

REPARACION DE UN CANAL DESAHUCIADO

Por MANUEL SALTO LOREDO
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Da cuenta el autor de una práctica e ingeniosa reparación de un canal de un aprovechamiento hidroeléctrico en el río Limia en Portugal, realizada a base de pernos de dos tipos, que permitirá con poco gasto prolongar la vida de la obra durante unos diez años, ya que después de ese plazo se proyecta explotar el aprovechamiento en otro mayor.

1. Se trata del canal de derivación del aprovechamiento de Lindoso, sobre el río Limia en Portugal.

El canal entró en servicio en 1921; con 6 Km. de longitud, de los cuales 4 Km. en túnel y una pendiente de 1/1.000, su sección inicial era de 3,20 metros de ancho por 2,50 m. de calado.

Su situación en el terreno está de acuerdo con la práctica usual en aquella época, allá por los años 1915 a 1920, presentándose la obra a cielo abierto no encajada en la ladera, sino descolgada. El empleo exclusivo del trabajo manual, el bajo precio del cemento y la dureza del granito de la región, hacían que se huyese de las excavaciones en las paredes.

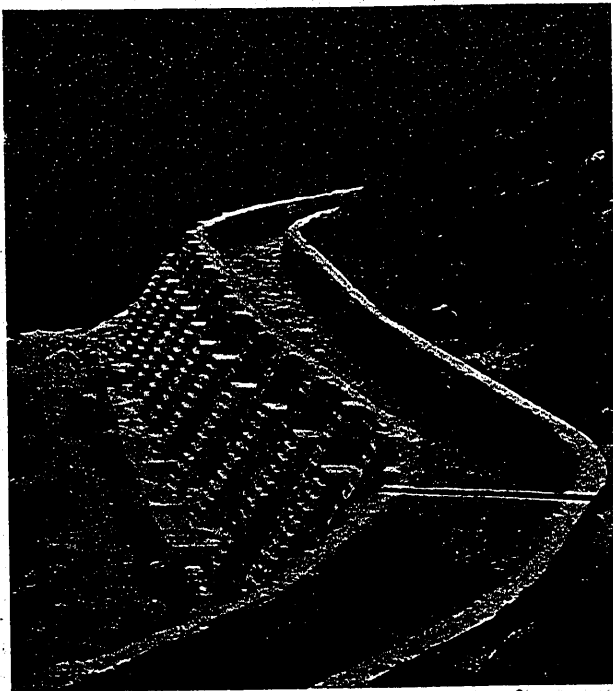


Figura 1.ª.

A lo largo de su vida se han hecho ampliaciones, siempre en altura, por lo que hoy su sección es de 3,20 m. de ancho por 4,00 m. de calado. Es decir,

está con una configuración contraria de la que hoy se le daría.

En los túneles, las ampliaciones se hicieron excavando el techo y en los trozos a cielo abierto el recrecimiento de los hastiales ha obligado, para mantener su estabilidad, a reforzarlos con contrafuertes de mampostería (fig. 1.ª).

Ocurre también que la mampostería de aquellos tiempos no estaba hecha con tanto cuidado como hoy se haría, que lo que se necesitaba para un calado de 2,50 m. no era lo mismo que para los 4,00 m. de hoy e incluso que el agua es abrasiva por virtud de su contenido de anhídrido carbónico, razones estas que ocasionaron algunos derrumbamientos en los túneles y también a cielo abierto. Los de los túneles han sido todos en el lado del monte; los ocurridos en trozos a cielo abierto han sido por vuelco del cajero exterior.

Estos accidentes se pueden explicar fácilmente en los túneles, en que el hastial del lado del monte funciona, en cierto modo, como presa para las aguas subálveas y de infiltraciones, y las secciones, que serían suficientes para 2,50 m., no llegan para los 4,00 m. de calado, así como en los trozos a cielo abierto en que el fenómeno tiene su origen, principalmente en las fundaciones, que a pesar de mejoradas por obras posteriores de consolidación no tienen solución satisfactoria para todos los casos, debido a la falta inicial de adecuado saneamiento del terreno.

