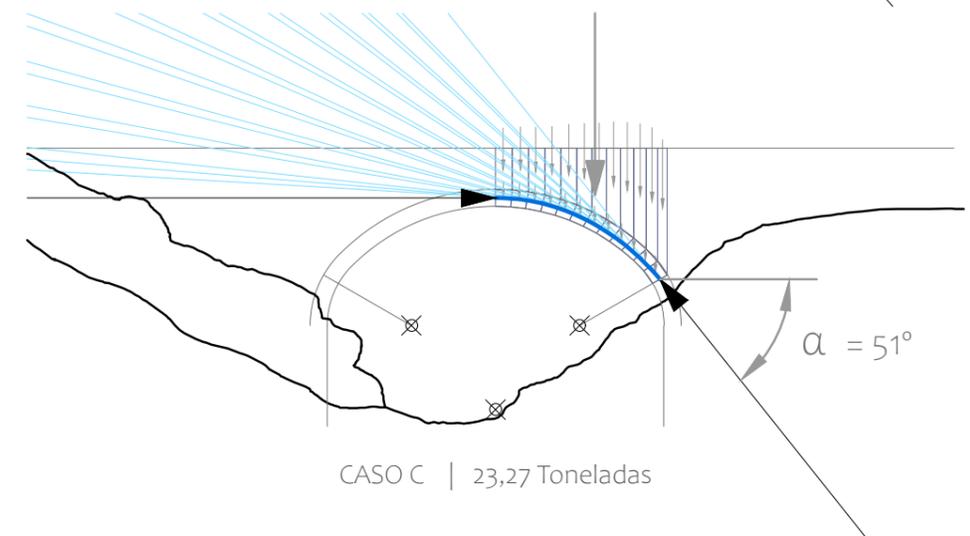
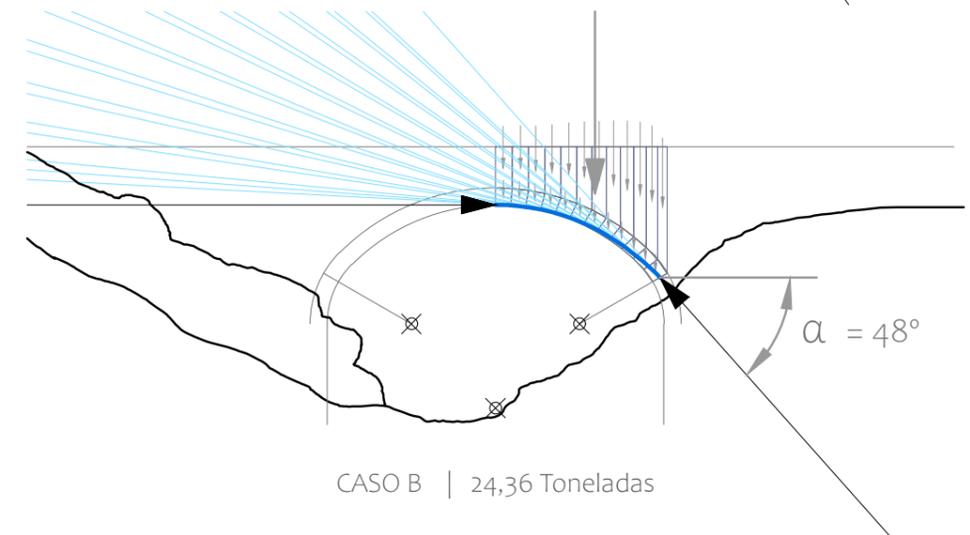
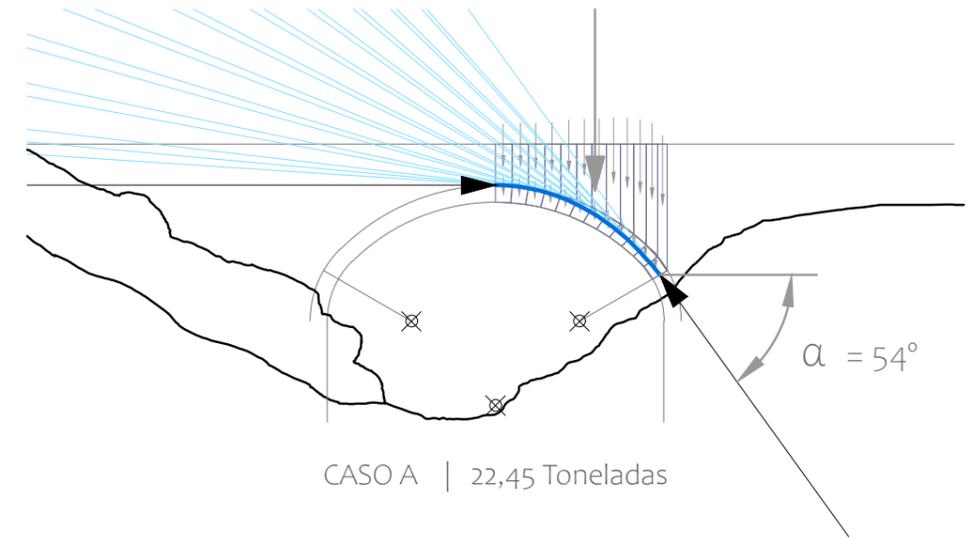
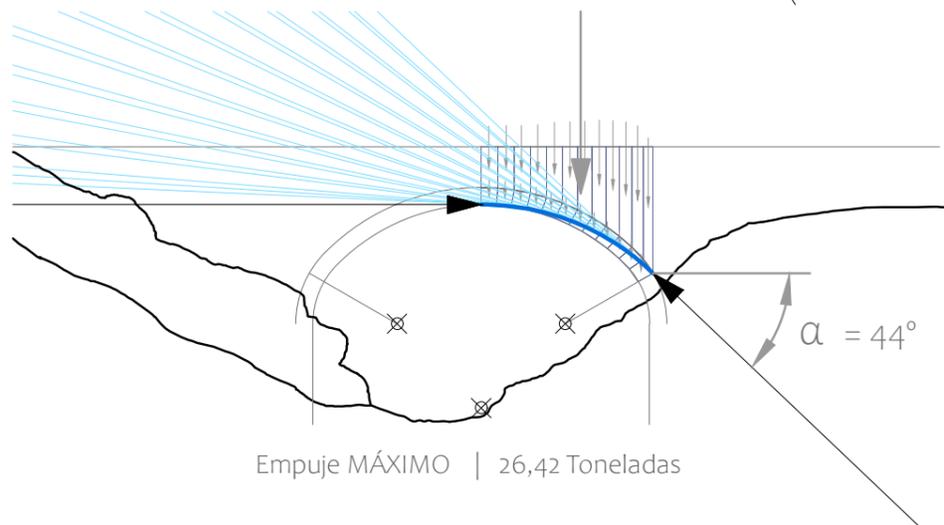
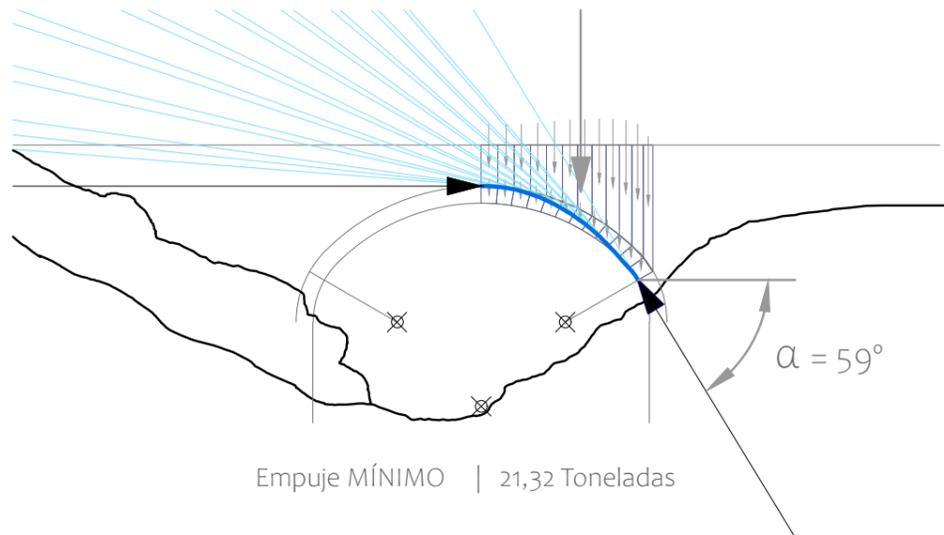
### 6.5 ACUEDUCTO DE CARBONERA

En este caso, el arco apoya directamente en la piedra y podría haberse tomado la línea de presiones desde ese punto y no desde los 30° como se ha especificado anteriormente, sin embargo, debido a las irregularidades de la superficie se ha optado por considerarlo igualmente a partir de los 30°. Como puede observarse, la resultante sale prácticamente y coge la piedra.

#### Datos

Peso específico equivalente mampuestos + mortero	2,10 T/m <sup>3</sup>
Profundidad del acueducto	1,40 m

#### Resultados



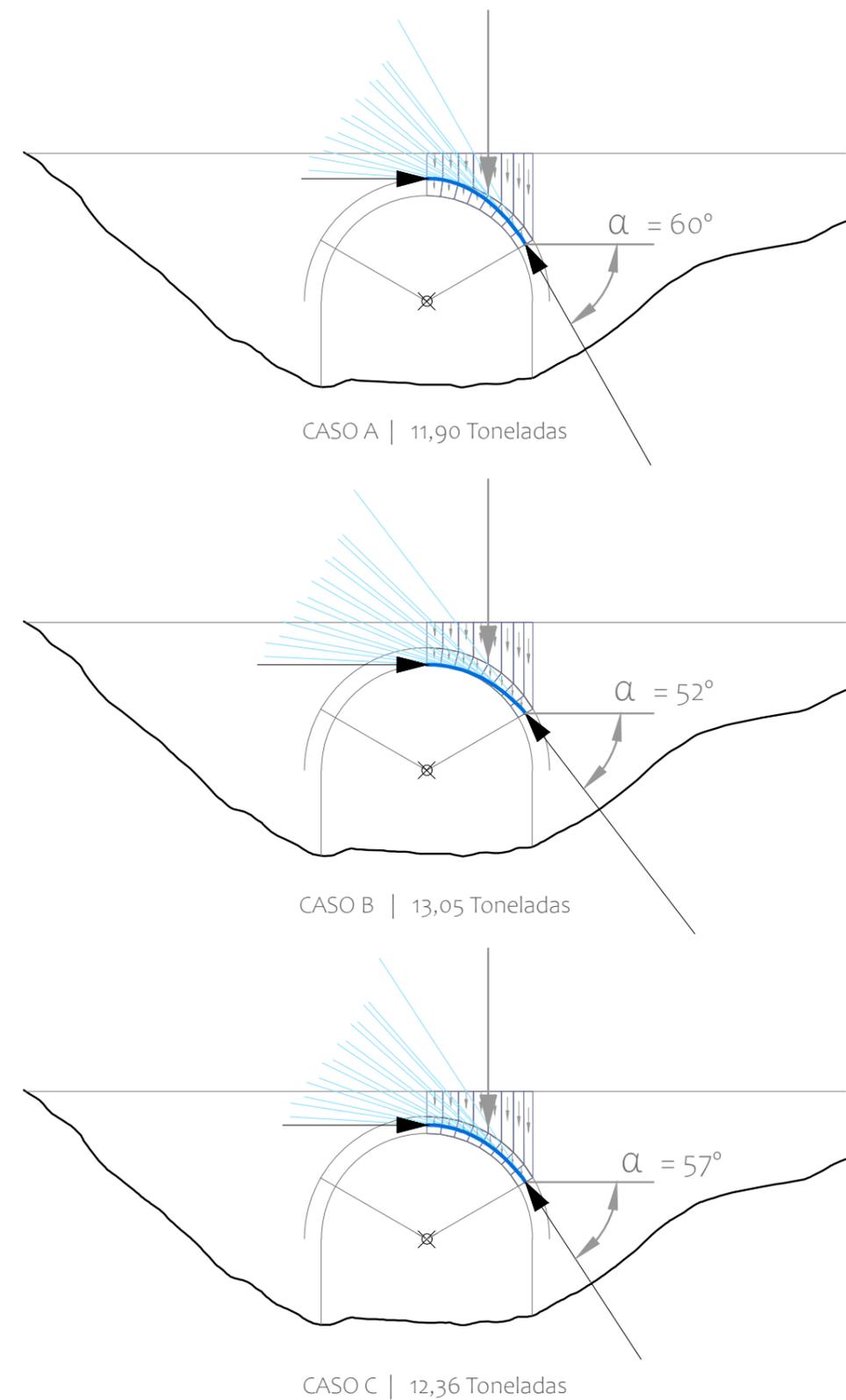
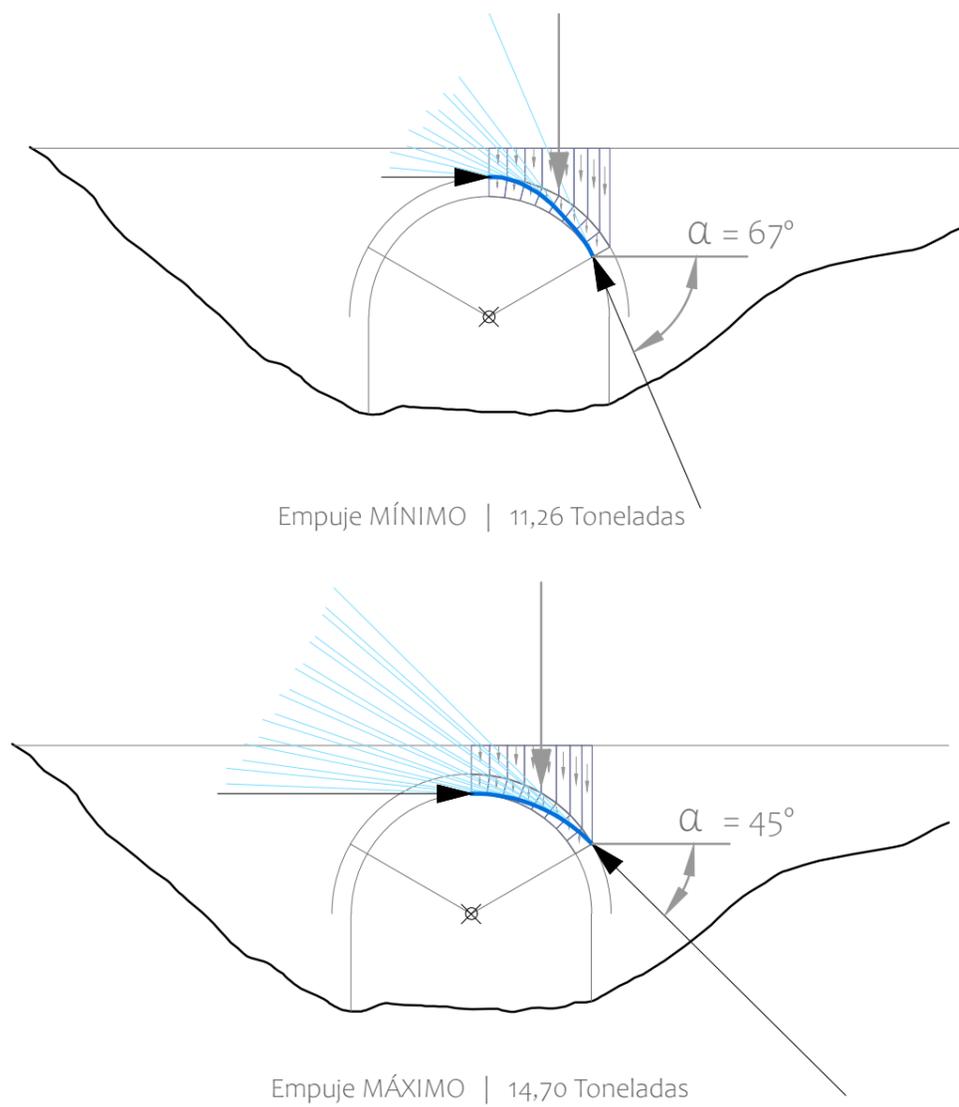
### 6.6 ACUEDUCTO DE ELS ARCS

El cálculo se realiza a partir de la línea de los 30°, tal y como se ha aclarado anteriormente en este mismo capítulo. La anchura de los muros hacia el terreno y su colegación con los estribos, hará que estos funcionen de forma unitaria, de modo que el empuje del arco será perfectamente absorbido sin demasiada complicación. Los resultados corroboran la estabilidad del arco frente a cargas gravitatorias.

