CNR-0403_V8

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

CANAL BUZETA

VOLUMEN 7: Anexos 10-14-16

Santiago, mayo de 2015

CNR
Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

CANAL BUZETA

Anexo 10

Santiago, mayo de 2015

CNR
Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

N° 4184-3000-IH-MEC-002_0

ANEXO 10 - ANÁLISIS HIDRÁULICO CANAL BUZETA

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
B	Nombre Firma	P. Muñoz	P. Zúñiga	D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	26.08.14	28.08.14	28.08.14	
C	Nombre Firma	P. Muñoz	P. Zúñiga	D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	13.11.14	13.11.14	13.11.14	
0	Nombre Firma	F. de la Fuente	P. Zúñiga	D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	20.07.15	20.07.15	20.07.15	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia. Santiago
Teléfono: +56 022 381 6000
Fax: +56 022 381 6001
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

ANEXO 10 - ANÁLISIS HIDRÁULICO CANAL BUZETA

ÍNDICE

1 INTRODUCCION 4
1.1 OBJETIVOS 4
1.2 REFERENCIAS 4
1.3 METODOLOGÍA DE CÁLCULO 4
2 ANTECEDENTES Y CRITERIOS PARA EL EJE HIDRÁULICO 5
2.1 TABLA DE EQUIVALENCIA DE KILOMETRAJE 5
2.2 COEFICIENTES DE RUGOSIDAD 7
2.3 TOPOGRAFÍA 11
2.4 CAUDALES 11
3 RESULTADOS MODELACIÓN HIDRÁULICA 13
3.1 MODELACION EN OPERACIÓN NORMAL 15
3.2 MODELACIÓN DE LA CAPACIDAD MÁXIMA DEL CANAL 15
3.3 MODELACIÓN EN EVENTOS DE PRECIPITACION 17

LISTADO DE ANEXOS

Apendice 1 Modelos HecRas Eje Hidráulico
Apendice 2 Características hidráulicas canal Buzeta (Q=3 m3/s)

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1: Equivalencia de Kilometraje Balizado y Hec Ras 5
Tabla 2-1 Materiales y valores del n de Manning considerados 7
Tabla 2-2 Coeficientes de rugosidad canal Buzeta 8

LISTADO DE FIGURAS

Figura 3-1: Secciones transversales en el canal Buzeta con obras de arte, HEC RAS 13
Figura 3-2: Perfil topográfico canal Buzeta con niveles de escurrimiento 15
Figura 3-3: Secciones de desborde del canal Buzeta para distintos caudales 16
Figura 3-4: Caudal acumulado en el canal bajo el escenario de lluvia de T=2 años 17

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2-1 Sector revestimiento de hormigón Canal Buzeta 8
Fotografía 2-2 Sector revestimiento mampostería Canal Buzeta 8

1 INTRODUCCION

1.1 OBJETIVOS

El siguiente documento contiene el estudio hidráulico del canal Buzeta, el cual se emplaza en la Provincia del Choapa en la IV Región de Coquimbo.

El análisis hidráulico tiene como objetivo modelar la operación de canal y determinar sus capacidades de transporte hidráulico, entregando información relevante para las obras de mejoramiento.

1.2 REFERENCIAS

Ref. 1: Chow, V. (1959). *Hydraulics of Open Channels*. McGraw-Hill.

Ref. 2: US Army Corps of Engineers, hydrologic Engineering Center (2014). Sitio web http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/

1.3 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

El eje hidráulico del canal Buzeta se realizó con el software HEC-RAS versión 4.1.0 (Ref. 2), que cuenta con un procedimiento computacional unidimensional, basado de la ecuación de la energía. Las pérdidas friccionales son evaluadas a través de la ecuación de Manning y las contracciones/expansiones se determinan según un coeficiente y la altura de velocidad.

Se utilizará el software ante citado, el cual utiliza datos de entrada de archivos que contienen toda la información relativa a perfiles transversales del canal, rugosidades para cada subsección, pendiente longitudinal y caudales de cálculo. Como resultados entrega los niveles de escurrimiento, área de flujo, velocidad media, altura media, altura crítica, altura normal y el número de Froude, en cada sección y para cada caudal analizado.

La metodología incluye la revisión de las singularidades que pudieran tener efectos sobre las condiciones de escurrimiento de canal. Para ello se incorporaron las obras y elementos singulares, tanto a partir del levantamiento topográfico como del levantamiento monográfico de las obras de arte existentes (puentes, túneles, alcantarillas y sifones), a fin de evaluar adecuadamente las restricciones hidráulicas y puntos críticos que se presenten en cada sección del canal.

Debido a que el canal Buzeta presente un régimen mixto, se consideró como condición de borde tanto de agua arriba como de aguas abajo altura normal.

La modelación en el canal Buzeta consideró 3 escenarios de evaluación:

- Transporte hidráulico con caudales en operación normal
- Transporte hidráulico en capacidad máxima del canal
- Transporte hidráulico en crecidas para periodo de retorno de 2 años

2 ANTECEDENTES Y CRITERIOS PARA EL EJE HIDRÁULICO

2.1 TABLA DE EQUIVALENCIA DE KILOMETRAJE

Debido a que el balizado del canal se realizó partiendo desde la bocatoma (Km 0) hasta el punto final del canal y a que el software utilizado para la modelación del eje Hidráulico, correspondiente a Hec Ras en su versión 4.1, requiere que el kilometraje descienda en valor hacia aguas abajo para su funcionamiento, es que a continuación se entrega la tabla de equivalencia de kilometrajes que permite el entendimiento entre el kilometraje del canal y la modelación efectuada y en Anexo Digital se entrega el detalle de equivalencia para cada perfil Hec Ras:

Tabla 2-1: Equivalencia de Kilometraje Balizado y Hec Ras

Kilometraje HEC RAS [m]	Kilometraje Balizado [m]
92273.18	0
91269.14	1004.04
90240.61	2032.57
89240.14	3033.04
88237.54	4035.64
87268.63	5004.55
86222.57	6050.61
85219.35	7053.83
84224.77	8048.41
83234.45	9038.73
82238.15	10035.03
81220.79	11052.39
80267.34	12005.84
79236.31	13036.87
78235.16	14038.02
77229.54	15043.64
76254.73	16018.45
75245.09	17028.09
74265.71	18007.47
73229.02	19044.16
72219.49	20053.69
70645.15	21628.03
70261.79	22011.39
69245.59	23027.59
68236.47	24036.71
67233.02	25040.16
66269.84	26003.34
65243.02	27030.16
64264.96	28008.22
63271.41	29001.77
62246.98	30026.2
61232.07	31041.11
60226.15	32047.03
59261	33012.18

Kilometraje HEC RAS [m]	Kilometraje Balizado [m]
58265.58	34007.6
57233.72	35039.46
56273.18	36000
55247.83	37025.35
54237.55	38035.63
53236.03	39037.15
52118.77	40154.41
51270.6	41002.58
50161.27	42111.91
49232.89	43040.29
48223.73	44049.45
47271.4	45001.78
46207.64	46065.54
45248.18	47025
44250.77	48022.41
43221.08	49052.1
42170.13	50103.05
41273.07	51000.11
40202.42	52070.76
39214.35	53058.83
38180.64	54092.54
37169.26	55103.92
36246.62	56026.56
35163.32	57109.86
34196.22	58076.96
33257.38	59015.8
32255.89	60017.29
31212.64	61060.54
30219.7	62053.48
29219.05	63054.13
27875.3	64397.88
27228.9	65044.28
26187.05	66086.13
25258.66	67014.52
24266.53	68006.65
23178.63	69094.55
22215.74	70057.44
21248.61	71024.57
20252.21	72020.97
19268.5	73004.68
18228.46	74044.72
17254.71	75018.47
16258.04	76015.14
15234	77039.18
14242.72	78030.46
13259.24	79013.94
12248.25	80024.93
11171.36	81101.82

Kilometraje HEC RAS [m]	Kilometraje Balizado [m]
10190.39	82082.79
9175.41	83097.77
8268.59	84004.59
7184.42	85088.76
6271.54	86001.64
5255.89	87017.29
4257.63	88015.55
3265.71	89007.47
2264.49	90008.69
1242.17	91031.01
267.82	92005.36
6	92267.18

2.2 COEFICIENTES DE RUGOSIDAD

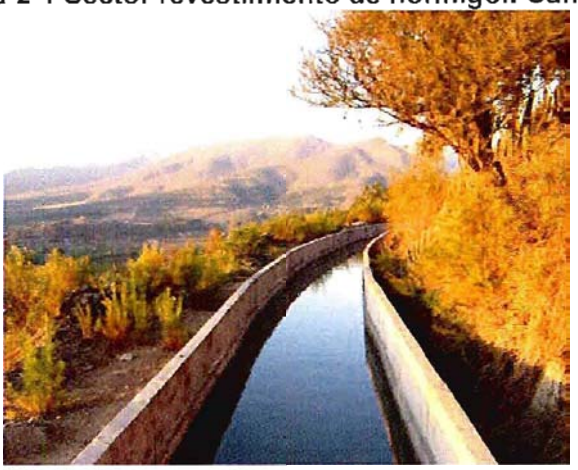
La rugosidad del canal se determinó utilizando como referencia los valores sugeridos en el *texto* Hidráulica de Canales Abiertos (Ref. 1) para las superficies y condiciones de las secciones observadas en terreno. En la Tabla 2-2 se presentan los materiales y valores del coeficiente n de Manning recomendados.

Tabla 2-2 Materiales y valores del n de Manning considerados

Material	Menor	Medio	Máximo
Hormigón	0,011	0,013	0,015
Hormigón con grava en el fondo	0,015	0,017	0,020
Mampostería	0,020	0,025	0,030
Tierra, recto, uniforme, limpio	0,016	0,018	0,020
Tierra, recto, uniforme, con piedras	0,022	0,025	0,030
Tierra, sinuoso, con densa vegetación	0,030	0,035	0,040
Roca, suave y uniforme	0,025	0,035	0,040
Excavado, con plantas densas, mismo nivel agua	0,050	0,080	0,120
HDPE, PVC, Geomembrana	0,008	0,009	0,010

En el caso del canal Buzeta, no existe presencia importante de algas, sin embargo, la variación de revestimiento a lo largo del canal es considerable. En la Fotografía 2-1 se puede apreciar un tramo revestido completamente en hormigón, y en la Fotografía 2-2 un tramo de mampostería.

Fotografía 2-1 Sector revestimiento de hormigón Canal Buzeta



Fotografía 2-2 Sector revestimiento mampostería Canal Buzeta



Debido a las condiciones diversas de mantención a lo largo del canal se adoptaron valores diferentes para los mismo revestimientos, dentro del rango definido en la Tabla 2-2, así como también se detectó un tramo con revestimiento en geomembrana. El detalle completo de los coeficientes de rugosidad adoptados en el canal Buzeta se presenta en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3 Coeficientes de rugosidad canal Buzeta

Ubicación kilometraje		Revestimiento		n de Manning		
inicial	final	Tipo	Ubicación	Ribera izquierda	Fondo	Ribera derecha
0,0	0,0	Hormigón	Sección Completa	0,015	0,015	0,015
0,0	0,2	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
0,2	0,5	Hormigón	Sección Completa	0,015	0,015	0,015
0,5	0,8	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
0,8	0,9	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
0,9	1,2	Hormigón	Sección Completa	0,013	0,013	0,013
1,2	1,9	Sin Revestir	Sección completa	0,025	0,025	0,025

Ubicación kilometraje		Revestimiento		n de Manning		
inicial	final	Tipo	Ubicación	Ribera izquierda	Fondo	Ribera derecha
1,9	1,9	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,030
1,9	2,0	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
2,0	2,2	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
2,2	2,4	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,030
2,4	2,5	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,030
2,5	2,6	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
2,6	3,1	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,030
3,1	3,6	Sin Revestir	Sección Completa	0,035	0,035	0,035
3,6	3,9	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
3,9	4,1	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
4,1	4,1	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,030
4,1	4,4	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
4,4	4,8	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
4,8	5,0	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
5,0	5,2	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
5,2	6,3	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
6,3	6,4	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
6,4	7,2	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
7,2	7,3	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
7,3	7,7	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
7,7	8,3	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
8,3	9,4	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
9,4	9,5	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
9,5	9,6	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
9,6	9,8	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
9,8	9,9	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
9,9	10,0	Sin Revestir	Sección Completa	0,035	0,035	0,035
10,0	10,4	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
10,4	11,2	Sin Revestir	Sección Completa	0,035	0,025	0,035
11,2	11,2	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,030
11,2	12,7	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
12,7	13,0	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
13,0	13,0	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
13,0	13,6	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
13,6	13,8	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
13,8	14,0	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
14,0	15,0	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
15,0	15,1	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
15,1	15,2	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
15,2	16,1	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
16,1	16,1	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
16,1	16,6	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
16,6	16,7	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
16,7	16,8	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
16,8	16,8	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
16,8	17,8	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
17,8	18,2	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
18,2	19,9	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
19,9	20,0	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
20,0	20,2	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
20,2	20,3	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
20,3	20,4	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
20,4	20,5	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
20,5	21,7	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
21,7	21,9	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
21,9	22,0	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
22,0	22,1	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025

Ubicación kilometraje		Revestimiento		n de Manning		
inicial	final	Tipo	Ubicación	Ribera izquierda	Fondo	Ribera derecha
22,1	22,3	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
22,3	23,3	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
23,3	24,5	Mampostería	Sección Completa	0,030	0,030	0,030
24,5	24,5	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
24,5	25,5	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
25,5	25,6	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
25,6	27,1	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
27,1	27,2	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
27,2	28,1	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
28,1	28,1	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
28,1	28,2	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
28,2	28,2	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
28,2	28,2	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
28,2	28,3	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
28,3	28,3	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
28,3	28,7	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
28,7	28,7	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
28,7	31,6	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
31,6	31,6	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
31,6	32,3	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
32,3	32,3	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
32,3	33,3	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
33,3	33,3	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
33,3	34,1	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
34,1	34,2	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
34,2	35,9	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
35,9	36,0	Hormigón	Sección Completa	0,013	0,013	0,013
36,0	36,0	Hormigón	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,013
36,0	36,1	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
36,1	36,2	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
36,2	36,3	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
36,3	36,3	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
36,3	40,9	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
40,9	41,3	Hormigón	Sección Completa	0,013	0,013	0,013
41,3	41,6	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
41,6	41,6	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
41,6	45,6	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
45,6	46,9	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
46,9	47,0	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
47,0	49,0	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
49,0	49,5	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
49,5	49,6	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
49,6	49,8	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
49,8	50,0	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
50,0	50,3	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
50,3	50,5	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
50,5	50,7	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
50,7	50,7	Hormigón	Sección Completa	0,013	0,013	0,013
50,7	50,7	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
50,7	51,1	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
51,1	51,1	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
51,1	51,2	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
51,2	56,1	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
56,1	57,1	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
57,1	57,2	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
57,2	57,2	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
57,2	57,3	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020

Ubicación kilometraje		Revestimiento		n de Manning		
inicial	final	Tipo	Ubicación	Ribera izquierda	Fondo	Ribera derecha
57,3	57,9	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
57,9	58,1	Hormigón	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,013
58,1	58,1	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
58,1	58,2	Hormigón	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,013
58,2	58,4	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
58,4	58,7	Hormigón	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,013
58,7	58,7	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
58,7	58,8	Hormigón con Grava	Sección Completa	0,017	0,017	0,017
58,8	58,8	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
58,8	61,4	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
61,4	61,4	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
61,4	64,0	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
64,0	64,1	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
64,1	64,3	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
64,3	64,4	Mampostería	Ribera Derecha	0,025	0,025	0,020
64,4	64,4	Otro	Sección Completa	0,009	0,009	0,009
64,4	64,4	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
64,4	65,6	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
65,6	65,6	Otro	Sección Completa	0,009	0,009	0,009
65,6	66,1	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
66,1	67,3	Geomembrana	Sección Completa	0,010	0,010	0,010
67,3	68,9	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
68,9	71,3	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025
71,3	71,3	Otro	Sección Completa	0,009	0,009	0,009
71,3	71,4	Mampostería	Sección Completa	0,020	0,020	0,020
71,4	92,8	Sin Revestir	Sección Completa	0,025	0,025	0,025

Nota: Revestimiento definido como "Otro": geomembranas, plásticos, etc.

Cabe mencionar que una vez que se determinen las obras de mejoramiento del canal se deberá incorporar los valores de las rugosidades en los tramos escogidos, considerando los valores de rugosidad de Manning indicados en la Tabla 2-2 según la materialidad del revestimiento.

2.3 TOPOGRAFÍA

Para el desarrollo del estudio, se generó una base cartográfica escala 1:10.000 y 1:2.000. El levantamiento aerofotogramétrico a color fue desarrollado durante el mes de febrero de 2014.

Se realizó un total de 1719 perfiles topo-batimétricos en el canal Buzeta, distribuidos entre la captación, hasta la zona de descarga final.

2.4 CAUDALES

En primera instancia se modeló el eje hidráulico en condición normal, con el caudal de derecho de 3000 l/s. Si bien en la práctica los caudales operacionales en el último periodo han sido inferiores por la disminución del recurso hídrico, se modeló con el caudal de derecho para evaluar la operación normal con su caudal máximo.

Posteriormente, el estudio determinó la capacidad hidráulica que posee el canal, para ello se establecieron los niveles de escurrimiento para diferentes valores de caudal, hasta que su

aumento sucesivo produzca desbordes. Ello permite identificar los puntos críticos que limitan la capacidad de cada canal.

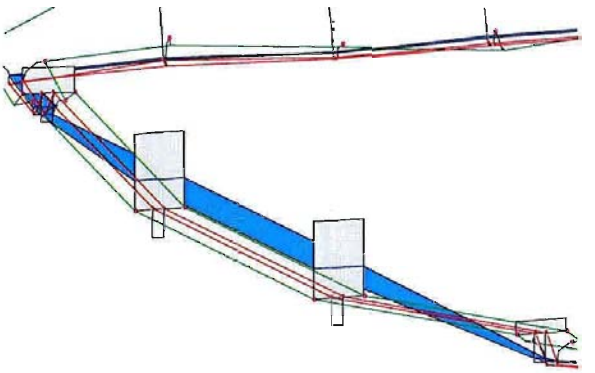
Finalmente, se evaluó el escenario de operación del canal ante eventos de precipitación, para lluvias de periodo de retorno de 2 años, contando con la información de los caudales de las quebradas aportantes al canal.

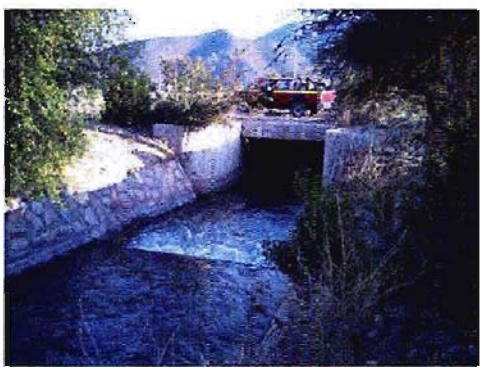
3 RESULTADOS MODELACIÓN HIDRÁULICA

El eje hidráulico en situación actual, sin obras de mejoramiento consideró las condiciones actuales del canal, incorporando las obras de arte existentes las que eventualmente podrían interferir con el escurrimiento de las aguas, como se ejemplifica en la Figura 3-1 .

