

---

ANALES  
DEL  
INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

---

Un problema de toma en río torrencial

POR

LEONARDO LIRA

(Conferencia dictada el martes 8 de Agosto de 1916)



En la primera semana del mes de Marzo del presente año se escavaba la primera palada de tierra del primer canal de regadío ejecutado con intervención del Estado en la República de Chile.

El estadista podía sentirse satisfecho de haber podido llevar hasta un comienzo de realización el sano ideal político de arraigar al hombre en la tierra fecunda, porque ese gesto significaba el nacimiento de una política de conservación preferible a las de explotación y agotamiento de las riquezas naturales, significaba la formación de mejores ciudadanos para la República porque son más sobrios y más reposados los que arrancan el pan de la tierra para el sustento de los demás.

Pesa sobre los técnicos la enorme responsabilidad de llevar a feliz término el programa de estos estadistas y estando comprometido en la partida el prestigio de la ingeniería nacional, todos debemos cual más cual menos agregar nuestro pequeño contingente para que se eviten los fracasos por falta del factor indispensable en el éxito de las empresas modernas que se llama la competencia técnica.

Una antigua afición que me ha llevado a inclinarme con amor a las cuestiones hidráulicas me ha deparado en suerte el tomar conocimiento en detalle de un caso interesante de toma de agua para regadío en un río de régimen torrencial y dentro de las ideas que acabo de exponer, me ha parecido que tendría interés para algunos miembros del Instituto el conocer una exposición del problema y de las diversas soluciones que de él fueron presentadas.

Las asociaciones de canalistas denominadas Canal de Espejo, Canal de la Calera, Canal Santa Cruz y Canal San Vicente, se asociaron el año de 1910 con el objeto de construir obras permanentes de toma en el río Maipo para el regadío de los campos que riegan dichos canales. Esta asociación llegó a construir unas

Obras de toma definitivas que por causas que no es del caso recordar ahora, fueron destruidas en la avenida de invierno de 1912. Persistiendo en el mismo propósito, las asociaciones antes nombradas se reunieron con las de los canales Ochagavía y Huidobro y acordaron a fines de 1915 el ejecutar nuevas obras de toma de carácter definitivo y al efecto solicitaron propuestas públicas para su construcción sobre la base de un anteproyecto, pudiendo los proponentes hacer las modificaciones que estimasen convenientes, tanto para la buena ejecución de las obras, como para su funcionamiento.

Voy a expresar aquí en sus líneas generales tres de las soluciones que fueron presentadas para este problema, advirtiendo que he elegido esas tres porque son características. Indicaré a continuación cuáles son, a mi juicio, las cuestiones que deben tomarse en consideración al resolver un problema de esta especie, anotaré en seguida la forma en que cada uno de esos proyectos las ha solucionado y finalmente daré mi opinión sobre el problema principal, esto es, el tipo de obra de forma por adoptar.

Para dar una idea de la importancia de las obras básteme decir que ellas están destinadas a regar más de 30 000 hectáreas de terreno, y de los terrenos más valiosos de toda la República, y que su costo pasa de \$ 1 000 000 de nuestra moneda actual.

Es común a las tres soluciones el punto de ubicación de las obras y es el mismo en que fueron construidas las obras de toma destruidas en 1912: pocos metros más hacia aguas abajo de la desembocadura del estero del Clarillo y a la salida del río Maipo de los últimos lomajes de la cordillera. En esta parte el cauce del río presenta un estrechamiento que es único en esta región y el subsuelo está constituido en gran parte de la sección transversal por roca. Si a esto se agrega la altura conveniente para dominar los campos de riego, la existencia de barrancas altas que impiden los campos de inundación, se llegará a la conclusión de que la situación elegida es la más aparente para la realización ventajosa del problema.

Los datos fundamentales que debían tomar en cuenta los proyectos, eran los siguientes. Por lo que respecta al río: un régimen torrencial con dos clases de creces, las de lluvias en el invierno y las de deshielo en el verano, alcanzando las primeras un máximo aproximado de 1 800 m<sup>3</sup> por segundo y llegando las últimas en casos excepcionales a 400 m<sup>3</sup>, siendo las creces corrientes en un espacio de 20 años de 250 m<sup>3</sup>. El gasto medio característico en el año medio puede estimarse en 82 m<sup>3</sup> y el mínimo característico, en 47. En el año mínimo estas cifras bajan a 65: 40 respectivamente. El coeficiente de régimen para el gasto medio diario mínimo resulta 0.47 y para el mínimo característico, 0.53.

