

1. Cimentaciones de puentes y estribos

1.1. Introducción

Los puentes son quizás las obras de ingeniería más funcionales. Deben armonizar con su entorno y puede necesitar cumplir varias funciones, tales como ser un cruce de un río en un paisaje rural como un viaducto dentro de una zona urbana.

Para su realización se hacen estudios técnico económicos que cada vez llevan a estructuras de mayor luz. Estos diseños concentran en pocos elementos estructurales grandes cargas verticales, esfuerzos horizontales y momentos, que deben ser transmitidos al suelo de fundación.

[Clase 20210419](#)

[Clase 20210426](#)

1.2. Elección de tipo de cimentación para puentes

1.2.1. Cimentaciones de puentes situados en agua

Se utilizan varios métodos especiales de construcción, como:

- Adecuados a los agentes naturales adversos.
- Deben resistir socavaciones que se producirán al paso de las grandes corrientes.
- Deben resistir la agresividad del agua a los hormigones.

En cuanto a una elección general, se deberán establecer condiciones según varios aspectos particulares de la obra. Es importante hacer un estudio exhaustivo tanto en obras grandes como en obras de pequeña envergadura que pueden tener grandes problemas de socavación o erosión, debido a bajos caudales en estiaje y grandes caudales en crecidas.

Diferentes soluciones para cimentaciones de puentes

1.3. Cimentaciones por escollera

Es un procedimiento empleado en la antigüedad para aumentar un sobrenivel. Su principal inconveniente radica en el gran obstáculo que esta plataforma crea al paso de la corriente, lo que conduce a un aumento de la velocidad del agua y una posible socavación, que puede perjudicar al puente.

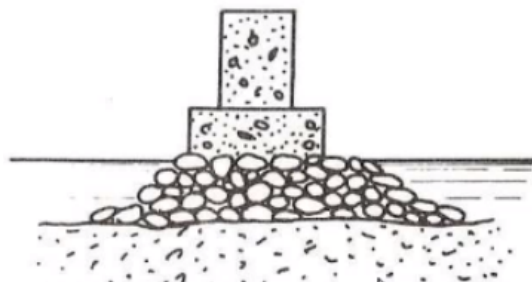


Figura 1: Cimentación sobre escollera

1.3.1. Cimentaciones directas a cielo abierto

Ataguías

Es otra forma de cimentar, creando un recinto con ataguías que genera una estanquidad para la construcción, como se muestra en Figure 2

El material debe elegirse cuidadosamente, disponiendo al menos un núcleo central con material arcilloso impereable y protegido el talud aguas arriba con material rocoso.

Se debe construir con una revancha de 0.3 m a 0.5 m con relación al máximo caudal esperado.

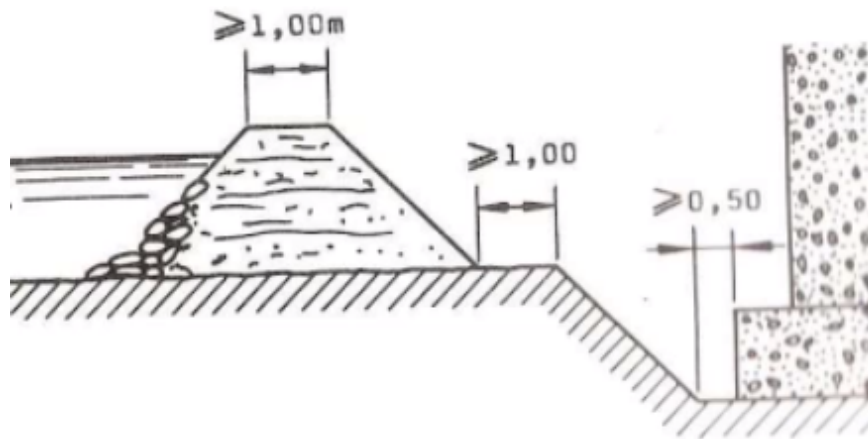


Figura 2: Esquema de ataguia

También sirve para desvíos parciales de ríos. Además, cuando el terreno del fondo es permeable o tiene grandes calados, es posible lograr un recinto estanco mediante el hincado de **tablaes-tacas metálicas** hasta el terreno impermeable.