#### Datos

Peso específico equivalente mampuestos + mortero	2,10 T/m³
Profundidad del acueducto	1,35 m

### Resultados



### 6.7 ACUEDUCTO DE SOLER

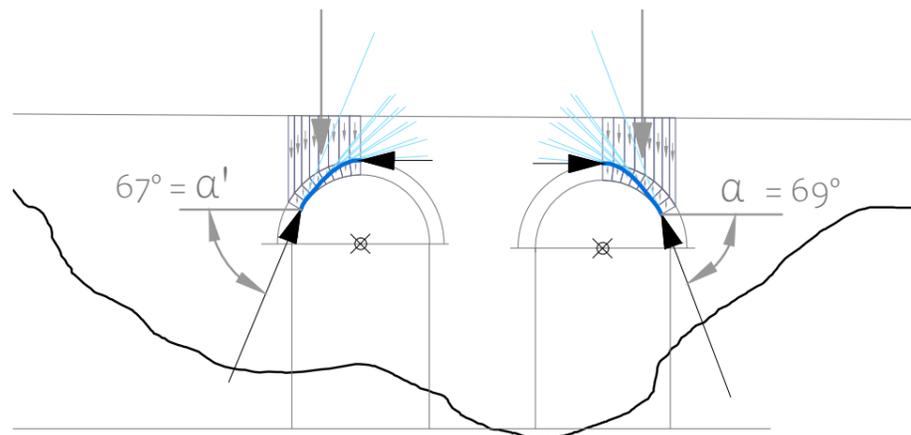
Es el más interesante de los tres al incorporar dos arcos y una pila central con tajamares a ambas caras.  
El cálculo se ha realizado tanto para los cinco casos de empuje que se habían expuesto anteriormente en los arcos, como en la pila central.

#### Estabilidad de los arcos

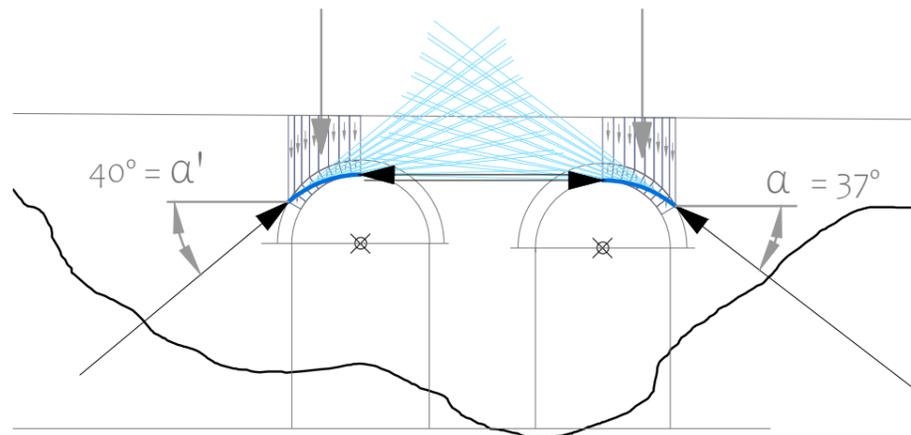
#### Resultados

#### Datos

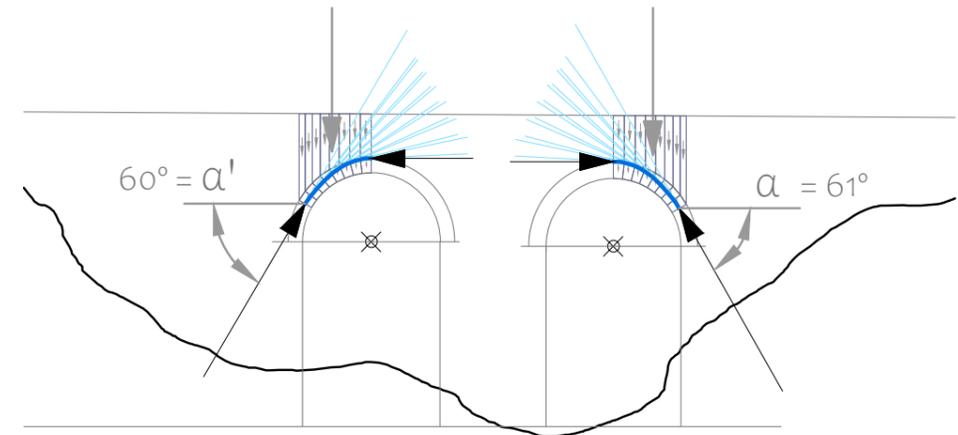
Peso específico equivalente mampuestos + mortero	2,10 T/m <sup>3</sup>
Profundidad del acueducto	1,50 m
Sección pila (d)	2,1928 m



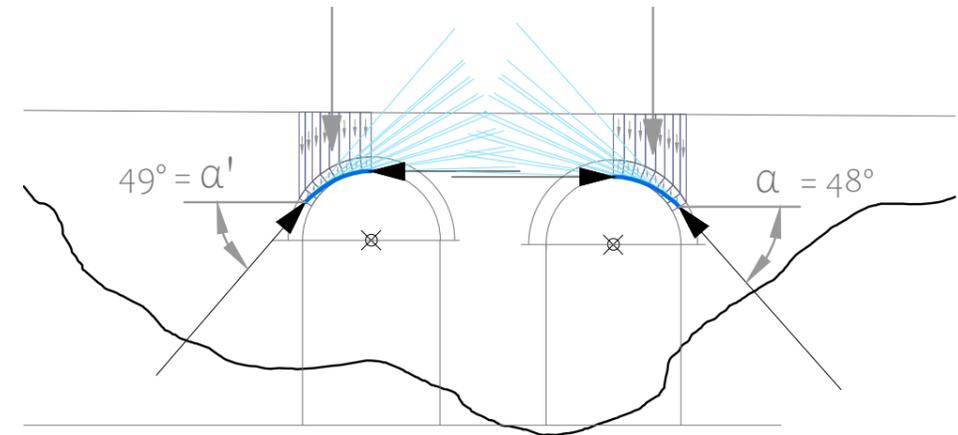
Empuje MÍNIMO arco izdo. | 7,75 T  
Empuje MÍNIMO arco dcho. | 8,09 T



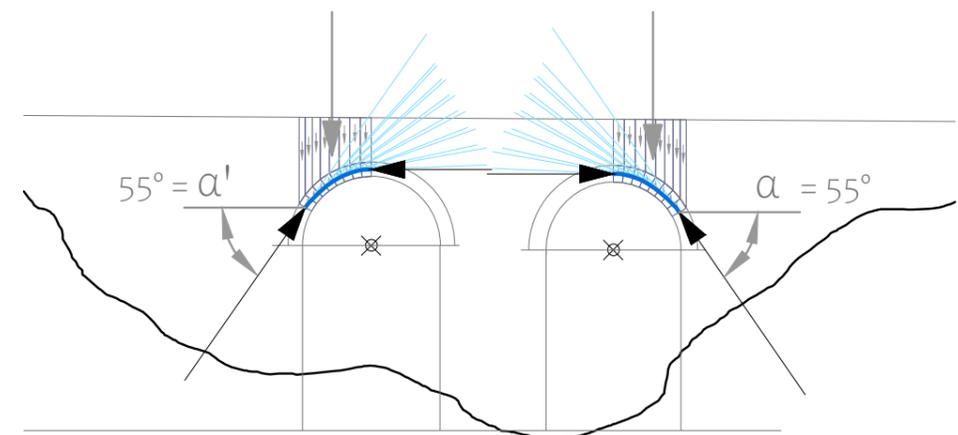
Empuje MÁXIMO arco izdo. | 11,21 T  
Empuje MÁXIMO arco dcho. | 12,43 T



Empuje MÁXIMO arco izdo. | 8,30 T  
Empuje MÁXIMO arco dcho. | 8,69 T



Empuje MÁXIMO arco izdo. | 9,45 T  
Empuje MÁXIMO arco dcho. | 10,10 T



Empuje MÁXIMO arco izdo. | 8,73 T  
Empuje MÁXIMO arco dcho. | 9,19 T

### Estabilidad de la pila

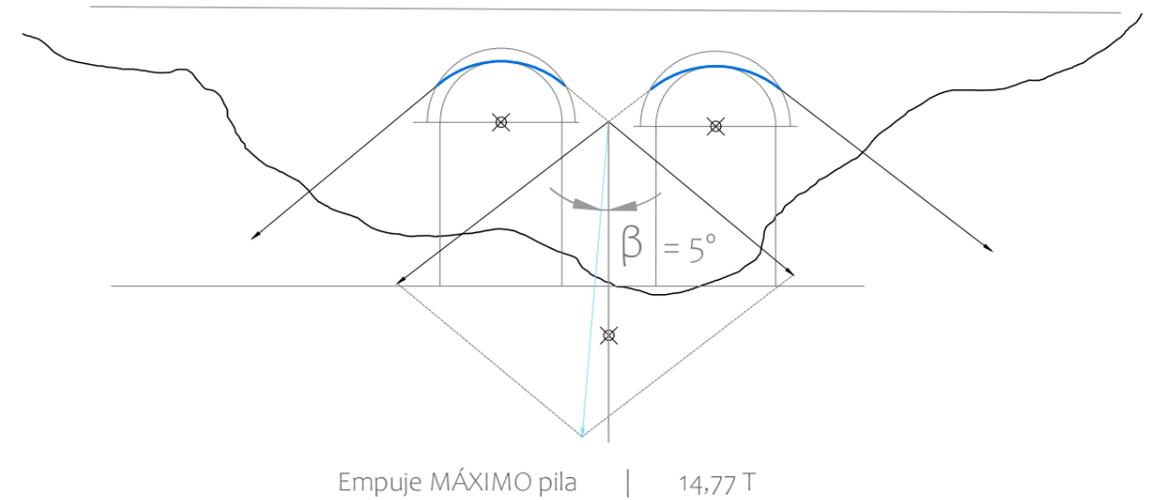
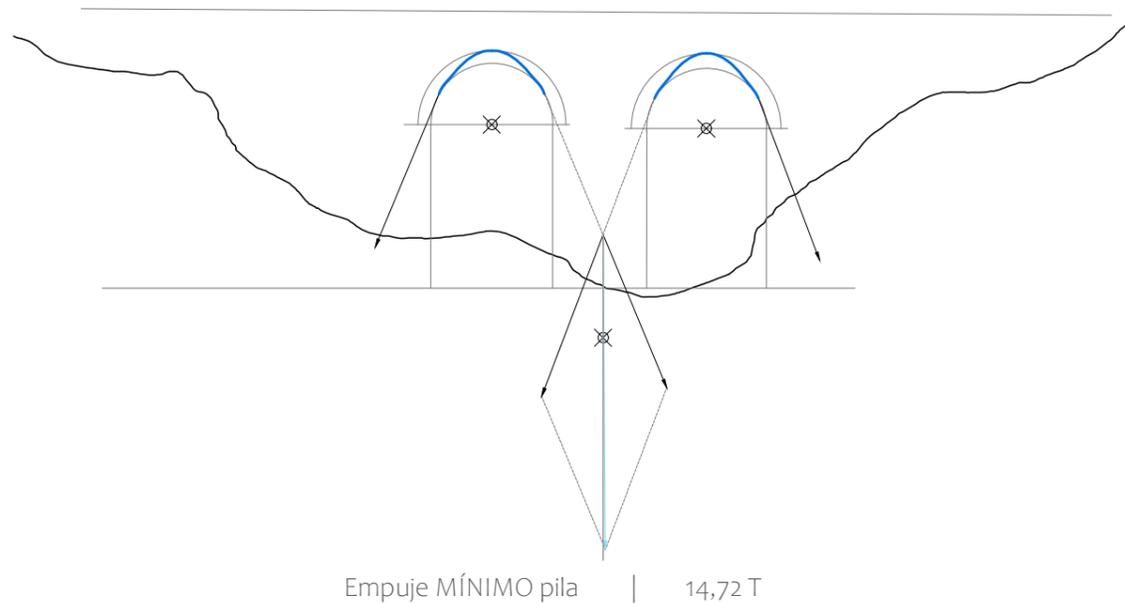
En el caso particular de la pila central, se recurre a la idea de <<estabilidad de posición>> de Rankine (1858), en la que la desviación de la línea de empujes queda limitada respecto al centro del diámetro de su sección correspondiente. Esta distancia está definida como la fracción de dicho diámetro, obtenida al multiplicar por un coeficiente "q". Se trata de un enfoque puramente geométrico pero muy resolutivo.