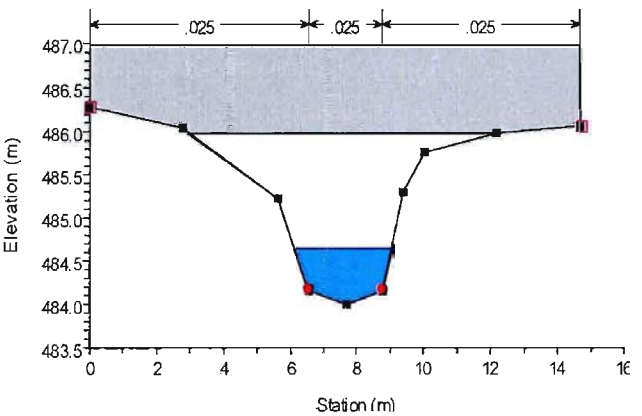
Figura 3-1: Secciones transversales en el canal Buzeta con obras de arte, HEC RAS

Sifón (Km=15,524)



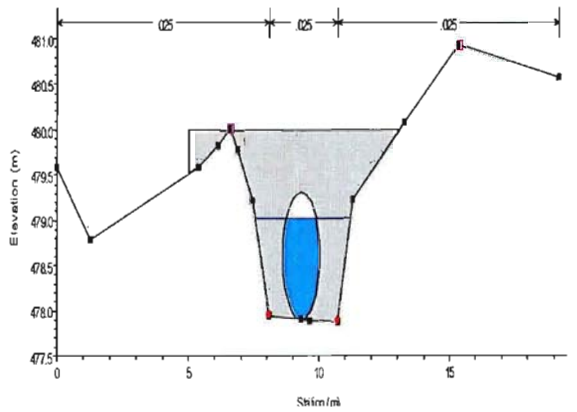


Puente (Km=16,541)



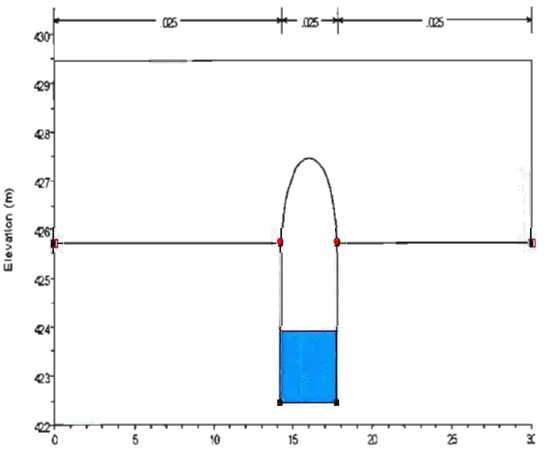


Alcantarilla (Km=21,848)





Túnel (Km=61,061)



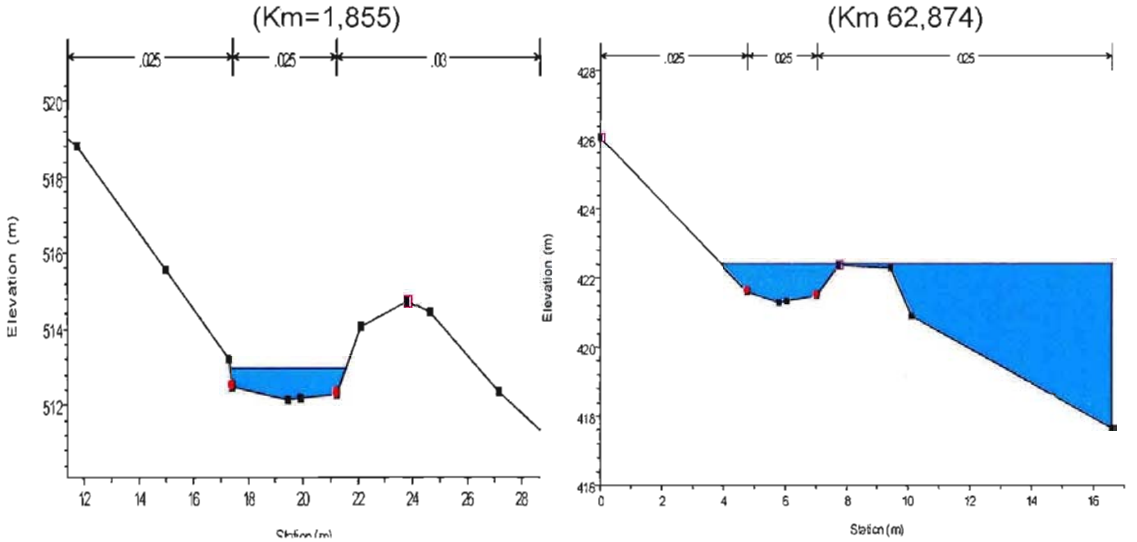


Para las condiciones de borde en el modelo se consideró que el flujo alcanza la altura de escurrimiento normal aguas abajo para una pendiente del 0,3%.

3.1 MODELACION EN OPERACIÓN NORMAL

El canal Buzeta presenta un comportamiento estable en el caso del transporte hidráulico para un caudal máximo de derecho de 3 m^3/s. Existen puntos de desborde que son puntuales y que podrían ser mejorados en términos de aumentar la capacidad hidráulica. La Figura 3-2 compara 2 perfiles del canal con condiciones de escurrimiento sin y con desborde.

Figura 3-2: Perfil topográfico canal Buzeta con niveles de escurrimiento

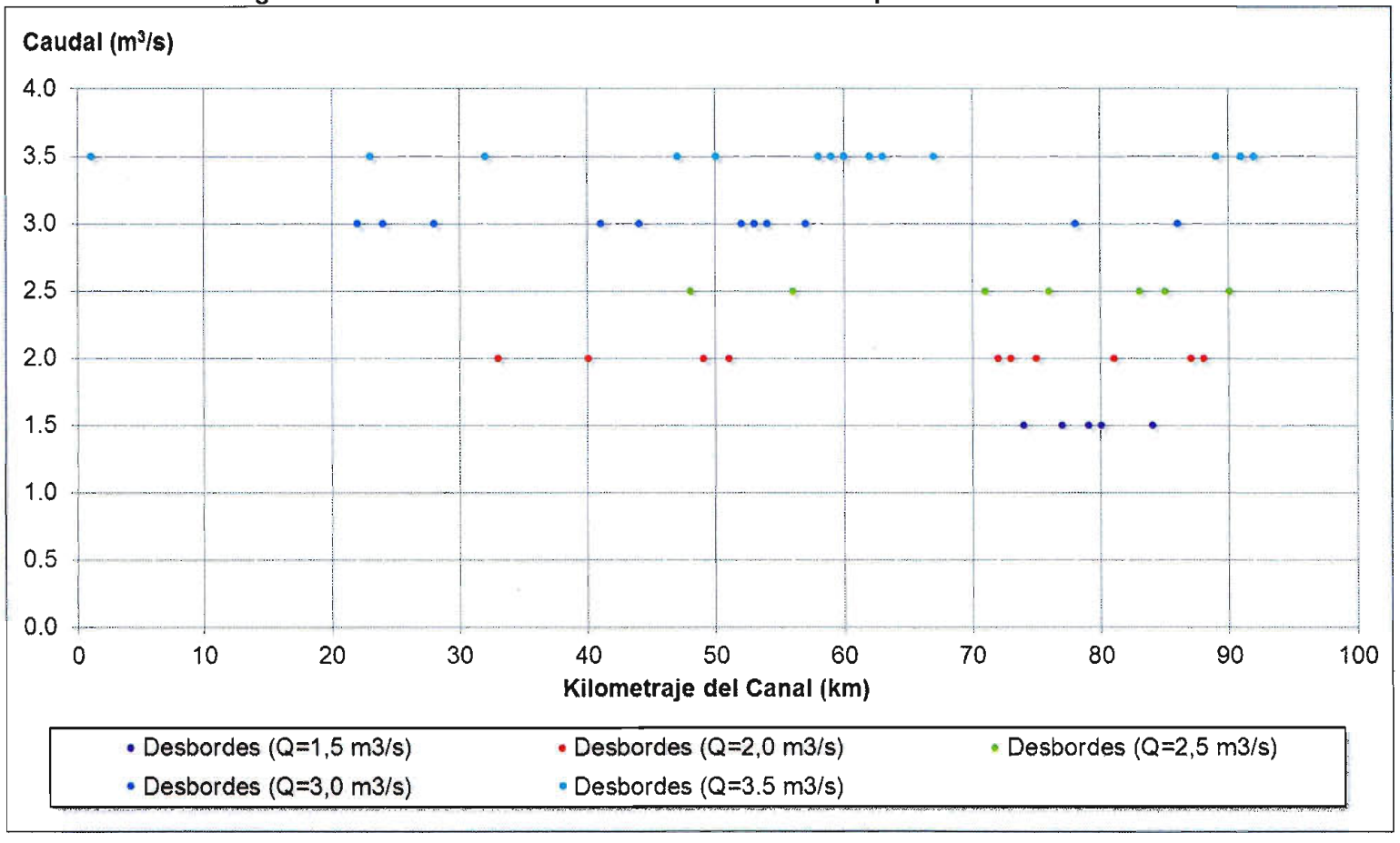


En el Anexo 10.1 se adjunta el perfil longitudinal del canal y las características de escurrimiento de las secciones para un caudal de 3 m^3/s.

3.2 MODELACIÓN DE LA CAPACIDAD MÁXIMA DEL CANAL

Se modeló el eje hidráulico del canal considerando que éste portea caudales de 1,5 m^3/s, 2,0 m^3/s, 2,5 m^3/s, 3,0 m^3/s y 3,5 m^3/s. En cada caso se identificaron las secciones en que el canal no tiene la capacidad suficiente para conducir el caudal modelado, generando, en consecuencia, los puntos de desborde que se muestran en la Figura 3-3.

Figura 3-3: Secciones de desborde del canal Buzeta para distintos caudales



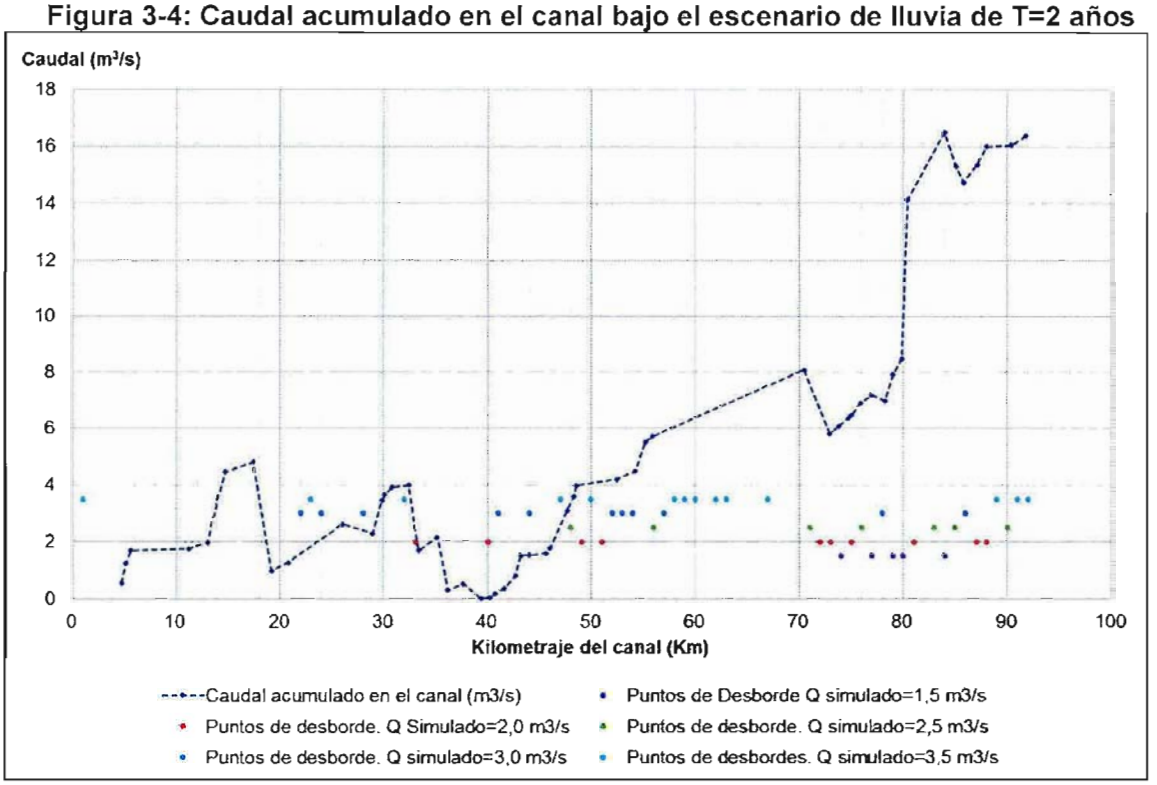
3.3 MODELACIÓN EN EVENTOS DE PRECIPITACION

Para analizar el comportamiento de canal Buzeta durante eventos de crecida se ha considerado que las compuertas de bocatoma se cierran ante dichos eventos, por lo que los caudales a ser transportados por el canal corresponden únicamente a aquellos que ingresan por las quebradas laterales.

Se ha definido un periodo de retorno de 2 años para la identificación de puntos de desborde en periodo de crecidas, pues corresponde a un evento recurrente, cuyo caudal debiese ser porteado sin problemas por el canal, limitándose las mantenciones a crecidas mayores. No se considera para análisis una crecida de mayor periodo de retorno, puesto que el canal tiene como objeto realizar la distribución de los caudales de riego, no el control de crecidas.

En la Figura 3-4 se contrastan los caudales de crecida acumulados en el canal Buzeta (aportes de las quebradas laterales), con la capacidad hidráulica del mismo e incluyendo las obras evacuadoras existentes.

Figura 3-4: Caudal acumulado en el canal bajo el escenario de lluvia de T=2 años



APÉNDICE 1
MODELOS HECRAS (en Digital)

APÉNDICE 2

Figura 1. Perfil longitudinal canal Buzeta (Q=3 m³/s)

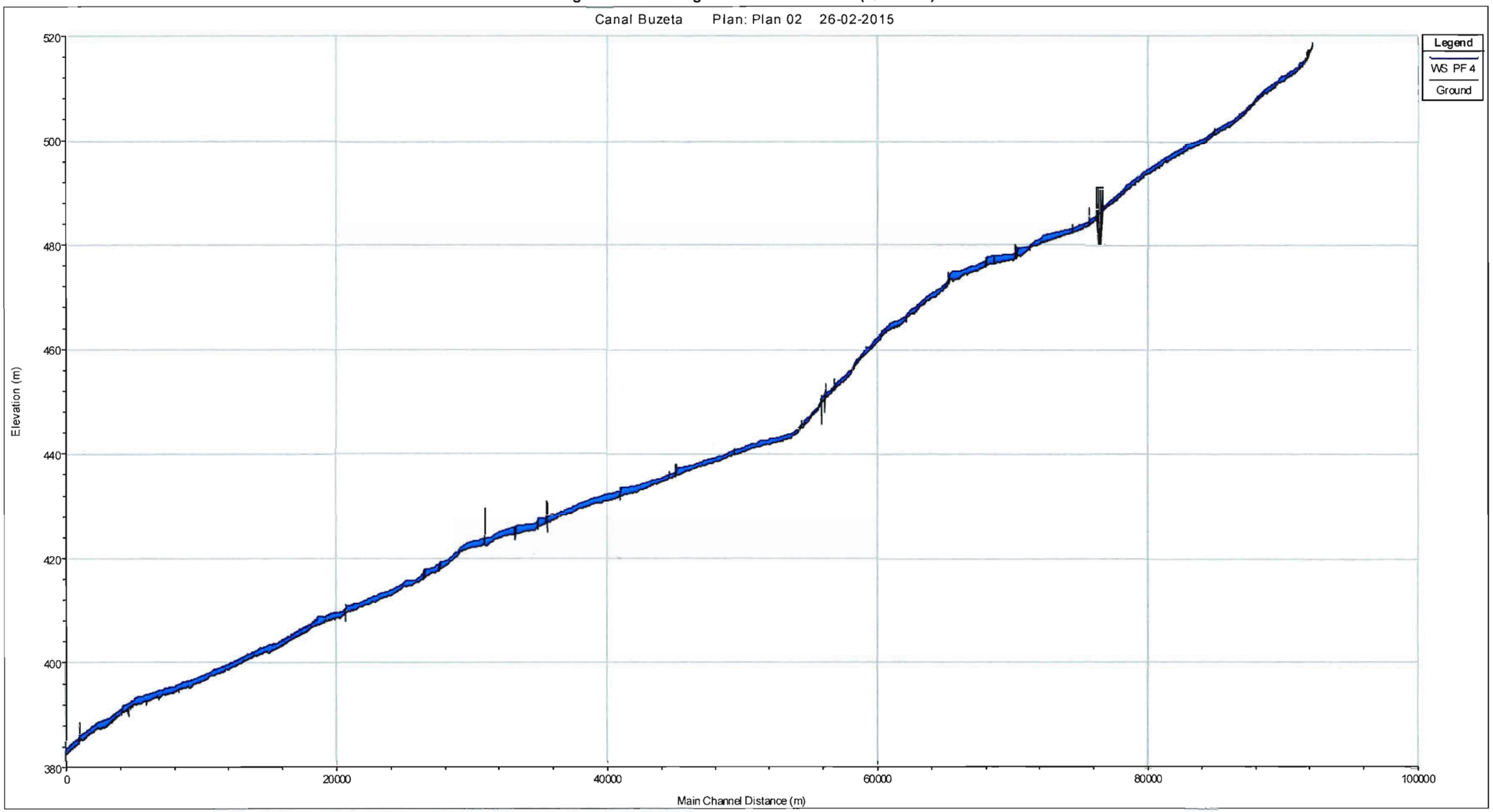


Tabla 1. Características hidráulicas canal Buzeta (Q=3 m^3/s)

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
0,00	518,05	518,59	1,94	0,99
0,04	517,58	518,12	1,83	0,99
0,08	517,23	517,7	1,74	0,88
0,12	517,13	517,56	1,3	0,65
0,16	516,78	517,27	1,82	0,97
0,21	516,54	517,28	0,77	0,3
0,27	516,24	516,9	2,51	0,99
0,32	515,76	516,28	1,89	0,84
0,35	515,55	516,21	1,69	0,67
0,38	515,35	515,92	2,29	0,99
0,42	515,25	515,74	2,08	0,95
0,47	515,17	515,63	2,08	0,98
0,51	514,98	515,63	1,39	0,57
0,57	514,88	515,55	1,48	0,58
0,62	514,77	515,39	1,74	0,74
0,69	514,64	515,16	1,91	0,86
0,74	514,28	515,13	1,32	0,48
0,80	514,36	515,12	0,93	0,34
0,85	514,06	514,96	1,85	0,65
0,90	513,94	514,95	1,44	0,46
0,95	513,81	514,94	1,32	0,4
1,00	513,73	514,62	2,83	0,96
1,05	513,57	514,22	2,47	1
1,11	513,35	514,03	2,32	0,91
1,18	513,21	514,07	1,3	0,45
1,22	513,15	513,96	1,56	0,56
1,28	512,95	513,93	1,04	0,36
1,33	512,93	513,79	1,53	0,62
1,39	512,95	513,72	0,99	0,4
1,48	512,72	513,47	1,54	0,68
1,53	512,53	513,49	0,77	0,28
1,57	512,55	513,42	1,08	0,4
1,61	512,49	513,38	1,05	0,38
1,65	512,5	513,35	1,01	0,37
1,69	512,47	513,15	1,85	0,76
1,74	512,32	513,1	1,27	0,5
1,77	512,2	513,1	0,82	0,28
1,81	512,23	513	1,28	0,51
1,86	512,15	512,94	1,18	0,46
1,89	512,01	512,87	1,28	0,48
1,93	512,1	512,64	1,95	0,99
1,99	511,67	512,57	1,13	0,41
2,03	511,69	512,54	1	0,37
2,09	511,53	512,5	0,96	0,33
2,14	511,55	512,45	1	0,37
2,20	511,5	512,43	0,78	0,27
2,25	511,44	512,38	0,94	0,33
2,30	511,27	512,34	0,96	0,3
2,36	511,33	512,23	1,46	0,51
2,46	511,11	512,07	1,51	0,49
2,52	511,12	511,92	1,79	0,64
2,58	510,91	511,55	2,22	0,99
2,63	510,87	511,52	1,06	0,42
2,68	510,59	511,33	1,7	0,65
2,73	510,23	511,31	1,14	0,37
2,78	510,28	511,22	1,5	0,52
2,83	510,41	511,08	1,5	0,6
2,89	510,12	510,96	1,54	0,55
2,94	509,96	510,89	1,28	0,48
2,98	509,94	510,83	1,25	0,43
3,03	509,72	510,81	0,95	0,3
3,08	509,93	510,73	1,29	0,47
3,14	509,84	510,66	1,07	0,38
3,19	509,69	510,5	1,29	0,49
3,24	509,48	510,39	1,07	0,38
3,29	509,34	510,28	1,11	0,4
3,35	509,13	510,21	0,98	0,32
3,40	509,23	510,12	1,02	0,36
3,45	509,19	510,05	0,95	0,33
3,50	509,23	509,94	1,17	0,45
3,55	509,03	509,78	1,26	0,47
3,60	508,67	509,68	1,04	0,35
3,66	508,82	509,55	1,34	0,52
3,70	508,66	509,36	1,79	0,75
3,76	508,49	509,23	1,35	0,55
3,82	508,43	509,11	1,35	0,53
3,87	508,3	509,03	1,2	0,47
3,93	508,21	508,92	1,32	0,51
3,98	508,02	508,7	1,68	0,81
4,04	507,81	508,63	1,19	0,43
4,09	507,67	508,57	1,2	0,41
4,14	507,63	508,43	1,54	0,62
4,18	507,61	508,23	1,76	0,77
4,23	507,26	508,01	1,81	0,74
4,28	507,14	507,79	1,81	0,78
4,39	506,92	507,52	1,25	0,54
4,49	506,63	507,15	1,69	0,78
4,54	506,45	507,06	1,12	0,49
4,59	506,3	507,02	0,9	0,35
4,63	506,17	506,92	1,31	0,52
4,69	506,09	506,8	1,38	0,54
4,74	506,01	506,65	1,48	0,64
4,80	505,81	506,52	1,19	0,52
4,86	505,71	506,38	1,36	0,56
4,91	505,47	506,16	1,68	0,77
4,96	505,26	506,04	1,42	0,56
5,00	505,23	505,93	1,41	0,59
5,06	505,01	505,82	1,33	0,49
5,11	504,8	505,73	1,28	0,5
5,17	504,81	505,63	1,27	0,5
5,24	504,68	505,42	1,56	0,65
5,29	504,58	505,36	1,08	0,43
5,33	504,43	505,26	1,34	0,52
5,39	504,33	505,21	0,99	0,37
5,44	504,28	505,01	1,73	0,74
5,50	504,17	504,87	1,36	0,57
5,55	503,84	504,77	1,32	0,5
5,61	503,8	504,69	1,19	0,46
5,69	503,77	504,41	1,71	0,78
5,74	503,58	504,33	1,14	0,46
5,79	503,45	504,16	1,52	0,65
5,84	503,35	504,08	1,21	0,48
5,89	503,23	504,02	0,98	0,4
5,95	503,15	503,93	1,18	0,49
6,00	503,03	503,88	0,95	0,37
6,05	502,98	503,81	1,08	0,42
6,12	502,72	503,75	0,99	0,35
6,17	502,82	503,65	1,26	0,47
6,23	502,72	503,61	1,04	0,38
6,28	502,65	503,5	1,28	0,5