Otros defectos de estanqueidad se pueden resolver desde la propia excavación mediante el relleno de juntas con inyecciones de mortero. Es importante saber que *no pueden evitarse todas las filtraciones*, por lo que existen distintos sistemas, tales como pueden ser cunetas para luego ser bombeadas, o en caso de estar sobre piedra pueden usarse cajones de fondo abierto metálicos.

Estos cajones nos permiten crear recintos estancos con fondos permeables donde se puede hormigonar, como en Figure 3

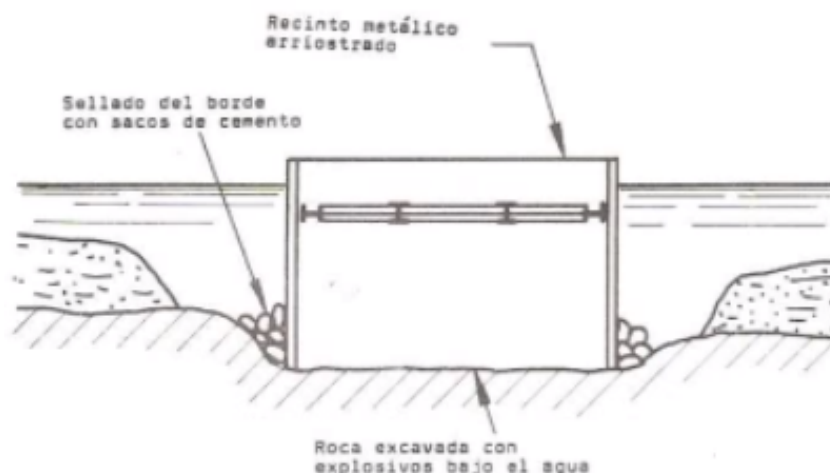


Figura 3: Esquema de cajón abierto

Ataguías de doble pared

Con grandes calados, se pueden utilizar este tipo de sistema, que permiten crear mayores espesores de ataguía que permiten crear espacios estancos.

Por último, se pueden utilizar ataguías celulares para grandes calados. En general, cada solución es única para cada problema, por la diversidad de las condiciones del terreno de fundación.

1.4. Cimentaciones con pilotes

1.4.1. Pilotes in-situ

Cuando el terreno resistente no resulta fácilmente accesible, pueden utilizarse pilotes como cimentación profunda. Si el elemento será situado en agua, primero deberá disponerse de una

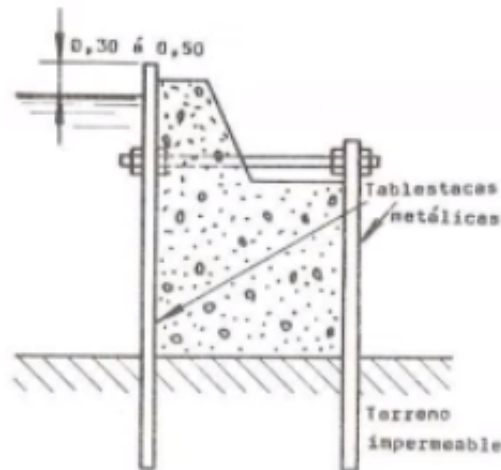


Figura 4: Esquema de ataguía de doble pared

plataforma de trabajo adecuada para poder ejecutar los pilotes.