2. Un primer estudio de lo que más convendría hacer, tanto para obtener la conveniente seguridad del servicio como para atender a las necesidades actuales de energía, ha llevado a la conclusión de que se debería construir un canal nuevo y de más capacidad, pero como seguidamente se presentó la posibilidad de hacer un nuevo aprovechamiento que englobará el existente, se cambió de ideas sobre la solución del problema y se concluyó que lo mejor, por ahora, sería hacer una reparación que, con pocos gastos, aguantara la obra por unos diez años más. En este orden de ideas se nos ocurrió la del empleo de pernos de fijación, sean del tipo "perfo", sean del tipo de "cuña", aplicados de diferentes modos como a continuación se indica.

El hastial izquierdo de los túneles, donde, como

hemos dicho, todos los derrumbamientos se han producido, está en su mayor parte separado del terreno rocoso natural, por lo que se decidió coserlo a éste con pernos "perfo" distribuidos por tres filas y distanciados como se muestra en el esquema (fig. 2.^a).

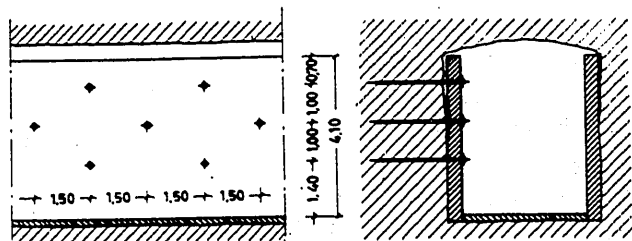


Figura 2.^a.

Estos pernos tienen 2,40 m. de longitud y 1" de diámetro, por lo general, habiendo unos cuantos de mayor longitud para poder anclarlos siempre en la roca sana. Se muestran en las figuras 3.^a y 3.^a, a, con todos los elementos que los constituyen.

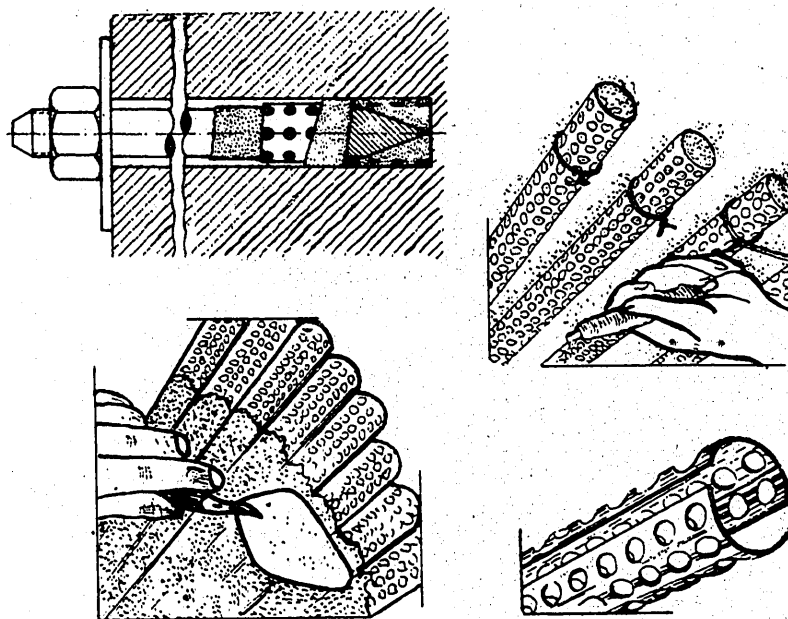


Figura 3.^a a.

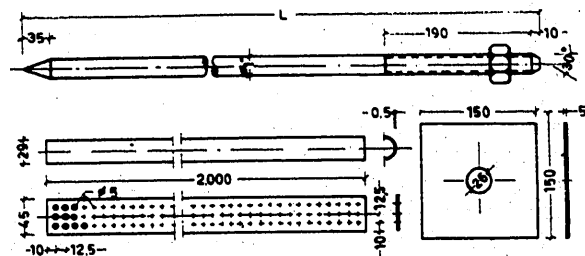


Figura 3.^a.