El principal problema viene en fijar los valores de "q", pero Rankine ya ofrecía diferentes valores de este coeficiente en función de la estructura a modelizar. Por ejemplo, para estribos rectangulares el valor  $q = 1/6$ , de tal forma que el empuje queda contenido en el tercio central, evitando la aparición de esfuerzos de tracción en la sección.

Otra forma de averiguar la seguridad estructural en la pila es la localización del empuje, y dependerá de su excentricidad "x" respecto al centro. El coeficiente geométrico de seguridad se obtiene dividiendo el semidiámetro ( $1/2d$ ) por la excentricidad (x). Así, un coeficiente geométrico de 2 quiere decir que el empuje está situado en el borde de la mitad central, de 3 que está en el borde del tercio central, y así sucesivamente. (Huerta, 2004:107).

Para el pilar, se realizan los cálculos en situación de empuje máximo y mínimo, que son las dos soluciones que establecen los empujes "umbral" (mayor y menor empuje posible), se realiza una modelización para sumar la resultante en el punto central del pilar y ver por donde pasa con respecto a la base, podemos ver en el caso del empuje mínimo, que está pasando prácticamente por el centro con una desviación de 8 cm y en el máximo con una desviación de unos 0,33 cm respecto al centro, luego contamos con un coeficiente de seguridad superior a 3 en ambos casos, y podemos asegurar que el pilar central tampoco cuenta con ningún problema de estabilidad estructural derivado de las cargas gravitatorias, estableciendo que a pesar de las imperfecciones que pueden darse en obra: arcos no exactamente iguales en cuanto a dimensiones y alturas, está comportándose bien estructuralmente hablando.

Otro tema distinto, pueden ser los descalces sufridos tanto en la cimentación del tajamar como en los estribos por los remolinos y escorrentías de agua que padece sobre todo el alzado sur (aguas abajo), pero ese es un tema que trataremos más en profundidad en el capítulo de análisis patológico.



### 6.8 CONCLUSIONES

La estabilidad de un arco depende de su forma, de los planos de junta (que suelen ser radiales) y del sistema de cargas.

Aquí se está considerando que el sistema de cargas es su peso propio (cargas gravitatorias), y las juntas son radiales, con lo cual la resultante tiende a ser perpendicular a la junta (que es la situación más favorable). De forma, cumplen sobradamente, tal y como se aprecia en los cálculos mostrados anteriormente. Es importante resaltar que en este análisis no se considera el empuje lateral del agua sobre el frente aguas arriba del acueducto.

Por lo tanto, desde el punto de vista estructural, los arcos se consideran seguros frente a cargas gravitatorias para el paso superior de una acequia. Cualquier deformación existente se debe a problemas de mantenimiento (filtraciones) y/o descimbrado.

Un problema que podría presentarse y no se ha contemplado aún es la posibilidad del golpeo lateral de la fuerza del agua (una gran riada), que en estos casos sí podría generar importantes daños, al producirse un trabajo a tracción en unos muros que son delgados y que no están diseñados para ello.

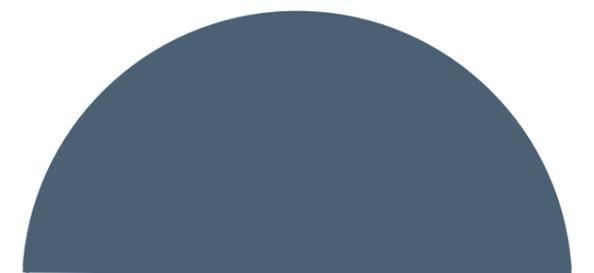
Aún así, si tenemos en cuenta los flujos actuales, el Plan Territorial Municipal de Emergencias (PTME) del Municipio de l'Alfàs de Pí, y el visor cartográfico del Instituto Cartográfico Valenciano (ICV), coinciden en que el riesgo de inundabilidad en los barrancos de Soler y Fondo, y en el Riuet Sequet (donde se ubican estas estructuras), es bajo.

Aunque se desconocen las condiciones en el siglo XVII, el PTME, prevé que las inundaciones en estas zonas "son muy poco frecuentes cuando se producen fuertes precipitaciones", siendo el Barranco de Tossalet a unos 5 km del Acueducto de Soler, el que mayor riesgo de inundabilidad posee, con una peligrosidad de inundación nivel 1 y un periodo de retorno cada 25 años (la última que se registra en el municipio es en 2007).

La aplicación del análisis límite a las estructuras de fábrica confirma que la condición más restrictiva para el proyecto no es la resistencia, sino la estabilidad.

**ANÁLISIS  
PATOLÓGICO**

**7**



"La arquitectura debe hablar de su tiempo y lugar, pero anhelar la eternidad" (Frank Gehry)

Imagen 7.1. La acción del agua en el alzado aguas abajo del Actueducto de Soler. (Archivo propio 23)



#### ► PATOLOGÍA

Etimológicamente, la palabra *patología* viene de *pathos*: enfermedad y *logos*: estudio.

En el presente trabajo cuando se hable de patología se referirá al conjunto de síntomas y daños producidos en una construcción por defecto o fallo de algún componente.

El paso del tiempo, junto con la falta de mantenimiento, lleva a los elementos patrimoniales a un estado completo de abandono, poniéndolos en riesgo de desaparecer. La intención de poner en valor estos elementos pasa por un estudio previo, donde el análisis de daños es crucial para asegurar su conservación.

La materialidad de las infraestructuras hidráulicas objeto de este estudio desempeña un papel fundamental en su desarrollo patológico.

Los materiales pétreos están constantemente expuestos a procesos de alteración que generan cambios en su naturaleza, propiedades, comportamiento y apariencia. El nivel de alteraciones alcanzado depende de la interacción entre las condiciones del entorno y las intrínsecas del propio material. Estos cambios dan lugar a lo que conocemos como daños o lesiones, afectando en la mayoría de los casos a la contextualización estética del elemento respecto a su estado original (COREMANS, 2013:111). La lectura de estas alteraciones en los elementos arquitectónicos patrimoniales es importante, ya que deja patente la existencia de deterioro, nos ayuda a comprender su comportamiento estructural y las variaciones que puedan producirse en él, y nos guían en la toma de decisiones para preservar el bien.

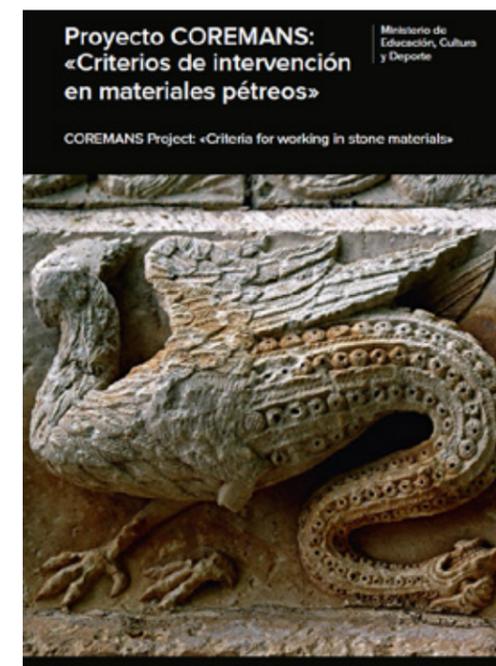
#### Factores de deterioro

Los agentes de deterioro al que está expuesto son de tipo físico, químico, mecánico, biológico y antrópico.

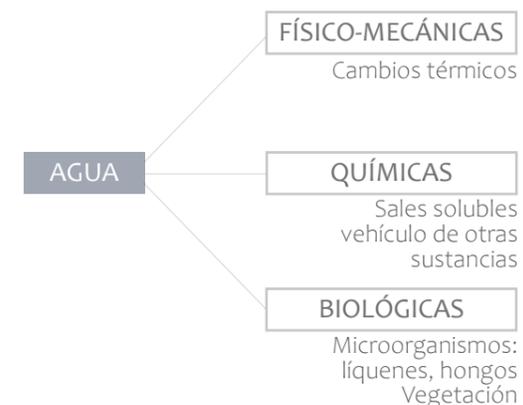
#### El agua, principal agente de deterioro.

Entre los factores de degradación de los materiales pétreos, el agua es el principal y más agresivo de todos. El agua facilita la acción de otros mecanismos de alteración y sirve de vehículo de sustancias nocivas para el material. Puede causar lesiones físico-mecánicas por acción directa, y de forma indirecta desarrollar desde deterioros físico-mecánicos hasta químicos y biológicos.

La penetración del agua en la piedra puede llevar a problemas severos en el material. Conjugándose con unas condiciones climáticas determinadas y con otros agentes de deterioro, pueden llegar a desarrollarse desde sales hasta microorganismos y plantas en el soporte pétreo, así como, ser causante de la rotura o fragmentación del material por dilataciones y contracciones, o provocar el lavado y disolución de los morteros de las juntas.



▲ Imagen 7.2. Porta del libro "Proyecto COREMANS: <<Criterios de intervención en materiales pétreos>>. Fuente: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.



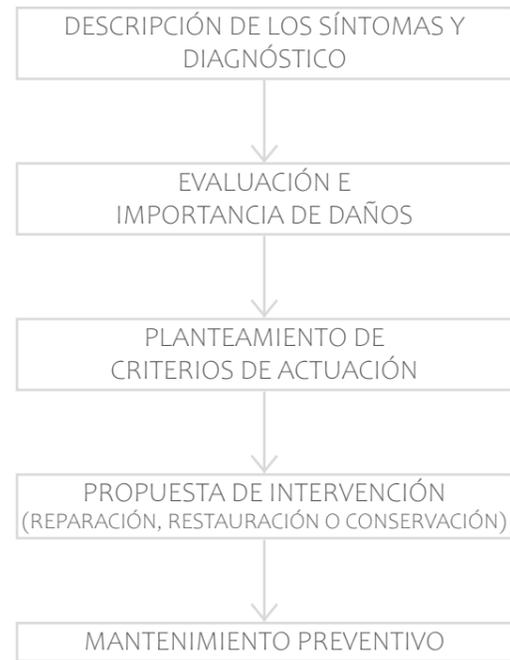
▲ Imagen 7.3. Esquema de la participación del agua en el desarrollo de deterioro observado en las estructuras. Fuente: Elaboración propia

### 7.1 METODOLOGÍA

De la mano de los análisis constructivo, evolutivo y estructural de los elementos objeto de estudio, se realiza a continuación una valoración patológica. Valorar la alteración de los materiales o elementos que componen un bien arquitectónico, es un tema complejo, de dificultosa cuantificación y sistematización, pues hay innumerables aspectos implicados referentes a distintas categorías (agentes, formas, grados, procesos...) y que a su vez, están interrelacionados. Por lo tanto, el análisis de las lesiones comienza con organizar y definir esos aspectos.

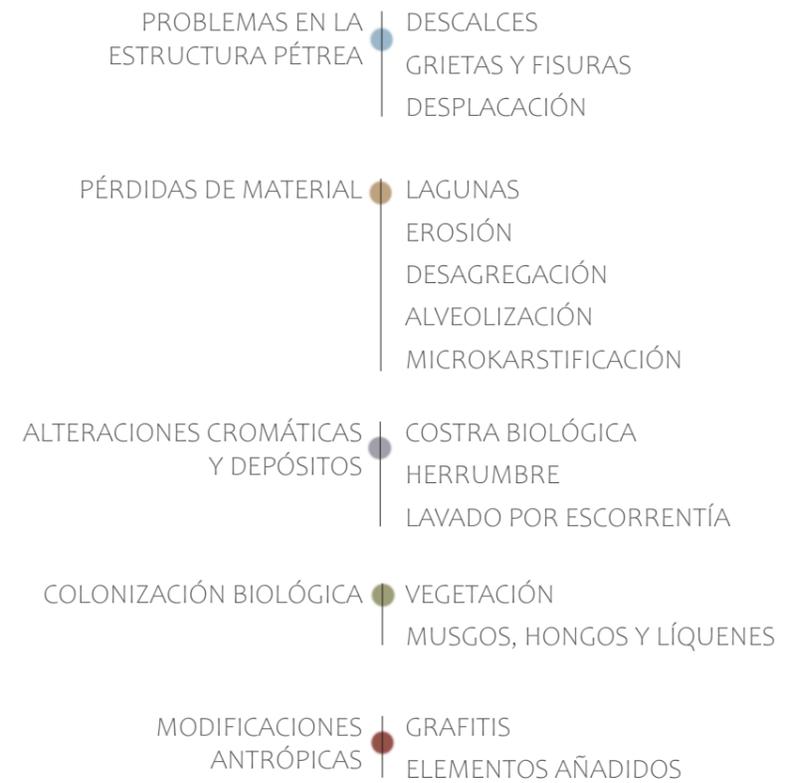
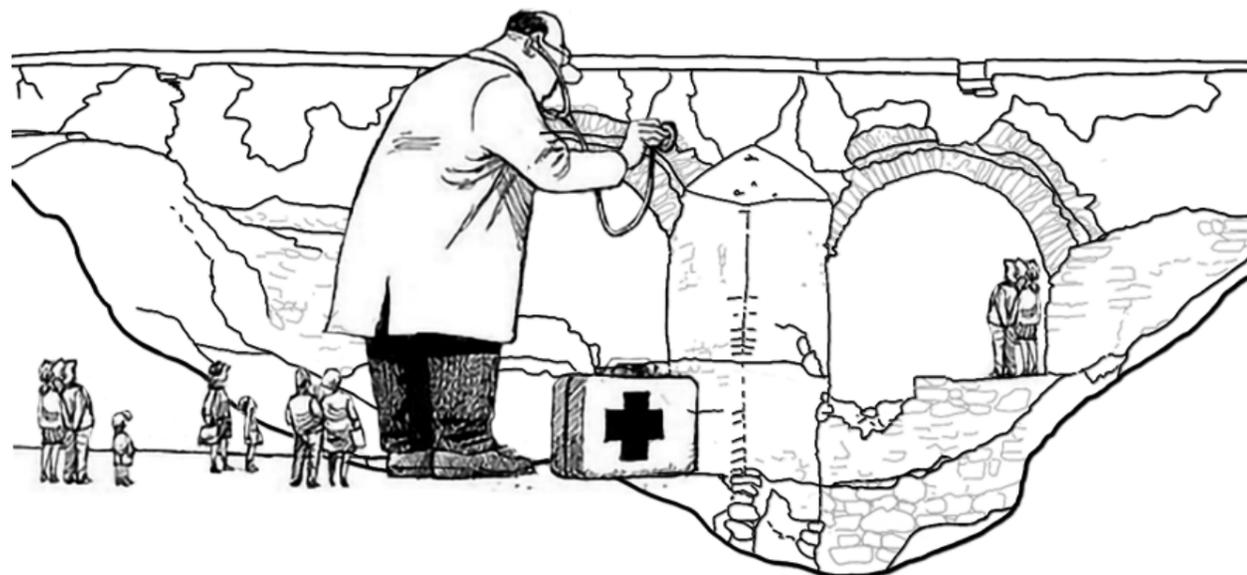
La metodología empleada se ha basado, en la investigación previa de fuentes bibliográficas, visitas técnicas y observación de las estructuras hidráulicas, realizando inventarios de información del estado de cada elemento, permitiendo posteriormente identificar las diferentes lesiones, evaluando su alcance, y organizando un informe patológico final en el que se contemplan conclusiones y recomendaciones de actuación.