Si el calado es pequeño, se pueden construir *terraplenes provisionales*, que establecen una plataforma de trabajo por encima del nivel de agua permitiendo la construcción de pilotes como si fuera en tierra. Incluso se puede crear un recinto estanco mediante la utilización de tablaestacas, como se ve en Figure 5

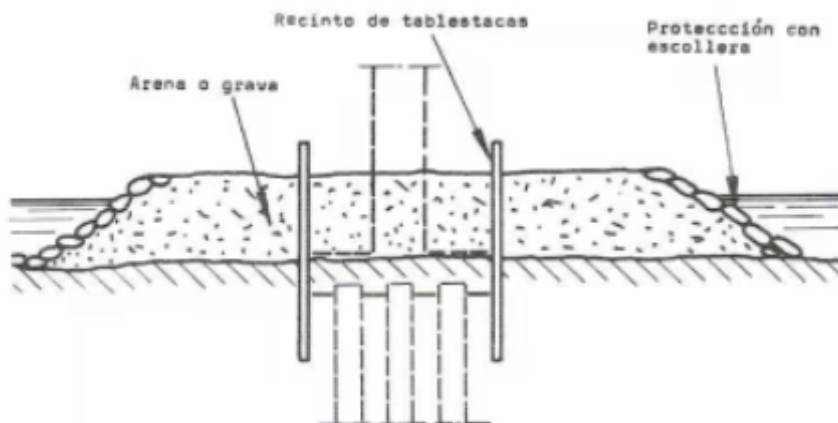


Figura 5: Esquema de terraplen con tablaestacado.

1.4.2. Pilotes de madera

Es principalmente un antecedente histórico, como los puentes usados en el Siglo XVIII, que aún están en servicio.

1.4.3. Pilotes de hormigón

En general no suelen ser utilizados los prefabricados. En cambio, es normal la utilización de **pilotes pretensados de hormigón**, que permiten una mayor resistencia.

1.4.4. Cabezales

Son necesario para los **pilotes**, lo que produce las mismas dificultades que en el caso de las zapatas directas construidas a un nivel inferior del río.

Si los pilotes son de gran diámetro, pueden ser prolongados en algunos casos hacia arriba, sustituyendo a pilas y estribos y suprimiendo cabezales, lo que se llama **pilotes columna**.

Si la zapata puede quedar por encima del río, se puede construir encima de la plataforma creada para la hincada de pilotes, y si se debe construir a nivel inferior al del agua, se debe recurrir a un recinto impermeable provicional como los que se describieron, que tienen como objetivo contener lateralmente el hormigón sumergido que permita el trabajo posterior seco.

Un tipo de alternativa es el uso de una **pila-cajón**, donde se conectaran las pilas hasta donde se ejecutaron los pilotes, como se ve en Figure 6

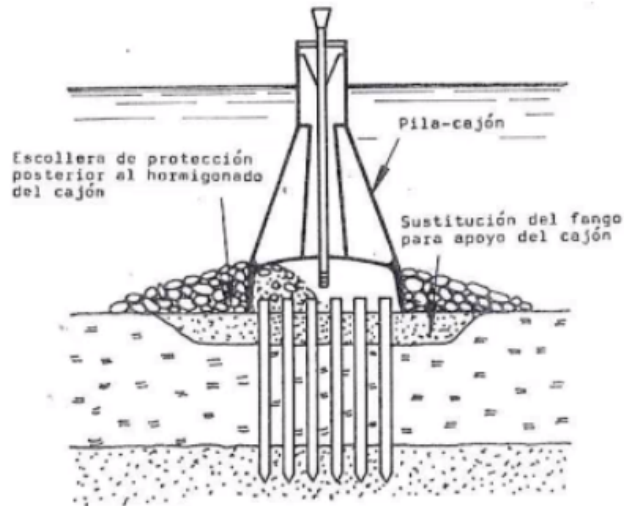


Figura 6: Pila cajón usado en puente sobre Tagé

1.5. Cimentaciones con cajón

Podemos distinguir tres tipos:

- Cajones con fondo abierto.
- Cajones de una sola celula.
- Cajones excavados con airea comprimido

1.5.1. Cajones con fondo abierto

Se utilizados como se muestra en la Figure 7, que permiten crear una plataforma donde se puede realizar el hincado de los pilotes.