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
6,33	502,65	503,41	1,25	0,52
6,38	502,52	503,35	1,09	0,41
6,43	502,35	503,31	1,08	0,36
6,48	502,31	503,26	1,1	0,36
6,53	502,27	503,22	1,1	0,38
6,58	502,34	503,09	1,44	0,55
6,63	502,2	503,04	1,15	0,4
6,68	502,15	502,96	1,34	0,49
6,73	502,12	502,87	1,32	0,53
6,85	501,95	502,65	1,22	0,5
6,90	501,77	502,55	1,26	0,48
6,95	501,65	502,5	1,08	0,4
7,00	501,52	502,45	1,15	0,4
7,05	501,52	502,31	1,53	0,59
7,10	501,38	502,28	1,06	0,36
7,15	501,33	502,17	1,47	0,53
7,20	501,25	502,18	0,79	0,28
7,26	501,34	502,03	1,45	0,56
7,31	501,31	501,82	1,84	0,94
7,36	501,02	501,79	0,96	0,38
7,41	500,9	501,68	1,3	0,53
7,46	500,86	501,58	1,24	0,52
7,51	500,72	501,42	1,52	0,64
7,62	500,42	501,25	1,12	0,42
7,67	500,39	501,12	1,43	0,59
7,73	500,27	501,04	1,22	0,5
7,78	500,29	500,91	1,31	0,57
7,84	500	500,86	0,97	0,36
7,89	499,85	500,8	1,01	0,37
7,94	499,87	500,74	1,14	0,41
7,99	499,71	500,67	1,19	0,42
8,05	499,72	500,56	1,41	0,52
8,10	499,69	500,51	1,09	0,4
8,15	499,58	500,47	1	0,36
8,21	499,51	500,39	1,2	0,43
8,26	499,46	500,35	0,96	0,37
8,31	499,4	500,25	1,22	0,5
8,36	499,31	500,21	0,94	0,35
8,41	499,27	500,16	0,97	0,37
8,46	499,15	500,09	1,1	0,4
8,52	499,08	500,03	1,07	0,41
8,57	499,05	499,94	1,24	0,47
8,62	498,97	499,91	0,91	0,33
8,67	498,93	499,86	0,98	0,36
8,72	498,95	499,83	0,88	0,33
8,78	498,75	499,72	1,29	0,48
8,83	498,69	499,7	0,95	0,32
8,88	498,72	499,68	0,71	0,25
8,93	498,51	499,66	0,67	0,21
8,98	498,46	499,63	0,82	0,26
9,04	498,59	499,6	0,86	0,32
9,09	498,57	499,57	0,83	0,28
9,14	498,65	499,55	0,76	0,27
9,19	498,58	499,49	0,97	0,35
9,25	498,37	499,44	1,02	0,35
9,30	498,22	499,41	1	0,32
9,35	498,21	499,32	1,24	0,46
9,41	498,07	499,3	0,92	0,29
9,46	497,94	498,9	2,61	0,99
9,50	497,99	498,91	1,25	0,43

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
9,56	497,86	498,88	0,9	0,31
9,62	497,48	498,47	2,74	1,02
9,67	497,64	498,54	1,04	0,38
9,71	497,46	498,48	1,17	0,38
9,77	497,61	498,48	0,7	0,27
9,83	497,44	498,36	1,29	0,46
9,88	497,25	498,29	1,3	0,47
9,93	497,09	498,17	1,43	0,46
9,98	497,29	498,11	1,11	0,4
10,04	497,16	498,08	0,9	0,32
10,08	497,08	498,01	1,16	0,41
10,13	496,88	497,92	1,38	0,45
10,19	496,78	497,84	1,45	0,47
10,24	496,7	497,8	1,19	0,38
10,29	496,68	497,78	0,98	0,32
10,35	496,69	497,48	2,3	0,87
10,40	496,55	497,46	1,27	0,47
10,45	496,45	497,33	1,48	0,55
10,50	496,33	497,25	1,32	0,48
10,55	496,33	497,21	1,09	0,4
10,63	496,19	497,13	1,04	0,38
10,68	496,13	497,03	1,34	0,51
10,73	496,03	496,95	1,18	0,46
10,78	495,8	496,95	0,7	0,23
10,83	496,26	496,9	0,91	0,39
10,89	496,19	496,72	1,42	0,7
10,94	495,89	496,66	0,92	0,4
10,99	495,88	496,52	1,3	0,6
11,05	495,73	496,44	1	0,39
11,14	495,31	496,33	1,18	0,42
11,19	495,22	496,27	1,12	0,39
11,27	495,43	496,09	1,47	0,64
11,34	495,15	495,96	1,22	0,5
11,39	494,72	495,94	0,85	0,27
11,44	494,94	495,84	1,32	0,48
11,49	494,94	495,77	1,28	0,48
11,54	494,65	495,6	1,62	0,62
11,59	494,7	495,55	1,1	0,43
11,64	494,68	495,49	1,13	0,43
11,70	494,35	495,32	1,56	0,59
11,74	494,36	495,25	1,29	0,48
11,80	494,32	495,17	1,2	0,47
11,85	494,28	495,13	1	0,36
11,90	494,13	495,07	1,11	0,39
11,96	494,04	494,97	1,33	0,49
12,01	494,05	494,9	1,26	0,47
12,06	493,83	494,84	1,14	0,4
12,11	493,75	494,69	1,59	0,59
12,16	493,81	494,63	1,17	0,47
12,21	493,78	494,58	0,98	0,39
12,26	493,61	494,5	1,18	0,43
12,33	493,67	494,31	1,57	0,68
12,38	493,47	494,19	1,34	0,53
12,44	493,5	494,17	0,79	0,32
12,48	493,37	494,14	0,78	0,3
12,54	493,03	494,06	1,13	0,4
12,59	492,91	493,91	1,6	0,56
12,63	492,85	493,81	1,54	0,58
12,68	492,74	493,66	1,71	0,62
12,73	492,7	493,46	1,86	0,73

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
12,78	492,47	493,41	1,32	0,44
12,84	492,56	493,2	1,88	0,8
12,89	492,24	493,14	1,38	0,49
12,93	492,16	493,12	0,97	0,33
12,98	492,18	493,07	1,07	0,41
13,04	492,31	493,04	0,94	0,37
13,11	492	492,72	1,99	0,8
13,17	491,61	492,67	1,47	0,47
13,22	491,63	492,62	1,34	0,44
13,27	491,58	492,6	1,06	0,34
13,32	491,56	492,45	1,66	0,58
13,37	491,55	492,29	1,71	0,67
13,42	491,27	492,16	1,69	0,59
13,47	491,09	492,06	1,62	0,57
13,52	490,95	491,9	1,79	0,64
13,57	490,92	491,84	1,28	0,48
13,63	490,87	491,8	0,94	0,36
13,69	490,92	491,75	0,97	0,36
13,74	490,63	491,64	1,32	0,45
13,79	490,57	491,49	1,71	0,62
13,84	490,56	491,39	1,56	0,57
13,88	490,35	491,26	1,66	0,61
13,93	490,17	491,19	1,43	0,47
13,99	490,03	490,81	2,52	0,98
14,04	489,82	490,67	1,75	0,64
14,10	489,83	490,49	1,7	0,72
14,15	489,74	490,44	1,01	0,42
14,20	489,55	490,39	0,99	0,38
14,25	489,44	490,16	1,82	0,77
14,31	489,32	489,96	1,52	0,69
14,36	489,14	489,89	1,17	0,44
14,41	489,06	489,83	1,09	0,41
14,46	488,79	489,71	1,43	0,53
14,51	488,58	489,65	1,24	0,42
14,56	488,86	489,38	2,1	0,93
14,62	488,67	489,31	1,01	0,43
14,67	488,45	489,26	0,88	0,33
14,73	488,39	489,2	1,01	0,38
14,78	488,24	489,01	1,73	0,68
14,83	487,97	488,77	1,97	0,77
14,88	488,08	488,78	0,9	0,37
14,93	488,02	488,67	1,26	0,51
14,99	487,85	488,48	1,55	0,63
15,04	487,75	488,41	1,29	0,54
15,10	487,63	488,26	1,59	0,64
15,15	487,5	488,14	1,55	0,62
15,21	487,42	487,99	1,75	0,75
15,26	487,28	487,88	1,66	0,69
15,31	487,15	487,8	1,46	0,58
15,37	487,04	487,68	1,61	0,65
15,42	486,95	487,62	1,45	0,57
15,47	486,85	487,35	2,13	0,99
15,52	486,64	487,1	2,02	0,96
15,52	486,6	487,04	2,07	0,99
15,69	480	486,11	0,3	0,04
15,84	480	486,1	0,3	0,04
15,95	485,3	485,99	1,31	0,5
15,97	485,25	486,01	1,06	0,39
16,02	485,08	485,98	0,95	0,34
16,08	484,86	485,64	2,37	0,96

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
16,13	484,73	485,45	1,88	0,74
16,18	484,59	485,4	1,27	0,46
16,23	484,49	485,35	1,19	0,41
16,28	484,39	485,24	1,48	0,51
16,33	484,32	485,19	1,25	0,44
16,39	484,15	485,13	1,24	0,41
16,44	484,16	485,01	1,52	0,55
16,49	484,05	484,96	1,2	0,43
16,53	484	484,81	1,71	0,64
16,59	483,86	484,57	1,27	0,48
16,64	483,79	484,5	1,2	0,45
16,72	483,71	484,41	0,99	0,4
16,77	483,6	484,32	1,21	0,47
16,82	483,51	484,27	1,02	0,39
16,87	483,47	484,17	1,29	0,51
16,92	483,34	484,04	1,48	0,58
16,97	483,19	484,01	0,99	0,36
17,03	483,11	483,93	1,18	0,44
17,08	483,08	483,91	0,82	0,31
17,13	482,98	483,87	0,88	0,31
17,18	482,88	483,84	0,86	0,29
17,23	482,9	483,75	1,27	0,48
17,28	482,83	483,71	0,98	0,36
17,33	482,77	483,59	1,41	0,51
17,39	482,66	483,56	1,04	0,36
17,44	482,67	483,42	1,57	0,59
17,49	482,58	483,38	1,11	0,42
17,54	482,54	483,35	0,91	0,33
17,64	482,45	483,22	1,27	0,46
17,69	482,41	483,19	0,88	0,32
17,74	482,34	483,13	1,06	0,38
17,79	482,29	483,07	1,08	0,39
17,86	482,26	482,99	1,29	0,49
17,90	482,19	482,97	1,07	0,39
17,96	482,16	482,94	1,05	0,38
18,01	482,08	482,92	0,96	0,34
18,06	482,1	482,88	1,07	0,39
18,11	482,02	482,85	1,05	0,37
18,16	481,98	482,82	1,03	0,36
18,23	481,95	482,79	0,96	0,34
18,28	481,9	482,77	0,78	0,27
18,33	481,85	482,74	0,82	0,28
18,37	481,8	482,72	0,78	0,26
18,42	481,8	482,7	0,76	0,26
18,47	481,73	482,68	0,79	0,26
18,53	481,67	482,64	0,9	0,29
18,58	481,63	482,63	0,74	0,24
18,63	481,55	482,61	0,78	0,25
18,68	481,51	482,58	0,85	0,27
18,73	481,52	482,49	1,34	0,44
18,78	481,46	482,5	0,79	0,25
18,82	481,42	482,44	1,1	0,35
18,88	481,39	482,4	1,02	0,33
18,93	481,38	482,39	0,86	0,28
18,99	481,3	482,35	0,88	0,29
19,04	481,26	482,33	0,88	0,28
19,10	481,2	482,32	0,64	0,19
19,15	481,13	482,28	0,92	0,28
19,20	481,11	482,23	1,17	0,37
19,25	481,06	482,15	0,33	0,14

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
19,32	480,99	482,14	0,8	0,24
19,42	480,9	482,11	0,83	0,24
19,48	480,89	482,06	1,01	0,3
19,53	480,84	482,01	1,39	0,41
19,59	480,78	481,98	0,99	0,3
19,63	480,7	481,96	0,95	0,27
19,68	480,66	481,94	0,9	0,27
19,73	480,66	481,84	1,55	0,46
19,78	480,63	481,85	0,91	0,27
19,84	480,51	481,79	1,1	0,37
19,90	480,54	481,75	1,18	0,35
19,94	480,45	481,74	0,91	0,26
20,00	480,42	481,66	1,39	0,42
20,05	480,54	481,32	2,57	0,96
20,10	480,25	481,19	1,31	0,47
20,15	480,17	481,21	0,71	0,22
20,22	480,07	481,08	1,48	0,51
20,27	479,99	481,07	1,04	0,34
20,33	479,94	481	1,31	0,41
20,38	479,9	480,83	1,84	0,61
20,44	479,91	480,87	1,05	0,36
20,49	479,9	480,81	1,17	0,4
20,54	479,84	480,74	1,26	0,43
20,59	479,84	480,67	1,23	0,46
20,65	479,77	480,51	1,54	0,61
20,71	479,77	480,4	1,38	0,57
20,76	479,67	480,3	1,24	0,52
20,81	479,55	480,2	1,25	0,51
20,91	479,4	479,96	1,29	0,59
20,96	479,12	479,87	1,22	0,46
21,00	479,14	479,62	2,07	0,97
21,63	477,91	479,45	0,29	0,08
21,68	477,96	479,45	0,2	0,05
21,73	478,01	479,42	0,73	0,2
21,78	477,96	479,42	0,6	0,16
21,84	477,89	479,4	0,7	0,18
21,96	477,38	478,72	1	0,28
22,01	477,41	478,65	1,35	0,39
22,06	477,37	478,31	2,66	1,01
22,12	477,21	478,38	0,83	0,26
22,17	477,06	478,34	0,88	0,27
22,23	477,28	478,31	0,97	0,31
22,28	477,24	478,3	0,76	0,24
22,34	477,23	478,27	0,83	0,26
22,40	477,17	478,25	0,79	0,24
22,46	477,11	478,24	0,71	0,22
22,52	477,08	478,24	0,43	0,14
22,57	477,01	478,21	0,68	0,2
22,64	476,96	478,19	0,74	0,22
22,70	476,96	478,18	0,64	0,19
22,75	476,9	478,17	0,67	0,19
22,81	476,87	478,16	0,59	0,17
22,86	476,95	478,15	0,65	0,19
22,92	476,81	478,14	0,61	0,17
22,97	476,81	478,14	0,53	0,15
23,03	476,77	478,12	0,6	0,17
23,09	476,66	478,11	0,68	0,18
23,14	476,69	478,1	0,69	0,19
23,19	476,69	478,09	0,67	0,19
23,24	476,75	478,08	0,58	0,17

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
23,32	476,62	478,06	0,56	0,16
23,37	476,66	478,05	0,52	0,15
23,42	476,57	478,05	0,5	0,15
23,48	476,48	478,04	0,5	0,14
23,54	476,45	478,03	0,46	0,12
23,60	476,39	478	0,49	0,13
23,72	476,47	477,98	0,57	0,15
23,77	476,53	477,97	0,52	0,14
23,83	476,35	477,92	0,93	0,25
23,87	476,49	477,93	0,49	0,13
23,93	476,43	477,92	0,56	0,16
23,99	476,26	477,8	1,44	0,41
24,04	476,21	477,83	0,61	0,16
24,08	476,17	477,83	0,56	0,14
24,21	476,01	477,01	1,1	0,38
24,26	475,79	476,94	1,15	0,38
24,31	475,8	476,82	1,36	0,46
24,36	475,67	476,75	1,16	0,4
24,42	475,59	476,66	1,19	0,39
24,54	475,63	476,55	0,97	0,35
24,59	475,37	476,47	1,24	0,42
24,63	475,35	476,46	0,87	0,27
24,69	475,33	476,45	0,75	0,23
24,73	475,23	476,38	1,14	0,37
24,79	475,14	476,3	1,37	0,42
24,84	475,2	476,33	0,64	0,2
24,89	474,97	476,18	1,59	0,51
24,94	475,01	476,11	1,49	0,48
24,99	475,02	476,13	0,87	0,28
25,04	475,07	476,11	0,81	0,27
25,10	475	476,07	0,86	0,29
25,15	474,78	476,04	0,87	0,29
25,20	474,85	476,02	0,76	0,26
25,25	474,95	476	0,82	0,27
25,30	474,86	475,96	0,88	0,29
25,36	474,88	475,77	1,85	0,68
25,40	474,73	475,8	0,97	0,3
25,45	474,7	475,78	0,84	0,27
25,51	474,64	475,75	0,82	0,26
25,56	474,29	475,67	1,33	0,39
25,62	474,74	475,65	0,97	0,34
25,67	474,61	475,51	1,54	0,53
25,72	474,6	475,53	0,84	0,28
25,76	474,4	475,4	1,49	0,5
25,81	474,36	475,38	1,13	0,37
25,86	474,29	475,34	1,11	0,35
25,91	474,18	475,29	1,12	0,38
25,96	474,16	475,27	0,94	0,29
26,00	474,13	475,17	1,41	0,52
26,05	473,94	475,13	1,27	0,38
26,10	473,69	475,09	1,21	0,34
26,15	473,48	475,12	0,37	0,1
26,20	473,61	475,11	0,55	0,17
26,25	473,61	475,1	0,7	0,19
26,30	473,51	475,09	0,61	0,16
26,36	473,42	475,09	0,49	0,13
26,40	473,51	475,08	0,5	0,13
26,45	473,52	475,05	0,92	0,24
26,49	473,53	475,05	0,62	0,17
26,55	473,11	475,01	1,04	0,25

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
26,60	473,26	475,02	0,49	0,12
26,67	473,58	475,01	0,56	0,15
26,82	473,38	474,6	2,62	0,99
26,87	472,95	474,43	0,75	0,21
26,97	472,66	473,61	2,52	0,9
27,03	472,04	473,08	1,59	0,55
27,08	472,17	472,97	1,57	0,59
27,13	471,91	472,94	1,21	0,39
27,19	471,87	472,62	2,33	0,98
27,23	471,58	472,52	1,31	0,48
27,29	471,58	472,37	1,57	0,59
27,34	471,31	472,28	1,45	0,52
27,39	471,33	472,21	1,29	0,47
27,43	471,19	471,9	2,19	1,02
27,48	471,21	471,88	1,03	0,42
27,54	470,92	471,71	1,51	0,58
27,59	470,78	471,7	0,96	0,34
27,65	470,65	471,67	0,8	0,26
27,70	470,7	471,56	1,32	0,5
27,76	470,63	471,47	1,14	0,43
27,81	470,3	471,42	1,11	0,35
27,86	470,14	471,35	1,36	0,4
27,91	470,15	471,28	1,32	0,45
27,96	470,15	471,17	1,24	0,44
28,01	470,1	471,15	1,02	0,34
28,08	470,17	471,04	1,26	0,45
28,13	470,12	470,86	1,77	0,72
28,18	469,92	470,85	1,09	0,39
28,21	469,82	470,89	0,07	0,02
28,25	469,87	470,76	1,54	0,55
28,29	469,73	470,71	1,33	0,45
28,33	469,67	470,61	1,61	0,57
28,37	469,57	470,57	1,26	0,42
28,42	469,58	470,5	1,35	0,47
28,46	469,45	470,37	1,64	0,59
28,55	469,44	470,19	1,5	0,57
28,59	469,32	470,11	1,39	0,53
28,62	469,18	470,06	1,31	0,46
28,66	468,89	470,03	1,13	0,38
28,71	469,05	469,73	2,27	0,94
28,75	468,67	469,77	1,14	0,39
28,79	468,84	469,62	1,66	0,64
28,83	468,71	469,46	1,85	0,72
28,87	468,5	469,46	1,16	0,4
28,91	468,55	469,43	1,02	0,36
28,96	468,53	469,22	1,94	0,77
29,00	468,33	469,08	1,67	0,66
29,04	468,32	469,08	1,03	0,38
29,09	468,13	468,94	1,55	0,57
29,13	467,99	468,69	2,02	0,87
29,18	467,77	468,68	1,16	0,43
29,23	467,66	468,63	1,08	0,37
29,27	467,35	468,27	2,53	0,94
29,31	467,29	468,35	1,14	0,38
29,35	467,4	468,2	1,74	0,64
29,39	467,05	468,03	1,91	0,71
29,44	466,81	468,09	0,85	0,26
29,49	466,91	468	1,3	0,45
29,53	467,06	467,98	1	0,37
29,56	467,08	467,9	1,29	0,48

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
29,59	466,98	467,86	1,26	0,46
29,64	466,96	467,83	1,05	0,38
29,68	466,99	467,77	1,17	0,44
29,72	466,92	467,72	1,16	0,43
29,76	466,84	467,65	1,23	0,45
29,80	466,53	467,52	1,65	0,59
29,84	466,56	467,47	1,4	0,47
29,90	466,52	467,17	2,13	0,87
29,95	466,3	467,03	1,79	0,72
29,98	466,21	467,01	1,18	0,45
30,03	466,07	466,7	2,26	0,98
30,07	465,41	466,67	0,83	0,27
30,12	465,69	466,53	1,52	0,57
30,16	465,53	466,24	2,26	0,94
30,21	465,46	466,31	0,93	0,33
30,25	465,27	466,22	1,33	0,47
30,29	465,24	466,14	1,45	0,5
30,34	465,09	466,07	1,42	0,47
30,38	464,98	466,08	0,86	0,28
30,42	464,97	466	1,32	0,43
30,46	464,94	465,93	1,43	0,48
30,50	464,82	465,81	1,76	0,59
30,59	464,57	465,72	1,29	0,41
30,63	464,75	465,71	1,02	0,34
30,67	464,69	465,7	0,89	0,29
30,71	464,53	465,59	1,47	0,5
30,74	464,37	465,6	0,95	0,3
30,79	464,47	465,55	1,09	0,36
30,84	464,48	465,53	0,94	0,3
30,88	464,43	465,5	1,01	0,33
30,92	464,35	465,48	0,89	0,27
30,96	464,22	465,43	1,15	0,34
31,00	464,25	465,4	1,16	0,36
31,04	464,28	465,38	1,07	0,34
31,08	464,2	465,29	1,43	0,45
31,13	464,18	465,25	1,29	0,41
31,17	464,12	465,16	1,55	0,5
31,21	464	465,1	1,51	0,47
31,25	463,91	465,05	1,54	0,46
31,29	463,91	464,85	2,25	0,78
31,33	463,81	464,89	1,12	0,37
31,38	463,73	464,53	2,47	0,98
31,42	463,73	464,58	1,05	0,38
31,47	463,64	464,47	1,44	0,52
31,51	463,4	464,36	1,62	0,55
31,56	463,25	464,21	1,87	0,61
31,60	463,26	464,2	1,36	0,47
31,64	463,24	464,14	1,33	0,47
31,68	463,09	463,98	1,75	0,63
31,72	463,06	463,95	1,37	0,48
31,76	462,92	463,65	2,31	0,94
31,80	462,73	463,73	1,09	0,35
31,85	462,69	463,67	1,18	0,4
31,89	462,55	463,3	2,56	0,98
31,94	462	463,18	1,01	0,36
32,00	462	463,02	1,56	0,61
32,05	462	462,88	1,34	0,54
32,10	461,77	462,58	2,02	0,74
32,15	461,66	462,45	1,74	0,64
32,21	461,51	462,26	1,84	0,7