Es importante distinguir entre factor o causa de deterioro y efecto/daño/lesión/forma de alteración presentado. Los factores de deterioro (físicos, químicos, mecánicos, biológicos y antrópicos), no son observables, lo que vemos son sus efectos, el resultado (lesión/daño/forma de alteración presentada). Estas causas de deterioro se han de deducir de la interpretación de los hechos observados. Así pues, el diagnóstico de lesiones consistirá en determinar el origen de los daños a partir de su observación, con el fin de prevenirlos y/o sanarlos.



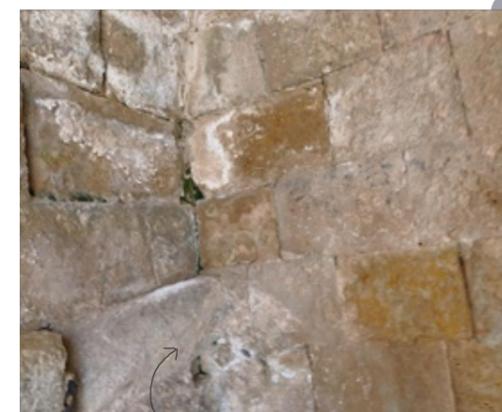
▲ Imagen 7.4. Esquema de metodología seguida.

▼ Imagen 7.5. Viñeta de análisis patológico del acueducto de Soler. Adaptación propia de "Postales generales edificio enfermo"



▲ Imagen 7.6. Gráfico de los grupos de lesiones detectadas. Fuente: Elaboración propia

Color identificativo del grupo de lesión al que pertenece



Nombre de la lesión detectada

Diagnóstico

El agua de la lluvia que se acumula en las cavidades trae consigo sales, cuando esta se evapora, las sales solubles e insolubles se cristalizan, dando lugar a las eflorescencias.

Nivel del daño

Bajo

Medio

Alto

Propuesta de intervención

Las eflorescencias pueden ser eliminadas mediante limpieza mecánica, y las sales pueden estabilizarse, pero su eliminación en este caso se torna del todo inviable.

Imagen de detalle y referencia

▲ Imagen 7.7. Esquema utilizado síntesis de daños y propuesta de intervención. Fuente: Elaboración propia  
Eflorescencia salina en la cripta de la antigua Iglesia de San Cebrián, Salamanca. © JM García. Fuente: periódico local Salamanca Hoy.

## 7.2 DESCRIPCIÓN DE LAS LESIONES

Es preciso que, previo a desarrollar el razonamiento de las diversas causas que puedan haber propiciado los daños más o menos visibles en los tres acueductos, se realice una breve descripción de los mismos:

### Problemas en la estructura pétreo

Con carácter general y teniendo en cuenta las anotaciones del capítulo anterior, la patología estructural manifestada en grietas o deformaciones a lo largo de las tres infraestructuras hidráulicas, no vendría derivada de un problema de dimensionado estructural, si no de:

- 1.- El proceso de descimbrado, bien por el gran espesor de las juntas del mortero, bien porque el descimbrado se ha producido antes de que el mortero haya endurecido lo suficiente
- 2.- El lavado de las juntas como consecuencia de las diferentes filtraciones de agua de la acequia del canal superior
- 3.- Ambas

Se observan otros problemas estructurales más severos como descalces en estribos o en pilas (caso del acueducto de Soler), causados posiblemente por la acción del agua, ya sea en escorrentía o en bolsas de remolinos que han ido lavando y erosionando la zona.

**Descalce:** según la Real Academia de Ingeniería se refiere al movimiento de los cimientos de una elemento estructural o fallo en el terreno.

**Grieta y fisura:** La grieta es una fractura de un tamaño con apertura mayor a 1 mm, mientras que la fisura consiste en una discontinuidad en el plano a simple vista con apertura de tamaño menor a 1 mm.

**Desplacación:** desprendimiento de placas planas de un espesor notable (de mm a cm) de forma paralela a la superficie plana del material.

### Pérdidas de material

Hay diversas lesiones que provocan pérdida de material, disminuyendo su superficie y volumen y borrando detalles de labra, por ejemplo. La erosión será un término genérico que aplicaremos a la pérdida de materia ya sea por algún proceso físico, químico o biológico. Ésta varía según la forma y el estado en que se encuentra la superficie, y depende tanto de las características del propio material como de los agentes de deterioro.



▼ Imagen 7.8. Arriba. Acueducto de Els Arcs problemas en la estructura pétreo, grietas. Abajo. Acueducto de Carbonera, lavado de juntas. Fuente: Archivo propio 23'



▼ Imagen 7.9. Lavado extremos en las juntas, descalce de cimentación del tajamar aguas abajo del acueducto de Soler. Fuente: Archivo propio 23'



▲ Imagen 7.10. Arriba. Alveolización en el paramento del acueducto de Soler. Abajo. Microkarstificación en el paramento del acueducto de Els Arcs. Fuente: Archivo propio 23'



▲ Imagen 7.11. Costra biológica en el sombrerete del tajamar aguas arriba del acueducto de Soler. Fuente: Archivo propio 23'

**Laguna:** término utilizado para la falta de material, en la que se ve claramente el espacio anteriormente ocupado por una pieza, en este caso los mampuestos.

**Desagregación:** o disgregación, se refiere al desprendimiento de las partes de un material de forma natural o bajo esfuerzos muy pequeños, lo que provoca una pérdida progresiva de cohesión en su superficie.

**Alveolización:** erosión que se produce de manera heterogénea generando cavidades, en la superficie del material, también conocidas como alvéolos.

**Microkarstificación:** erosión que se produce de manera heterogénea generando ondulaciones, cortes y surcos que imitan canales interconectados.

La alveolización y la microkarstificación son lesiones muy similares, su principal diferencia se da en la formación de la erosión: en la alveolización suelen presentarse cavidades centimétricas que no suelen estar conectadas entre sí y con una forma alveolar, mientras que las cavidades en la microkarstificación se asemejan a una red hidrográfica y la erosión es mucho más latente.

### Alteraciones cromáticas y depósitos

Las lesiones referidas al cambio en la coloración de los materiales visionadas en las estructuras son:

**Costra biológica:** se refiere a la modificación superficial de la parte externa de un material (capa de un considerado grosor, coherente y frágil), formada por microorganismos (generalmente líquenes muertos), que con frecuencia adquiere una tonalidad verdosa o negra.

**Herrumbre:** Tinción por óxidos de hierro.

**Lavado por escorrentía:** erosión de la superficie del material, eliminando gradualmente su capa externa y provocando desgaste, decoloración, o incluso la exposición de capas subyacentes más vulnerables. Ocurre cuando el agua fluye de forma frecuente por la superficie de un material, arrastrando consigo partículas y minerales.

### Colonización biológica

La colonización biológica se refiere al proceso por el cual organismos vivos como plantas, bacterias, hongos, algas, musgos o líquenes se establecen y crecen en una superficie o entorno específico, generalmente en condiciones favorables de humedad, luz y nutrientes.

**Vegetación:** las plantas son organismos multicelulares que realizan la fotosíntesis para producir su propio alimento y oxígeno. Varían en tamaño e incluyen hojas, tallos y raíces. Estas últimas, al crecer en el interior de las estructuras o en sus resquicios, pueden ocasionar grietas y daños en elementos patrimoniales.

**Musgos:** pequeñas plantas sin raíces profundas que se adhieren a la superficie del material, suelen crecer en ambientes húmedos y oscuros, y pueden retener humedad, acelerando la degradación del material.

**Hongos:** se trata de organismos descomponedores que pueden crecer en una amplia variedad de superficies. Algunos hongos producen ácidos orgánicos que descomponen el material, especialmente en aquellos ricos en calcio o carbono.

**Líquenes:** resultado de la simbiosis entre un hongo y un alga o cianobacteria. Crecen en diversas superficies y en condiciones extremas. Aunque su crecimiento es lento, secretan ácidos que disuelven minerales en las rocas, contribuyendo a su descomposición. Incluso después de morir, pueden seguir dañando el material de forma pasiva al acelerar su deterioro mediante procesos de descomposición y exposición.

### Modificaciones antrópicas

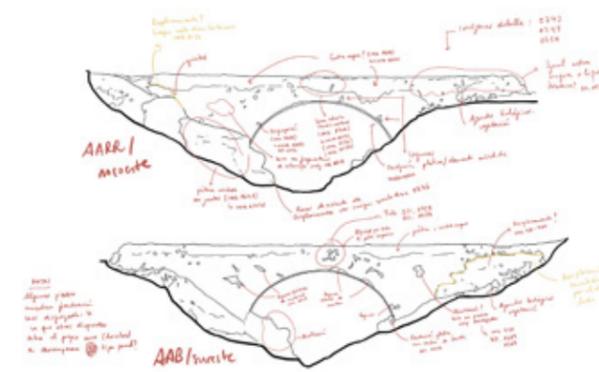
Son las referidas a la acción del hombre. Entre las observadas en las tres infraestructuras hidráulicas destacan:

**Grafitis:** pinturas, tinta o grabados, que con su intención artística, política o meramente vandálica altera de manera significativa la apariencia original del elemento patrimonial.

**Elementos añadidos:** incorporación de materiales o estructuras ajenas al diseño original, como ladrillos cerámicos huecos, morteros mal empleados, canalizaciones nuevas, tuberías de pvc, pletinas metálicas, que alteran el elemento patrimonial y pueden comprometer la integridad de la material original y su estética.

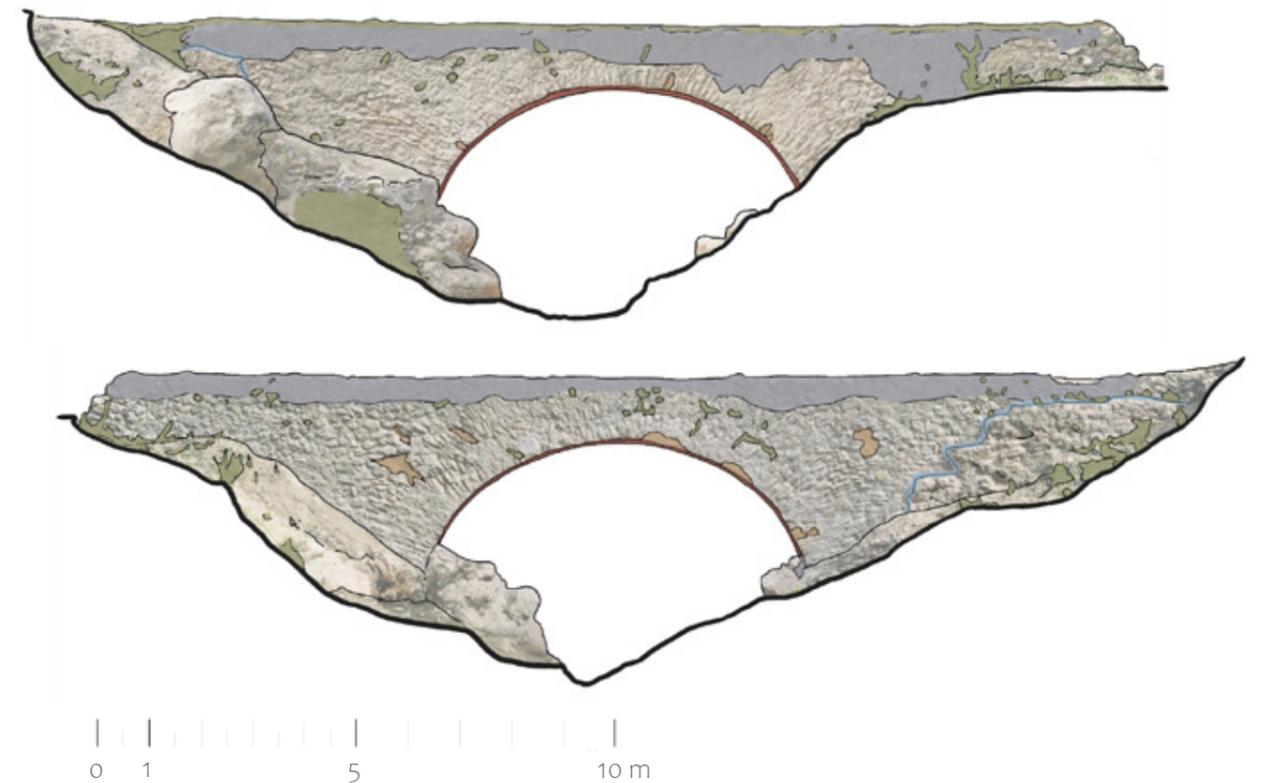


▲ Imagen 7.12. Zarzamoras, líquenes y hongos cubriendo el acueducto de Soler. Fuente: Archivo de CFC 2013.



▲ Imagen 7.14. Primeros croquis y anotaciones en la inspección visual. Acueducto de Carbonera. Elaboración propia

LEYENDA LESIONES	<span style="color: blue;">●</span> PROBLEMAS EN LA ESTRUCTURA PÉTREA
	<span style="color: brown;">●</span> PÉRDIDAS DE MATERIAL
	<span style="color: grey;">●</span> ALTERACIONES CROMÁTICAS Y DEPÓSITOS
	<span style="color: green;">●</span> COLONIZACIÓN BIOLÓGICA
	<span style="color: red;">●</span> MODIFICACIONES ANTRÓPICAS



▲ Imagen 7.15. Mapeado patológico del acueducto de Carbonera. Elaboración propia a partir de ortofotogrametría

▼ Imagen 7.13. Limpieza de grafitis mediante mezclas químicas posteriormente neutralizadas en el Castillo de los Moros (Orihuela). Fuente: Diario de la Vega (05/06/2018). Redactora Silvia Guerrero Lidón



### Lagunas

Las lagunas se han producido con el desprendimiento de los mampuestos a lo largo del tiempo, y son debidas a las condiciones ambientales a las que ha estado expuesta la obra. Posiblemente la principal causa sea los lavados de agua continuos provenientes de filtraciones en la parte superior donde no existe ningún tipo de impermeabilización, y a esto, se une la alta proporción de mortero, respecto a la proporción de piedra que se observa en el aparejo.

Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

La importancia del daño se considera media. Aunque las lagunas que se detectan son pocas y dispersas, se encuentran en su mayoría en zonas pertenecientes a las dovelas del arco, de modo que esa falta de material podría poner en peligro la estabilidad del arco.

Se considera que a priori debería incorporarse algún tipo de impermeabilización superior, para atajar el problema de filtraciones de agua y que no se dañe aún más la fábrica. También se consideraría la reposición de mampuestos, realizando previamente un estudio más en profundidad de las tipologías pétreas.



▲ Imagen 7.16. Lagunas en el arco y próximo a él. Fuente: Archivo propio 23'

### Erosión/Desagregación granular

Hay una erosión importante y generalizada de los mampuestos, incluso se aprecian zonas con bastante disgregación de material, ya sea el pétreo o la armagasa del mortero. La fábrica ha quedado prácticamente descarnada, perdiendo su revestimiento en un 70% de su superficie aproximadamente. La acción del viento, pero principalmente la acción del agua, han sido los responsables. Esta disgregación matérica supone un problema de cohesión en el aparejo.

Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

Se propone consolidar el paramento con el fin de mejorar su cohesión estructural, aumentar la resistencia y reducir la porosidad. Aunque no es posible recuperar el revestimiento original (enlucido de cierto grosor (>1,5 cm), se busca conservar y consolidar lo que aún queda.



▲ Imagen 7.17. Erosión generalizada con disgregación granular de morteros. Fuente: Archivo propio 23'

### Lavado por escorrentía



▲ Imagen 7.18. Surcos visibles de lavados por escorrentía desde el canal superior de la estructura. Fuente: Archivo propio 23'

Se observan claramente los surcos de un lavado que se ha ido produciendo por escorrentías de agua en toda la parte superior de la estructura. Además, como ya se ha comentado con anterioridad, la falta de impermeabilización, facilita el acceso de agua que se va filtrando al resto del acueducto, como si de una esponja se tratase, acumulándose y produciendo acciones como la disolución en los morteros.

Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

Las filtraciones, los lavados por escorrentía y las erosiones parece que sean el principal problema de lesiones en este acueducto, por lo que el nivel de daño asociado se considera alto.

La intervención más adecuada sería impermeabilizar la parte superior del relleno sobre el arco, con el fin de frenar las diferentes lesiones que está provocando el agua, ya sea de forma directa, o indirecta. Los morteros impermeabilizantes a base de cal hidráulica son una solución comúnmente aceptada. No obstante, la selección del impermeabilizante debe basarse en un estudio más exhaustivo del material pétreo y la recomendación de especialistas restauradores.

### Vegetación



▲ Imagen 7.19. Plantas alojadas en los intersticios y juntas de los sillarejos del arco. Fuente: Archivo propio 23'

La humedad relativa alta del entorno en el que se ubica la estructura, sumada a la acción del viento y las temperaturas crean un espacio óptimo para el desarrollo de plantas y otros organismos biológicos. Visita (dic.2023)

Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

La presencia de vegetación en el caso de los acueductos es un problema que va a ser frecuente, debido a su exposición al medio y al entorno en el que se encuentran. Podría eliminarse con limpieza mecánica mediante bisturí u otras herramientas de acción mecánica de mayor calibre y aspiradores, y posteriormente recurrir a un biocida (previa realización de pruebas de compatibilidad y pH), pero volvería a surgir con el tiempo. Lo más acertado en este caso sería plantear un mantenimiento constante de los elementos.

### Musgos, hongos y líquenes

La presencia de humedad, ha propiciado el crecimiento de organismos como hongos y líquenes, fácilmente apreciables en todo el canal superior

#### Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

Para la retirada de las biocolonias existentes se propone:

1. Identificación del tipo de organismo y evaluación del estado concreto del material pétreo sobre el que actuar.
2. Limpieza mecánica de las zonas afectadas mediante cepillado manual, con cepillo natural de baja dureza y, si fuese necesario, se realizarían pruebas de solubilidad y pH para la utilización de otros métodos de limpieza fisico-químicos.
3. Retirada de restos de organismos muertos y productos empleados.
4. Aplicación de tratamientos preventivos para minimizar la reaparición de estos organismos.

En cualquier caso, el proceso debe ser evaluado y llevado a cabo por especialistas en restauración, asegurando que el bien patrimonial no sufre daños durante la intervención.



▲ Imagen 7.20. Colonización biológica (musgo, hongos y líquenes) alojada en la zona superior del elemento. Fuente: Archivo propio 23'

### Costra biológica

En la mayor parte superior del acueducto se ha generado una costra biológica sobre el mortero, producto de líquenes y hongos muertos, generados previamente en las zonas de escorrentía de aguas o zonas con mayor humedad.

#### Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

El procedimiento para la eliminación de la costra biológica es muy similar al anterior, con la salvedad de que algunas costras de líquenes pueden ser muy difíciles de remover así que, la intensidad y el tiempo aplicado a la limpieza mecánica pueden variar.

Cabe destacar que la costra biológica puede verse no sólo como un problema en la conservación del bien, sino también como una fuente de información valiosa sobre el entorno que rodea al monumento (Caneva, G., et al., 1991).



▲ Imagen 7.21. Costra biológica en la zona superior al relleno del arco. Fuente: Archivo propio 23'

### Elementos añadidos



▲ Imagen 7.22. Pletinas metálicas ubicadas en el intradós del arco a modo de cimbra permanente. Fuente: Archivo propio 23'

Es posible que la ausencia de protección en la parte superior de la estructura y el poco o nulo mantenimiento produjesen grietas por el lavado producido en las juntas debido a la acción del agua, y por ello, se decidiese asegurar la estabilidad del arco mediante la colocación de las pletinas a modo de cimbra permanente que actualmente vemos. Dichas pletinas presentan un estado de oxidación avanzado, en el que ha comenzado un proceso electro-químico que produce una degradación superficial, es decir, ya se advierte pérdida de sección. Este proceso se conoce como corrosión y suele presentarse en una segunda fase del fenómeno de la oxidación dentro del mismo proceso patológico. (AAVV, 1999: 237-238)

#### Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

Se plantea en primera instancia realizar una limpieza mecánica para retirar las capas de corrosión mediante cepillado metálico, chorreado de arena o bien decapado químico y su posterior estabilización. Cuando el deterioro sea mayor y se presenten grandes reducciones de sección, se recurrirá a la sustitución de los mismos. Técnicamente esas pletinas no son necesarias si se realiza un adecuado trabajo de consolidación de las fábricas y se establece un plan de mantenimiento luego, se recomendaría su retirada cuando se cumplan las condiciones descritas.

### Herrumbre



▲ Imagen 7.23. Área de uno de los estribos con manchas de óxido en el arranque del arco. Fuente: Archivo propio 23'

La zona de apoyo de las pletinas ubicadas en el intradós del arco presenta manchas de corrosión. Las acciones climatológicas (normalmente acción directa del agua) ayudan a la oxidación del material y posteriormente al traslado de las partículas de óxido a otras superficies generando manchas, en este caso en los estribos y en la propia roca en la que apoya el arco. Esta oxidación además puede provocar roturas en el soporte en el que se encuentre recibido debido a los aumentos de volumen del metal oxidado (Vegas & Mileto, 2014:239)

#### Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

Atajado el problema anterior de corrosión de las pletinas, podría considerarse la limpieza mecánica de los pétreos afectados, con especial atención para no dañar el material durante el proceso.

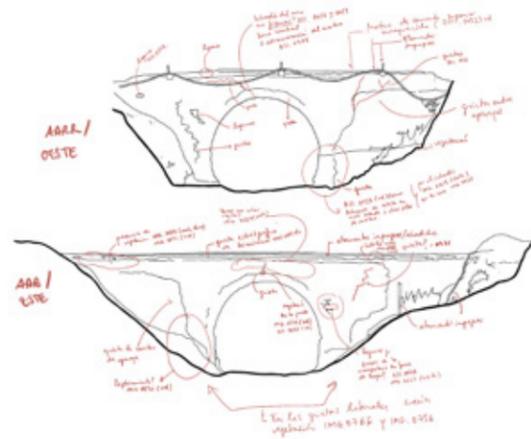
### 7.3.2. ACUEDUCTO DE ELS ARCS

Las patologías detectadas mediante técnicas de inspección visual y la documentación obtenida durante la investigación del presente estudio previo, son principalmente debidas a problemas en la estructura pétreo, tales como grietas y fisuras.

Se han identificado modificaciones antrópicas en el canal superior, incluyendo la adición de canalizaciones y otros materiales.

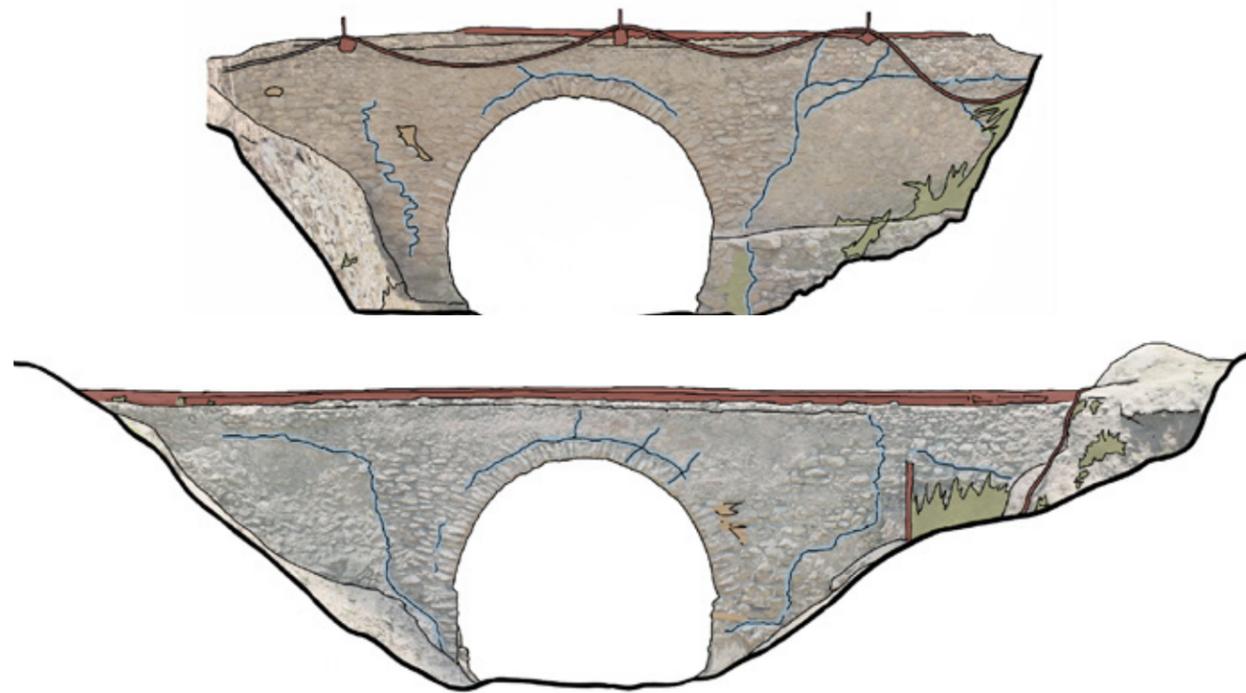
Se observan pérdidas de material, como lagunas o erosiones tipo microkarstificación. La colonización biológica también aparece en mayor o menor cantidad en función de la acción del hombre y ocupando intersticios entre aparejos distintos.

Por último, aunque en menor medida, se detectan lesiones que implican alteraciones cromáticas o depósitos, dadas en la parte superior del canal y en zonas bajas junto a los estribos, pero no adquieren una importante presencia en respecto al resto de daños.



▲ Imagen 7.24. Primeros croquis y anotaciones en la inspección visual. Acueducto de Els Arcs. Elaboración propia

LEYENDA LESIONES	
<span style="color: blue;">●</span>	PROBLEMAS EN LA ESTRUCTURA PÉTREO
<span style="color: brown;">●</span>	PÉRDIDAS DE MATERIAL
<span style="color: grey;">●</span>	ALTERACIONES CROMÁTICAS Y DEPÓSITOS
<span style="color: green;">●</span>	COLONIZACIÓN BIOLÓGICA
<span style="color: red;">●</span>	MODIFICACIONES ANTRÓPICAS



▲ Imagen 7.25. Mapeado patológico del acueducto de Els Arcs. Elaboración propia a partir de ortofotogrametría

### Grietas y fisuras



▲ Imagen 7.26. Grieta entre distintos tipos de aparejo. Acueducto de Els Arcs. Fuente: Archivo propio 23'

Se observan grietas tanto en la fachada aguas arriba, como en la fachada aguas abajo, sobre todo quedan patentes las grietas por falta de traba entre aquel aparejo que nombrábamos en capítulos anteriores como primigenio, y el posterior. Como hipótesis se plantea la posibilidad de una estructura original que pudo ser derruida por una riada y sobre sus restos se construyó de nuevo un arco.

También observamos una marcada junta entre las dovelas del arco y el relleno. Esto puede deberse a la hipótesis evolutiva en la construcción de este arco: en el que se construye el arco en una primera etapa donde el mortero ya ha fraguado y, posteriormente se ha ejecutado el relleno con un mortero bastante seco que puede no haberse terminado de integrar con el de abajo, de forma que se observa esa falta de traba entre ambas partes.



Por otro lado, se observan diversas grietas en el arco, por un lado una grieta central y luego otras radiales, que vienen a significar la misma desde el punto de vista estructural. Estas corresponden al descenso típico en la deformación de un arco, en la que el mismo desciende y suben los riñones. Es muy probable que además, existan filtraciones de agua desde el canal superior el cual no parece bien sellado y pueda estar incrementando el problema, haciendo de salvoconducto a escorrentías y propiciando el alojamiento de organismos biológicos.