En lo que se refiere al lecho del río: un terreno de aluvión compuesto de cascajo grueso socavable con velocidades superiores a 1.60 metros por segundo. Por lo que respecta a las aguas: claras en régimen normal, pero cargadas considerablemente de arena y arcilla en las creces de verano e invierno, habiéndose observado un porcentaje de depósitos, variable de 0.5 hasta 2.9% en peso para

las materias conducidas en suspensión lo que demuestra que en creces el Maipo trae hasta un 4% en peso de materias en suspensión fuera del arrastre de piedras o ripio grueso. Para que se tenga una idea solamente de lo que estas cifras significan, diré que en un día de crece el Maipo arrastra 4 000 m<sup>3</sup> de depósitos. (1)

Finalmente, los autores de los proyectos debían tomar en cuenta que se imponía captar en el canal que debía salir por la ribera Norte 70 m<sup>3</sup> por segundo y en el lado Sur, 24 m<sup>3</sup>.

*Solución A.*—Las características de esta solución son las siguientes: represa móvil normal al río con radier al nivel medio general del río, formada con 5 compuertas Stoney de 5 m. de luz y 2 de tornillo de 2.25 m., o sea en total 29.5 m. de luz; habilitamiento del tranque de cierre por el lado Sur para funcionar como vertedero en 61 metros de longitud también normales al río y con la cresta a 3.20 m. sobre el nivel del umbral de la represa móvil; compuertas de toma paralelas al río con sus umbrales a la cota 599.20 m. a 1 m. sobre la cresta del umbral de la represa móvil, y constituidas las del lado Norte por 5 compuertas de 2.25 m. y 1 de 2.75 m.; las del lado Sur, por 2 de 3.50 m.

Naturalmente, el habilitamiento del muro Sur para funcionar como vertedero obliga a conducir las aguas del canal Sur por un túnel. Completan la obra muros de concreto armado que completan el cierre del cauce del río con el nivel superior a 4 m. sobre la cresta del radier fijo suplementario.

Los niveles de las fundaciones son las siguientes: los de la represa móvil, a 4.50 m. de profundidad y constituida por dos tabiques verticales separados de 5 m.; el del radier fijo, a 2.20 m. de profundidad, alcanzada por un tabique vertical frontal, quedando el resto en un ancho de 8 m. al nivel del lecho del río; el de las compuertas de toma del lado Norte, a 4.50 m. de profundidad respecto al nivel medio del río. Finalmente, ambos canales quedan dotados en su curso de sendos desripiadores con 50 y 30 m<sup>3</sup> de capacidad, formados por una depresión del canal de 2 m. en un largo de 20 m., depresión cerrada por las compuertas desripiadoras en una sección normal al canal, tomándose el agua lateralmente a la depresión al nivel del radiercorriente. Las compuertas desripiadoras desembocan en una canoa de madera que va con fuerte pendiente hacia el río. Naturalmente prescindo de detalles de construcción y de otras obras de arte que no tienen relación con el punto que he querido estudiar en esta conferencia.

*Solución B.*—Sus características son: represa móvil normal al río con el umbral (según los autores del proyecto) al nivel medio del lecho del río y formada por 15 compuertas de líneas variables de 2.25 a 4.80 m. De ellas las vecinas a las riberas tienen el umbral a 1.30 m. de profundidad. El claro total útil alcanza a 64.5 m. Formación del cierre hidráulico por el lado Sur, por un muro de mampostería con su cresta a 5.50 m. de elevación: por el lado Norte, por un tranque de

---

(1) Debo a la amabilidad del señor A. Lynch, ingeniero hidráulico de la Empresa de Tranvías, las cifras que acabo de dar sobre porcentajes de sedimentos en el río.

tierra del tipo inglés con el coronamiento a esta misma cota. Compuertas de toma paralelas al río con sus umbrales a la cota 599.70 m., o sea 5.30 m. más bajo que el radier de la represa móvil: por lo tanto, 0.70 m. más alto que el de las compuertas vecinas pertenecientes a la represa que son en el lado Norte 3 de 2.25 m. y 1 de 5 m. y en el lado Sur, 2 de 2.90 m. Los niveles de fundación son los siguientes: los de la represa móvil a 2.20 m. de profundidad y formada por un macizo de 6.00 m. de base; el de las compuertas del lado Norte, a 2.30 m. y el de las del lado Sur, a 1 m. Los canales carecen de dispositivo desripiador.

*Solución C.*—Consta de un radier fijo de 127 m. de longitud, dividido en dos secciones: una de 65 m., que es el radier de las antiguas obras destruidas, y otra nueva de 62 m., que forma con la anterior un pequeño ángulo obtuso hacia aguas arriba. La cota de la cresta de este radier es 601.8. En ambos extremos continúan el radier 4 compuertas desripiadoras de 2<sup>m</sup> 50 de luz y en el centro separan una sección de la otra 2 compuertas de 2<sup>m</sup> 30. El umbral de estas compuertas queda 4 m. más bajo que la cresta del radier. Las compuertas de toma quedan en dirección ligeramente oblicua al radier: las del canal Norte son 6 de 2<sup>m</sup> 30 y las del canal Sur son 4 de 2<sup>m</sup> 13 con el umbral a la cota 599 a 2<sup>m</sup> 80 más bajo que la cresta del radier. Las compuertas de Toma se continúan hacia las barrancas por el lado Norte por un número de concreto armado inclinado de 1/2 y por el lado Sur, por un muro en ala de sección gravitacional de mampostería. Los niveles de las fundaciones son los siguientes: el radier, a 1 metro bajo la roca a la cota 597.00 con una plataforma maciza, las compuertas desripiadoras a 595.80, las de toma a 596.50 y las obras de protección a 597.

