

CAPÍTULO XIV

RESULTANTES DE MI EXPERIENCIA

**Muros.—Pequeñas obras.—Cimientos.—Anteproyectos.—Puentes de fábrica.
Puentes de hormigón armado.—Obras especiales.**

Aunque en los tres anteriores tomos de este libro procuré resumir su contenido, y en un gran número de sus capítulos, así como en los de este cuarto tomo, he deducido conclusiones comparativas de los ejemplos presentados, al terminar este curso de *Puentes de fábrica y hormigón armado*, creo útil sintetizarlas estableciendo las resultantes muy esquemáticas de la experiencia adquirida en centenares de puentes y en cuarenta y cuatro años de intensa labor profesional.

Muros.—Deben evitarse los escalonados interiores, por ser preferibles los *taludes lisos y verticales*, y *aun mejor en desplome*, cuando sea posible.

Los muros largos y altos de acompañamiento de los puentes pueden resultar más caros que grupos de pontones de fábrica o de H. A. Conviene comparar estas soluciones por medio de anteproyectos, rápidamente calculados con los modelos oficiales de las pequeñas obras y los de tramos rectos de H. A.

Los muros de H. A. no son económicos sino en casos obligados, por carestía de materiales o circunstancias especiales. Deben entonces preferirse los tipos de contrafuertes interiores y solera, sobre los que el peso del terraplén contribuya a la estabilidad del muro.

Pequeñas obras.—*No debe despreciarlas el Ingeniero, sino dedicarles especial atención, pues, como son muchas, su estudio influye en los presupuestos.*

Cuando no cuadren los Modelos oficiales de estas pequeñas obras con las inclinaciones del suelo, deben proyectarse *a la medida del terreno.*

En vaguadas con pendiente, debe utilizarse ésta, *que no cuesta nada*, para reducir las luces, *que salen caras*. Con caños simples o grupos de caños se obtienen desagües hidráulicos considerables y con menor gasto que con tajeas o alcantarillas.

Las alcantarillas y pontones deben proyectarse con los materiales más económicos en la localidad, y sus muros en ala con las inclinaciones en planta y alzado que el terreno y la dirección de la vaguada pidan en cada emplazamiento.

Si los ríos no fueran caudalosos, pueden, en muchísimos casos, *substituirse ventajosamente los puentes por grupos de pontones* de 6 a 9 metros de luz, mediante tramos rectos de H. A. sobre palizadas simples. Así lo hemos hecho en un gran número de casos en Marruecos, que tienen quince años de existencia. *Repitiéndose los tipos*, resultan más económicos que los pontones de fábrica.

Cimientos.—*Los cimientos mandan en la elección del tipo y luces de obras y, sobre todo, de los puentes. Pero debe aplicarse diferente criterio, según la importancia de la obra, respecto a las condiciones de su incommobilidad. Sólo habrá que cimentar a todo evento aquellos puentes a cuya permanencia esté ligada la vida económica de una región. Los que sirvan intereses locales o particulares, pueden tener cimientos más precarios y baratos, porque la ruina de algunos de ellos no produciría sino perjuicios momentáneos e inferiores en todo caso a las economías y a sus intereses compuestos obtenidos en la totalidad de los cimientos de todas las obras de una vía.*

Cuando no se pueda cimentar directamente, sino con agotamientos costosos y de importancia desconocida, son preferibles los cimientos indirectos con pilotaje, y entre éstos los de H. A., ya sea para apoyar sobre ellos la solera de repartición de pilas y estribos, ya para constituir éstos apoyos con palizadas en prolongación de los pilotes de cimientos.

Se reduce la importancia de los agotamientos con recintos de tablestacas metálicas, pero aun es más segura, y casi siempre más económica, la cimentación por pozos con *cajones sin fondo de H. A.* hincados por el sistema indio, que pueden incluso prepararse para seguir hincándolos con aire comprimido. En muchos puentes estos tipos de cajones permitieron evitar los cimientos neumáticos.

En diques, muelles y hasta en diques de carena, la solución de *grandes cajones con fondo de H. A.* ofrece frecuentemente grandes ventajas sobre los demás procedimientos de cimentación.

Han de extenderse también los cimientos obtenidos por *consolidación del suelo mediante inyecciones de cemento*, que substituyen ventajosamente a los de hormigones sumergidos.

Los *cimientos enteramente neumáticos* sólo están justificados en puentes de importancia y terrenos muy permeables que exijan grandes profundidades y cuando tengan que aplicarse a bastantes apoyos, entre los que se repartan sus considerables gastos de instalación y trabajo. En todo caso, conviene emplear cajones de H. A., que son mejores y más baratos que los metálicos.

Anteproyectos.—Los proyectos de puentes, viaductos, acueductos y sifones exigen la fijación de los cimientos, cubicación, desagüe y rasantes y la previa comparación de los anteproyectos con las diversas luces y disposiciones más apropiadas a cada caso.