### Nivel del daño

<input type="checkbox"/> Bajo	<input checked="" type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Alto
-------------------------------	---	-------------------------------

En aquellas grietas y fisuras donde sea posible, se propone realizar una reconstrucción volumétrica en la que se incorpore un polímero acrílico en solución acuosa (tipo Acryl 33<sup>1</sup>), de modo que haga de capa o película interfase, y no alterare el aspecto original del material. Debe comprobarse previamente la compatibilidad del producto a aplicar con el material y el entorno. El relleno de las grietas puede realizarse con mortero de cal hidráulica con aditivos pigmentantes que consigan semejanza al original, pero de forma que se pueda diferenciar lo antiguo de lo nuevo.



▲ Imagen 7.27. Arriba. Alzado aguas abajo donde se visualizan las grietas de deformación típica del arco. Abajo. Detalle de la grieta central. Fuente: Archivo propio 23'

1. El "Acryl 33" es una emulsión de polímero acrílico en agua. Se trata de un producto muy común en restauración, especialmente utilizado en la protección de superficies de piedra, como sellador y consolidante.

### Lagunas

La existencia de lagunas en la estructura es muy puntual, se advierten las de mayor importancia en su fachada aguas arriba. Son debidas al desprendimiento de mampuestos con el tiempo y ocasionadas por las condiciones ambientales a las que está expuesta la obra.

#### Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

Se propone la reposición de elementos faltantes y consolidación de la zona afectada. Recordar previamente realizar un estudio más detallado de la tipología pétreo y los morteros circundantes al área sobre la que se actúa.



▲ Imagen 7.28. Laguna. Fuente: Archivo propio 23'

### Erosión/Microkarstificación

La humedad ambiental y la presencia directa de escorrentías de agua han sido los detonantes de la microkarstificación, generando como se puede apreciar la típica erosión en forma de red hidrográfica. Esta lesión se observa de forma más o menos generalizada en ambos lados de las aguas.

#### Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

La microkarstificación no parece suponer un problema grave para el estado de conservación del conjunto. En cualquier caso, se recomienda la consolidación del paramento



▲ Imagen 7.29. Microkarstificación de los mampuestos. Fuente: Archivo propio 23'

### Musgos, hongos y líquenes

En este caso la mayor colonización de musgos, hongos y líquenes se aprecia en la zona de los estribos del arco y las estructuras colindantes, muy cerca del suelo, donde la humedad por capilaridad, y las condiciones atmosféricas juegan un papel importante en su proliferación.

#### Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

Es posible que la eliminación de los líquenes y la pátina biológica en esa superficie sea infructuosa, ya que su reaparición es prácticamente inevitable. Además, hay que tener en cuenta la capa de "protección" del material que éstos ejercen. Por lo tanto, su eliminación debería ser cuidadosamente estudiada y supervisada por técnicos restauradores especializados.



▲ Imagen 7.30. Colonización biológica en estribos y sus partes adyacentes. Fuente: Archivo propio 23'

### Vegetación

La vegetación ha proliferado a lo largo del tiempo junto a la estructura de manera abundante, tal y como es de esperar en los entornos fluviales. Aquí se concentran especies autóctonas de la zona que trepan literalmente por los muros del acueducto y aprovechan cualquier resquicio para alojarse. Esto es lo que ocurría, al menos antes de la limpieza efectuada en abril de 2023 por el Excmo. Ayuntamiento de Alfaz del Pi en las grietas que se forman entre los distintos aparejos. Actualmente, estas han quedado limpias, pero no hay duda que la vegetación rebrotará. Aún queda presencia vegetal en algunas zonas entre juntas, o lo que queda de ellas, del canal superior, pero con una escala mucho menos imponente.

#### Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

Se considera que, dada la exposición al medio del elemento y las condiciones del entorno en que se encuentra, la eliminación de estos organismos no sería del todo eficaz, pues lo mas probable es que rebrotase con el tiempo.

La mejor opción en este caso es optar por un plan de mantenimiento de la estructura. Los métodos de eliminación serían mecánicos (bisturí y otras herramientas) y químicos (biocidas).



▲ Imagen 7.31. Fachada aguas arriba previo a la limpieza de 2023. Fuente: Archivo propio 23'



▲ Imagen 7.32. Detalle, plantas en el canal superior. Fuente: Archivo propio 23'



▲ Imagen 7.33. Canal superior con elementos impropios. Fuente: Archivo propio 23'

### Elementos añadidos

La adaptación a las necesidades antrópicas a lo largo del tiempo, han derivado en la inserción de nuevos elementos. La incorporación de ladrillo cerámico hueco y mortero de cemento y, en la fachada aguas arriba de varillas metálicas cogidas al muro con pellas de mortero a modo de "soporte" para conducciones de pvc, ha afectado de lleno a la acequia original, desvirtuándose materia y estéticamente.

#### Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

Se plantea retirar los elementos añadidos y adaptarlos para que mantengan su funcionalidad, pero siguiendo ahora criterios de intervención más coherentes y respetuosos.

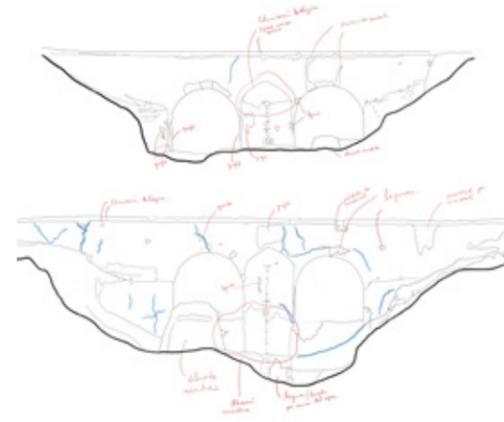
### 7.3.3. ACUEDUCTO DE ELS ARCS

Las lesiones que ha sido detectadas a partir de técnicas de inspección visual y la documentación obtenida durante la investigación del presente estudio previo, responden esencialmente a problemas en la estructura pétreo, en este caso descalces en uno de los tajamares y en los estribos, desplazamientos en los morteros, así como grietas y fisuras.

Las pérdidas de material también adquieren relevancia en el comportamiento del desarrollo patológico de esta estructura, manifestándose como erosión generalizada o lagunas.

Las alteraciones cromáticas son frecuentes, especialmente en el canal superior y en superficies propensas a depósitos como los sombreretes de los tajamares. La colonización biológica, estrechamente asociada a estas alteraciones cromáticas, también es notable.

Finalmente, las modificaciones antrópicas que se observan, como grafitis o elementos añadidos, igualmente deben ser consideradas debido a su impacto en las decisiones de intervención.



▲ Imagen 7.34. Primeros croquis y anotaciones en la inspección visual del acueducto e Soler. Elaboración propia



▲ Imagen 7.35. Mapeado patológico del acueducto de Soler. Elaboración propia a partir de ortofotogrametría.

### Descalces

Los problemas de descalce en la cimentación del acueducto son debidos principalmente a la acción del agua, ya sea por las escorrentías que se producen, los remolinos que se forman y/u otras lesiones (como el aliviadero superior en mal estado) que agravan aún más esas acciones. A ello hay que sumar la erosión que se está produciendo por ascensión capilar, tal y como se aprecia en las imágenes de la izquierda.

Las fotografías de archivo con las que se ha podido contar en este caso<sup>1</sup>, son una fuente de información esencial. Demuestran que, a pesar de que el rebosadero lleva más de 20 años roto y produciendo daños tanto en lo que parece un muro de contención bajo el arco A1, como en la clave del propio arco, no ha sido hasta los últimos de 10 años que la cimentación del tajamar se ha visto tan resentida. No obstante si que se constata que desde hace más de 20 años el acueducto sufre de problemas de descalce en los estribos de los extremos, donde podemos ver como se han dado derrumbamientos del terreno en los lindes del barranco.

### Nivel del daño



Al tratarse este caso de una concatenación de patologías debidas principalmente a la acción del agua (ya sea de manera directa o indirecta), se hace preciso intervenir de una forma más global, no sólo subsanando los daños en la cimentación sino atajando las causas. Reparando puntos conflictivos como el aliviadero y estudiando las variaciones que se pueden aplicar para paliar la creación de remolinos de agua en las zonas más afectadas.

Además, los daños en el tajamar deben ser tratados con prioridad para asegurar su estabilidad, ya que su estado es muy deficiente. En junio de 2023, se informó a las autoridades de la necesidad urgente de recalces para prevenir daños mayores. La intervención se basaría en limpieza y preparación de la zona, apuntalamiento si es preciso, reparación y consolidación.

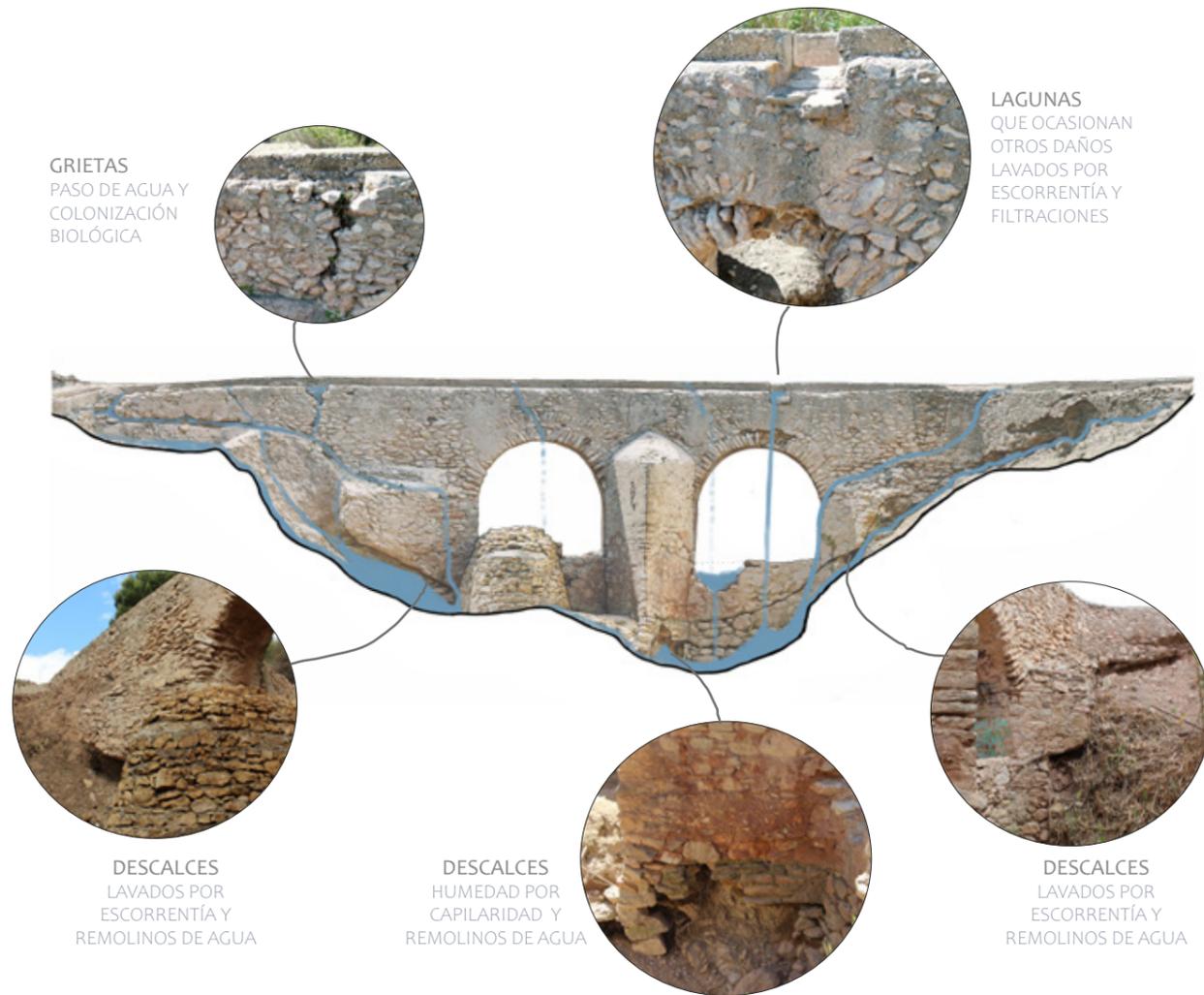
Las piezas que aún se encuentren en buen estado pueden consolidarse con inyecciones de mortero de cal, previo estudio de compatibilidades. Respecto a las zonas que presentan lagunas, deben colocarse nuevos mampuestos, integrándose bien con la estructura existente, sin que ello suponga confusión de lectura entre lo nuevo y lo viejo.



▲ Imagen 7.36. Arriba. Vista desde la acequia a la fachada aguas abajo, donde se marca y puede entenderse el mecanismo y las causas de las lesiones detectadas. Abajo. Detalle descalce tajamar. Fuente: Archivo propio 23'



▲ Imagen 7.37. Detalle de cimentación del tajamar en el alzado aguas abajo. Año 2013. Ya había un lavado importante de los mampuestos, pero aún no se había producido la gran laguna que da lugar al actual descalce. Fuente: Archivo CFC 2013.



▲ Imagen 7.38. Recreación de las causas y efectos de las distintas lesiones. Fuente: Elaboración propia.



▲ Imagen 7.39. Alzado de Soler aguas abajo donde se aprecia el descalce del estribo derecho y el deslinde del barranco. Fuente: Archivo CFC 2003 © José Rafael Frías Jiménez

### Pérdida de dovelas y desplazación



En el intradós de ambos arcos, a la altura de las claves, se observan separaciones de capas de material paralelas a la superficie. Esto probablemente se debe a cambios de humedad, visibles en las manchas, donde la absorción y pérdida de agua generan tensiones internas. Esta lesión ha provocado la pérdida del revoco que aún quedaba en esta zona de la fábrica.

#### Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

Con un estudio más detallado de los morteros existentes, si las capas desplazadas aún tienen consistencia se recolocarían en posición original con ayuda de morteros a base de cal o resinas de bajo impacto. Si por el contrario su estado cohesivo es frágil, se recurriría a una limpieza mecánica suave y e inyecciones consolidantes.

▲ Imagen 7.40. Desplazación de los morteros producida en el intradós de los arcos. Fuente: Archivo CFC 2013

### Grietas, fisuras y lagunas



Las lagunas más prominentes se encuentran en las claves de los arcos, tanto en la cara aguas arriba como aguas abajo, siendo su causa principal la acción del agua y otros agentes ambientales. Estructuralmente, esta pequeña bóveda de cañón no colapsa debido a la distribución de cargas a lo largo de toda la estructura; la cohesión de los materiales permite que las dovelas restantes sigan trabajando a compresión, transmitiendo las cargas a los estribos. Aunque el acueducto es estructuralmente estable bajo cargas gravitatorias, la debilitación de los estribos externos, junto con estas deficiencias, podría generar inestabilidades. Las grietas observadas son típicas de la deformación del arco, posiblemente causadas por los descálces mencionados y el lavado de las juntas.