Siempre que dicha longitud excedía el ancho del canal, se emplearon barrenos y pernos empalmables, ésto hasta los 6,40 m., límite máximo para los medios de que se disponía y que permitieron que se asegurase el 97 por 100 del total a coser.

En el hastial del mismo lado, a cielo abierto, sólo fueron tratadas pequeñas zonas siempre correspondientes a curvas izquierdas de pequeño radio, esto es, de gran convexidad, en las que había desaplomo de la pared.

En el hastial derecho, a cielo abierto, el empleo de pernos ha sido hecho de tres formas distintas, como se muestra en el esquema (fig. 4.^a):

a) Clavados verticalmente en el hastial, a cerca de 0,25 m. del paramento interior.

b) Clavados a 45° en las bases de los contrafuertes.

c) Clavados horizontalmente en las reguías de los refuerzos hechos para el saneamiento de las fundaciones.

Con los primeros se busca introducir una fuerza que mejore la estabilidad al vuelco, lo que se consigue haciendo al anclado en la roca, abajo de la cimentación y tensando después el perno. El valor de la

tensión ha sido fijado en 5 Tn., y se consiguió empleando una llave dinamométrica para el apretado de la tuerca superior. Posteriormente se hizo una inyección de cemento por el agujero por donde pasa el perno, que además de proteger éste, aún concurre para el relleno de los huecos existentes en la mampostería.

Los pernos clavados a 45° en las bases de los contrafuertes tienen por finalidad evitar que éstos deslicen sobre la roca de su cimentación y también coser

los elementos superficiales de ésta que puedan estar sueltos, debido a diaclasas y grietas, a la roca más profunda y que se cree más sana.

Los horizontales en la repisa de los refuerzos de las cimentaciones de hastiales y contrafuertes, deberán contrarrestar los efectos posibles de la presión

lo general, de cerca de 2,60 m., con un extremo roscado en 0,19 m. y el otro en punta; una "camisa" formada por dos medios cilindros de chapa de 5/10 de milímetro, con agujeros de 5 mm. de diámetro; una chapa de 200 X 45 X 0,5, con agujero central de 25 mm. y una tuerca de 1".