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
32,26	461,31	462,17	1,66	0,6
32,31	461,11	462,16	1,17	0,38
32,38	460,96	461,88	2,3	0,79
32,44	460,94	461,92	0,98	0,32
32,50	460,51	461,49	2,79	0,97
32,55	460,45	461,32	1,3	0,48
32,61	460,27	461,17	1,58	0,56
32,67	460,12	460,92	2,02	0,74
32,73	459,98	460,78	1,8	0,65
32,78	459,77	460,56	1,9	0,7
32,84	459,72	460,42	1,63	0,63
32,90	459,45	460,51	0,11	0,04
32,95	459,39	460,51	0,08	0,03
33,01	459,12	460,47	0,97	0,27
33,07	459,19	460,2	2,24	0,95
33,13	458,88	459,9	1,4	0,45
33,18	458,79	459,76	1,7	0,57
33,23	458,87	459,53	2,07	0,84
33,29	458,52	459,39	1,61	0,58
33,35	458,58	459,08	2,01	0,98
33,40	458,14	458,92	1,52	0,57
33,45	458,12	458,78	1,57	0,63
33,50	457,95	458,6	1,66	0,68
33,55	457,8	458,45	1,64	0,66
33,60	457,55	458,33	1,57	0,6
33,65	457,32	458,19	1,65	0,58
33,70	457,26	458,09	1,56	0,57
33,75	457,2	457,96	1,61	0,61
33,81	457,01	457,76	1,84	0,7
33,86	456,64	457,35	2,54	0,99
33,91	456,33	456,98	2,09	0,86
33,96	456,2	456,93	1,36	0,52
34,01	455,89	456,59	2,29	0,93
34,06	455,74	456,37	1,97	0,81
34,11	455,56	456,18	1,72	0,72
34,16	455,36	455,99	1,7	0,7
34,21	455,12	455,93	1,28	0,47
34,26	454,91	455,88	1,14	0,38
34,31	454,8	455,84	1,15	0,36
34,36	454,76	455,81	1,04	0,33
34,40	454,51	455,45	2,84	0,96
34,46	454,49	455,34	1,44	0,54
34,51	454,25	455,17	1,74	0,61
34,57	454,16	455,06	1,65	0,56
34,62	454,26	454,9	1,71	0,71
34,67	453,83	454,76	1,74	0,6
34,72	453,76	454,67	1,55	0,54
34,77	453,74	454,6	1,35	0,49
34,82	453,71	454,52	1,32	0,5
34,87	453,65	454,43	1,33	0,5
34,92	453,46	454,27	1,66	0,63
34,97	453,28	454,19	1,47	0,51
35,04	453,19	454	1,69	0,67
35,09	453,13	453,88	1,48	0,56
35,15	453	453,71	1,69	0,66
35,20	452,79	453,59	1,52	0,58
35,25	452,71	453,54	1,15	0,42
35,31	452,4	453,46	1,25	0,4
35,37	452,34	453,36	1,32	0,53
35,42	452,23	452,95	1,37	0,57

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
35,47	452,15	452,86	1,27	0,49
35,52	452	452,61	1,88	0,83
35,57	451,6	452,52	1,47	0,51
35,63	451,66	452,31	1,88	0,77
35,68	451,55	452,18	1,45	0,6
35,73	451,34	452,07	1,37	0,52
35,79	451	452,03	1,04	0,35
35,84	451	451,94	1,36	0,45
35,94	450,89	451,87	1,32	0,45
36,11	450,37	451,17	1,04	0,37
36,17	449,99	451,11	1,19	0,37
36,29	449,64	450,92	0,9	0,26
36,33	449,53	450,54	2,98	0,95
36,38	449,43	449,88	1,9	0,94
36,44	449,05	449,78	1,54	0,61
36,49	448,78	449,47	2,4	0,98
36,54	448,5	449,17	1,9	0,84
36,59	448,36	448,9	2,16	1
36,64	448,01	448,83	1,46	0,56
36,70	448,1	448,72	1,55	0,65
36,76	447,97	448,6	1,54	0,66
36,81	447,79	448,49	1,6	0,64
36,86	447,61	448,37	1,72	0,65
36,91	447,54	448,29	1,61	0,62
36,97	447,44	448,02	2,19	0,96
37,03	447,17	447,91	1,77	0,7
37,08	447	447,64	2,25	0,98
37,13	446,82	447,39	2,08	0,92
37,19	446,58	447,22	1,87	0,78
37,25	446,39	447,1	1,75	0,68
37,30	446,23	447,05	1,48	0,54
37,36	446,09	446,96	1,54	0,55
37,41	445,88	446,75	2,11	0,89
37,46	445,93	446,63	1,72	0,71
37,51	445,68	446,6	1,32	0,45
37,57	445,56	446,33	2,51	0,97
37,63	445,18	446,08	1,16	0,43
37,70	445,1	445,89	1,76	0,71
37,75	445,19	445,84	1,3	0,53
37,80	445,02	445,65	1,9	0,81
37,87	444,81	445,44	1,86	0,79
37,93	444,49	445,17	2,25	0,89
37,98	444,32	444,96	2,23	0,95
38,04	444,3	444,86	1,67	0,74
38,09	443,98	444,69	1,79	0,71
38,15	443,85	444,62	1,48	0,58
38,21	443,77	444,57	1,34	0,5
38,26	443,68	444,4	1,81	0,71
38,32	443,67	444,28	1,72	0,73
38,37	443,61	444,24	1,25	0,51
38,43	443,31	444,11	1,57	0,59
38,48	443,26	444,05	1,42	0,53
38,54	443,08	443,97	1,46	0,52
38,63	443,06	443,92	1,23	0,42
38,73	443	443,88	0,93	0,32
38,83	442,77	443,83	1,01	0,31
38,94	442,82	443,63	1,93	0,68
39,04	442,78	443,54	1,34	0,49
39,14	442,54	443,48	1,2	0,39
39,21	442,61	443,48	0,7	0,24

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
39,32	442,49	443,45	0,77	0,25
39,44	442,48	443,31	1,51	0,53
39,54	442,41	443,06	1,96	0,78
39,64	442,18	443,17	0,1	0,03
39,74	442,16	443,1	1,21	0,4
39,83	442,18	443,06	1,11	0,38
39,96	442,02	442,99	1,08	0,35
40,15	441,89	442,94	0,79	0,25
40,27	441,96	442,69	2,06	0,77
40,37	441,76	442,7	1,09	0,36
40,49	441,82	442,62	1,13	0,4
40,68	441,6	442,58	0,69	0,22
40,81	441,51	442,59	0,15	0,05
40,90	441,53	442,46	1,71	0,57
41,00	441,5	442,42	1,52	0,51
41,10	441,44	442,12	2,55	0,98
41,20	441,18	442,14	0,86	0,28
41,28	441,24	442,13	0,75	0,25
41,40	441,17	442,03	1,05	0,36
41,50	441,01	441,96	1,04	0,34
41,55	441,05	441,91	1,08	0,37
41,65	440,88	441,83	1,06	0,35
41,77	440,78	441,74	1,07	0,35
41,84	440,72	441,63	1,42	0,48
41,89	440,6	441,62	0,95	0,3
42,00	440,5	441,54	1,1	0,35
42,11	440,58	441,31	1,66	0,62
42,18	440,42	441,31	0,85	0,29
42,25	440,34	441,26	0,97	0,32
42,34	440,23	441,13	1,37	0,46
42,44	440,12	441,04	1,14	0,38
42,54	440,06	440,96	1,1	0,37
42,65	440,07	440,88	0,96	0,34
42,70	439,94	440,87	0,72	0,24
42,80	439,99	440,77	1,14	0,41
42,89	439,84	440,63	1,3	0,47
42,96	439,69	440,56	1,23	0,42
42,98	439,63	440,53	1,16	0,39
43,04	439,6	440,44	1,36	0,47
43,15	439,6	440,37	0,88	0,32
43,20	439,49	440,15	1,99	0,78
43,25	439,41	440,16	0,88	0,32
43,32	439,35	440,14	0,7	0,25
43,40	439,25	440,05	1,07	0,38
43,44	439,23	439,94	1,5	0,57
43,52	438,99	439,88	1,08	0,36
43,62	439,08	439,75	1,18	0,46
43,72	438,89	439,73	0,57	0,2
43,84	438,76	439,65	1,02	0,35
43,87	438,69	439,63	1,05	0,35
43,95	438,75	439,57	0,98	0,35
44,05	438,66	439,41	1,4	0,52
44,16	438,58	439,3	1,01	0,38
44,23	438,53	439,32	0,19	0,07
44,34	438,36	439,21	1,39	0,48
44,42	438,22	439,18	0,89	0,29
44,51	438,18	439,14	0,79	0,26
44,60	438,17	439,08	1,01	0,34
44,68	438,16	439,03	0,85	0,29
44,78	438,08	438,96	0,98	0,33

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
44,89	437,92	438,91	0,84	0,27
45,00	437,94	438,78	1,3	0,45
45,10	437,84	438,59	1,49	0,55
45,20	437,72	438,55	0,82	0,29
45,31	437,6	438,42	1,19	0,42
45,38	437,65	438,33	1,22	0,47
45,45	437,52	438,29	0,9	0,33
45,53	437,49	438,17	1,22	0,47
45,63	437,27	438,12	0,75	0,26
45,71	437,29	438,03	1,13	0,42
45,78	437,13	437,95	1,12	0,39
45,83	437,06	437,88	1,24	0,43
45,91	437,07	437,84	0,83	0,3
45,98	436,87	437,82	0,61	0,2
46,07	436,93	437,79	0,74	0,25
46,15	436,9	437,74	0,88	0,31
46,24	436,81	437,7	0,72	0,24
46,30	436,64	437,65	0,93	0,3
46,39	436,66	437,62	0,81	0,26
46,48	436,54	437,6	0,59	0,18
46,57	436,49	437,57	0,78	0,24
46,62	436,35	437,56	0,67	0,2
46,69	436,28	437,54	0,65	0,19
46,75	436,12	437,51	0,91	0,25
46,85	436,16	437,5	0,67	0,19
46,95	435,99	437,51	0,24	0,06
47,07	435,88	436,72	0,86	0,3
47,12	435,76	436,61	1,37	0,47
47,18	435,82	436,55	1,18	0,44
47,22	435,69	436,46	1,37	0,5
47,32	435,53	436,37	1,06	0,37
47,42	435,5	436,3	0,92	0,33
47,51	435,39	436,26	0,76	0,26
47,57	435,43	436,17	1,31	0,48
47,61	435,37	436,13	1,07	0,39
47,68	435,18	436,09	0,85	0,28
47,78	435,1	435,95	1,39	0,48
47,90	435,1	435,82	1,11	0,42
47,97	434,95	435,67	1,48	0,56
48,02	434,85	435,64	0,96	0,34
48,11	434,94	435,5	1,28	0,55
48,18	434,71	435,41	1,03	0,39
48,24	434,71	435,32	1,13	0,46
48,29	434,6	435,29	0,82	0,31
48,34	434,52	435,3	0,36	0,13
48,43	434,45	435,24	0,86	0,31
48,51	434,36	435,21	0,78	0,27
48,63	434,39	435,08	1,17	0,45
48,70	434,29	435,12	0,16	0,06
48,81	434,19	435,08	0,74	0,25
48,89	434,2	434,99	1,13	0,4
48,96	433,94	434,91	1,17	0,42
49,05	433,81	434,83	1,08	0,35
49,17	433,6	434,69	1,36	0,43
49,29	433,53	434,63	0,92	0,29
49,40	433,41	434,55	1,07	0,32
49,50	433,33	434,47	1,21	0,36
49,60	433,25	434,4	1,21	0,36
49,70	433,24	434,29	1,31	0,41
49,80	433,09	434,18	1,28	0,42

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
49,89	432,99	434,15	0,9	0,27
50,00	432,79	434,09	0,99	0,29
50,10	432,85	433,95	1,48	0,46
50,22	432,59	433,9	0,99	0,28
50,34	432,6	433,87	0,81	0,24
50,46	432,54	433,81	0,95	0,28
50,58	432,51	433,78	0,79	0,22
50,69	432,4	433,78	0,41	0,12
50,78	432,41	433,7	1,19	0,34
50,89	432,3	433,73	0,28	0,07
51,00	432,19	433,72	0,44	0,12
51,12	432,04	433,71	0,51	0,13
51,24	432,02	432,96	1,01	0,34
51,35	431,73	432,88	1,09	0,33
51,45	431,71	432,82	0,98	0,3
51,56	431,56	432,76	1,01	0,31
51,69	431,52	432,62	1,39	0,42
51,82	431,36	432,48	1,43	0,43
51,92	431,22	432,45	0,87	0,27
51,97	431,27	432,41	1,05	0,32
52,07	431,18	432,43	0,2	0,06
52,19	431,26	432,23	2,01	0,69
52,30	431,01	432,23	0,96	0,28
52,41	431,14	432,2	0,64	0,21
52,51	430,84	432,13	1,08	0,32
52,60	430,77	432,03	1,34	0,39
52,70	430,7	431,95	1,23	0,36
52,82	430,78	431,87	1,12	0,35
52,94	430,7	431,79	1,05	0,33
53,06	430,74	431,68	1,2	0,39
53,16	430,47	431,72	0,22	0,06
53,26	430,57	431,59	1,62	0,51
53,38	430,33	431,42	1,46	0,47
53,52	430,17	431,29	1,26	0,39
53,62	430,18	431,1	1,61	0,54
53,73	429,94	431,15	0,48	0,14
53,85	429,93	430,99	1,58	0,49
53,97	429,79	430,89	1,29	0,4
54,09	429,63	430,78	1,25	0,39
54,20	429,7	430,62	1,35	0,5
54,32	429,43	430,48	1,23	0,39
54,46	429,22	430,24	1,69	0,54
54,59	429,08	430,15	1,1	0,34
54,71	428,98	430,03	1,29	0,41
54,84	428,74	429,76	1,74	0,57
54,97	428,69	429,74	0,87	0,27
55,10	428,67	429,6	1,26	0,42
55,23	428,38	429,46	1,31	0,42
55,35	428,27	429,32	1,32	0,43
55,45	428,23	428,99	2,07	0,77
55,58	428,09	429,03	0,61	0,21
55,66	427,99	428,94	1,13	0,4
55,79	427,9	428,82	1,08	0,37
55,90	427,62	428,77	0,84	0,27
56,03	427,46	428,29	2,68	0,97
56,14	427,38	428,5	0,26	0,08
56,26	427,34	428,25	2,12	0,71
56,38	426,96	428,26	0,93	0,26
56,59	426,96	427,96	1,67	0,53
56,59	424,96	428,02	0,93	0,17

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
56,59	424,96	428,02	0,93	0,17
56,59	426,96	427,87	1,83	0,61
56,61	426,96	427,86	1,44	0,49
56,65	426,9	427,85	1,06	0,35
56,66	426,9	427,79	1,12	0,38
56,72	426,52	427,77	0,84	0,25
56,84	426,63	427,64	1,38	0,44
56,97	426,35	427,69	0,19	0,05
57,11	426,13	427,66	0,8	0,21
57,33	425,89	426,84	1,42	0,48
57,43	425,63	426,79	1,02	0,31
57,53	425,43	426,69	1,3	0,37
57,76	425,41	426,58	0,91	0,28
57,85	425,3	426,56	0,76	0,22
57,97	425,21	426,53	0,64	0,18
58,08	425,25	426,5	0,72	0,21
58,20	425,06	426,44	1,05	0,29
58,31	425,16	426,4	0,85	0,24
58,42	425,01	426,39	0,6	0,16
58,53	425,01	426,37	0,7	0,19
58,66	424,74	426,34	0,77	0,2
58,75	424,73	426,34	0,67	0,17
58,86	424,69	426,3	0,86	0,22
59,02	424,6	426,01	0,98	0,26
59,13	424,52	425,97	0,91	0,25
59,24	424,61	425,93	0,83	0,24
59,33	424,51	425,8	1,41	0,54
59,43	424,45	425,71	1,08	0,31
59,55	424,3	425,62	1,21	0,34
59,67	424,33	425,58	0,9	0,27
59,77	424,3	425,4	1,65	0,52
59,88	424,07	425,26	1,47	0,45
60,02	423,92	425,16	1,21	0,36
60,13	423,85	425,06	1,32	0,39
60,25	423,77	424,92	1,42	0,43
60,37	423,72	424,7	1,69	0,55
60,49	423,51	424,5	1,56	0,52
60,59	423,22	424,4	1,24	0,38
60,70	423,14	424,2	1,7	0,54
60,82	423,03	424,01	1,46	0,5
60,93	422,76	423,9	1,22	0,37
61,06	422,45	423,86	0,92	0,25
61,19	422,47	423,82	0,63	0,17
61,23	422,47	423,81	0,64	0,18
61,23	422,47	423,77	1,18	0,34
61,34	422,47	423,73	0,87	0,25
61,46	422,45	423,68	0,93	0,27
61,58	422,28	423,64	0,84	0,24
61,70	422,31	423,39	1,97	0,63
61,81	422,25	423,36	1,01	0,32
61,93	422,26	423,38	0,25	0,07
62,05	422,18	423,28	1,2	0,38
62,17	422,09	423,24	0,78	0,24
62,28	421,99	423,09	1,54	0,49
62,39	421,93	423,03	0,99	0,32
62,50	421,85	422,89	1,35	0,46
62,66	421,47	422,62	1,53	0,48
62,77	421,68	422,49	1,27	0,47
62,87	421,3	422,35	1,27	0,42
62,97	421,3	422,17	1,94	0,68

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
63,05	421,05	421,95	1,79	0,63
63,16	420,69	421,48	2,15	0,85
63,26	420,27	421,25	1,62	0,54
63,37	420,13	421,15	1,16	0,39
63,56	419,8	420,69	2,13	0,74
63,67	419,58	420,37	1,75	0,65
63,81	419,31	420,15	1,22	0,44
63,92	418,95	419,72	2,1	0,82
64,40	418,1	419,36	0,92	0,27
64,53	417,89	419,31	0,87	0,23
64,67	417,54	418,82	0,86	0,26
64,77	417,49	418,76	1,03	0,3
64,86	417,34	418,73	0,86	0,25
64,95	417,27	418,32	2,96	0,96
65,04	417,32	418,27	1,3	0,44
65,13	417,23	418,21	0,96	0,33
65,21	417,11	418,12	1,25	0,41
65,30	416,98	417,98	1,45	0,47
65,41	416,8	417,92	1,07	0,33
65,51	416,78	417,92	0,82	0,25
65,61	416,48	417,92	0,78	0,21
65,81	416,09	417,15	1,59	0,5
65,90	416,08	417,05	1,34	0,44
66,00	415,89	416,62	2,27	0,93
66,09	415,64	416,43	1,27	0,46
66,17	415,46	416,37	1,56	0,54
66,25	415,5	416,15	2,36	0,99
66,35	415,32	415,91	2,23	0,96
66,45	415,17	415,83	1,96	0,8
66,54	415,09	415,71	2,28	0,94
66,64	414,85	415,77	1,26	0,43
66,74	414,81	415,77	1,09	0,36
66,83	414,76	415,74	1,21	0,39
67,01	414,63	415,74	0,98	0,31
67,11	414,62	415,73	0,97	0,3
67,21	414,71	415,45	2,5	0,95
67,29	414,46	415,19	2,51	0,96
67,39	414,28	415,03	1,29	0,5
67,49	413,94	414,96	0,91	0,31
67,58	413,94	414,84	1,27	0,45
67,69	413,65	414,66	1,51	0,5
67,78	413,51	414,55	1,33	0,42
67,88	413,4	414,37	1,56	0,54
68,01	413,17	414,25	1,23	0,38
68,11	413,09	414,08	1,63	0,54
68,23	412,91	413,92	1,35	0,43
68,30	412,92	413,82	1,42	0,48
68,49	412,7	413,67	0,94	0,31
68,58	412,59	413,58	1,21	0,4
68,64	412,55	413,56	0,85	0,27
68,81	412,41	413,44	1,14	0,36
68,91	412,32	413,33	1,31	0,42
69,00	412,23	413,22	1,32	0,43
69,09	411,98	413,12	1,32	0,41
69,25	411,87	412,91	1,41	0,49
69,31	411,7	412,85	1,34	0,41
69,45	411,76	412,73	1,1	0,36
69,54	411,64	412,65	1,18	0,38
69,76	411,15	412,45	1,26	0,37
69,84	411,32	412,35	1,42	0,45

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
70,06	411,14	412,09	1,3	0,44
70,18	411	411,95	1,23	0,43
70,28	410,78	411,86	1,21	0,38
70,46	410,81	411,71	1,07	0,36
70,56	410,53	411,47	1,79	0,6
70,69	410,3	411,41	1	0,3
70,75	410,18	411,35	1,29	0,4
70,81	410,19	411,39	0,12	0,03
70,85	410,18	411,35	0,99	0,29
70,91	410,04	411,37	0,13	0,04
70,97	410,15	411,34	0,78	0,23
71,02	410,07	411,31	0,88	0,26
71,06	410,16	411,06	2,15	1
71,09	410,04	411,15	0,87	0,27
71,12	410,02	411,13	0,91	0,28
71,21	409,89	411,08	1,09	0,32
71,27	410,06	411,07	0,92	0,3
71,35	409,8	411,1	0,18	0,05
71,47	409,56	411,07	0,64	0,17
71,51	409,45	410,51	1,22	0,39
71,52	409,52	410,51	1,04	0,33
71,54	409,37	410,37	1,87	0,61
71,54	409,36	410,39	1,45	0,48
71,57	409,29	410,35	1,48	0,47
71,62	409,19	410,32	1,22	0,37
71,63	409,14	410,3	1,26	0,38
71,67	409,19	410,28	1,15	0,36
71,73	409,04	410,07	2,09	0,66
71,75	409,08	409,9	2,52	0,89
71,83	408,68	409,8	1,59	0,49
71,88	408,7	409,8	0,99	0,31
71,93	408,53	409,82	0,47	0,14
71,98	408,7	409,73	1,26	0,41
72,02	408,66	409,7	1,15	0,37
72,07	408,72	409,68	0,95	0,32
72,09	408,65	409,65	1,09	0,36
72,12	408,69	409,64	0,93	0,31
72,16	408,68	409,56	1,24	0,43
72,19	408,54	409,55	1,16	0,38
72,24	408,43	409,59	0,15	0,05
72,28	408,33	409,52	1,12	0,34
72,32	408,46	409,56	0,03	0,01
72,35	408,42	409,56	0,08	0,02
72,37	408,49	409,56	0,09	0,03
72,41	408,4	409,51	1,01	0,32
72,43	408,4	409,54	0,21	0,06
72,45	408,36	409,49	1,01	0,31
72,50	408,29	409,44	1,17	0,36
72,55	408,21	409,43	0,9	0,28
72,59	408,3	409,39	1,01	0,32
72,64	408,11	409,37	0,99	0,3
72,65	408,13	409,39	0,54	0,16
72,66	408,29	409,37	0,78	0,25
72,68	408,23	409,34	1	0,32
72,70	408,29	409,32	1,05	0,34
72,72	408,13	409,29	1,19	0,37
72,74	408,06	409,19	1,88	0,56
72,79	407,97	409,13	1,6	0,48
72,80	408,05	409,15	1,16	0,36
72,83	408,05	409,12	1,26	0,39

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
72,84	407,88	409,12	1,1	0,32
72,89	408,08	409,07	1,17	0,4
72,92	408,27	409	1,43	0,55
72,93	408,14	408,94	1,65	0,61
72,95	407,95	408,9	1,59	0,53
73,00	407,79	408,88	1,15	0,36
73,05	407,66	408,72	1,86	0,59
73,15	407,62	408,82	0,17	0,05
73,19	407,57	408,67	1,77	0,55
73,24	407,5	408,77	0,12	0,04
73,30	407,42	408,77	0,17	0,05
73,35	407,42	408,77	0,12	0,03
73,41	407,32	408,76	0,11	0,03
73,45	407,31	408,76	0,14	0,04
73,50	407,28	408,76	0,14	0,04
73,56	407,23	408,76	0,12	0,03
73,58	407,2	408,76	0,12	0,03
73,60	407,23	408,76	0,09	0,02
73,61	407,15	408,7	1,2	0,31
73,62	407,2	408,32	3,21	0,97
73,64	407,12	408,19	1,57	0,49
73,67	407,08	408,04	1,98	0,65
73,69	407,09	408,16	0,19	0,06
73,71	407	408,16	0,2	0,06
73,73	407,09	408,16	0,16	0,05
73,75	407,01	408,16	0,12	0,04
73,77	406,95	408,16	0,11	0,03
73,79	407	407,89	2,31	0,79
73,85	406,93	407,6	2,26	0,9
73,90	406,91	407,76	0,08	0,03
73,95	406,76	407,76	0,07	0,02
74,00	406,74	407,43	2,5	0,98
74,04	406,61	407,53	0,11	0,04
74,09	406,46	407,19	2,53	0,95
74,11	406,42	407,4	0,07	0,02
74,14	406,43	407,09	2,45	0,98
74,16	406,35	407,15	0,11	0,04
74,20	406,19	407,15	0,21	0,07
74,26	406,09	407,15	0,1	0,03
74,30	406,04	407,04	1,44	0,46
74,35	405,93	406,92	1,72	0,56
74,40	405,86	407,01	0,08	0,02
74,45	405,84	407,01	0,05	0,02
74,46	405,81	406,91	1,39	0,43
74,49	405,73	406,9	1,29	0,39
74,53	405,74	406,63	2,37	0,83
74,54	405,68	406,67	1,7	0,55
74,59	405,63	406,76	0,07	0,02
74,64	405,63	406,69	1,15	0,37
74,68	405,53	406,56	1,65	0,53
74,70	405,57	406,56	1,52	0,51
74,71	405,63	406,49	1,81	0,64
74,73	405,52	406,5	1,32	0,44
74,77	405,39	406,45	1,33	0,42
74,82	405,3	406,4	1,37	0,43
74,83	405,33	406,34	1,53	0,49
74,85	405,22	406,34	1,36	0,43
74,90	405,2	406,39	0,09	0,03
74,91	405,18	406,39	0,13	0,04
74,94	405,12	406,39	0,21	0,06

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
74,95	405,13	406,16	2,13	0,69
75,02	405,12	406	1,92	0,67
75,03	405,12	406,02	1,41	0,49
75,05	405,05	405,92	1,82	0,63
75,10	404,97	406,02	0,11	0,03
75,15	404,92	406,02	0,16	0,05
75,19	404,81	405,79	2,1	0,7
75,24	404,76	405,72	1,72	0,57
75,29	404,73	405,81	0,12	0,04
75,34	404,68	405,64	1,91	0,63
75,39	404,59	405,38	2,29	0,83
75,41	404,53	405,3	2,21	0,82
75,43	404,41	405,46	0,09	0,03
75,48	404,46	405,46	0,15	0,05
75,52	404,37	405,33	1,62	0,53
75,57	404,31	405,41	0,23	0,07
75,59	404,23	405,29	1,56	0,49
75,61	404,22	405,2	1,9	0,62
75,66	404,17	404,89	2,5	0,96
75,71	404,01	405,06	0,48	0,15
75,76	403,97	404,87	1,84	0,63
75,81	403,85	404,98	0,15	0,05
75,86	403,87	404,8	1,87	0,63
75,88	403,74	404,8	1,51	0,48
75,89	403,76	404,79	1,45	0,47
75,90	403,96	404,76	1,55	0,56
75,92	403,88	404,75	1,18	0,41
75,97	403,62	404,65	1,5	0,49
76,02	403,54	404,64	1,12	0,35
76,06	403,47	404,52	1,63	0,52
76,11	403,44	404,48	1,34	0,43
76,13	403,31	404,37	1,87	0,59
76,15	403,3	404,36	1,66	0,52
76,17	403,28	404,44	0,19	0,06
76,19	403,19	404,44	0,13	0,04
76,24	403,21	404,3	1,65	0,51
76,28	403,13	404,06	2,26	0,78
76,30	403,03	404,05	1,84	0,59
76,33	403,06	404,05	1,57	0,51
76,37	402,99	404,13	0,11	0,03
76,39	402,95	404,12	0,17	0,05
76,42	402,94	404	1,62	0,5
76,46	402,86	403,94	1,57	0,49
76,50	402,82	403,9	1,36	0,42
76,55	402,76	403,7	2,1	0,69
76,60	402,72	403,67	1,43	0,47
76,65	402,65	403,63	1,25	0,41
76,70	402,52	403,56	1,34	0,43
76,76	402,45	403,62	0,09	0,03
76,86	402,4	403,62	0,05	0,01
76,88	402,35	403,52	1,4	0,42
76,90	402,38	403,48	1,5	0,48
76,94	402,3	403,46	1,28	0,39
76,95	402,35	403,31	2,12	0,71
76,96	402,35	403,37	1,35	0,45
76,99	402,25	403,42	0,05	0,02
77,04	401,99	403,38	0,99	0,28
77,10	401,89	403,41	0,08	0,02
77,15	401,83	403,41	0,08	0,02
77,20	401,85	403,41	0,06	0,02

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
77,26	402,19	403,32	1,34	0,42
77,31	402,17	403,23	1,52	0,48
77,36	402,1	403,18	1,42	0,44
77,40	402,07	403,05	1,7	0,58
77,45	402,06	402,99	1,48	0,5
77,50	402,03	403,06	0,09	0,03
77,55	401,91	403	1,09	0,34
77,59	401,8	402,91	1,4	0,45
77,64	401,73	402,88	1,19	0,37
77,69	401,71	402,88	0,88	0,26
77,74	401,59	402,84	0,99	0,29
77,78	401,67	402,83	0,89	0,27
77,81	401,69	402,81	0,93	0,28
77,85	401,52	402,79	0,92	0,27
77,89	401,51	402,76	1,1	0,32
77,94	401,48	402,73	1,12	0,32
77,98	401,45	402,47	1,41	0,6
78,03	401,39	402,44	1,23	0,39
78,08	401,37	402,39	1,15	0,37
78,13	401,22	402,33	1,35	0,41
78,17	401,45	402,28	1,27	0,46
78,24	401,3	402,16	1,43	0,5
78,26	401,38	401,97	2,17	0,94
78,31	401,24	402,12	0,08	0,03
78,36	401,06	402,01	1,43	0,48
78,40	401,02	401,98	1,21	0,4
78,44	400,96	401,87	1,61	0,54
78,49	400,95	401,8	1,42	0,5
78,53	400,93	401,86	0,13	0,05
78,58	400,82	401,77	1,33	0,44
78,63	400,67	401,73	1,21	0,38
78,67	400,8	401,65	1,48	0,52
78,69	400,76	401,72	0,16	0,05
78,74	400,68	401,64	1,22	0,4
78,79	400,46	401,59	1,29	0,41
78,84	400,57	401,54	1,22	0,4
78,88	400,45	401,5	1,19	0,38
78,93	400,46	401,41	1,43	0,49
78,95	400,45	401,34	1,68	0,59
78,97	400,4	401,33	1,35	0,46
78,98	400,49	401,3	1,44	0,54
78,99	400,38	401,34	0,77	0,25
79,01	400,47	401,26	1,38	0,5
79,06	400,2	401,17	1,42	0,48
79,11	400,11	401,13	1,31	0,42
79,16	400,01	401,08	1,22	0,38
79,18	399,98	401,06	1,28	0,4
79,20	399,95	401	1,59	0,5
79,21	399,92	401,01	1,17	0,36
79,23	399,92	400,98	1,25	0,4
79,28	399,94	400,86	1,6	0,62
79,33	399,85	400,81	1,29	0,42
79,37	399,82	400,76	1,26	0,42
79,43	399,74	400,71	1,13	0,37
79,47	399,66	400,63	1,38	0,45
79,52	399,55	400,57	1,42	0,47
79,57	399,46	400,48	1,53	0,49
79,62	399,46	400,42	1,38	0,46
79,66	399,38	400,34	1,54	0,52
79,68	399,31	400,41	0,28	0,09

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
79,73	399,37	400,32	1,29	0,43
79,75	399,39	400,37	0,32	0,1
79,80	399,26	400,25	1,53	0,5
79,82	399,26	400,24	1,26	0,41
79,83	399,26	400,23	1,23	0,42
79,84	399,25	400,28	0,15	0,05
79,87	399,17	399,97	2,47	0,89
79,89	399,12	400,16	0,16	0,05
79,91	399,08	400,16	0,1	0,03
79,92	399,08	400,07	1,37	0,45
79,94	399,11	400,07	1,13	0,37
79,96	399	400,07	1	0,31
79,99	399,04	400,06	0,95	0,31
80,02	398,96	400	1,18	0,37
80,07	398,86	399,88	1,67	0,53
80,09	398,75	399,87	1,52	0,47
80,11	398,75	399,93	0,23	0,07
80,13	398,76	399,79	1,7	0,54
80,15	398,79	399,76	1,68	0,55
80,20	398,74	399,73	1,22	0,4
80,25	398,74	399,66	1,3	0,44
80,29	398,7	399,6	1,35	0,46
80,34	398,63	399,55	1,26	0,42
80,39	398,62	399,53	1,06	0,36
80,41	398,56	399,53	0,73	0,24
80,42	398,37	399,47	1,17	0,38
80,43	398,36	399,45	1,27	0,4
80,48	398,38	399,3	1,77	0,59
80,53	398,29	399,28	1,26	0,41
80,55	398,25	399,23	1,49	0,49
80,57	398,17	399,2	1,45	0,46
80,59	398,22	399,2	1,22	0,4
80,61	398,2	399,17	1,26	0,41
80,63	398,17	399,22	0,17	0,05
80,68	398,17	399,18	1,01	0,32
80,69	398,16	399,13	1,3	0,43
80,72	398,1	399,1	1,19	0,38
80,78	398,02	399,04	1,27	0,4
80,82	397,95	399	1,22	0,38
80,87	397,98	398,97	1,1	0,35
80,92	397,85	398,94	1,09	0,34
80,97	397,85	398,87	1,29	0,42
81,10	397,73	398,7	1,38	0,45
81,15	397,75	398,56	1,68	0,59
81,21	397,59	398,66	0,07	0,02
81,25	397,58	398,65	0,15	0,05
81,31	397,58	398,52	1,83	0,62
81,33	397,5	398,48	1,63	0,55
81,37	397,44	398,41	1,58	0,53
81,42	397,41	398,35	1,35	0,46
81,61	397,22	398,15	1,22	0,41
81,66	397,05	397,98	1,86	0,63
81,71	396,98	397,91	1,51	0,5
81,79	396,72	397,82	1,32	0,42
81,84	396,74	397,82	0,86	0,26
81,91	396,64	397,71	1,49	0,46
81,98	396,55	397,68	1,07	0,33
82,08	396,43	397,53	1,48	0,46
82,19	396,39	397,45	1,15	0,36
82,27	396,23	397,28	1,77	0,55

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
82,31	396,11	397,25	1,43	0,43
82,40	396,18	397,2	1,02	0,33
82,49	396,17	397,09	1,33	0,45
82,52	396,04	397,07	1,18	0,38
82,57	395,88	396,99	1,43	0,44
82,60	395,92	396,96	1,3	0,41
82,65	395,87	396,92	1,22	0,38
82,72	395,92	396,83	1,37	0,46
82,81	395,55	396,71	1,4	0,44
82,82	395,61	396,72	1,09	0,35
82,86	395,52	396,7	0,98	0,3
82,91	395,37	396,66	1,07	0,31
82,95	395,27	396,64	0,98	0,28
82,99	395,18	396,6	1,11	0,32
83,10	395,21	396,59	0,74	0,21
83,12	395,37	396,58	0,77	0,23
83,13	395,39	396,49	1,65	0,51
83,15	395,39	396,54	0,72	0,22
83,17	395,43	396,55	0,21	0,06
83,19	395,36	396,47	1,26	0,39
83,20	395,37	396,36	1,95	0,63
83,23	395,24	396,41	0,96	0,29
83,27	395,16	396,44	0,12	0,03
83,29	395,08	396,44	0,34	0,1
83,34	395,16	396,38	1,03	0,31
83,39	395,07	396,36	0,99	0,29
83,43	395,11	396,37	0,51	0,15
83,45	395,12	396,35	0,86	0,25
83,46	395,08	396,26	1,7	0,51
83,48	395,09	396,28	1,02	0,3
83,50	395,15	396,25	1,18	0,36
83,52	395,11	396,24	1,16	0,35
83,56	395,07	396,21	1,11	0,34
83,61	394,95	396,18	1,17	0,34
83,66	395,02	396,15	1,08	0,33
83,68	394,98	396,11	1,28	0,39
83,69	395,04	396,11	1,12	0,35
83,70	395,06	396,09	1,26	0,4
83,71	395	396,08	1,2	0,37
83,75	394,9	395,95	1,79	0,56
83,79	394,87	395,92	1,42	0,46
83,81	394,3	395,98	0,05	0,01
83,83	394,83	395,88	1,39	0,45
83,85	394,78	395,85	1,44	0,46
83,95	394,67	395,67	1,59	0,51
84,00	394,63	395,65	1,36	0,44
84,00	394,61	395,64	1,29	0,41
84,03	394,49	395,62	1,32	0,4
84,04	394,55	395,63	0,99	0,31
84,08	394,44	395,54	1,43	0,44
84,12	394,34	395,53	1,15	0,34
84,14	394,31	395,52	1,07	0,32
84,16	394,33	395,51	1,06	0,31
84,18	394,23	395,41	1,75	0,52
84,22	394,24	395,41	1,14	0,34
84,23	394,13	395,4	1,16	0,34
84,26	394,27	395,39	1,05	0,32
84,28	394,25	395,37	1,14	0,35
84,30	394,22	395,36	1,11	0,33
84,32	394,03	395,35	0,98	0,28

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
84,37	394,08	395,38	0,22	0,06
84,41	394,11	395,28	1,43	0,43
84,46	394,1	395,26	1,11	0,33
84,51	394,11	395,29	0,28	0,08
84,60	393,99	395,26	0,85	0,25
84,64	394,02	395,21	1,1	0,33
84,69	393,93	395,18	1,03	0,31
84,74	393,87	395,18	0,85	0,24
84,77	393,87	395,17	0,81	0,24
84,84	393,83	395,08	1,29	0,37
84,84	393,8	395,08	1,24	0,36
84,88	393,83	395,03	1,33	0,39
84,89	393,85	395,03	1,33	0,4
84,89	393,84	395,03	1,29	0,39
84,92	393,84	394,99	1,37	0,41
84,94	393,84	394,97	1,38	0,42
84,98	393,82	394,93	1,28	0,39
85,09	393,66	394,79	1,49	0,46
85,12	393,6	394,81	1,09	0,33
85,12	393,57	394,8	1,24	0,36
85,13	393,62	394,74	1,52	0,46
85,15	393,5	394,75	1,24	0,36
85,18	393,41	394,73	1,14	0,32
85,22	393,43	394,71	1,07	0,31
85,26	393,38	394,69	1,04	0,3
85,31	392,98	394,65	1,3	0,33
85,32	393,13	394,64	1,26	0,35
85,34	393,32	394,64	1	0,29
85,35	393,4	394,64	0,95	0,28
85,36	393,52	394,63	1,03	0,32
85,37	393,58	394,6	1,28	0,41
85,39	393,63	394,57	1,24	0,42
85,43	393,57	394,55	0,97	0,32
85,45	393,55	394,57	0,44	0,14
85,46	393,5	394,49	1,33	0,43
85,48	393,38	394,42	1,61	0,51
85,50	393,36	394,44	1,13	0,36
85,55	393,28	394,48	0,12	0,04
85,56	393,23	394,42	1,07	0,32
85,60	393,26	394,37	1,3	0,4
85,66	393,17	394,31	1,26	0,4
85,70	393,11	394,3	1,02	0,31
85,70	393,11	394,28	1,11	0,34
85,74	393,13	394,24	1,2	0,38
85,83	392,95	394,1	1,54	0,47
85,88	392,85	394,11	0,99	0,29
85,90	392,83	394,09	1,15	0,33
85,92	392,83	394,07	1,17	0,34
85,96	392,8	394,04	1,22	0,35
86,00	392,8	394,02	1,04	0,3
86,05	392,71	393,99	1,14	0,33
86,10	392,67	393,97	1	0,29
86,12	392,69	393,95	1,09	0,32
86,20	392,01	393,91	1,02	0,29
86,22	392,75	393,9	1,06	0,32
86,29	392,66	393,85	1,13	0,33
86,34	392,58	393,76	1,43	0,43
86,44	392,46	393,68	1,3	0,38
86,51	392,39	393,62	1,24	0,37
86,58	392,23	393,6	0,99	0,28

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
86,61	392,18	393,62	0,39	0,11
86,66	392,15	393,58	0,95	0,26
86,67	392,11	393,58	0,88	0,24
86,71	392,1	393,56	0,94	0,26
86,76	392,29	393,48	1,36	0,4
86,79	392,14	393,48	1,09	0,31
86,80	392,12	393,46	1,38	0,38
86,84	392,08	393,5	0,16	0,04
86,87	392,12	393,47	0,9	0,25
86,92	392,04	393,44	0,96	0,26
86,95	391,89	393,41	1,31	0,35
86,96	392,01	393,34	1,77	0,5
86,96	392,11	393,38	1,02	0,29
86,99	392,04	393,37	1,09	0,31
87,02	391,99	393,37	0,75	0,21
87,03	392,16	393,33	1,11	0,33
87,05	392,04	393,27	1,63	0,48
87,08	392,1	393,23	1,41	0,43
87,10	392,18	393,1	2,17	0,74
87,12	392,18	393,12	1,53	0,51
87,12	392,16	393,07	1,76	0,61
87,13	392,14	393,04	1,89	0,64
87,13	391,98	393,05	1,69	0,55
87,14	392,04	392,91	2,3	0,79
87,16	391,94	392,93	1,57	0,51
87,21	391,86	392,78	1,93	0,65
87,22	391,74	392,82	1,37	0,42
87,24	391,66	392,78	1,45	0,44
87,25	391,47	392,82	0,83	0,24
87,25	391,64	392,77	1,35	0,42
87,27	391,59	392,75	1,29	0,38
87,29	391,59	392,73	1,26	0,39
87,30	391,54	392,74	1,12	0,33
87,31	391,6	392,69	1,45	0,45
87,32	391,68	392,68	1,34	0,44
87,33	391,65	392,67	1,36	0,45
87,34	391,6	392,66	1,26	0,4
87,36	391,62	392,63	1,37	0,44
87,37	391,18	392,65	0,98	0,28
87,38	391,6	392,63	1,17	0,37
87,39	391,61	392,61	1,23	0,41
87,41	391,67	392,58	1,27	0,43
87,42	391,54	392,48	1,97	0,66
87,43	391,57	392,33	2,33	0,91
87,44	391,52	392,41	1,29	0,45
87,46	391,47	392,33	1,64	0,58
87,50	391,31	392,32	1,12	0,36
87,53	391,13	392,26	1,49	0,46
87,54	389,83	392,3	0,43	0,12
87,58	391,03	392,18	1,73	0,54
87,59	391,06	392,13	2	0,62
87,59	391,07	392,11	1,9	0,6
87,60	390,94	392,12	1,53	0,46
87,61	390,82	392,12	1,51	0,44
87,63	390,85	392,11	1,35	0,39
87,66	390,78	392,15	0,43	0,14
87,68	390,85	392,08	1,28	0,39
87,70	390,83	392,09	1	0,3
87,73	390,93	392,01	1,41	0,45
87,77	390,79	391,98	1,24	0,37

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
87,78	390,78	391,96	1,33	0,4
87,83	390,73	391,93	1,22	0,37
87,84	390,78	391,87	1,57	0,48
87,86	390,62	391,89	1,11	0,33
87,88	390,71	391,87	1,24	0,38
87,90	390,76	391,85	1,17	0,37
87,92	390,66	391,75	1,91	0,59
87,92	390,57	391,77	1,54	0,47
87,93	390,72	391,76	1,36	0,44
87,93	390,89	391,76	1,37	0,48
87,94	390,55	391,76	1,22	0,36
87,95	390,55	391,75	1,21	0,36
87,98	390,68	391,72	1,34	0,42
87,98	390,57	391,73	1,16	0,36
87,99	390,53	391,73	1,06	0,32
88,02	390,67	391,5	2,54	0,92
88,05	390,03	391,11	1,55	0,49
88,08	390,1	391,1	1,27	0,41
88,10	390,02	391,09	1,11	0,34
88,11	389,94	391,13	0,25	0,07
88,13	390,01	391,06	1,15	0,37
88,15	390,02	391,1	0,26	0,08
88,15	390,03	391,04	1,17	0,38
88,18	389,94	390,9	2,16	0,72
88,20	389,87	390,92	1,31	0,41
88,20	389,91	390,89	1,43	0,47
88,29	389,81	390,79	1,36	0,45
88,31	389,66	390,74	1,45	0,48
88,34	389,71	390,73	1,16	0,37
88,39	389,66	390,61	1,59	0,55
88,41	389,64	390,59	1,36	0,46
88,45	389,49	390,55	1,32	0,43
88,45	389,65	390,48	1,76	0,63
88,47	389,3	390,5	1,28	0,38
88,49	389,29	390,47	1,43	0,44
88,50	389,36	390,32	2,29	0,75
88,53	389,24	390,28	1,68	0,55
88,55	389,16	390,3	1,34	0,41
88,56	389,18	390,22	1,89	0,6
88,58	389,07	390,21	1,47	0,45
88,61	389,15	390,16	1,67	0,54
88,62	389,05	390,17	1,21	0,39
88,64	389,1	390,13	1,23	0,55
88,67	388,7	390,07	1,44	0,41
88,68	389,12	390,11	0,74	0,27
88,69	389,04	390,04	1,41	0,46
88,70	389,1	389,94	1,8	0,63
88,72	388,89	389,94	1,52	0,48
88,73	389,04	389,87	1,79	0,64
88,74	388,65	389,92	1,08	0,31
88,78	388,81	389,74	2,1	0,73
88,79	388,75	389,74	1,65	0,55
88,81	388,72	389,69	1,8	0,6
88,81	388,7	389,7	1,53	0,51
88,82	388,74	389,68	1,7	0,58
88,82	388,68	389,65	1,81	0,6
88,85	388,65	389,68	1	0,32
88,89	388,55	389,56	1,6	0,52
88,90	388,45	389,54	1,52	0,48
88,93	388,37	389,54	1,25	0,38

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
88,97	388,21	389,41	1,75	0,54
89,01	388,19	389,41	1,32	0,39
89,02	388,17	389,32	1,8	0,54
89,06	388,08	389,33	1,22	0,35
89,08	388,19	389,32	1,29	0,39
89,10	387,91	389,29	1,31	0,38
89,11	388,05	389,28	1,35	0,39
89,12	387,94	389,27	1,24	0,35
89,13	387,99	389,25	1,4	0,4
89,17	387,8	389,24	1,23	0,33
89,19	387,81	389,21	1,22	0,34
89,21	387,82	389,2	1,26	0,35
89,23	387,82	389,15	1,5	0,43
89,25	387,81	389,15	1,23	0,35
89,26	387,75	389,14	1,33	0,37
89,29	387,7	389,13	1	0,32
89,31	387,62	389,09	1,28	0,34
89,34	387,61	389,08	1,16	0,31
89,35	387,62	389,09	1,04	0,28
89,35	387,59	389,03	1,54	0,41
89,36	387,66	389,04	1,22	0,33
89,37	387,61	389,04	1,21	0,33
89,39	387,6	389,02	1,28	0,35
89,40	387,65	388,99	1,49	0,41
89,41	387,61	389	1,17	0,32
89,42	387,56	388,98	1,27	0,34
89,45	387,47	388,96	1,28	0,34
89,47	387,54	388,93	1,44	0,39
89,48	387,5	388,93	1,31	0,36
89,49	387,59	388,9	1,45	0,41
89,51	387,56	388,9	1,26	0,35
89,52	387,59	388,89	1,25	0,37
89,54	387,45	388,9	0,99	0,27
89,55	387,46	388,89	1,07	0,29
89,56	387,36	388,89	1,06	0,28
89,59	387,48	388,85	1,26	0,35
89,61	387,35	388,84	1,08	0,3
89,63	387,46	388,82	1,21	0,34
89,64	387,55	388,76	1,58	0,47
89,65	387,6	388,83	0,16	0,05
89,67	387,47	388,83	0,05	0,02
89,69	387,35	388,83	0,04	0,01
89,70	387,55	388,83	0,03	0,01
89,74	387,57	388,83	0,04	0,01
89,75	387,52	388,83	0,03	0,01
89,77	387,46	388,72	1,5	0,44
89,79	387,59	388,7	1,61	0,5
89,79	387,77	388,72	1,21	0,41
89,79	387,67	388,7	1,35	0,44
89,84	387,43	388,63	1,39	0,42
89,86	387,33	388,59	1,67	0,49
89,91	387,32	388,56	1,33	0,39
89,93	387,3	388,38	2,49	0,8
89,96	387,29	388,29	2,1	0,69
89,97	387,24	388,31	1,66	0,54
89,99	387,25	388,28	1,66	0,54
90,00	387,2	388,25	1,84	0,58
90,01	387,19	388,23	1,74	0,57
90,03	387,07	388,19	1,67	0,53
90,08	386,92	388,07	1,95	0,59

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
90,10	386,79	388,03	1,81	0,54
90,17	386,78	387,99	1,4	0,41
90,22	386,73	387,92	1,4	0,43
90,24	386,65	387,9	1,34	0,44
90,25	386,63	387,88	1,4	0,43
90,27	386,66	387,83	1,61	0,5
90,28	386,62	387,83	1,36	0,42
90,33	386,54	387,77	1,37	0,42
90,40	386,62	387,42	2,31	0,95
90,42	386,46	387,4	1,74	0,6
90,45	386,31	387,35	1,71	0,57
90,46	386,31	387,33	1,77	0,58
90,48	386,23	387,29	1,64	0,54
90,49	386,16	387,25	1,69	0,55
90,51	386,07	387,24	1,67	0,51
90,52	386,15	387,2	1,62	0,53
90,56	386,19	387,14	1,58	0,52
90,58	385,94	387,13	1,51	0,46
90,60	386,05	387,01	1,91	0,63
90,61	385,95	386,96	1,81	0,74
90,64	385,8	386,89	1,72	0,56
90,67	385,79	386,79	2,04	0,67
90,70	385,71	386,76	1,78	0,57
90,71	385,55	386,78	1,27	0,39
90,75	385,51	386,79	0,79	0,23
90,76	385,43	386,75	1,2	0,34
90,79	385,44	386,7	1,42	0,41
90,82	385,41	386,62	1,76	0,52
90,84	385,36	386,63	1,3	0,38
90,88	385,27	386,55	1,49	0,44
90,90	385,25	386,54	1,4	0,41
90,93	385,32	386,49	1,58	0,48
90,95	385,33	386,5	1,23	0,37
90,96	385,3	386,43	1,65	0,5
91,03	385,6	386,32	1,37	0,53
91,04	385,44	386,3	1,44	0,51
91,05	385,32	386,25	1,69	0,57
91,09	385,12	386,21	1,48	0,47
91,12	385,09	386,2	1,17	0,37
91,13	385,01	386,23	0,49	0,15
91,14	385,01	385,99	2,06	0,67
91,15	385,01	385,75	2,7	1
91,18	384,66	385,8	1,36	0,43
91,21	384,65	385,77	1,4	0,43
91,23	384,58	385,71	1,65	0,51
91,27	384,65	385,44	2,57	0,94
91,29	384,4	385,42	1,89	0,63
91,31	384,28	385,34	1,91	0,63
91,33	384,32	385,31	1,96	0,66
91,35	384,26	385,29	1,57	0,51
91,40	384,23	385,26	1,33	0,43
91,41	384,09	385,19	1,63	0,52
91,43	384,19	385,11	2,02	0,69
91,44	384,07	385,11	1,72	0,56
91,46	383,94	385,09	1,44	0,45
91,53	383,85	384,99	1,6	0,49
91,54	383,85	384,97	1,58	0,49
91,56	383,8	384,97	1,38	0,42
91,60	383,64	384,91	1,44	0,42
91,64	383,7	384,83	1,62	0,5

Kilometraje	Cota fondo	Nivel Agua	Velocidad	Número de Froude
(km)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(-)
91,68	383,57	384,61	2,3	0,73
91,70	383,57	384,65	1,64	0,51
91,75	383,56	384,59	1,57	0,51
91,78	383,66	384,45	1,92	0,75
91,79	383,56	384,4	2,21	0,79
91,80	383,48	384,37	1,97	0,73
91,85	383,25	384,29	1,65	0,53
91,86	383,21	384,21	1,97	0,65
91,88	383,09	384,2	1,63	0,52
91,90	383,1	384,17	1,55	0,49
91,92	383,03	384,16	1,42	0,44
91,95	382,96	383,95	2,43	0,82
92,01	382,82	383,84	1,8	0,58
92,02	382,77	383,81	1,82	0,59
92,04	382,61	383,79	1,56	0,46
92,08	382,58	383,74	1,59	0,48
92,12	382,53	383,66	1,72	0,52
92,13	382,51	383,68	1,24	0,37
92,14	382,51	383,5	2,46	0,8
92,16	382,44	383,46	2,16	0,69

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

CANAL BUZETA

Anexo 14

Santiago, mayo de 2015

CNR
Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

14.1. DISEÑO DE ALTERNATIVAS

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

N° 4184-3000-IH-MEC-004_C

ANEXO 14.1.1 - MANTENCIÓN DE OBRAS CANAL BUZETA

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	F. de la Fuente	P. Muñoz/ P. Zúñiga	D. González	Coordinación Interna
	Fecha	03.11.14	04.11.14	04.11.14	
B	Nombre Firma	F. de la Fuente	P. Muñoz/ P. Zúñiga	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	10.11.14	10.11.14	10.11.14	
0	Nombre Firma	D. Arce	J. Garín/P. Zúñiga	D. González	Aprobado Cliente
	Fecha	13.07.15	13.07.15	13.07.15	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia, Santiago
Teléfono: +56 022 381 6000
Fax: +56 022 381 6001
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

ANEXO 14.1.1 - MANTENCIÓN DE OBRAS CANAL BUZETA

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4
1.1 OBJETIVOS 4
1.2 REFERENCIAS 4

2 IDENTIFICACIÓN DE OBRAS DEFICIENTES Y DIAGNOSTICO DEL ESTADO GENERAL DEL CANAL 5
2.1 SECCIÓN DEL CANAL Y REVESTIMIENTOS 5
2.2 OBRAS DE CRUCE 6
2.3 OBRAS DE DESCARGA 9
2.4 COMPUERTAS 9

3 DISEÑO OBRAS DE MEJORAMIENTO 12
3.1 SELLOS DE FONDO Y REPERFILAMIENTO 13
3.2 OBRAS DE CRUCE 13
3.3 OBRAS DE DESCARGA 15
3.4 COMPUERTAS 16

4 CUBICACIONES 18

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1. Clasificación de las obras existentes en el canal Buzeta según estado de conservación y operatividad 5

Tabla 2-2 Estado de Revestimientos en canal Buzeta 6

Tabla 2-3 Obras de cruce deficientes 6

Tabla 2-4: Compuertas en mal estado 11

Tabla 3-1: Cálculo de pérdidas en rejas de entrada. 14

Tabla 3-2: Curva de descarga vertederos laterales 16

Tabla 3-3: Mejoras a compuertas de descarga en mal estado 16

Tabla 4-1 Cubicaciones Mantención de Obras Canal Buzeta 18

LISTADO DE FIGURAS

Figura 3-1: Esquema de los sellos de fondo 13

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2-1: Entrada sifón N°1 (SF1) 7
Fotografía 2-2: Puente PT9. Vista Longitudinal 7
Fotografía 2-3: Puente PT9. Vista Sobre el Puente 8
Fotografía 2-4: Entrada sifón N°2 (SF2) 8
Fotografía 2-5: Vertedero VT4 9
Fotografía 2-6: Compuerta con vegetación y mal encauce 10
Fotografía 2-7: Compuerta con embancamiento en la entrada 10
Fotografía 2-8: Compuerta con acero en mal estado 11

1 INTRODUCCIÓN

La presente memoria de Cálculo contiene los antecedentes y soluciones propuestas para la mantención de las obras internas del canal Buzeta de manera de contribuir a la optimización de la distribución de los caudales de riego.

La definición de las obras para las cuales se contemplan mantenciones se realizó de acuerdo a lo identificado en el catastro de obras y los resultados obtenidos en el diagnóstico del estado del mismo canal. Las obras consideradas en este análisis corresponden a obras de cruce, obras de descarga, compuertas y la propia sección del canal.

1.1 OBJETIVOS

Los objetivos generales de esta memoria corresponden a:

- Identificación de necesidades de mantención de las obras existentes del canal Buzeta.
- Establecer criterios de mejoras para las soluciones a adoptar en las obras en estado deficiente.
- Entregar las soluciones definitivas para cada obra que requiera mantención en el canal Buzeta y que afecte a las actividades de riego.

1.2 REFERENCIAS

Ref 1 Manual de Carreteras, Volumen 3. 2014. Dirección General de Obras Públicas. Ministerio de Obras Públicas, Chile.

Ref 2 Hidráulica aplicada al diseño de obras, partes I, II y II. 2007. Horacio Mery.

Ref 3 Estudio "Mejoramiento Canales Bellavista, Villalón y Buzeta", Catastro de Obras Canal Buzeta. 2013-2014. Comisión Nacional de Riego.

2 IDENTIFICACIÓN DE OBRAS DEFICIENTES Y DIAGNOSTICO DEL ESTADO GENERAL DEL CANAL

En función de la información recopilada en terreno, se ha clasificado el estado de las obras en Bueno, Regular y Deficiente, definiéndose dicha clasificación en base a los criterios presentados en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1. Clasificación de las obras existentes en el canal Buzeta según estado de conservación y operatividad

Sección del canal y revestimientos	
Deficiente	Sección Irregular, vegetación abundante, revestimiento presenta grietas de gran tamaño o trozos faltantes, compromiso de estabilidad del revestimiento y de función impermeabilizante
Regular	Sección medianamente regular, con o sin presencia de vegetación, revestimiento con grietas de menor tamaño, sin compromiso de estabilidad del revestimiento y función impermeabilizante
Bueno	Sección regular, sin vegetación, revestimiento sin grietas, con buen nivel de limpieza y mantención.
Obras de cruce: puentes, canoas, sifones	
Deficiente	Obra inestable estructuralmente: hormigón en mal estado, madera descompuesta
Regular	Obra opera correctamente, sin embargo podría presentar problemas de estabilidad en el corto plazo
Bueno	Obra estable estructuralmente
Obras de descarga o distribución: vertedero, marco partidor	
Deficiente	Obra en mal estado u obstruida, no opera correctamente
Regular	Obra en mal estado u obstruida, podría operar con errores
Bueno	Obra opera correctamente
Obras de entrega: compuertas	
Deficiente	Mal estado induce a infiltraciones por mal sellado, oxidación de la hoja, o capacidad (mampostería lateral insuficiente)
Regular	Compuerta con baja mantención (sin grasa) e interferencias como ramas, sedimentos o vegetación
Bueno	Operando sin generar infiltraciones, mantención de la compuerta con grasa

Nota: el estado de los aforadores se evaluó en la memoria técnica 4184-3000-IH-MEC-005 Sistema Control de Caudales

2.1 SECCIÓN DEL CANAL Y REVESTIMIENTOS

Considerando la clasificación antes indicada se ha determinado que existen aproximadamente 23 km con algún tipo de revestimiento en el canal (25% de la longitud total del canal), de los cuales un 78% se encuentra en buen estado, un 13% en estado regular, y un 9% en estado deficiente. El detalle según tipo de revestimiento y estado se presenta en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2 Estado de Revestimientos en canal Buzeta

Revestimiento		Estado (km)		
Material	**Ubicación o tipo**	**Bueno**	**Regular**	**Deficiente**
Hormigón	Sección Completa	0,81	0,31	-
	Ribera Izquierda	-	-	-
	Ribera Derecha	0,70	-	-
	Canal Abovedado	-	-	-
Mampostería	Sección Completa	7,17	0,13	1,22
	Ribera Izquierda	-	-	-
	Ribera Derecha	8,41	2,61	0,84
Geomembrana	Sección Completa	1,16	-	-
Mixto Mampostería y Shotcrete	Fondo y ribera derecha	-	0,04	-
Sin Revestimiento	-	-	-	68,61

Con respecto a los tramos sin revestir, cabe señalar que la mayoría presenta un estado deficiente, ya que han perdido la geometría y requieren de un profundo proceso de limpieza. Actualmente no existen sellos de fondo en el canal por lo que muchas de sus secciones no pueden ser re-perfiladas.

2.2 OBRAS DE CRUCE

Dentro de las obras de cruce del canal con necesidad de mejoramiento, se identificaron 2 sifones y 1 puente. En la Tabla 2-3 se presenta la ubicación de las obras con la nomenclatura correspondiente al catastro realizado y a continuación se presenta su respectiva falencia técnica.

Tabla 2-3 Obras de cruce deficientes

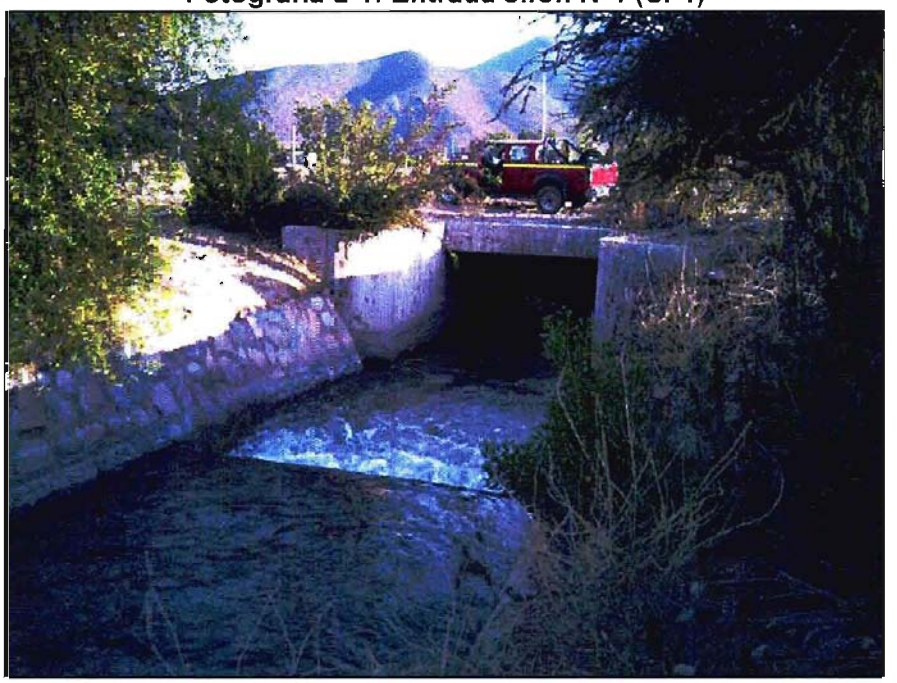
Nomenclatura	Tipo de Obra	Km	Problema Detectado
SF1	Sifón	15,59	Sin rejilla, riesgo de caída
PT9	Puente	37,75	Mal estado del hormigón. Este puente está constituido por madera y hormigón.
SF2	Sifón	56,59	Sin rejilla, riesgo de caída.

Ambos sifones se encuentran desprotegidos en la entrada, por lo que se pueden generar obstrucciones del flujo por el ingreso de elementos mayores.

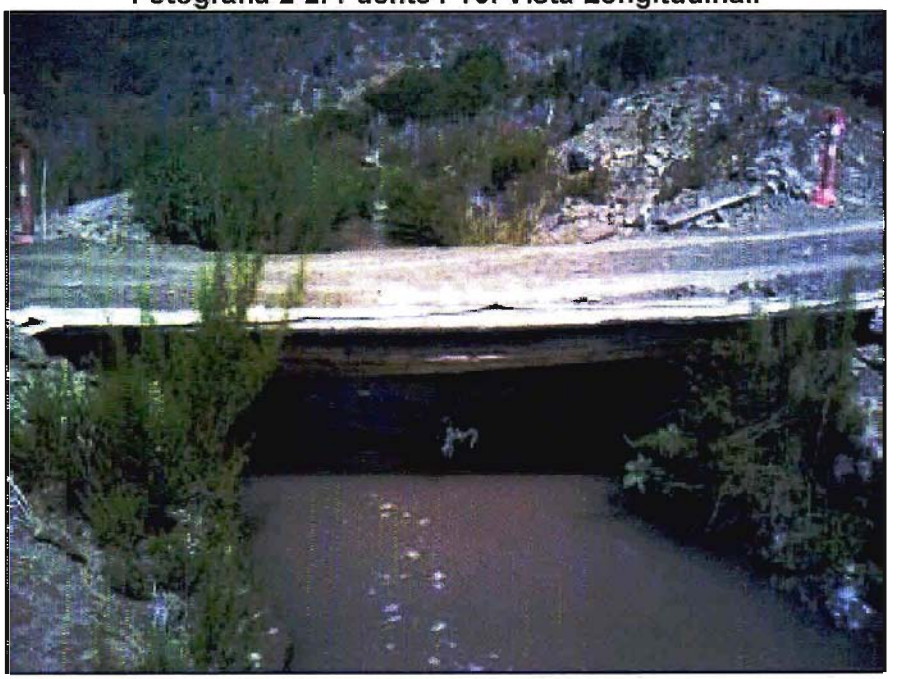
El puente PT9 se encuentra en muy mal estado y podría afectar la inestabilidad del canal, además de ser un peligro para las personas que transitan por él. Cabe hacer notar que el puente PT10, que ha sido identificado en catastro en estado deficiente, no se ha incluido a este mejoramiento ya que corresponde a un cruce no autorizado de un propietario, el cual el año 2014 la junta de vigilancia estaba comunicándose con el dueño de manera de eliminarlo.

En las siguientes fotografías se presentan imágenes de la situación de cada una de estas obras.

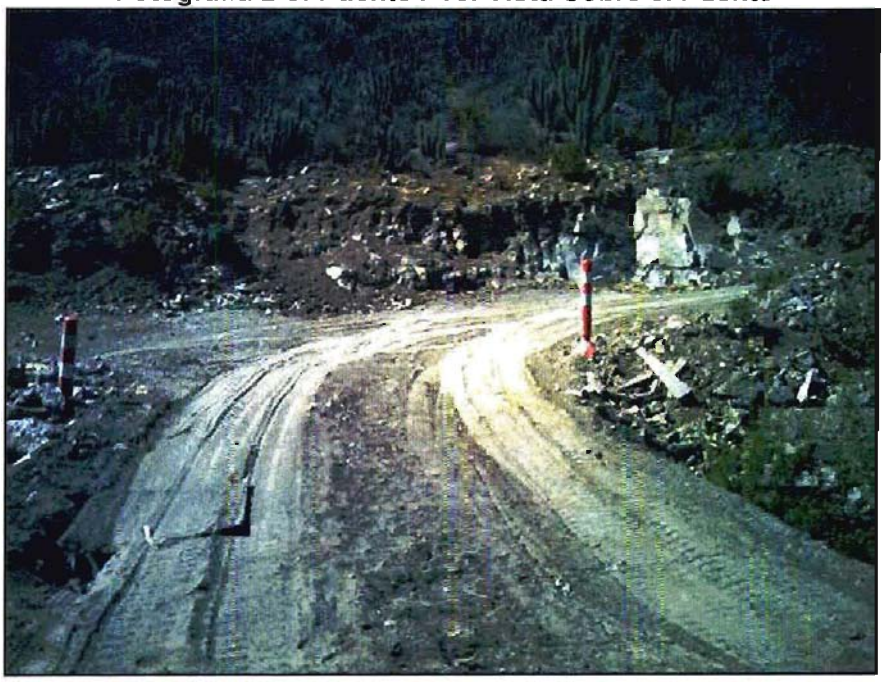
Fotografía 2-1: Entrada sifón N°1 (SF1)



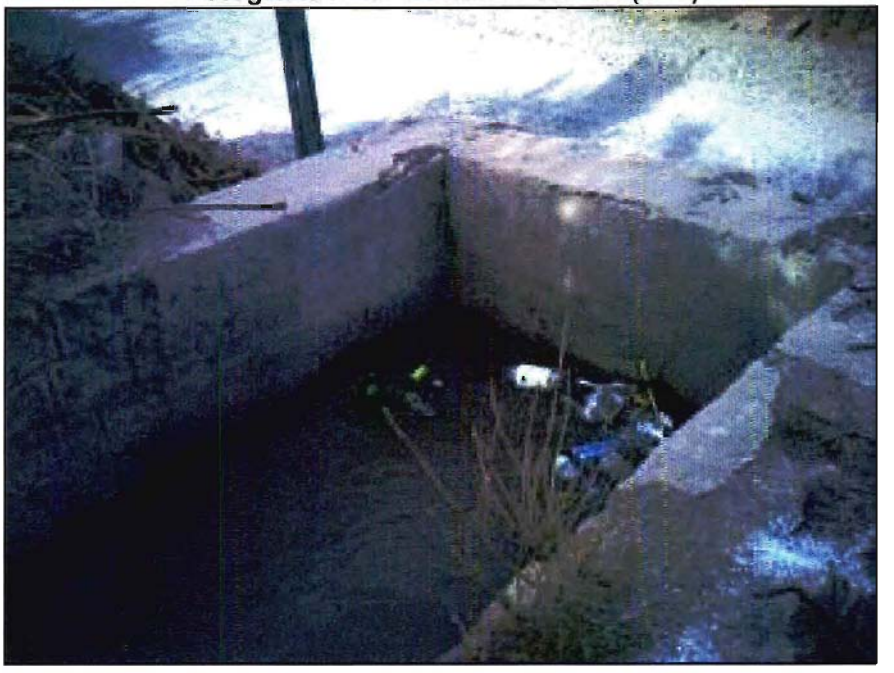
Fotografía 2-2: Puente PT9. Vista Longitudinal.



Fotografía 2-3: Puente PT9. Vista Sobre el Puente



Fotografía 2-4: Entrada sifón N°2 (SF2)



2.3 OBRAS DE DESCARGA

Dentro de las obras de descarga del canal en estado deficiente se identificó el vertedero VT4, ubicado en el km 36,18. El vertedero se encuentra fuera de servicio al estar completamente cubierto por material y sedimentos de la quebrada, tal y como se observa en la Fotografía 2-5.

Fotografía 2-5: Vertedero VT4



(Vista hacia aguas abajo)



(Vista hacia aguas arriba)

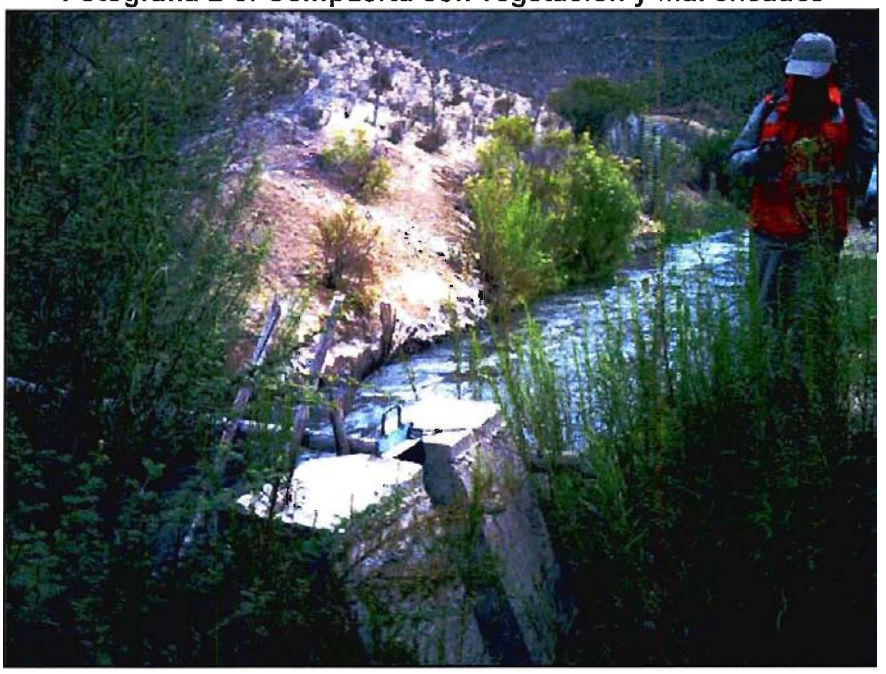
2.4 COMPUERTAS

Se identificaron 71 compuertas de entrega o descarga en estado deficiente. Las principales deficiencias encontradas fueron:

- Compuertas de acero en mal estado.
- Embancamiento de sedimentos en la entrada de la compuerta.
- Obstrucciones de vegetación en la entrada de la compuerta.
- Mal encauce del canal hacia la compuerta debido a inexistencia o mal estado de los muros de ala de la compuerta produciendo filtraciones laterales.

En las siguientes fotografías se representan los principales problemas de las compuertas.

Fotografía 2-6: Compuerta con vegetación y mal encauce



Fotografía 2-7: Compuerta con embancamiento en la entrada



Fotografía 2-8: Compuerta con acero en mal estado



El resumen de las 71 compuertas en mal estado se muestra en la Tabla 2-4.

Tabla 2-4: Compuertas en mal estado

Compuerta	Tipo	Tipo de Problema		
		Compuerta de Acero en Mal Estado	Mal Encausamiento a la Compuerta	Obstrucción con Vegetación o Embancamiento
CP14	R	X		X
CP15	R	X		
CP16	R	X		X
CP26	R		X	X
CP35	R		X	X
CP65	R		X	
CP66	R		X	
CP67	R			X
CP69	R		X	
CP70	R		X	X
CP72	D			X
CP97	R		X	
CP98	R		X	
CP99	R		X	X
CP100	R		X	
CP101	R		X	X
CP102	D		X	X
CP103	D	X	X	X
CP117	D			X
CP122	R		X	
CP147	D	X		
CP158	R	X		
CP159	R	X		
CP164	R	X		

Compuerta	Tipo	Tipo de Problema		
		Compuerta de Acero en Mal Estado	Mal Encausamiento a la Compuerta	Obstrucción con Vegetación o Embancamiento
CP166	R	X		
CP170	R	X	X	
CP171	R	X		
CP176	R	X		
CP180	R	X	X	
CP182	R	X		
CP183	R	X		
CP184	R	X		
CP185	R	X		
CP187	R	X		
CP191	R	X		
CP192	D		X	
CP193	R	X		X
CP194	R	X		
CP195	R	X		
CP196	R	X		
CP197	R	X		
CP199	R	X		
CP204	R	X		
CP207	R	X		
CP210	R	X		
CP212	R	X		
CP213	R	X		
CP214	R	X		
CP216	R	X		
CP217	R	X		
CP218	R	X	X	
CP230	R	X		
CP237	R			X
CP250	R	X		
CP251	R	X		X
CP256	R	X		
CP257	R	X		
CP259	R	X		
CP260	R	X		
CP261	R	X		
CP262	R	X		
CP275	R	X		
CP276	R	X	X	
CP277	R	X	X	
CP278	R	X		
CP279	R	X	X	
CP281	R	X	X	
CP282	R	X	X	
CP283	R	X	X	
CP284	R	X	X	
CP286	R	X	X	

R: Compuerta de Riego o Entrega; D: Compuerta de Descarga

3 DISEÑO OBRAS DE MEJORAMIENTO

En función de los resultados del diagnóstico, se ha considerado la realización de mantención y mejoramiento a las obras ya existentes y cuyo estado es deficiente. No se ha incluido las obras en estado regular, pues pueden funcionar adecuadamente, sin riesgo para usuarios

transeúntes, sin embargo se debiese considerar un programa de mantención de dichas obras en el futuro.

A continuación se detallan las obras a mantener y/o mejorar.

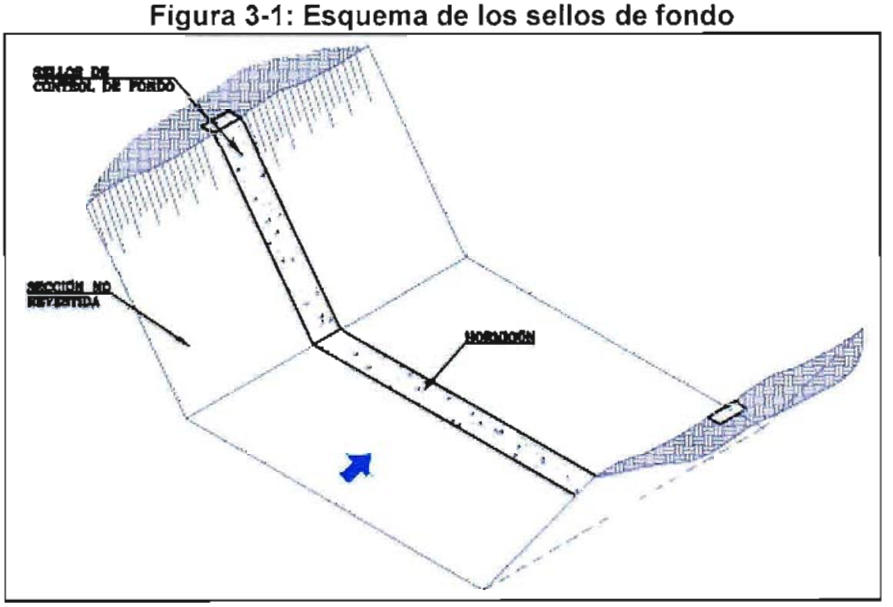
3.1 SELLOS DE FONDO Y REPERFILAMIENTO

Como medida de mejoramiento de los tramos de canal no revestidos, se define incorporar sellos de fondo cada 500 m en lugares donde el canal no cuente con revestimiento de la sección completa. Así, luego de eventos de crecidas o cuando crezca vegetación o el canal se embanque, se podrán reestablecer las cotas de fondo y taludes para el cual el canal fue diseñado.

En el canal Buzeta se calculó una cantidad de 117 sellos de fondo para cumplir con los criterios antes mencionados.

En la Figura 3-1 se presenta un esquema de la implementación de los sellos de fondo para el canal.

Figura 3-1: Esquema de los sellos de fondo



3.2 OBRAS DE CRUCE

En los sifones SF1 y SF2 se implementarán rejas en la entrada para impedir el paso de objetos que puedan obstruir el flujo a través de las obras y por medida de seguridad para personas o animales que pudieran caer al canal.

Para efectos del diseño de las rejas, se han calculado las pérdidas singulares que estas obras producirán al sistema según la ecuación de Berezinsky (Ref 2):

$$\Lambda_{reja} = K_d \cdot K_f \cdot p^{1,6} \cdot f\left(\frac{L}{b}\right) \cdot seno(\varphi) \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$f\left(\frac{L}{b}\right) = 8 + 2{,}3\ (\mathrm{L/b}) + 2{,}4\ (\mathrm{b/L})$$

Dónde:

Λ_{reja} : Pérdida de carga en la rejilla (m).
K_d : Coeficiente dependiente de la limpieza de la reja. Para reja con limpieza manual, varía entre 2 a 4.
K_f : Coeficiente de forma (0,51 para pletinas rectangulares y 0,32 con redondeo).
p : Relación entre la superficie de las rejas y la superficie total.
φ : Ángulo que forma el plano de la reja con el plano horizontal (rad).
L : Espesor barras en el sentido del flujo (m)
b : Espacio entre barras (m)
v : Velocidad de flujo en la sección bruta, en este caso de las rejillas (m/s).

Se utilizarán barras de acero circulares de 20mm de diámetro y separadas cada 8 cm en ambas rejas a implementar, el ángulo de inclinación utilizado será de 15° para una mayor facilidad en la limpieza de las rejas. La reja correspondiente al sifón SF1 tendrá una longitud de 3m y un ancho de 3,3 m. La reja correspondiente al sifón SF2 tendrá una longitud de 1,5 m y un ancho de 1,8 m. El ancho de las rejas en cada sifón corresponde al ancho de la cámara de entrada respectivo.

En la Tabla 3-1 se presenta el cálculo de las pérdidas generadas por las rejas.

Tabla 3-1: Cálculo de pérdidas en rejas de entrada.

Parámetro	Notación	Unidad	SF1	SF2
Coeficiente limpieza reja	Kd	(-)	2,00	2,00
Coeficiente forma de barras	Kf	(-)	0,35	0,35
Distancia entre barras	b	(m)	0,08	0,08
Espesor barras	s	(m)	0,02	0,02
Espesor barra en sentido escurrimiento	L	(m)	0,02	0,02
Largo Reja	l	(m)	3,00	1,50
Ancho Reja	B	(m)	3,30	1,80
Ángulo de inclinación rejas	phi	(grados)	15,00	15,00
Relación l/b	l/b	(-)	0,25	0,25
Número de barras	Nb	(-)	33,00	18,00
Área total barras/Área total	p	(-)	0,20	0,20
Función de relación	f	(-)	18,18	18,18
Velocidad bruta	v	(m/s)	2,14	2,34
Pérdida en la reja	Λ_{reja}	(m)	0,06	0,07

A partir de los resultados de pérdidas entregados en la tabla anterior, se aprecia que las pérdidas generadas por las rejas no son importantes para efectos del funcionamiento normal del canal, por lo que se implementarán las rejas con las dimensiones utilizadas.

En el caso del puente (PT9) en mal estado se propone el mejoramiento de los soportes del puente de manera de contar con una estructura estable sobre el canal y así evitar el desprendimiento de material sobre éste. Debido a que este puente conecta un camino secundario, es responsabilidad de terceros implementar las mejoras de éste.

3.3 OBRAS DE DESCARGA

De la obra de descarga en Vertedero (VT4), se contempla la limpieza y extracción de todos los sedimentos acumulados sobre la obra de hormigón, de manera de establecer las condiciones operacionales de la obra. En caso de que el hormigón se encuentre en mal estado y el vertedero no pueda operar como fue diseñado, se requerirá demoler la obra existente y reconstruir un nuevo vertedero según los siguientes criterios de diseño.
Se utilizó la ecuación obtenida de la Ref 2 para el diseño de la descarga del vertedero:

$$Q_v = C_Q \times L_v \times \sqrt{2g} \times h_v^{3/2}$$

Dónde:

Qv	: Caudal evacuado, en m^3/s
Cq	: Coeficiente de gasto
Lv	: Largo del vertedero, en metros
g	: Aceleración de gravedad = 9,81 m/s^2
hv	: Altura de agua sobre el vertedero en la parte final de éste, en metros.

El coeficiente de gasto para vertederos de pared intermedia y gruesa corresponde a (Ref 2):

$$C_Q = 0{,}324 + \frac{0{,}000387}{h_v^2 * \sqrt{L_v}}$$

Se estudiaron diferentes longitudes para el vertedero en función del caudal necesario a evacuar y se determinó que el largo óptimo es de 3 metros. A continuación, en la Tabla 3-2 se presenta la curva de descarga para vertederos de 3 metros de longitud.

Tabla 3-2: Curva de descarga vertederos laterales

hv (m)	Coef. De Gasto (Cq)	Caudal (m^3/s)
0,10	0,35	0,15
0,15	0,33	0,26
0,20	0,33	0,39
0,25	0,33	0,54
0,30	0,33	0,71
0,35	0,33	0,90
0,40	0,33	1,09
0,45	0,33	1,30
0,50	0,32	1,53
0,55	0,32	1,76
0,60	0,32	2,00

3.4 COMPUERTAS

Se proponen 3 soluciones posibles para cada caso:

- Reemplazo de la compuerta de acero.
- Mejoramiento del encausamiento hacia la compuerta.
- Retiro de obstrucciones (vegetación y sedimentos)

Cada obra de compuerta puede contar con una o más soluciones dependiendo de la necesidad de mejora. En la Tabla 3-3 se presentan las soluciones de mejora propuestas para cada una de las compuertas en estudio.