▲ Imagen 7.41. Concreción estalactítica en el acueducto de Manises. Fuente:



#### Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

En este caso la recomendación sería inicialmente atajar las causas directas de filtraciones por escorrentía a través de las grietas y fisuras existentes. Realizar un estudio más detallado de la tipología pétreo y los morteros circundantes al área sobre la que se actúa. Subsanan y consolidar la desplazación inferior, proceder a la reposición de elementos faltantes y consolidar la zona afectada.

▲ Imagen 7.42. Concreción estalactítica en el acueducto de Manises. Fuente:

### Erosión

Se observa una clara diferencia en el estado del revestimiento entre la fachada aguas arriba (norte) y la fachada aguas abajo (sur). En la primera, el revestimiento se conserva casi en su totalidad, mientras que en la segunda se ha perdido casi por completo en la parte baja, manteniéndose medianamente en la zona más alta.

Esta situación se debe a dos causas principales:

1) la falta de mantenimiento, que afecta a toda la infraestructura hidráulica,

y 2) el agua, que provoca daños por capilaridad y filtraciones. La capilaridad hace que el agua ascienda hasta una cierta altura, donde se encuentra con un tapón capilar, dañando los morteros a su paso. Las filtraciones, por otro lado, junto a otros factores ambientales, causan erosiones en la superficie.

#### Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

Se propone la consolidación de estos revocos con el fin de mejorar la cohesión entre materiales, fortaleciendo la estructura superficial de manera que se previenen más desprendimientos o pérdidas de material. También aumenta su resistencia, protegiendo esas zonas de futuros daños mecánicos o ambientales y reduce su porosidad, minimizando la absorción de agua. Este proceso consigue poner en valor los restos originales que aún se conservan, garantizando su estabilidad y preservación a largo plazo.

### Costra biológica

La presencia de lagunas en la estructura es muy puntual, se advierten las de mayor importancia en su fachada aguas arriba. Son debidas al desprendimiento de mampuestos con el tiempo, debido a las condiciones ambientales a las que está expuesta la obra.

#### Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

Si propone la reposición de elementos faltantes y consolidación de la zona afectada. Recordar previamente realizar un estudio más detallado de la tipología pétreo y los morteros circundantes al área sobre la que se actúa.



▲ Imagen 7.43. Revestimientos que aún se conservan en la parte alta del acueducto. Alzado aguas abajo (sur). Fuente: Archivo propio 23'



▲ Imagen 7.44. Humedad por capilaridad en la parte baja donde se observa una importante erosión. Alzado aguas abajo (sur). Fuente: Archivo propio 23'



▲ Imagen 7.45. Costra biológica a lo largo de todo el canal superior. Fuente: Archivo propio

### Vegetación

La humedad relativa alta del entorno en el que se ubica la estructura, sumada a la acción del viento y las temperaturas crean un espacio óptimo para el desarrollo de plantas y otros organismos biológicos. Visita (dic.2023)

#### Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

La presencia de vegetación en el caso de los acueductos es un problema que va a ser frecuente, debido a su exposición al medio y al entorno en el que se encuentran. Podría eliminarse con limpieza mecánica mediante bisturí u otras herramientas de acción mecánica de mayor calibre y aspiradores, y posteriormene recurrir a un biocida (previa realización de pruebas de compatibilidad y pH), pero volvería a surgir con el tiempo. Lo más acertado en este caso sería plantear un mantenimiento constante de los elementos.

### Elementos añadidos

Bajo el arco que en capítulos anteriores hemos nombrado "A2", o lo que es lo mismo, el arco de la derecha si consideramos el alzado de aguas arriba (norte), se encuentra una estructura secundaria que parece conformar una canalización con un pozo de registro de edad contemporánea. Este elemento es un añadido al que se ha otorgado una envolvente de mampostería ordinaria de aristas vivas en un claro intento de mimetizarse con el conjunto. Dentro de sus posibilidades de impacto sobre el elemento, se puede decir que al menos el visual se intentó minimizar.

#### Nivel del daño

Bajo  Medio  Alto

La intervención debe centrarse en los puntos de contacto entre el elemento añadido y el material patrimonial, asegurando anexiones coherentes y respetuosas. Se recomienda retirar el porexpán y, previo estudio de los materiales intervinientes y sus compatibilidades, utilizar selladores de poliuretano pigmentados, que ofrecen alta elasticidad, durabilidad y buena adherencia en materiales pétreos. Además, se sugiere investigar si la estructura añadida actúa como un tajamar, desviando corrientes de agua que podrían estar causando esa erosión en los estribos, en este caso en el estribo que se forma junto al elemento añadido referido.



▲ Imagen 7.46. Zona superior del arco izquierdo aguas abajo donde se observa cómo la vegetación se ha alojado en las grietas. Fuente: Archivo propio 23'



▲ Imagen 7.47. Conducción revestida vista desde aguas abajo. Fuente: Archivo CFC 2023



▲ Imagen 7.48. Izquierda. Conducción revestida vista desde aguas arriba. Fuente: Archivo CFC 2023  
 Centro. Conducción vista desde dispositivo drone aguas abajo. Fuente: Archivo propio 23'  
 Derecha. Junta de dilatación entre estructuras, realizada con poliestireno expandido. Fuente: Archivo propio 23'

**Grafitis**

Estas modificaciones antrópicas son derivadas del abandono del lugar y la desconexión patrimonial que se ha producido sociedad-acueducto, entendiéndose las superficies del mismo como meros lienzos murarios y siendo susceptibles de actos vandálicos. El archivo fotográfico facilitado por Carolina Frías demuestra que estas actuaciones podrían haber comenzado a principios de la segunda década de los 2000.

**Nivel del daño**

- Bajo
- Medio
- Alto

Hay diversos métodos en función del tipo de pintura:  
 -Con agua caliente y detergente para pinturas hidrosolubles

-Con limpieza de tipo físico-químico mediante mezclas químicas que permiten la eliminación de estas pinturas sobre el soporte original. Estas sustancias deben ser neutralizadas posteriormente, para que no sigan actuando y dañen el soporte. Pueden ser mezclas basadas en agentes de hinchamiento y desprendimiento o disolución del medio que contiene el pigmento (recomendados para pinturas en aerosol), o bien basadas en disolventes orgánicos (para pinturas con tinta tipo rotuladores).

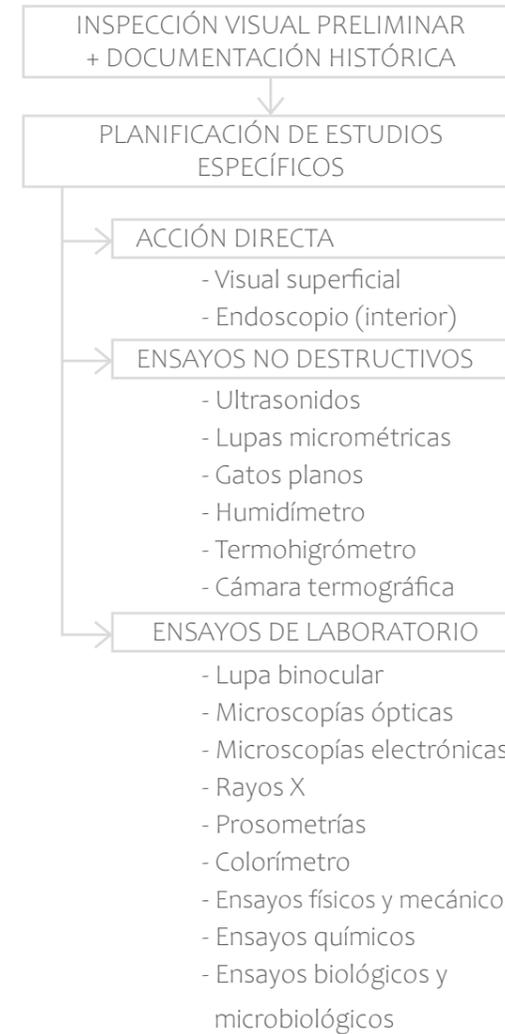
-Otra opción, y puede que la más recomendable viendo el estado de la fábrica y los morteros, podría ser la de optar por métodos mecánicos, a base de microabrasivos de baja dureza, controlando el ángulo, la presión y la distancia, tratando de conservar las pocas zonas que quedan con revestimiento original.



▲ Imagen 7.49. Grafitis en el intradós del arco A1 y en sus estribos. Fuente: Archivo propio 23'



▲ Imagen 7.50 Grafitis en el intradós del arco A1 y en su estribo central y tajamar. Fuente: Archivo propio 23'



▲ Imagen 7.51. Esquema técnicas de datos rigurosos para la toma de decisiones con base más firme. Elaboración propia

**7.4 CRITERIOS DE INTERVENCIÓN**

A la hora de plantear una propuesta de intervención, se han de establecer una serie de criterios que sirvan de referencia a la hora de tomar decisiones, y que garanticen la pervivencia de la obra durante todo el proceso.

Para este estudio, los criterios de intervención planteados han sido tomados del Proyecto COREMANS (WAA,2013):

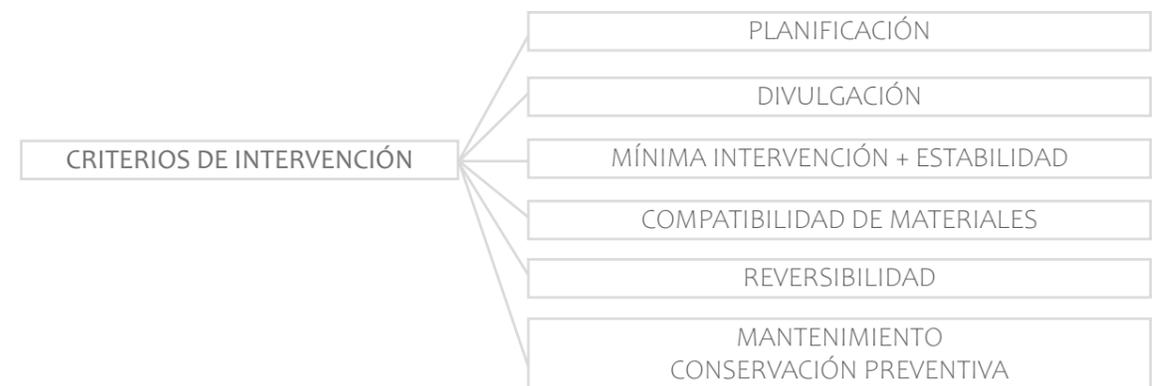
- La planificación de los estudios específicos se realizará a partir de un examen visual preliminar del estado en que se encuentra el bien patrimonial y del análisis de la información existente, teniendo en cuenta que el proceso de investigación y documentación no se debe limitar a una fase previa, sino que debe ser un proceso en continuo desarrollo.

-El procedimiento de actuación debe favorecer el discurso divulgativo, es decir, comportarse como una herramienta didáctica que facilite la comprensión y asimilación por parte de la sociedad, incentivando la accesibilidad al patrimonio cultural.

-Se buscará la mínima intervención siempre que esté garantizada la estabilidad.

-Se intervendrá teniendo en cuenta la compatibilidad de los materiales y la reversibilidad de las actuaciones.

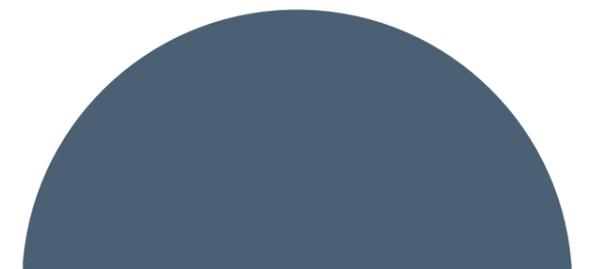
Las medidas o soluciones adoptadas para frenar el deterioro y preservar los monumentos, deberán favorecer su mantenimiento. Resulta de igual importancia establecer un programa de mantenimiento y conservación preventiva, incluido en el marco de las recomendaciones, con el fin de evitar la reparación de lesiones.



▲ Imagen 7.51. Esquema técnicas de datos rigurosos para la toma de decisiones con base más firme. Elaboración propia

**CONCLUSIONES**

**8**



## CONCLUSIONES

A partir del estudio realizado y como se ha expuesto a lo largo de la investigación, la infraestructura hidráulica del Riego Mayor de Alfaz del Pí y Benidorm, es un claro ejemplo de elemento vertebrador, social, económico y cultural. Esta infraestructura ha sido clave para el crecimiento de una sociedad que hasta los años 70 volcaba su actividad en la agricultura, antes de dar paso al desarrollo del turismo, provocando un cierto abandono de su identidad agrícola.

El **análisis del contexto histórico y geográfico**, así como de los **aspectos comunes tipológicos** de estas construcciones, ha permitido un acercamiento mayor al conocimiento del estado de la cuestión.

La elaboración de este tipo de estudios suele enfrentar una serie de **limitaciones** que muchas veces pueden retrasar los trabajos. Este es un factor importante a tener en cuenta, y se sugiere realizar primeras tomas de contacto para establecer una buena **organización y planificación**. En este caso, el estado inicial en el que se encontraban las inmediaciones de las tres estructuras, suponía un impedimento a la investigación, por lo que, dentro de los plazos que se pudieron acordar con la Administración y el Excmo. Ayuntamiento de l'Alfàs del Pí, se acondicionó la zona con un margen de unos 3 metros desde cada flanco de la estructura para facilitar el acceso a los trabajos de **levantamiento gráfico**.

Estos trabajos han resultado de vital importancia para la investigación, pues con ellos se ha obtenido información gráfica (la cual era escasa o inexistente) de los tres acueductos. La elaboración de modelos tanto 3D como 2D ha facilitado la **comprensión métrico-formal** de estos elementos y ha resultado ser indispensable para la realización del presente informe.

El **estudio constructivo** ha ayudado a reconocer los diferentes tipos de aparejo de las fábricas, los vanos y sus disposiciones, de modo que se pueda advertir su comportamiento estructural. No se comporta igual una fábrica con un aparejo en el que se tiene mayor cantidad de mortero y piezas más dispersas que otra que tiene todas las piezas en contacto, ya que la primera está más condicionada a presentar un comportamiento más desfavorable frente al desarrollo patológico. Esta investigación ha permitido detectar la existencia de un posible acueducto anterior, que probablemente se llevó el agua y que más tarde fue reconstruido. Esta información no se conocía ni por la documentación ni por otro medio. También ha permitido determinar su proceso de ejecución y sus características técnicas concretas, aspectos imprescindibles para su análisis comparativo con otros paralelos tipológicos.