Este estudio se facilita mucho con los Modelos oficiales de que disponemos en España y permitirá la inmediata eliminación de muchas soluciones. En pocos días de trabajo podrá así el Ingeniero acercarse a la solución óptima; esos anteproyectos le harán casi siempre prescindir de las grandes bóvedas a que suele inclinarse la tendencia vanidosa de superación.

No debe olvidarse en estos estudios comparativos de cimientos y alzados, que a las economías obtenidas por la elección de las luces y tipos más baratos han de añadirse virtualmente *los intereses compuestos* de aquéllas, que permitirían, al cabo de pocos años, construir otros puentes nuevos, amoldados a las futuras necesidades y materiales.

Es, por lo tanto, pueril la vulgar creencia en la superioridad de su eterna duración que se atribuye a los puentes de piedra, en cuanto su coste exceda al de otras soluciones.

Puentes de fábrica.—Los de sillería no deben, pues, construirse, sino cuando haya inmediatas canteras de fácil labra y, a lo sumo, en paramentos; para el resto de bóvedas basta con sillarejo, o mejor aún, el hormigón en masa, que también debe emplearse en la mayor parte de las pilas y estribos y que *es el material por excelencia para los puentes.*

Cuando sea inevitable el empleo de luces de más de 40 m., y para anchos entre barandillas hasta 8 m., convienen las bóvedas continuas, pero *reduciendo su anchura mediante andenes en voladizo de H. A.*

Para anchuras mayores resultan más económicas las *bóvedas gemelas* con anchuras totales de $1/3$ próximamente de la distancia entre barandillas, *con tímpanos y tableros de H. A.*

Cuando los cimientos ofrezcan peligro de asiento y no puedan o no convengan tramos rectos o arcos sin empuje de H. A., *pueden articularse las bóvedas de fábrica.*

Puentes de hormigón armado.—En la mayor parte de los casos podrán proyectarse *tramos rectos de H. A.*, de alma llena e independientes, de 10 a 20 m. de luz, que es la solución más barata, sobre palizadas dobles de H. A. en carreteras o pilas de hormigón en masa para ferrocarriles.

En rasantes muy bajas, sobre todo si se repite el número de tramos, convendrán frecuentemente los *arcos superiores*, tipo Vierendeel, atirantados por el tablero.

Pero si cupieran bajo la rasante, son más económicos los *arcos inferiores* rebajados de 20 a 40 m. de luz, en los que pueden aplicarse los Modelos oficiales. Serán muy pocos los puentes en los que las luces de sus tramos o arcos tengan dimensiones obligadas y fijas, distintas de las calculadas en dichos modelos.

Las *articulaciones de los arcos* no convienen sino para luces comprendidas entre 40 y 80 m. y cuando no ofrezcan seguridad los cimientos.

Consideramos entonces preferible la *triple articulación Freyssinet*, mientras no se compruebe la seguridad de las de *Uralita*, preconizadas por Sánchez del Río.

Los tramos rectos hasta 20 m. y los arcos inferiores de H. A. en luces superiores, suelen ser más baratos que las bóvedas de fábrica.

Los demás tipos, de tramos rectos con vigas aligeradas triangularmente o las grandes luces, o los arcos colgados o en cantilever, no deberán emplearse sino en casos excepcionales muy justificados.

Obras especiales.—El estudio de los *viaductos*, cuando la rasante no es obligada, entraña, no sólo el de los tipos y luces de los tramos, sino la *comparación financiera* de todas las soluciones posibles de la obra, en la que debe intervenir *el coste y los intereses compuestos de los gastos de tracción*, por las longitudes y rampas de las vías de acceso al viaducto, que éste reduce o aumenta.

Cuando no pueda variarse la rasante, y aun para viaductos de ferrocarril, con alturas de 60 m., deben compararse además las soluciones de arcos *con las de tramos y palizadas rectos de H. A.*, similares a los viaductos americanos de madera, pues no hay razones fundamentales para rechazar este tipo, que pudiera ser más económico en muchos casos.

Asimismo deben compararse, financiera y simultáneamente, los tipos de *acueductos y sifones posibles*, comparando las economías que se obtengan en las obras por los aumentos de pendientes piezométricas, con las pérdidas consiguientes de extensión regada o de energía, que deben capitalizarse.

Respecto a los tipos, serán casi siempre preferibles los de H. A., aplicados en España con gran originalidad.

En los puentes oblicuos, así como en los viaductos en curva o rampa, deben evitarse los aparejos y disposiciones complicadas, ya que puedan más económicamente construirse con tramos rectos de H. A. sobre pilas circulares.

Por último, respecto a decoración, debe ponderarse la Técnica y el Arte, suprimiendo cuanto sea innecesario, y únicamente en grandes poblaciones y obras monumentales debe recurrirse a la colaboración de los arquitectos, si bien con respeto de las siluetas y reduciendo los ornamentos al estilo sincero, sencillo, sobrio y discreto, característico de la época moderna.