En algunos casos incluso se pueden llevar a partir de la flotación, y luego que sea fondeado en la posición requerida.

1.5.2. Cajones excavados con aire comprimido

Se usa cuando tenemos terrenos permeables o muy flojos, que pueden hacer que no sea posible la excavación en seco debido a posibles sifnamientos.

Se puede recurrir a la excavación de un cajón auxiliandose con aire comprimido para expulsar el agua del recinto del cajón.

Este proceso tiene tres fases, como se ve en la Figure 8. Este método permite vencer obstáculos como estratos de roca intermedios u otros. Sin embargo, solo es posible utilizarlo hasta unos 35m de profundidad por lo que no es usable en la mayoría de los puentes.

1.5.3. Cajon con fondo

Son un tipo de pila cajón que puede ser traído flotando, que son llenados con agua para poder fondearlos.

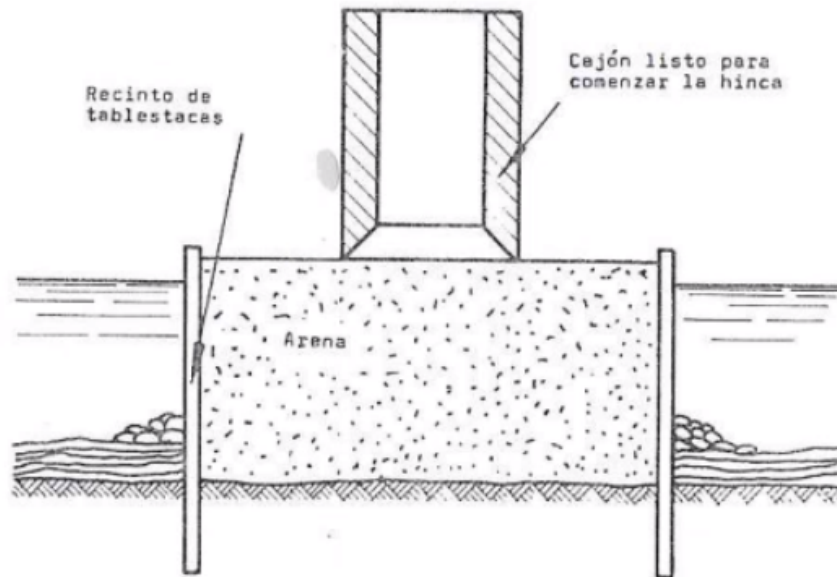


Figura 7: Cajón abierto

1.5.4. Cimentaciones por recintos mixtos

En cimentaciones en tierra o isla artificial es posible ejecutar un recinto poligonal, con módulos de pantalla que permiten ser excavados interiormente.

El recinto exterior puede ser construido por pilotes tubulares metálicos hincados uno al lado del otro y ensamblados para permitir crear un recinto estanco.

1.6. Estribos en puentes

Los estribos son los apoyos extremos de los puentes, destinados a establecer continuidad entre la estructura y la carretera. Son dispuestas sobre un relleno de acceso, y deben ser capaces de soportar las reacciones transmitidas por la estructura, soportar empujes por los rellenos de tierras de su trasdós y servir de protección.

En sí, se componen de un muro frontal que recibe la carga del tablero, y muros laterales que tienen como función asegurar el material del terraplén.

Podemos distinguir los siguientes tipos de estribos:

1.6.1. Estribos de tramos rectos

Cuando los estribos están emplazados en tierra firme es frecuente que el muro frontal y los laterales vayan cimentados a la misma cota, y se busca una reducción en la obra de fábrica de los muros laterales, que se hace disponiendo de aletas abiertas cuya coronación se adapta a la línea de intersección en el terraplén. El muro frontal debe ser calculado para el empuje de tierras y reacciones del tablero.

Un ejemplo de lo dicho se encuentra en la siguiente figura:

Estos estribos necesitan de una junta en el borde, que permite resolver la unión con un murete y la losa de transición que lo une al terraplén.

1.7. Socavación

Las cimentaciones de las pilas y estribos requieren resistir los esfuerzos dados por las socavaciones producidas por el régimen de crecidas de los cauces. Podemos distinguir distintos tipos de socavaciones.

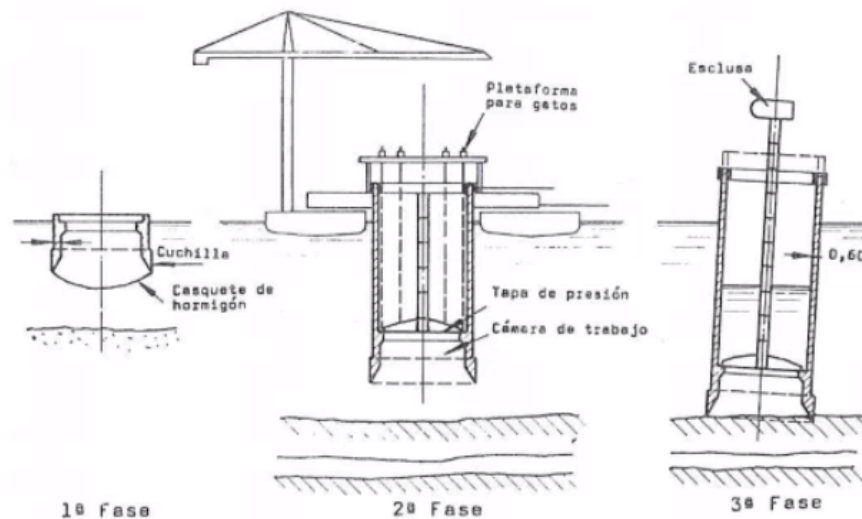


Figura 8: Fases de un cajón con aire comprimido

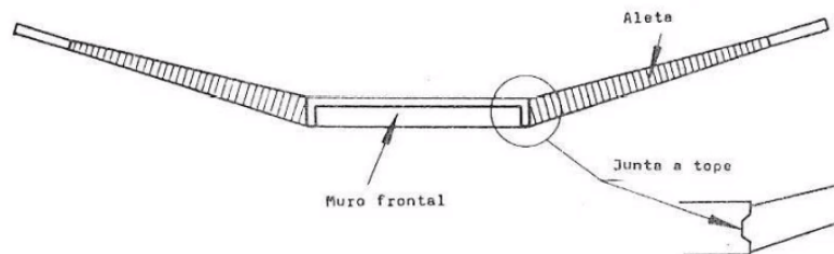


Figura 9: Estribos con muro de frente y alas

1.7.1. Socavación general del lecho

Se da cuando un lecho en una crecida aumenta la velocidad del agua y la capacidad de arrastre, originándose remoción de materiales del fondo. Luego de la crecida se dan sedimentaciones que esconden la socavación que se da en la cresta de la crecida, pero es necesario tener en cuenta esta máxima socavación *durante* la crecida.

En general, los ciclos anuales forman socavaciones permanentes en los cursos altos, estables en los medios y sedimentaciones en las zonas inferiores de los ríos que han alcanzado su régimen de equilibrio. Este equilibrio puede alterarse por el retiro de gravas y arenas en algún punto del cauce para la obtención de materiales de construcción.

Por *socavación general* se entiende como el descenso que tiene lugar en el fondo del río al producirse una avenida y es debida al aumento de la capacidad de arrastre al aumentar la velocidad del agua. La posibilidad de arrastre de los materiales de fondo dependerá de la relación entre la velocidad media del agua y la velocidad requerida para arrastrar las partículas que lo constituyen.