Del **análisis estructural** se desprende que:

- En las tres comprobaciones estructurales se concluye que son estables frente a cargas gravitatorias siempre que se mantenga inalterada su forma y su configuración constructiva mantenga su correcta funcionalidad.
- En el caso del acueducto de Carbonera, las pletinas incorporadas en el intradós del arco, a modo de cimbra permanente (a falta de datos), posiblemente se colocaron por un problema de lavado de las dovelas, que, como se ha observado, es acusado y requiere de una impermeabilización del canal superior que evite que estas lesiones se agraven.
- En el acueducto de Els Arcs, las grietas que se observan en el arco corresponden al descenso típico en la deformación de un arco, donde el mismo desciende y los riñones se elevan. Es muy probable que también existan filtraciones de agua desde el canal superior, que no parece estar bien sellado y podría estar empeorando el problema, facilitando escorrentías y la proliferación de organismos biológicos. La marcada grieta entre el arco y el muro de acompañamiento se debe más a un problema de integración entre morteros y fases constructivas distintas.

- -En lo que respecta al acueducto de Soler, los descalces detectados tanto en el tajamar como en los estribos aguas abajo son debidos a los remolinos de agua que producen por escorrentías y que, a su vez, erosionan los bordes del barranco. A esto se suman otros problemas, como humedades por capilaridad, claramente visibles, y la acción del agua desde el aliviadero que, roto, lejos de alejar correctamente el agua, la dirige más al germen del problema. Dentro de las intervenciones y pautas recomendadas cabe resaltar la prioridad de esta, pues los daños anteriormente comentados pueden estar poniendo en riesgo la estabilidad de los elementos que componen la estructura.

Por otra parte, el **análisis patológico** debe ofrecer **un diagnóstico y un plan de actuación**.

El diagnóstico realizado ha permitido entender la naturaleza de las lesiones. En su mayoría y de forma común a los tres elementos, son debidas a la **falta de mantenimiento** y la acción de factores medioambientales, especialmente el **agua**.

En concreto, el acueducto de Soler es el que muestra peor estado de conservación, debido a los inherentes daños estructurales que pueden ocasionar los descalces localizados en el tajamar y los estribos. Se recomienda el apeo, recalce y consolidación de las fábricas. También se observa que sobre el canal original se ha construido otro de hormigón en masa, que puede estar sobrecargando la estructura, por lo que se sugiere su retirada, en la medida de lo posible, sin dañar la estructura original. En cuanto al escaso revestimiento original que queda, se considera su consolidación y preservación.

El acueducto de Carbonera, por su parte, presenta graves problemas de filtraciones en la parte superior (donde debería discurrir la acequia), Posiblemente la falta de mantenimiento unida a los factores medioambientales y el paso del tiempo, han provocado la falta de impermeabilización. La actuación debe centrarse en asegurar una correcta impermeabilización con el fin de evitar que las filtraciones sigan agravando el deterioro de los morteros y la disgregación del material. Además, sería necesario realizar un buen trabajo de consolidación de las fábricas y de las zonas que aún conservan el revoco original, así como considerar la retirada de las pletinas y la limpieza de restos de óxido y morteros inapropiados.

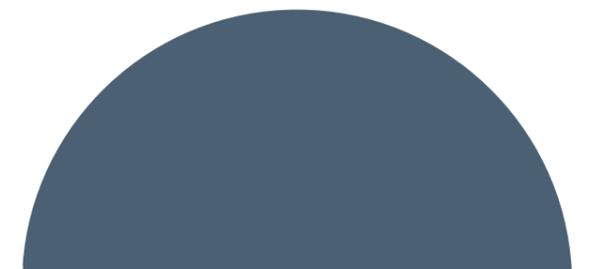
En cuanto al acueducto de Els Arcs, los principales daños son ocasionados por elementos impropios derivados de acciones antrópicas y de la colonización biológica. Respecto a los elementos impropios ubicados en el canal superior se propone la retirada y, en caso de estar en uso, su reconstrucción de manera más apropiada y respetuosa, siguiendo los criterios de intervención citados en el presente documento y sin olvidar que en cualquier actuación debe trabajarse de forma multidisciplinar en colaboración de restauradores, arqueólogos y demás profesionales dedicados al sector.

La **colonización biológica** es un factor que, aunque se elimine, dadas las circunstancias del entorno en el que se encuentran los elementos, resurgirá, luego la solución que se propone es realizar un mantenimiento periódico o un plan de conservación preventiva.

Para concluir, se invita a la reflexión sobre la **puesta en valor** de estos elementos, los cuales, al estar considerados Bien de Relevancia Local, deben implicar un compromiso de conservación por parte de la sociedad. A la luz del análisis y estudios previos realizados, merecen la atención necesaria para asegurar su supervivencia en el tiempo. Sus valores materiales e inmateriales recuerdan las raíces e identidad de l'Alfàs del Pí como pueblo agrícola y, de algún modo, abren posibles vías de desarrollo económico, conectando el turismo costero con el casco urbano primigenio del interior.

**BIBLIOGRAFÍA  
Y REFERENCIAS**

9



AAVV, 1999. Tratado de rehabilitación. Patologías y técnicas de intervención en fachadas y cubiertas. Tomo IV. Madrid: Munilla-Lería.

ABUJETA MARTÍN, A. E., 2011. La arquitectura del agua. Estudio de fuentes y abrevaderos de los pueblos de colonización del Alagón (Cáceres). NORBA, Revista de Arte, Volumen XXXI, pp. 181-191.

AJUNTAMENT DE L'ALFÀS DEL PI, 2022. L'Alfàs abans L'Alfàs, Carbonera i el Captivador. XI Setmana Cultural.

ALMAGRO GORBEA, A., ORIHUELA UZAL, A., 2015. Métodos para documentar y restaurar zonas de difícil acceso en el Castillo de Salobreña (Granada)

ALMILLO, F., 2003. Beatriu Fajardo de Mendoza y la carta puebla de Benidorm (1666). Benidorm

AMILLO, F., 2012. Historio de Benidorm, de los orígenes a 1960. Benidorm

ANGÁS PAJAS, J., 2019. Cæsaraugusta 86. Documentación geométrica de patrimonio cultura. Análisis de las técnicas, ensayos y nuevas perspectivas. Publicación núm. 3699 ed. Zaragoza: Institución Fernando el Católico. Excma. Diputació de Zaragoza.

ARCINIEGA GARCÍA, L., 2019. Rius per l'aire. Acueductos de la Comunitat Valenciana en imatges. Valencia: Generalitat Valenciana.

AYUNTAMIENTO DE L'ALFÀS DEL PI, 2019. Oficis vells, oficis nous. La evolución de los oficios tradicionales en l'Alfàs del Pi. VIII Setmana Cultural, l'Alfàs amb Història.

BOLEA AGUARÓN, F. & PUYOL IBORT, M., 2012. Arquitectura hidráulica y usos del agua en la Ribera Baja del Ebro. Zaragoza: Comarca de la Ribera Baja del Ebro.

CÁMARA MUÑOZ, A. & REVUELTA POL, B., 2019. Arquitectura hidráulica y forma urbana. Segovia, UNED y Fundación Juanelo Turriano.

CANEVA, G., SABBIONI, C. & SALVADORI, O., 1991. Biological Colonization of Stone: A Review and Case Study from the Roman Necropolis of Ostia Antica. s.l.:ICCROM (International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property).

CRESPO MAS, T., 2014. El patrimoni etnohidràulic dels barrans de la La Marina Alta. Catàleg i classificació de les sèries de Benissa, s.l.: Recerques del Museu d'Alcoi, 22-23 (2013-2014), 121-144.

DE PASSÁ, J., 1844. Canales de riego de Cataluña y Reino de Valencia. Leyes y costumbres que los rigen. Reglamentos y ordenanzas de sus principales acequias. Valencia: Publicada y adicionada por la Sociedad Económica de Amigos del País. Imprenta de D. Benito Monfort, Tomo I, p.390-391.

DE ROSENDO SERRANO, J., 2022. el agua en la Alhambra: Un análisis mediambiental. Acequias, Albercas, Algibes y Fuentes, Madrid: TFG. E.T.S.A. Univesidad Politécnica de Madrid.

FERNÁNDEZCASADO, C., 1971. Acueductos Romanos. s.l.: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

FINSTERBUSCH, J., 2016. Leben für die Marina Baja. 560 Jahre Séquia Mare: Durch Wasserzufuhr entstanden Benidorm, La Nucia und L'Alfàs del Pi. Costa Blanca Nachrichten, 20 Mai, p. 28.

FRIAS CASTILLEJO, C., 2014. Proyecto de recuperación del Reg Major de l'Alfàs y Benidorm. l'Alfàs del Pi(Alicante): Ayuntamiento de l'Alfàs del Pi; Universitat Politècnica de València.

FRÍAS GIMÉNEZ, J. R., 2008. La Sèquia Mare. Patrimonio arquitectónico e hidráulico digno de protección, Ayuntamiento de l'Alfàs del Pi, asociación "Majorals '08": Libro de fiestas tradicionales del Santísimo Cristo del Buen Acierto de l'Alfàs del Pi .

GIL OLCINA, A. & RICO AMORÓS, A. M., 2017. Séquia Mare. Riego Mayor de alfaz del Pí y Benidorm (1666-2016). Alicante: Instituto Alicantino de cultura Juan Gil-Albert, Gobierno Provincial de Alicante.

GÓMEZ ESPÍN, J. M. & HERVÁS AVILÉS, R. M., 2012. Patrimonio hidráulico y cultura del agua en el Mediterráneo. Murcia: Campus Mare Nostrum. Universidad de Murcia.

HERMOSILLA PLA, J. y otros, 2013. La galerías de agua en la cuenca hidrográfica del Júcar. Un patrimonio hidráulico en el Mediterráneo español. Valencia: Collado Oliver Gráficas. Ministerio de Ciencia e Innovación, Ministerio de Agricultura, Pesa y Alimentación, Confederación Hidrográfica del Júcar, Universitat e València, Estepa (Estudio del Territorio, Paisaje y Patrimonio).

HERMOSILLA PLA, J. & ESTELA MONREAL, T., 2011. El Patrimonio Hidráulico Histórico en el Ámbito Territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Valencia: Collado Oliver. Confederación Hidrográfica del Júcar, Estepa (Estudios del Territorio, Paisaje y Patrimonio) y Universitat de València.

HERMOSILLA PLA, J. & PEÑA ORTIZ, M., 2013. La arquitectura hidráulica de los regadíos históricos valencianos. Claves territoriales y tipológicas en torno a sus elementos, redes y sistemas., Barcelona: Bliblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales..

HERRERA MALDONADO, E. & ZAPATA ALARCÓN, J., 2005. Andrés de Vandelvira en la Mancha. s.l.:Universidad de Castilla-La Mancha.

HUERTA FERNÁNDEZ, S., 2004. Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica. Madrid: Instituto Juan Herrera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. Ministerio de industria y energía, 1982. Mapa Geocientífico del medio natural; escala 1:100.000; Provincia de Alicante.. Madrid: Dirección de Aguas Subterráneas y Geotecnia.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA; DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ALICANTE, 2015. Rutas Azules por el Patrimonio Hidrogeológico de Alicante - Ruta 3. Del cielo al mar. Alicante: Diputación de Alicante, Departamento de ciclo hídrico; Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

MADOZ, P., 1845-1850. Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 Vol. ed. Madrid: Tip.

MARÍN-SÁNCHEZ, R. & LÓPEZ GONZÁLEZ, C., 2023. El acueducto de "Els Arcs" de Manises (Valencia): hipótesis constructiva y cronológica, s.l.: Arqueología De La Arquitectura, (20), e143.

MORENO GALLO, I., 2010. Análisis técnico y constructivo del acueducto romano de Albarracín a Cella. Madrid, V Congreso de las Obras Públicas Romanas. Fundación de la Ingeniería Técnica de Obras Públicas.

PEINADO CHECA, Z., FERNÁNDEZ MORALES, A., AGUSTÍN HERNÁNDEZ, L., 2014. Combinación de fotogrametría terrestre y aérea de bajo coste: el levantamiento tridimensional de la iglesia de San Miguel de Águeda. Virtual Archeology Review, vol. 5, n.10, pp. 55-58.

PITARCH ROIG, M., 2021. El Castillo-Palacio de los Centelles i Riu-Sech: Vestigios del edificio primitivo. Valencia: TFM. Máster universitario en conservación del patrimonio arquitectónico. ETSAV.

PIZZO, A., 2015. Los acueductos de Augusta Emerita: técnicas y procesos de construcción.

REY, J. Y OTROS, 1993. Correlación de unidades morfológicas cuaternarias (Dominio continental y plataforma submarina) del sector Altea-La Vila Joiosa, País Valenciano, (España). s.l.:Cuadernos de Geografía.

SÁNCHEZ LÓPEZ, E. & MARTÍNEZ JIMÉNEZ, J., 2016. Los acueductos de Hispania, construcción y abandono. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

SANCHIS IBOR, C., PALAU SALVADOR, G., MANGUE ALFÉREZ, I. & MARTÍNEZ SANMARTÍN, L. P., 2014. Regadío, sociedad y Territorio. Homenaje a Thomas F. Glick. Valencia, Actas Congreso Internacional.

SINOPOLI, A., 2002. A Re-examination of Some Theories on Vaulted Structures: The role of Geometry from Leonardo to De La Hire. s.l.:s.n.

SIPAM, 2019. Sistema de regadío histórico de l'horta de Valencia

TIP, y OTROS, 1927. Ordenanzas y Reglamentos de la Comunidad, Sindicato y Jurado del Riego Mayor de Alfaz del Pi y Benidorm que radica en los pueblos de Nucía, Alfaz del Pi y Benidorm, partidos judiciales de Callorsa de Ensarriá y Villajoyosa, provincia de Alicante. Alicante: Comunidad de regantes, Sindicato y Jurado del Riego Mayorde l'Alfàs del Pi y Benidorm.

VARGAS LORENZO, C., 2013. Reflexiones sobre cronotipologías en Arqueología de la Arquitectura. Métodos y sistemas de análisis.

VEGAS, F. & MILETO, C., 2014. Aprendiendo a restaurar: un manual de restauración de la arquitectura tradicional de la Comunidad Valenciana.. 2a ed. Valencia: Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana.