

RICARDO EDWARDS G.
INGENIEROS
SANTIAGO-CHILE

Proy 1107
v.2 c.1

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
SUB-DEPTO. PROC. DE LA INF.

ARCHIVO TECNICO

PROYECTO DE UNIFICACION DE CANALES
WADDINGTON, CALLE LARGA-POCOCHAY Y OVALLE

MEMORIA DE PROYECTO

RICARDO EDWARDS G. - INGENIEROS
MARZO 1978

PROYECTO DE UNIFICACION CANALES WADDINGTON,
CALLE LARGA-POCOCHAY y OVALLE

El presente informe tiene por finalidad precisar algunos detalles de diseño del Proyecto de Unificación de los Canales Waddington, Calle Larga-Pocochay y Ovalle, como complemento al informe preliminar presentado por esta Oficina. La solución adoptada finalmente corresponde a la alternativa Nº 2, que plantea el "canal recto", la cual se analizó detalladamente en ese informe, en el que se discutieron además los diversos criterios de diseño del proyecto.

Según encuestas de requerimientos de agua efectuadas por la Dirección General de Aguas, en la zona se han determinado caudales de entrega diferentes a los adoptados inicialmente. En definitiva se ha considerado para el diseño una entrega de 4 m³/seg. al canal Waddington, y de 3,8 m³/seg y 2,2 m³/seg para los canales Calle Larga-Pocochay y Ovalle respectivamente.

A continuación se desarrolla una descripción de las diversas obras del proyecto.

Tramo Km. 0,00 - Km. 0,516.5

En este sector se contempla el ensanche del cauce de acceso al canal Waddington para un caudal de 12 m³/seg. La sección adoptada es de forma trapezoidal con 4 metros de base y taludes 2:1. La pendiente de trazado es de 3,5 por mil con una altura normal de aguas de 1,1 mts y una profundidad total del canal de 1,8 mts. En este tramo se ubica, en el Km. 0,374.2, una caída endentada de 0,9 mts de altura. El

camino de borde considerado en el costado derecho del canal, es de 4 mts de ancho, consultándose además una franja de expropiación total de 22 mts de ancho.

Km. 0,516.5

En este punto se ubica la entrega al canal Waddington, diseñada para un caudal de 4,5 m³/seg. Esta obra consiste esencialmente en dos compuertas laterales de 1 m de ancho cada una, dispuestas en un tramo de canal de sección rectangular. A partir de la entrega se contempla un rebaje del fondo del cauce de acceso al canal Waddington hasta el Km. 0.780, en donde se ubica el puente del camino Calera-Pachacama. La sección adoptada es trapecial con un ancho basal de 4 mts y taludes 2:1.

A partir del puente se deberá efectuar una limpieza del cauce existente, ya que en la actualidad éste resulta insuficiente para conducir los caudales consultados para el canal Waddington.

Tramo Km. 0,516.5 - Km. 3,390.5

En este sector, en el cual se contempla el trazado del canal recto hasta el Km. 2,400, y el ensanche del cauce de descarga del canal Waddington, desde este punto hasta el Km. 3,390.5, se han diseñado ambos tramos para un caudal de 7,5 m³/seg. La sección consultada es trapecial, con un ancho basal de 3 m y taludes 2:1. La pendiente de trazado es de 4,0 por mil, con una altura normal de aguas de 0,9 mts. y una profundidad total de 1,4 mts.

En este tramo se han ubicado 7 caídas endentadas, de

las cuales 2 son de 1 m de caída (tipo "A"), 3 de 1,3 mts (tipo "B") y 2 de 1,5 mts (tipo "B").

La franja de expropiación se ha reducido en este tramo, dependiendo de la distancia existente entre el canal y las casas ubicadas en el sector, manteniéndose un ancho de 4 mts para el camino de borde.

Con el fin de permitir el paso de maquinaria agrícola y vehículos en la zona, se ha diseñado en el Km. 1,950 un puente de hormigón, de acuerdo a las disposiciones de puentes tipo para canales con que cuenta la Dirección de Riego.

Tramo Km. 3,390.5 - Km. 3,666.0

En este tramo se propone mantener sin variaciones el cauce existente, contemplándose la construcción de dos muros de cierre con un enrocado de protección que permita asegurar la obra ante crecidas del río Aconcagua. Es importante señalar que deberá realizarse un cierre que impida la entrada de las aguas al brazo canalizado del río, que permite hoy en día conducir éstas a los canales Calle Larga-Pocochay y Ovalle.

Para la entrega de los caudales a estos canales, se ha considerado mantener tanto sus actuales compuertas de admisión, como sus sistemas de medición de caudales (aforadores de escurrimiento crítico).

Sobre el último muro de cierre se ha diseñado un vertedero de 10 mts de longitud construido con material fluvial grueso, para un gasto de 6 m³/seg. Las aguas descargadas a

través de esta obra son conducidas finalmente hasta la compuerta del canal Ovalle, manteniéndose la actual descarga de los excesos de agua, para lo cual se ha dispuesto una protección en base a empedrado.

-oOo-

Junto a este informe se acompañan 4 planos que incluyen lo siguiente:

- Lámina Nº 1: Planta de trazado con la franja, y cuadro de expropiación.
- Lámina Nº 2: Perfil longitudinal
- Lámina Nº 3: Plano con obras de entrega al canal Waddington y a los canales Calle Larga-Pocochay y Ovalle.
- Lámina Nº 4: Plano de caídas endentadas y puente tipo.
- Lámina Nº 5: Plano Aforador Km. 0,200

En relación a las especificaciones técnicas del proyecto, los diversos ítem que se presentan están incluidos dentro de las Especificaciones Técnicas Generales para Contratos de Construcción aprobados por Resolución de la Dirección de Riego Nº 686 de 18-8-76, las cuales son válidas para este proyecto.-


Ricardo Edwards Gana
Ingeniero Civil

CALCULO HIDRAULICO DE LAS COMPUERTAS DE ENTREGA
AL CANAL WADDINGTON Y MARCO AFORADOR en Km. 0,200

En los párrafos que siguen, se verifica la capacidad del sistema de compuertas del canal Waddington y al mismo tiempo se fijan las condiciones de diseño del aforador del canal matriz que fuera solicitado por la D.G.A. No obstante tratarse de dos problemas diferentes, existe cierta relación entre ellos, derivada de las condiciones hidráulicas.

a) ENTREGA AL CANAL WADDINGTON

La condición básica es que para un gasto de 10 m³/seg. en bocatoma, el canal Waddington pueda extraer hasta 4 m³/seg. Por razones de seguridad, el diseño del canal matriz se estudió para 12 m³/seg., y la entrega al Waddington, en 4,5 m³/seg. Para caudales en bocatoma menores de 10 m³/seg., es necesario asegurar al canal Waddington un mínimo equivalente al 40% del caudal total.

A fin de no encarecer el proyecto, se diseñó un sistema de compuertas laterales sin compuerta frontal de cierre, ya que esto era posible por el porcentaje relativamente bajo (40%) del caudal saliente con relación al caudal entrante.

Verificación aproximada. El canal pasante tendrá pendiente 0,004, ancho de base 3 m y taludes 2/1. Se tomó un factor $i/n=2,4$ que equivale a un coeficiente de rugosidad $n=0,02635$. Esto corresponde a una altura de 0,90 m para el caudal máximo pasante de 7,5 m³/seg.

Si se supone que esta altura de agua de 0,90 m se mantiene constante frente a las compuertas del canal Waddington, y éstas se abren completamente, se dispondrá de una carga de 1,24 m en la sección crítica (corte D-D del plano 3/5), ya que el piso de las compuertas se encuentra 0,34 m más bajo que el fondo del canal pasante. Para esta carga de 1,24 m operando como pared gruesa, el caudal saliente alcanza a 4,7 m³/seg. Para extraer 4,5 m³/seg. habría que cerrar ligeramente las compuertas.

Esta misma verificación se hace a continuación para otros caudales, partiendo de la curva de gastos del canal pasante y suponiendo completamente abiertas las compuertas del canal Waddington.

h(m) Canal Pasante	Q _{pasante} (m ³ /seg)	Q _{saliente} (m ³ /seg)	Q _{entrante} (m ³ /seg)	$\frac{Q_{saliente}}{Q_{entrante}}$ (%)
0,90	7,50	4,70	12,20	38,5
0,85	6,72	4,42	11,14	39,7
0,80	6,00	4,15	10,15	40,1
0,70	4,67	3,61	8,28	43,6
0,60	3,52	3,10	6,62	46,8
0,50	2,53	2,62	5,15	50,1
0,40	1,70	2,17	3,87	56,1
0,30	1,02	1,74	2,76	63,0
0,20	0,51	1,35	1,86	72,6
0,10	0,16	0,99	1,15	86,0

Como puede verse, para todo caudal inferior a 10 m³/seg. es posible extraer más del 40% del caudal entrante.

Discusión. La verificación anterior se basa en la hipótesis de que la altura de agua se conserva frente a las compuertas. Teóricamente, si no existen pérdidas de carga o éstas son pequeñas, se produce una recuperación de energía, es decir, que la altura de agua crece hacia aguas abajo debido a que antes de la entrega, el caudal es mayor, y para poder escurrir con un Bernouilli determinado por las condiciones de aguas abajo, se produce una mayor velocidad y una menor altura de agua. En el límite puede ocurrir que se produzca crisis inmediatamente aguas arriba de la entrega. En la práctica, los remolinos y perturbaciones producen una pérdida de carga mayor que la indicada por la fórmula de Borda y la recuperación de energía no se produce, o es muy pequeña, con lo que la hipótesis de mantención de la altura de agua frente a las compuertas puede ser aceptable.

Sin embargo, puede resultar conveniente rebajar el sello del canal en 0,20 m en la zona de las compuertas, sin variar la cota del umbral de entrada al embudo que conduce a las compuertas. Esto produce una reducción general de velocidades y por ende, una menor recuperación de energía que produce una carga más uniforme sobre las compuertas. El cálculo hidráulico para estas condiciones se hizo por tanteos, tomando en cuenta que frente a las compuertas, el canal tiene 4 m de ancho de base, lo que provoca un pequeño peralte respecto al nivel definido por las condiciones de aguas abajo. En la tabla siguiente se consignan los valores obtenidos.

Altura normal aguas abajo	Q pasante	Altura después de compuertas	Altura antes de compuertas	Carga media compuertas	Q saliente	Q entrante	$\frac{Q_{\text{saliente}}}{Q_{\text{entrante}}}$ (%)
0,90	7,50	1,20	1,08	1,28	4,93 (4,5)	12,00	37,5
0,80	6,00	1,10	0,99	1,185	4,40	10,40	42,3
0,70	4,67	0,99	0,88	1,075	3,80	8,47	44,9
0,60	3,52	0,87	0,78	0,965	3,23	6,75	47,9
0,50	2,53	0,76	0,67	0,855	2,69	5,22	51,5
0,40	1,70	0,65	0,55	0,74	2,17	3,87	56,1
0,30	1,02	0,54	0,49	0,655	1,81	2,83	64,0

Como queda demostrado en este cuadro, el rebaje de 0,20 m asegura la entrega al canal Waddington y evita perturbaciones en la sección de partición. Este rebaje de 0,20 m se llevará a cabo desde la bocatoma hasta el inicio del canal de 3 m de ancho para que sirva para mejorar la entrega al canal Waddington y compense el remanso provocado por el aforador.

b) MARCO AFORADOR.

A pedido de la D.G.A., se ha diseñado un aforador de escurrimiento crítico en el canal matriz. El dispositivo se ubicó en el Km. 0,200 por encontrarse ese punto precedido de un tramo relativamente recto, y al mismo tiempo, por estar suficientemente alejado de la bocatoma y de las perturbaciones hidráulicas por ella provocadas.