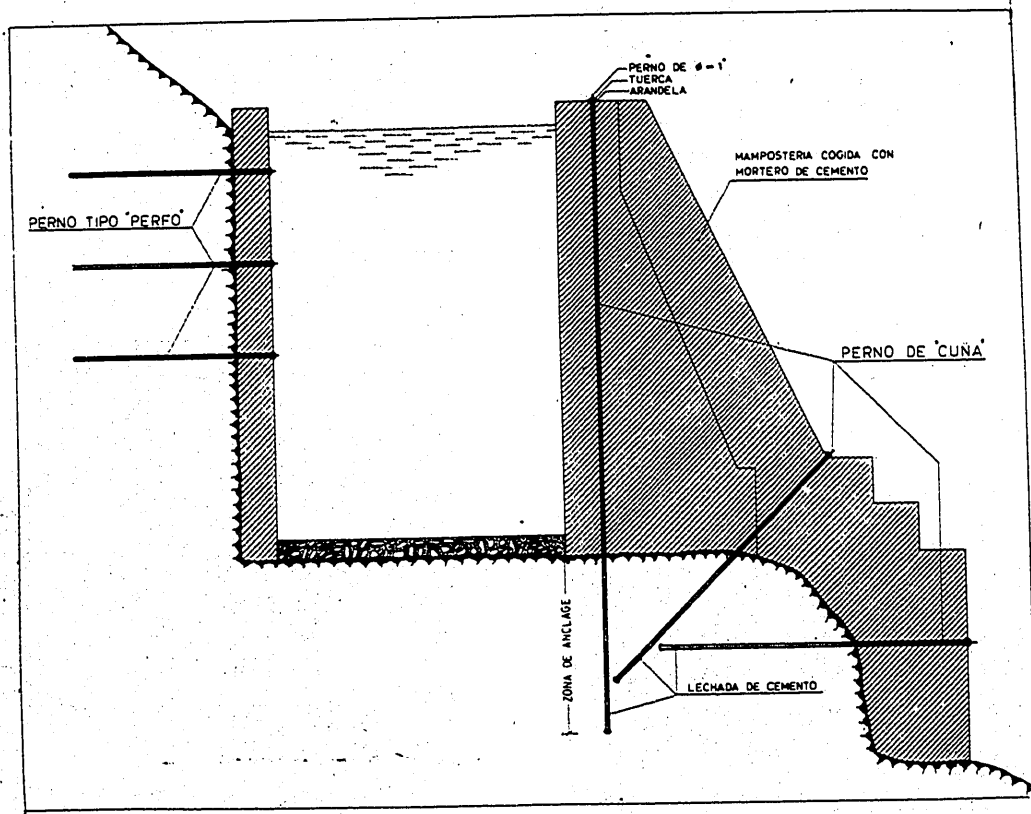


Fig. 4ª — Esquema tipo.

del agua de infiltraciones sobre estos refuerzos, puesto que los hay con más de 6 m. de altura, lo que equivale a decir que pueden aparecer fuerzas del orden de algunas toneladas por metro cuadrado, empujándolos hacia afuera.

Casi todos los pernos empleados en estas tres formas son del tipo "cuña", puesto que, como se aplican con el canal en servicio, el agua de infiltración no permite el empleo de los "perfo"; posteriormente se hace también una inyección de cemento por el agujero respectivo.

3. Como elementos de interés para una mejor comprensión del asunto, se hará, a continuación, una pequeña reseña del material empleado, procedencia de trabajo y datos relativos a rendimientos.

Si bien que bastante conocidos, tanto los pernos "perfo" como los de "cuña", vamos a describir brevemente en qué consisten.

Los "perfos" constan de una varilla de 1" de acero de construcción de longitud variable, pero, por

Para clavarlos se hace un taladro de diámetro del orden de los 40 mm., se llenan las dos partes de la camisa con mortero de cemento y arena y se unen éstas, para formar el cilindro, con unos alambres de 0,5 milímetros de diámetro y se introducen en el taladro. Seguidamente se mete el perno por el interior de la camisa y se le obliga a penetrar, bien con martillo corriente, o bien con martillo neumático. Como la camisa tiene la longitud del taladro y a esta corresponde la longitud del perno sin rosca, cuando éste alcanza el fondo del taladro, se quedará fuera la rosca.

El mortero que llena el cilindro va saliendo por los agujeros a medida que entra el perno y como el diámetro de éste, el de la camisa y el del taladro están en cierta relación, el volumen de mortero que corresponde al volumen del perno va a rellenar todo el hueco entre éste y la pared del taladro, fijándolo.

Algún tiempo después, variable según el cemento que se emplee, tenga o no aditivos aceleradores de

presa, el perno está fijado y su resistencia a la tracción es, para pernos clavados en 2,40 m. de su longitud, la que corresponde a su sección, pues el arranque no es posible.

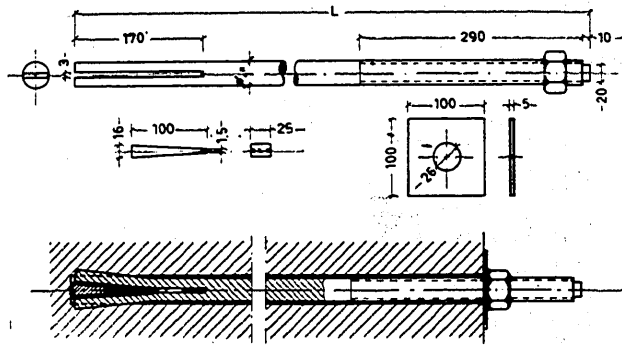


Figura 5.^a

Los de cuña son, en esencia, semejantes, sólo diferenciándose en la manera como se fijan, que es por medio de la expansión del extremo que se in-