Expuestas en esta forma suscita las líneas generales de estas tres soluciones, paso a exponer las circunstancias que a mi juicio han debido tomarse en consideración para resolver este problema. En primer lugar, elegida la ubicación de la toma y decidido que ella había de ser de carácter definitivo, quedaba por definir el tipo de represa. Como he tenido ocasión de manifestarlo desde hace algunos años en mi curso de hidráulica en la Universidad, estimo que, para ríos, con el régimen del río Maipo y con su clase de aguas se impone el tipo de represa móvil. Naturalmente, la elección de este tipo no está indicada en todo caso que se tenga un régimen torrencial y lechos de ríos más o menos socavables. Para decidir la cuestión, será necesario el conocer en detalle y a fondo la cuantía y calidad del material de arrastre del río. Entre el caso de aguas cristalinas y régimen constante que indica la solución de represa fija y el de aguas cargadas de sedimento y régimen muy variable, hay una graduación continua que es necesario analizar para decidir en consecuencia. De aquí la necesidad de poseer datos estadísticos, con base técnica, no sólo del caudal de nuestros ríos, sino también de sus cualidades, datos estadísticos que deben abarcar una serie de años para conocer en forma suficiente lo que podríamos llamar la historia del río. No podría hoy desconocer un ingeniero hidráulico, la masa enorme de experiencia que sobre esta materia se ha adquirido en la India, en Estados Unidos, en Europa, en

Africa y en América del Sur y no se justificaría, en consecuencia, que se concibiesen obras con espíritu libresco, sin base justificada en el conocimiento completo de las circunstancias reales del caso. Es necesario convencerse de que en estas obras, como en tantas otras de la ingeniería, la base fundamental del éxito está en los estudios previos y que es necesario disponer de los elementos necesarios para acumular este conocimiento, esta historia de circunstancias particulares, que son la sólida fundación de los proyectos de obras nacionales justificadas y estables. Podría decir que para que un ingeniero pueda proyectar una obra definitiva de toma racional en un río, es necesario que llegue a conocer este río en tal forma que pueda llamarse su amigo íntimo, su amigo de la infancia.

Teniendo, pues, conocimiento de las características que he indicado respecto al río Maipo, en cuanto a cantidad y calidad de sus aguas, de lo sucedido en sus numerosas obras de captación y estando al cabo de la experimentación moderna de las obras similares, en otros países, puede afirmarse que la solución racional para la represa en este caso es la represa móvil. Comenzaré por exponer las opiniones de algunos respetados profesores y distinguidos profesionales que han contribuido a sentar esta conclusión, opiniones que he expuesto en ocasión anterior, al discutirse el tipo de obra que debía adoptarse para este mismo caso que analizo hoy.

Robert Burton Buckley, ingeniero jefe de trabajos públicos en la India Inglesa y miembro de la «Institution of Civil Engineers», dice en su obra «The irrigations works of India» que «la única solución segura para obtener una represa que no levante el lecho del río aguas arriba de ella, es colocar su umbral bajo: peraltar el nivel en estiaje por medio de compuertas, agujas u otra represa móvil colocada sobre el umbral. Este sistema está siendo adoptado ahora (1905) en la India Superior y también lo han adoptado en general los ingenieros de Madras».

B. P. Reynolds, profesor de ingeniería civil en el Colegio de Ingenieros de Madras, dice en sus apuntes de clase aparecidos en 1906 que «no hay duda que la represa del futuro, será del tipo móvil levantada muy poco si es que se la levanta algo sobre el nivel del río y provista de compuertas móviles sobre la cresta».

Hambury Brown, ingeniero real y miembro de la «Institution of Civil Engineers» en su libro «Irrigation», dice que «aprovechando las lecciones dadas por la experiencia, los ingenieros de irrigación de la India, han mostrado recientemente (1914) preferencia por las represas bajas con cresta de compuertas y los últimos proyectos adoptan esta solución».

Herbert M. Wilson, ingeniero jefe del «Geological Survey» y miembro de la «American Society of Civil Engineers», dice que «la represa fija interrumpe el régimen normal del río causando depósitos y cambiando la parte canalizada de él. Las represas móviles interrumpen poco el régimen normal del río y la apertura de las compuertas concluye con los depósitos formados».

Carlos Wauters, ingeniero civil, dice que «si el tipo elegido es de muro sumergible, no puede pretenderse con el muro llegar precisamente a la gran ventaja del tipo de dique o compuertas que levantadas en el momento de crecientes y arrastre de materiales pesados, dejan el umbral al nivel de la playa, pero cerradas, permiten levantar el nivel del agua para conseguir su derivación».

En efecto, si se piensa en ello un momento lo que se ha querido obtener con la represa, es substituir la construcción de espigones en posiciones variables cada año, por una sola construcción que forme un cierre hidráulico a las aguas, obli-gándola a salir por las aberturas dejadas ex profeso en los puntos que se desea. ¿Qué pasa cuando el río trae considerables sedimentos? La disminución de la velocidad por causa de la disminución de pendiente del eje hidráulico, provoca la formación de depósitos aguas arriba de la represa en forma tal, que en poco tiempo el lecho del río se ve peraltado en una cantidad igual a la altura de ella y hasta una extensión aguas arriba variable con las circunstancias del caso. Aún se ha observado la formación de islas con mayor altura que la cresta de la represa. Se comprende que formados tales embanques, desaparece el efecto de guía del agua que se ha querido obtener con la represa, y que sea necesario recurrir de nuevo a las obras provisionarias reconstruidas cada año, de espigones oblicuos que traten de guiar los brazos más o menos caprichosos formados por las aguas en la masa de los embanques. Además, estos embanques producen concentraciones del caudal en pequeños anchos de la represa, haciéndola trabajar en condiciones anormales con un espesor excesivo de lámina de agua que, o ha causado su destrucción por rozamiento o socavación, o ha producido el flanqueo de las obras de defensa laterales que completan el cierre hidráulico.

Debo mencionar aquí una solución que se ideó y que se ha llevado a la práctica en muchas obras, con el objeto de evitar el efecto de embanque de las represas fijas, si no en todo su frente, por lo menos en las vecindades de las compuertas de toma. Todos los que me escuchan habrán oído hablar de estas compuertas desripiadoras o de descarga. Pero, tal vez lo que no se sabe bien, es que cuando los depósitos tienen la magnitud de los del río Maipo, la acción de estas compuertas puede considerarse nula. Los depósitos adquieren tal consistencia, que la acción de socavación de la corriente producida por el paso del agua a través de las compuertas, sólo se extiende a una distancia poco mayor que el ancho de las mismas compuertas. Se pensó que podría aumentarse la acción limpiadora, con aumento de las dimensiones o con descensos del umbral, pero todo ha resultado inútil en la práctica. Aún más, persiguiendo no ya el propósito de evitar los embanques, sino solamente de evitar la entrada de depósitos en los canales, se combinaron las desripiadoras anchas y profundas con umbrales de toma altos y protegidos por rejillas, y aún así, el resultado fué negativo. Una demostración más de que antes de oponerse a la naturaleza, el ingeniero debe obedecerla buscando con el ingenio, la solución que, basada en sus propias fuerzas, permita obtener el objeto deseado.

Los inconvenientes de las represas fijas apuntados más arriba (a los cuales viene agregarse aun el de formación de corrientes paralelas a la represa que han llegado hasta socavarla) resultan más agudos mientras mayor es el porcentaje del agua que se toma en comparación con el caudal total. Y esta circunstancia agravante es la del caso presente, pues durante la época de riego antes de las obras de toma de agua de que hablo, se captan en el río Maipo, las siguientes cantidades: Canal de Maipo  $75 \text{ m}^3$  y Canal de Pirque  $18 \text{ m}^3$ , o sea  $93 \text{ m}^3$  que unidos a los 94 que se impone captar en las obras actuales, forman casi el total del gasto del río en el verano.

En consecuencia, en estos casos, debe dejarse libre el paso, para que los gastos de crece puedan restablecer el nivel primitivo del lecho del río, es decir, hay que colocar compuertas desripiadoras a través de todo el lecho del río, o lo que es lo mismo, hay que adoptar el tipo de represa móvil. Evidentemente, esta solución no constituye tampoco un ideal, sobre todo en los casos de poco exceso de agua, en el caudal sobre el que debe entrar por la toma, ya que entonces la energía de la acción de esa agua, que debe repartirse en una sección ancha, puede no ser suficiente para evitar el peralto de los embanques. Llego con esto a enunciar una ventaja que tienen, a mi juicio, las represas móviles compuestas de elementos pequeños, (compuertas Stoney), sobre las compuertas con elementos de gran luz (compuertas de cilindro). Y llego con esto, también, a referirme a una cuestión de importancia, que es la determinación del ancho de la represa móvil que debe consultarse. No es ésta solamente una cuestión de economía, cuestión de comparación, entre costos de represas angostas con albañilerías de protección altas por un lado, con represas anchas y albañilerías de protección bajas por el otro, sino más bien cuestión de cuantía, de los gastos sobrantes a través del año y consistencia de los embanques. Desgraciadamente, no existe todavía una experiencia suficiente, (al menos que yo conozca), para llegar a fijar alguna norma más o menos fija sobre el particular, y en consecuencia, sólo puedo decir que, en el caso presente, me inclino a encontrar más acertada la dimensión adoptada en la solución A (29 m), que la escogida en la solución B, basándome para ello, principalmente en los largos de radier, usados con éxito en las demás obras, existentes en el mismo río y en la misma zona, y en los valores de los gastos dados al comienzo de esta conferencia.

Paso en seguida a ocuparme de los dispositivos, para evitar la entrada de los ripios en los canales. La solución A, ha admitido su entrada, en un primer trayecto de 300 m. (que ha debido proyectarse, con la mayor pendiente, y la mayor sección necesaria), para botarlos con dispositivo especial, que es el desripiador descrito. La solución B, no consulta desripiador y tiene el umbral de las compuertas de toma, a 0.20 m. más bajo que el umbral de la represa, y al nivel del lecho del río. La solución C, admite también la entrada de los ripios, para arrojarlos por un desripiador, situado a 200 m. de la boca toma. No hay tampoco umbral peraltado en las compuertas de toma. Como en otros casos, creo que es más

recomendable prevenir que curar, y así había sido preferible peraltar el nivel de los umbrales de toma y ensanchar, en consecuencia, la luz de entrada. No es posible dar cifras fijas para el peralto del umbral: básteme enunciar una de las consideraciones que deben entrar en juego para su fijación: es evidente que por un lado, sería conveniente tomar el agua por una lámina delgada situada lo más alta posible, pero el poco espesor de la lámina acarrea el mayor ancho de la toma, y esto aleja el extremo de la zona de influencia del arrastre de ripios por las compuertas de la represa móvil. Un agregado que ha dado buenos resultados en este sentido, es el adoptar para las compuertas de la represa vecinas a las obras de toma, un umbral más bajo que para el resto, detalle que ha sido adoptado en la solución B. Por otra parte, cábeme insinuar una idea que no he visto aun realizada en ningún proyecto, y que consistiría en usar una lámina de agua de altura decreciente, hacia aguas arriba. Como resumen, los proyectos presentados adolecen de un grave defecto, en esta parte de la obra, pues todos ellos toman el agua por una desembocadura angosta, que ha tenido como consecuencia un espesor de lamina inadmisibles, y con estos umbrales bajos, que permiten el fácil paso de los ripios gruesos, y velocidades altas que ayudan a su entrada. El levantar el nivel de las compuertas de toma, era una práctica de novedad, a principios de este siglo, pero hoy día ella está realizada en muchas obras de toma de grandes canales en la India, y en los Estados Unidos. Entre otros puedo citar los canales, Chenab, los canales Sone, el canal Sirhind, el canal Trebeni, el Betava y el Mandalay. Naturalmente, no siempre es posible alcanzar el ideal de tomar el agua por la lámina más delgada, porque se produce por otro lado el ensanche de la bocatoma, y el peligro de entrada de ripios en las compuertas de más aguas arriba, o por lo menos, la disminución de su capacidad. Será necesario combinar en cada caso, el ancho con el espesor de la lámina, para llegar a la solución más conveniente. En todo caso, los proyectos que he citado, hoy tienen el defecto de adoptar la solución límite de máximo de espesor, de lámina que es especialmente criticable, cuando se tiene un río con grandes depósitos. Para que se vea la diferencia, entre los proyectos citados y las soluciones adoptadas en obras construídas, que funcionan con éxito, básteme citar que la luz de toma para el canal Chenab para 30 m.<sup>3</sup> es de 84 m., y para el Sirhind de 24 m., es de 78 m. En el caso del Maipo, que analizo las tres soluciones, para 94 m.<sup>3</sup> adoptan una luz de 21 metros.

Cuestión de importancia en las obras de toma y que a menudo no se examina con cuidado es el de las subpresiones creadas por el establecimiento artificial de niveles de agua vecinos y diferentes. Puede tratarse de resolver esta cuestión conjuntamente con la de socavaciones por corrientes subterráneas y a este respecto se pueden señalar las soluciones adoptadas en el proyecto A como las que realizan ésta idea: tanto las compuertas de la represa móvil como la represa fija y como las compuertas de toma llevan como fundación un muro delantero que profundiza entre 2,20 y 5 m. Llama la atención la pequeña profundidad relativa de 2,20 m. adoptada para la represa fija que podría justificarse por la existencia

de un terreno más compacto, ya que no debería contarse como ayuda para el cierre hidráulico con los embanques que pueden desaparecer con las corrientes transversales. Considerando suficientes estas profundidades para perder las cargas que alcanzan un máximo de 7.00 m. si se justifica la ausencia de zampeados horizontales en este proyecto.

Por otra parte, es sabido que otro peligro que ha sido la causa de la destrucción de algunas represas es el ataque por corrientes locales que socavan las barrancas o los tranques que continúan lateralmente hasta aquéllas las albañilerías centrales de la represa. Podría pensarse que no es necesario preocuparse de la resistencia de estas construcciones, por cuanto con el primer funcionamiento de la represa van a formarse embanques que serán la mejor defensa de los muros o terraplenes que se hayan proyectado para el cierre transversal del río; pero no es prudente contar con estos embanques, sobre todo al tratarse de una represa móvil, porque entonces es menos posible la formación de los embanques y son más probables las corrientes paralelas a estos tranques. Bajo este punto de vista la solución A consulta un dispositivo seguro con sus muros en ala de concreto formado y fundados a 3.<sup>m</sup> 20 de profundidad respecto al nivel medio del río. La solución B es deficiente, pues un terraplén de talud  $\frac{1}{2}$  no tiene la resistencia suficiente para soportar la acción de arrastre de una corriente paralela.

Para concluir con este rápido estudio crítico comparativo, en que en obsequio a la brevedad he debido dejar a su lado una parte muy interesante y es la que se refiere a los cálculos hidráulicos, voy a exponer en un cuadro comparativo las características de nivel de cada proyecto para sus obras principales, cuadro que permitirá apreciar en forma más clara cuál ha sido el criterio que ha guiado a cada uno de los autores de los proyectos respecto a la elección de los niveles, cuestión importantísima, como se comprende, en la concepción de una obra de toma y a la que muchas veces no se dedica la debida atención. Tendríamos una serie de niveles principales que considerar y que son: el de la poza, el umbral de la toma, el umbral de los desrapiadores, el radier del canal, el del nivel medio del río y el de las fundaciones.

Como se ve, los proyectos A y C colcan prácticamente el radier del canal a la misma cota 599. El proyecto B sube esta cota en 0<sup>m</sup> 70. Este peralte, que no está impuesto por condiciones de régimen de aguas abajo en el canal ni en el río, tiene el inconveniente de producir una mayor alteración de régimen en el río aguas arriba. Consecuencia natural de esto es que el nivel de la poza en el proyecto B sea más alto que en los A y C. Este nivel marcado 602, según los autores, para el proyecto B; es, en realidad, 662.30 si se hacen correctamente los cálculos del eje hidráulico. El único proyecto que ha consultado un pequeño peralte en el umbral de toma, es el proyecto A. que tiene un peralte de 0<sup>m</sup> 40, respecto al radier del canal. Los espesores de láminas de toma, resultan, en consecuencia, en todo superiores a 2 m. que considero excesivos por las razones anteriormente expuestas. El desnivel entre la toma y los desrapiadores es en los

proyectos A y B de 1 m. y de 1<sub>m</sub> 20 en el C. Los proyectos están aquí en el límite inferior admisible. En cuanto a fundaciones principales, es decir del radier y compuertas de toma, los proyectos B y C, están alrededor de las cotas 597.50 y 597 respectivamente. El proyecto A desciende a la cota 593.70.

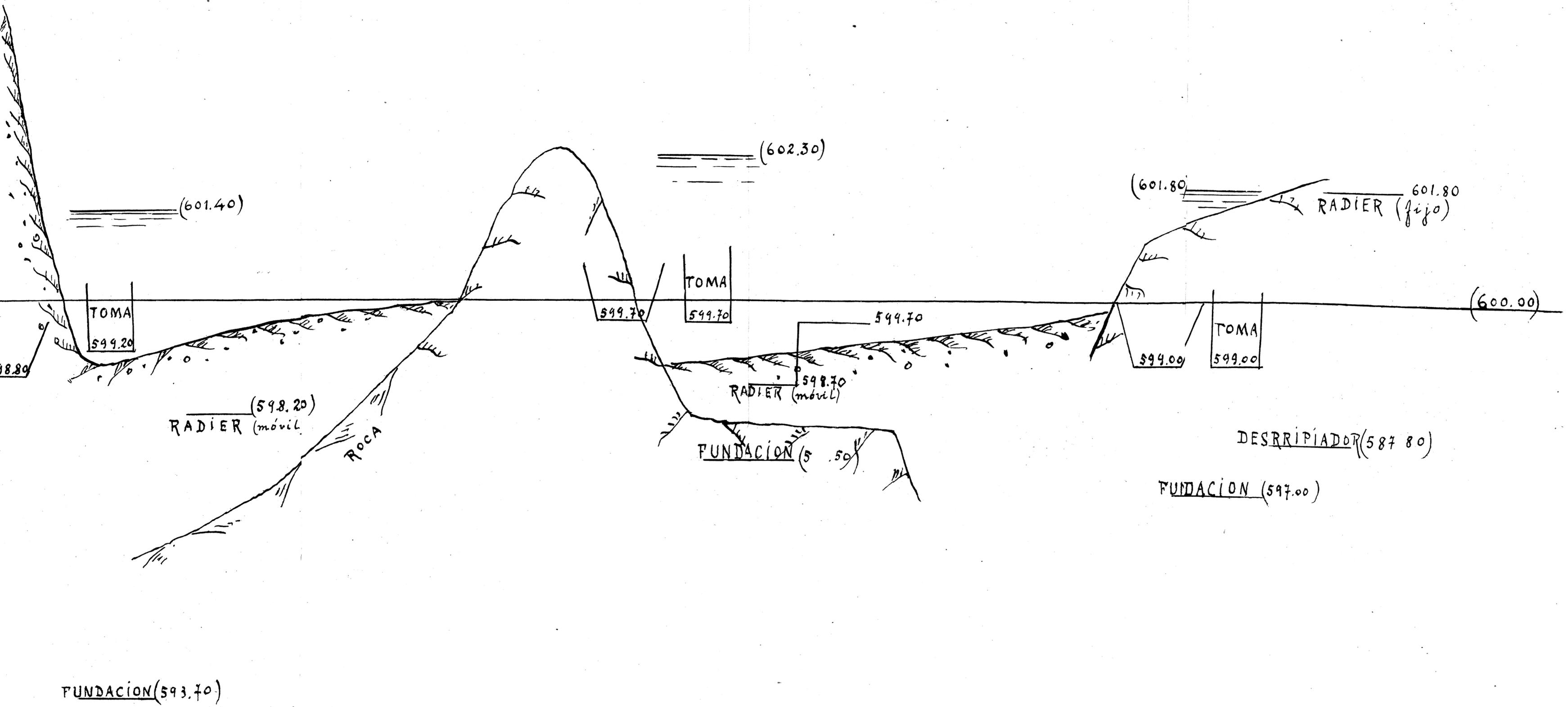
Para concluir, sólo me resta manifestar que ha sido para mí una grata satisfacción el poder constatar que se han presentado para este problema, proyectos dignos de consideración por sus concepciones fundamentales, como el A, y por la prolijidad de los cálculos y acertada solución de ciertos detalles, como el C, proyectos que revelan capacidades técnicas preparadas entre los ingenieros nacionales. El proyecto B, comparable a los anteriores, ha sido concebido por una casa extranjera.

Sería de mucho agrado para mí, que mis colegas tuviesen la amabilidad de hacer las observaciones que este rápido estudio crítico les mereciese: la práctica de algunos años me ha enseñado que en pocas obras es tan útil como en éstas la colaboración del conjunto y la discusión tranquila en el campo científico.

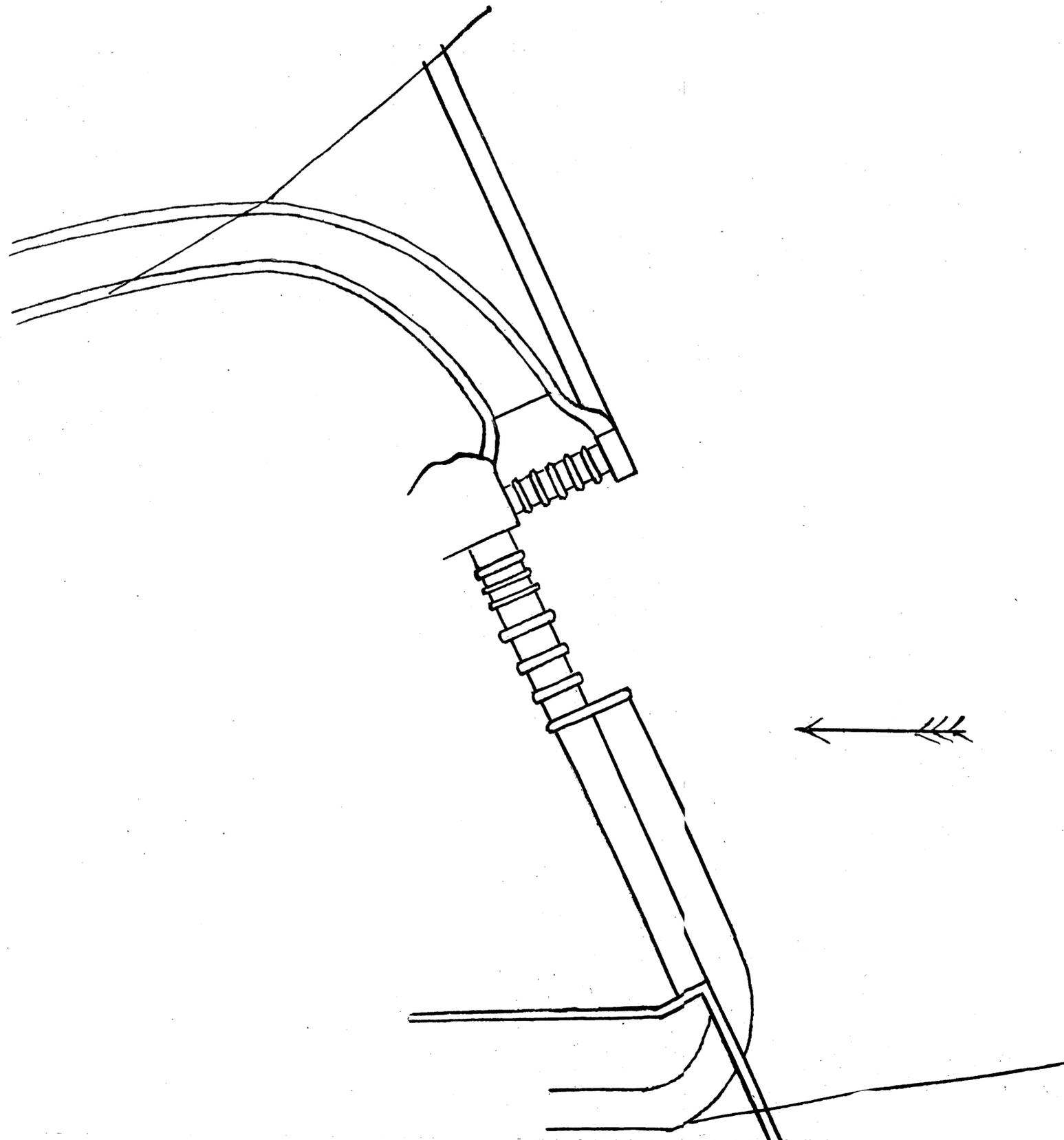
SOLUCION. A

SOLUCION. B

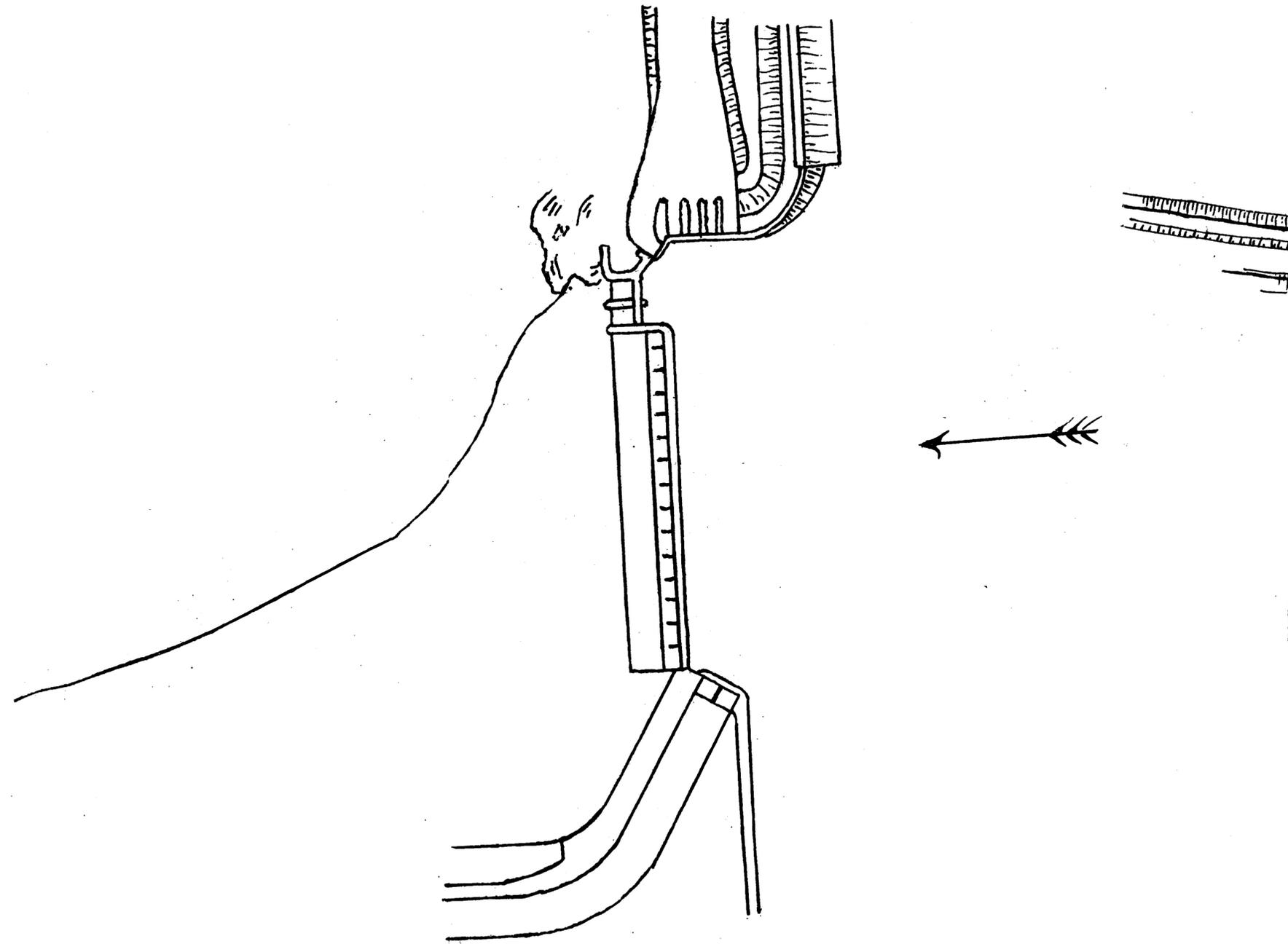
SOLUCION. C



SOLUCION A



SOLUCION B



# SOLUCION C