Con el objeto de reducir a un mínimo el remanso provocado por el aforador, y evitar la acumulación de sedimentos, se diseñó la sección crítica a base de un angostamiento y sólo una pequeña barrera de 0,10 m de altura para producir la crisis en caso de gastos pequeños. El angostamiento se hizo a base de una sección rectangular de 4 m de ancho, igual al ancho de base del canal. Con estas condiciones, la crisis queda asegurada para cualquier gasto, como lo demuestra el cuadro siguiente:

Altura. de aguas abajo	Q m ³ /seg	B de aguas abajo	B _c +a en angosta- miento
1,10	12,00	1,26	1,56
1,00	10,00	1,14	1,39
0,90	8,25	1,03	1,24
0,80	6,64	0,91	1,08
0,70	5,21	0,80	0,93
0,60	3,95	0,68	0,79
0,50	2,86	0,57	0,66
0,40	1,94	0,45	0,53
0,30	1,18	0,34	0,41
0,20	0,59	0,22	0,30
0,10	0,18	0,11	0,19

Para la condición de gasto máximo de 12 m³/seg., la

altura de aguas arriba, definida por la sección crítica, es de 1,42 m lo que significa un remanso de 0,32 m sobre la altura normal de 1,10 m. Se ha consultado por esto, un rebaje de 0,20 m del sello del canal a fin de que la revancha nominal se eleve a 0,70 m de modo que la revancha efectiva se mantenga en 0,38 m como mínimo, lo que se considera suficiente.

En la lámina 5/5 se muestran los detalles constructivos del aforador. En la misma lámina aparece la tabla y gráfico de gastos en función de la altura.-

Ricardo Edwards Gana
Ingeniero Civil

CUBICACION Y PRESUPUESTO
(Costo Directo en US\$)

Item	Uni- dad	Canti- dad	Precio Unit. (US\$)	Total (US\$)
1. Excavación con bote al lado y formación de camino de borde canal	m3	23.485	1,0	23.485
2. Caídas endentadas:				
Hormigón tipo C con moldaje	m3	110	80	8.800
Hormigón emplantillado	m3	21	25	525
Fierro preparado y colocado	kg	5.306	0,70	3.714
Protección empedrado	m3	82	5,0	410
3. Obra de entrega Canal Waddington:				
Hormigón tipo C con moldaje	m3	24,2	80	1.936
Hormigón emplantillado	m3	1,9	25	48
Fierro preparado y colocado	kg	494	0,7	346
Compuerta de 1 x 1,75 m de alto, instalada	gl	2	1.144	2.288
Empedrado de protección	m3	4,3	5,0	22
Barbacanas	gl			50
Excavación cauce acceso Canal Waddington	m3	763	0,85	649

Item	Uni- dad	Canti- dad	Precio Unit. (US\$)	Total (US\$)
4. Obra de entrega Canales Calle Larga-Pocochay y Ovalle:				
Relleno muro de cierre	m3	2.091	1,2	2.509
Enrocados de protección	m3	1.000	8,0	8.000
Empedrado	m3	83	5,0	415
5. Puente:				
Hormigón Tipo C con mol- daje	m3	10,1	80,0	808
Hormigón tipo A con mol- daje	m3	9,0	55,0	495
Fierro preparado y colocado	kg	1.413	0,7	989
Empedrado de protección	m3	4,0	5,0	20
6. Aforador:				
Hormigón tipo C con moldaje	m3	46	80	3.680
Fe preparado y colocado	kg	831	0,7	582
Tubo de rocalit D=0,10 m	m.l	4,5	30	<u>135</u>
Sub-Total Costo Directo			US\$	59.906.-
7.- Albañilería de piedra Caídas:				
- Mortero	m3	17,5	60,0	1.050
- Bolón	m3	17,5	8,0	140
- Excavación	m3	35,0	1,0	<u>35</u>
Total Costo Directo			US\$	61.131.-

CENTRO DE INFORMACION DE RECURSOS HIDRICOS



3 5617 00009 8962