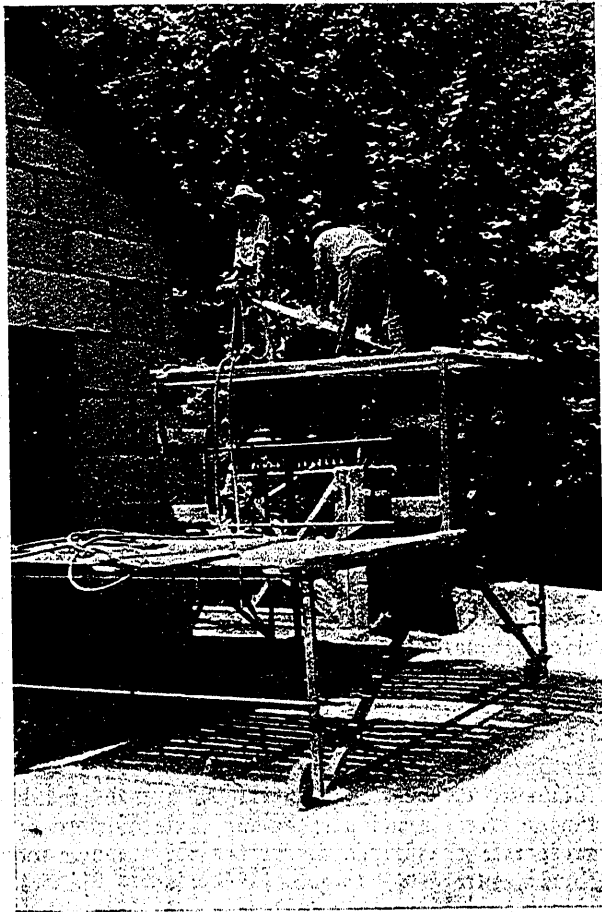


Figura 6.^a

roduce en el taladro producida por una cuña que se le aplica y se obliga a penetrar en un encaje por medio de martillazos aplicados en el otro extremo.

Siendo así, y como es natural, no necesitan la camisa.

En las figuras 3.^a y 5.^a se representan los dos tipos.

En los trabajos dentro de los túneles empleamos, para la apertura de los taladros, martillos neumáticos



Figura 7.^a

BBD41WK de ATLAS COPCO, montados en andamios móviles sobre ruedas en los que iban también los barrenos y los pernos y sus accesorios.

Estos andamios (fig. 6.^a) tenían dos pisos a alturas convenientes para las dos órdenes superiores de pernos a clavar, pues para la inferior se trabajaba desde la solera del canal.

El equipo de personal constaba de un martillo, un ayudante, un albañil y dos peones.

A medida que se taladraba, el albañil llenaba con mortero las dos mitades de la camisa y las unía con las cintas de alambre. Hecho el taladro, el martillero

introducía la camisa y el ayudante apuntaba el perno, empujándolo a mano hasta que penetrase algo. Seguidamente el martillero, empleando un martillo neumático ligero de 11 Kg., con un batiente especial, lo aplicaba para terminar el trabajo.

La dislocación del andamio para la nueva posición era hecha por los peones.

La media, por equipo, ha sido de 45 pernos por diez horas, con un máximo de 86 en el mismo tiempo.

El número de pernos colocados fué de 2.500.

Al hacer los taladros para aplicar los pernos verticales en el hastial a cielo abierto, se empleó el mismo tipo de martillo montado sobre una carreta móvil (fig. 7.^a) sobre las dos paredes, con una columna para la fijación del martillo, que era maniobrado por medio de un cable y de una polea.

Los pernos aquí aplicados eran de tipo de cuña, pues como había agua en muchas zonas, no era posible fijarlos con mortero.

Su longitud era de 6,40 m., pues se quería que, por lo menos, el taladro entrara 1,50 m. en la roca.

La garantía de que el anclado se hacía nos era dada por el apretado con la llave dinamométrica, con la que aplicábamos el esfuerzo de 5 Tn. considerado en los cálculos anteriormente hechos.

Las inyecciones se hicieron a 1 Kg./cm.², empleando un depósito para la pasta de cemento situado en la ladera 10 m. arriba del canal.

Otros detalles y equipo secundario parece innecesario describirlos dada su simplicidad.

4. Finalmente, queremos hacer notar que hay seguramente algo de aleatorio en la consideración de los esfuerzos que cada perno podrá soportar con garantía a lo largo del tiempo, pero asimismo creemos que, en la media, su funcionamiento estará en concordancia con las hipótesis formuladas, lo que en el caso presente se nos figura suficiente para el fin perseguido.