Tabla 3-3: Mejoras a compuertas de descarga en mal estado

Compuerta	Tipo	Tipo de Solución Requerida		
		Reemplazo de la Compuerta de Acero	Encausamiento en Mampostería hacia la Compuerta	Retiro de Obstruccione (vegetación/sedimentos)
CP14	R	X		X
CP15	R	X		
CP16	R	X		X
CP26	R		X	X
CP35	R		X	X
CP65	R		X	
CP66	R		X	
CP67	R			X
CP69	R		X	
CP70	R		X	X
CP72	D			X
CP97	R		X	
CP98	R		X	
CP99	R		X	X
CP100	R		X	
CP101	R		X	X
CP102	D		X	X
CP103	D	X	X	X
CP117	D			X
CP122	R		X	

Compuerta	Tipo	Tipo de Solución Requerida		
		Reemplazo de la Compuerta de Acero	Encausamiento en Mamposteria hacia la Compuerta	Retiro de Obstruccione (vegetación/sedimentos)
CP147	D	X		
CP158	R	X		
CP159	R	X		
CP164	R	X		
CP166	R	X		
CP170	R	X	X	
CP171	R	X		
CP176	R	X		
CP180	R	X	X	
CP182	R	X		
CP183	R	X		
CP184	R	X		
CP185	R	X		
CP187	R	X		
CP191	R	X		
CP192	D		X	
CP193	R	X		X
CP194	R	X		
CP195	R	X		
CP196	R	X		
CP197	R	X		
CP199	R	X		
CP204	R	X		
CP207	R	X		
CP210	R	X		
CP212	R	X		
CP213	R	X		
CP214	R	X		
CP216	R	X		
CP217	R	X		
CP218	R	X	X	
CP230	R	X		
CP237	R			X
CP250	R	X		
CP251	R	X		X
CP256	R	X		
CP257	R	X		
CP259	R	X		
CP260	R	X		
CP261	R	X		
CP262	R	X		
CP275	R	X		
CP276	R	X	X	
CP277	R	X	X	
CP278	R	X		
CP279	R	X	X	
CP281	R	X	X	
CP282	R	X	X	
CP283	R	X	X	
CP284	R	X	X	
CP286	R	X	X	

R: Compuerta de Entrega o Riego. D: Compuerta de Descarga

4 CUBICACIONES

Las cubicaciones necesarias por partida para los diseños contemplados se presentan en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1 Cubicaciones Mantención de Obras Canal Buzeta

		Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final
1	**OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO**				
1,1	**MANTENCIÓN DE OBRAS**				
1.1.1	**Mejoramiento obras hidráulicas**				
	Entrada Sifón 1				
	Rejas Hidráulicas entrada	kg	244	1	244
	Entrada Sifón 2				
	Rejas Hidráulicas entrada	kg	67	1	67
	Vertedero lateral				
	Demolición hormigón existente	m^3	5	1,1	5
	Hormigón H-25	m^3	4	1,1	5
	Enfierradura (50 Kg/m^3)	kg	210	1,1	231
1.1.2	**Mantención compuertas**				
	Reemplazo compuerta de acero 0,2x1,10 m	un	1	1	1
	Reemplazo compuerta de acero 0,2x1,15 m	un	2	1	2
	Reemplazo compuerta de acero 0,2x1,20 m	un	1	1	1
	Reemplazo compuerta de acero 0,3x1,10 m	un	2	1	2
	Reemplazo compuerta de acero 0,3x1,20 m	un	24	1	24
	Reemplazo compuerta de acero 0,3x1,25 m	un	1	1	1
	Reemplazo compuerta de acero 0,3x1,40 m	un	1	1	1
	Reemplazo compuerta de acero 0,35x1,10 m	un	10	1	10
	Reemplazo compuerta de acero 0,35x1,20 m	un	3	1	3
	Reemplazo compuerta de acero 0,45x0,45 m	un	4	1	4
	Reemplazo compuerta de acero 0,45x1,0 m	un	1	1	1
	Reemplazo compuerta de acero 0,90x1,00 m	un	1	1	1
	Reemplazo compuerta de acero 1,00x1,00 m	un	1	1	1
	Reemplazo compuerta de acero con volante 0,3x1,4	un	1	1	1
	Reemplazo compuerta de acero con volante 0,9x1,0	un	1	1	1
	Mampostería de piedra	m2	156	1,2	187
1.1.3	**Sellos de fondo**				
	Excavación Mat Común	m^3	39	1,1	42
	Hormigón H-25	m^3	35	1,1	39
	Enfierradura (50 Kg/m^3)	kg	1755	1,1	1.931
1.1.4	**Reperfilamiento**				
	Excavación abierta mat. Común	m3	30459	1,1	33.505
	Retiro y Transporte de excedentes	m3	30459	1,1	33.505

PU: Precio Unitario; FC: Factor de Corrección

Nota: La enfierradura se estimó a partir de una cuantía de 50kg/m3, a nivel de prefactibilidad.

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

N° 4184-3000-GE-MEC-001_0

ANEXO 14.1.2 - ESTABILIDAD GEOTÉCNICA DEL CANAL BUZETA

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	L. Sandia / R. Arellano	C. Sandoval	P. Zuñiga	Coordinación Interna
	Fecha	05.11.14	07.11.14	07.11.14	
B	Nombre Firma	L. Sandia / R. Arellano	C. Sandoval	P. Zuñiga	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	10.11.14	11.11.14	11.11.14	
0	Nombre Firma	L. Sandia / R. Arellano	C. Sandoval	P. Zuñiga	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	10.07.15	11.07.15	11.07.15	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia. Santiago
Teléfono: +56 022 381 6000
Fax: +56 022 381 6001
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

ANEXO 14.1.2 - ESTABILIDAD GEOTÉCNICA DEL CANAL BUZETA

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 9

2 OBJETIVOS 9

3 DESLIZAMIENTOS SECTOR EL BATO 9

3.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 9
3.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN 15
3.2.1 Desplazamiento del Canal al Interior del Cerro. 15
3.2.2 Construcción de un Túnel 19
3.2.3 Construcción de un sifón 26
3.2.4 Revestimiento Mediante Tuberías 28
3.2.5 Re-perfilado del Talud a Cerro 33
3.2.6 Cubrir canal con loseta de hormigón + Revestimiento mampostería 36

4 PELIGRO DE CAÍDA DE ROCA Y MATERIALES DE LADERA A LO LARGO DEL TRAZADO DEL CANAL 40

4.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 40
4.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN 45
4.2.1 Revestimiento Mediante Tuberías 46
4.2.2 Re-perfilado de Talud a Cerro 47
4.2.3 Malla de Protección Dinámica 49
4.2.4 Malla Estabilizadora de Taludes 52
4.2.5 Cubrir canal con loseta de hormigón + Revestimiento mampostería. 53

5 INESTABILIDAD DE TALUDES POR ROEDORES (CURUROS) 56

5.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 56
5.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN 61
5.2.1 Revestimiento Mediante Mampostería 61

6 DESLIZAMIENTOS POR DEBILITAMIENTO EN TALUD DEBIDO A PRECIPITACIONES INTENSAS 63

6.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 63
6.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN 65
6.2.1 Canalización de Aguas Lluvias 65
6.2.2 Revestimiento Mediante Tuberías 67
6.2.3 Cubrir canal con loseta de hormigón + Revestimiento mampostería 69

7 DEBILITAMIENTO DE TALUDES POR SOCAVACIÓN DEL CANAL DEBIDO A ESCURRIMIENTO 72

7.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 72
7.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN 73
7.2.1 Revestimiento Mediante Tuberías 73
7.2.2 Revestimiento Mediante Mampostería 75

8 ESTABILIDAD DE PORTALES DE TÚNELES 77

8.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 77
8.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN 79
8.2.1 Revestimiento de los Portales 79
8.2.2 Transformación de los Tramos en Túnel en Canal 80
8.2.3 Monitoreo del Comportamiento de los Portales Durante y Después de Precipitaciones 82

9 CAÍDA DE BLOQUES DESDE LA CLAVE DEL TÚNEL 2 (LAS LECHUZAS) 84

9.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 84
9.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN 85
9.2.1 Monitoreo Comportamiento del Túnel Post Sismo 86
9.2.2 Sistema de Sostenimiento para Bloques Inestables 88
9.2.3 Transformación del Tramo de Túnel a Canal 90

10 ALTERNATIVAS RECOMENDADAS 92

LISTADO DE ANEXOS

Apéndice A Diseño sifón sector *El Bato*
Apéndice B Papers
Apéndice C Malla Estabilizadora
Apéndice D Barrera Dinámica
Apéndice E Figuras

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1: Geometría del talud 16
Tabla 3-2: Parámetros geotécnicos de la roca 17
Tabla 3-3: Cubicaciones Alternativa 1 19
Tabla 3-4: Porcentajes de los distintos tipos de roca para el túnel. 24
Tabla 3-5: Recomendación de fortificación por tipo de roca 25
Tabla 3-6: Cubicaciones Alternativa 2 26
Tabla 3-7: Cubicaciones Alternativa 3 28
Tabla 3-8: Dimensionamiento para tubería y canal 30
Tabla 3-9: Cubicaciones Alternativa 4 32
Tabla 3-10: Cubicaciones tuberías y cámaras de inspección Alternativa 4 32
Tabla 3-11: Geometría del talud 34
Tabla 3-12: Parámetros geotécnicos del suelo 34
Tabla 3-13: Cubicaciones Alternativa 5 36

Tabla 3-14: Cubicaciones Alternativa 6 39
Tabla 3-15: Cubicaciones mampostería Alternativa 6 39
Tabla 4-1: Criterios de diseño tubería y canal 46
Tabla 4-2: Cubicaciones movimientos de tierra Alternativa 1 47
Tabla 4-3: Cubicaciones tuberías y cámaras de inspección Alternativa 1 47
Tabla 4-4: Geometría del talud 48
Tabla 4-5: Cubicaciones Alternativa 2 49
Tabla 4-6: Cubicaciones Alternativa 3 51
Tabla 4-7: Cubicaciones Alternativa 4 53
Tabla 4-8: Cubicaciones Alternativa 5 55
Tabla 4-9: Cubicaciones mampostería 55
Tabla 5-1: Cubicaciones Mampostería 62
Tabla 6-1: Cubicaciones Alternativa 1 67
Tabla 6-2: Criterios de diseño tubería y canal 67
Tabla 6-3: Cubicaciones movimientos de tierra Alternativa 2 68
Tabla 6-4: Cubicaciones tuberías y cámaras de inspección Alternativa 2 68
Tabla 6-5: Cubicaciones Alternativa 3 70
Tabla 6-6: Cubicaciones Alternativa 3 71
Tabla 7-1: Criterios de diseño tubería y canal 74
Tabla 7-2: Cubicaciones movimientos de tierra Alternativa 1 75
Tabla 7-3: Cubicaciones tuberías Alternativa 1 75
Tabla 7-4: Cubicaciones Alternativa 2 76
Tabla 8-1: Cubicaciones Alternativa 1 80
Tabla 8-2: Cubicaciones Alternativa 2 81
Tabla 8-3: Cubicaciones portales de entrada y salida Alternativa 3 83
Tabla 9-1: Cubicaciones Alternativa 1 87
Tabla 9-2: Cubicaciones Alternativa 2 89
Tabla 9-3: Criterios de diseño para movimientos de tierra 90
Tabla 9-4: Cubicaciones Alternativa 3 91
Tabla 10-1: Resumen de soluciones propuestas 92

LISTADO DE FIGURAS

Figura 3-1: Ubicación general Sector El Bato, canal Buzeta. 11
Figura 3-2: Vista general del revestimiento con tubería en sector El Bato. 16
Figura 3-3: Dimensiones para el nuevo talud 17
Figura 3-4: Diseño preliminar – Desplazamiento del canal 18
Figura 3-5: Vista en planta de túnel proyectado, sector El Bato. 20
Figura 3-6: Perfil longitudinal proyectado del túnel. 20
Figura 3-7: Sección transversal del túnel. 22
Figura 3-8: Esquema Corte en Roca en Portal. 23
Figura 3-9: Geometría del Portal Entrada. 24
Figura 3-10: Vista en planta sifón proyectado, sector El Bato 27
Figura 3-11: Vista isométrica de unión entre el canal y tubería (sifón) 28
Figura 3-12: Vista general del revestimiento con tubería en sector El Bato 29
Figura 3-13: Dimensiones zanja y tipos de rellenos 32
Figura 3-14: Vista general de las zonas con deslizamientos en sector El Bato. 33
Figura 3-15: Dimensiones para el nuevo talud 34
Figura 3-16: Esquema secuencia constructiva re-perfilado de talud 35
Figura 3-17: Vista general del revestimiento del canal con loseta de hormigón 37
Figura 3-18: Vista isométrica de canal revestido con mampostería y loseta de hormigón 38
Figura 3-19: Sección transversal loseta de hormigón (Tralix) 38
Figura 4-1: Ubicación general sectores con peligro de caída de rocas y material de ladera, canal Buzeta 42
Figura 4-2: Dimensiones para el nuevo talud 48
Figura 4-3: Esquema barrera dinámica – Sección transversal 50
Figura 4-4: Esquema barrera dinámica – Elevación 51
Figura 4-5: Inestabilidades paralelas al talud y locales entre los anclajes 52
Figura 4-6: Vista isométrica de canal revestido con mampostería y loseta de hormigón 54
Figura 4-7: Sección transversal loseta de hormigón (Tralix) 54
Figura 5-1: Ubicación general sectores (en trazos rojos) con problemas de estabilidad de taludes debido a la presencia de cururos, canal Buzeta. 57
Figura 6-1: Ubicación general sectores con deslizamientos de taludes (en color blanco) debido a precipitaciones intensas, canal Buzeta 63

Figura 6-2: Esquema típico canaleta hormigón. 66
Figura 6-3: Anclaje bajadas canal 66
Figura 6-4: Vista isométrica de canal revestido con mampostería y loseta de hormigón 70
Figura 6-5: Sección transversal loseta de hormigón (Tralix) 70
Figura 7-1: Ubicación general sectores con debilitamiento de taludes (en color naranja) debido a la socavación del canal por el escurrimiento, canal Buzeta 72
Figura 8-1: Ubicación general del túnel Socavón en el canal Buzeta. 77
Figura 8-2: Del revestimiento en portal de entrada y salida 80
Figura 8-3: Sección de corte al túnel 81
Figura 8-4: Disposición de los poyos de hormigón en los portales 82
Figura 8-5: Lienza amarrada en los puntos de referencia para tomar las mediciones 83
Figura 9-1: Ubicación general de los túneles Socavón y Las Lechuzas en el canal Buzeta. . 84
Figura 9-2: Puntos de control de monitoreo óptico tridimensional. 86
Figura 9-3: Perfil del túnel con prismas para monitoreo de bloques 87
Figura 9-4: Perfil del túnel con soporte de pernos y cintas W strap. 89
Figura 9-5: Sección de corte al túnel 91

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3-1: Aspecto de las fracturas en la unidad Limahuida en el lado sur de uno de los deslizamientos. 10

Fotografía 3-2: Protección de canal existente mediante tubería de acero galvanizado. 12

Fotografía 3-3: Protección de canal existente mediante tablones de madera. 12

Fotografía 3-4: Deslizamiento N°1 Sector El Bato, canal Buzeta. 13

Fotografía 3-5: Deslizamiento N°2 Sector El Bato, canal Buzeta. 14

Fotografía 3-6: Deslizamiento N°2 Sector El Bato, canal Buzeta. 14

Fotografía 4-1: Peligro de caída de rocas y material de ladera sector Cerro Caracha, canal Buzeta (1 de 2). 43

Fotografía 4-2: Peligro de caída de rocas y material de ladera sector Cerro Caracha, canal Buzeta (2 de 2). 43

Fotografía 4-3: Peligro de caída de rocas en talud a cerro del canal en ladera entre Tahuinco y los Loros (1 de 3). 44

Fotografía 4-4: Peligro de caída de rocas en talud a cerro del canal en ladera entre Tahuinco y los Loros (2 de 3). 44

Fotografía 4-5: Peligro de caída de bloques en talud a cerro en ladera canal entre Tahuinco y los Loros (3 de 3). 45

Fotografía 5-1: Presencia en bermas de cavernas excavadas por cururos, sector de Tahuinco. Canal Buzeta. 58

Fotografía 5-2: Problemas de estabilidad de taludes debido a la presencia de cururos sector Limahuida al este de Socavón. Canal Buzeta (1 de 5). 58

Fotografía 5-3: Problemas de estabilidad de taludes debido a la presencia de cururos sector Limahuida al este de Socavón. Canal Buzeta (2 de 5). 59

Fotografía 5-4: Problemas de estabilidad de taludes debido a la presencia de cururos sector Limahuida al este de Socavón. Canal Buzeta (3 de 5). 59

Fotografía 5-5: Problemas de estabilidad de taludes debido a la presencia de cururos sector Limahuida al este de Socavón. Canal Buzeta (4 de 5). 60

Fotografía 5-6: Problemas de estabilidad de taludes debido a la presencia de cururos sector Limahuida al este de Socavón. Canal Buzeta (5 de 5). 60

Fotografía 5-7: Madrigueras excavadas por otros animales en el sector de El Tambo y que contribuyen a la inestabilidad del pretil o talud a valle. Canal Buzeta. 61

Fotografía 6-1: Deslizamiento de taludes debido a precipitaciones intensas, sector El Tambo canal Buzeta (1 de 2). 64

Fotografía 6-2: Deslizamiento de taludes debido a precipitaciones intensas, sector El Tambo canal Buzeta (2 de 2). 64

Fotografía 7-1: Debilitamiento de taludes debido a la socavación del canal por el escurrimiento, sector El Tambo canal Buzeta. 73

Fotografía 8-1: Detalle del portal de entrada del túnel Socavón (túnel 1) del canal Buzeta cercano a la localidad de Socavón. Se aprecia el poco espesor del techo de roca y el intenso grado de meteorización de ésta. 78

Fotografía 8-2: Detalle del portal de salida del túnel socavón (túnel 1 del canal Buzeta. Se destaca la roca muy meteorizada y algunos bloques más frescos que podrían desestabilizarse por la erosión de precipitaciones intensas. 78

Fotografía 9-1: Detalle de la clave del túnel en las cercanías del portal de salida. 85

1 INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto "Mejoramiento canales Bellavista, Villalón y Buzeta", ARCADIS Chile ha realizado un levantamiento de los problemas de vulnerabilidad física que afectan al canal Buzeta, caracterizando geotécnicamente cada uno de estos sectores mediante una campaña de prospecciones complementaria y dando posibles soluciones a los problemas detectados.

En el presente informe, se presentan las alternativas de soluciones geotécnicas a los problemas de vulnerabilidad física que afectan al canal Buzeta en su trazado, para luego analizarlas desde una perspectiva técnica–económica y concluyendo acerca de la solución más adecuada. Cabe mencionar que este análisis técnico-económico debe ser analizado en conjunto con las soluciones de operación hidráulica y medio ambiental del canal, de manera de obtener una solución integral para los mejoramientos de este.

2 OBJETIVOS

El presente informe tiene como objetivo entregar las alternativas de obras de mejoramiento necesarias para dar mayor seguridad geotécnica a la conducción del caudal de diseño a través de los sectores en donde se presentan peligros y/o problemas de vulnerabilidad física que pueden afectar la operación normal del canal.

3 DESLIZAMIENTOS SECTOR EL BATO

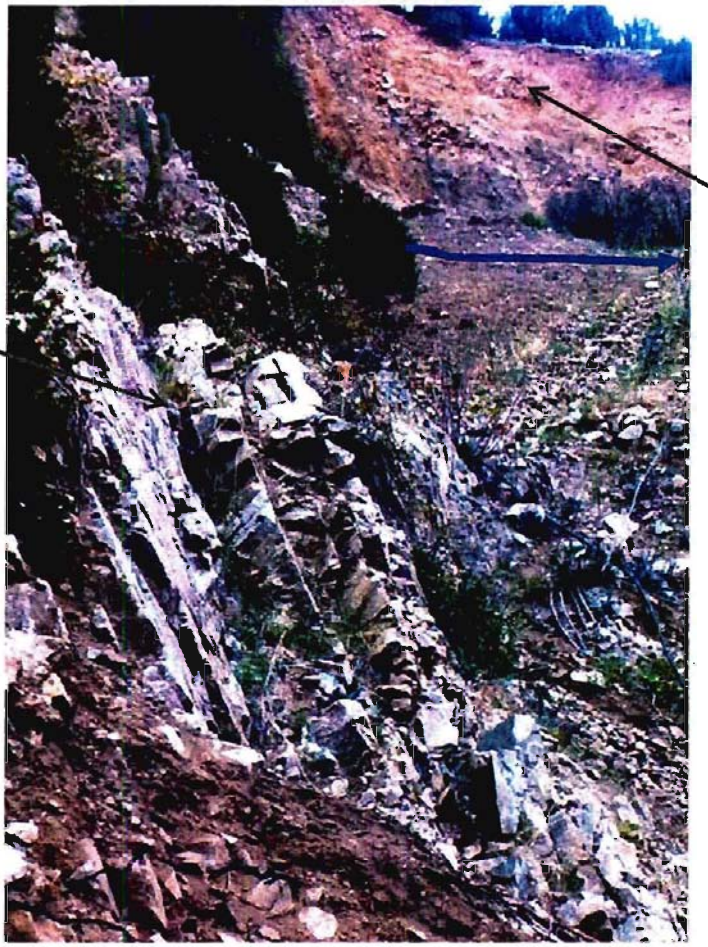
3.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En el sector El Bato, en la ladera E y NE del cerro Colliguay afloran rocas intrusivas cretácicas asignadas a la Unidad Limahuida de la Super unidad Illapel (Informe 4184-3000-GO-INF-002, Informe Geológico ARCADIS CHILE 2014).

Esta unidad aflora entre los valles de los esteros Camisa y Limahuida con orientación submeridiana. Está compuesta en su gran mayoría por granodioritas hololeucocráticas de grano medio en la cual predominan fenocristales de cuarzo y feldespato, el color es blanco a gris muy claro con tintes verdosos.

Suele presentar vetillas y venas de ferromagnesianos alterados completamente a clorita y/o epidota. Las vetas pueden ser subparalelas a un intenso fracturamiento que desarrolla planos de fractura subverticales y subhorizontales predominantes y con frecuencias de fracturas entre 6 a y 8 ff/m. Las fracturas subverticales poseen orientaciones NS a NE con manteos entre 90° y 70° al W (Fotografía 3-1) mientras que las fracturas subhorizontales tiene un rumbo NE general y mantean entre 20° a 0° al SE y/o SW.

Fotografía 3-1: Aspecto de las fracturas en la unidad Limahuida en el lado sur de uno de los deslizamientos.



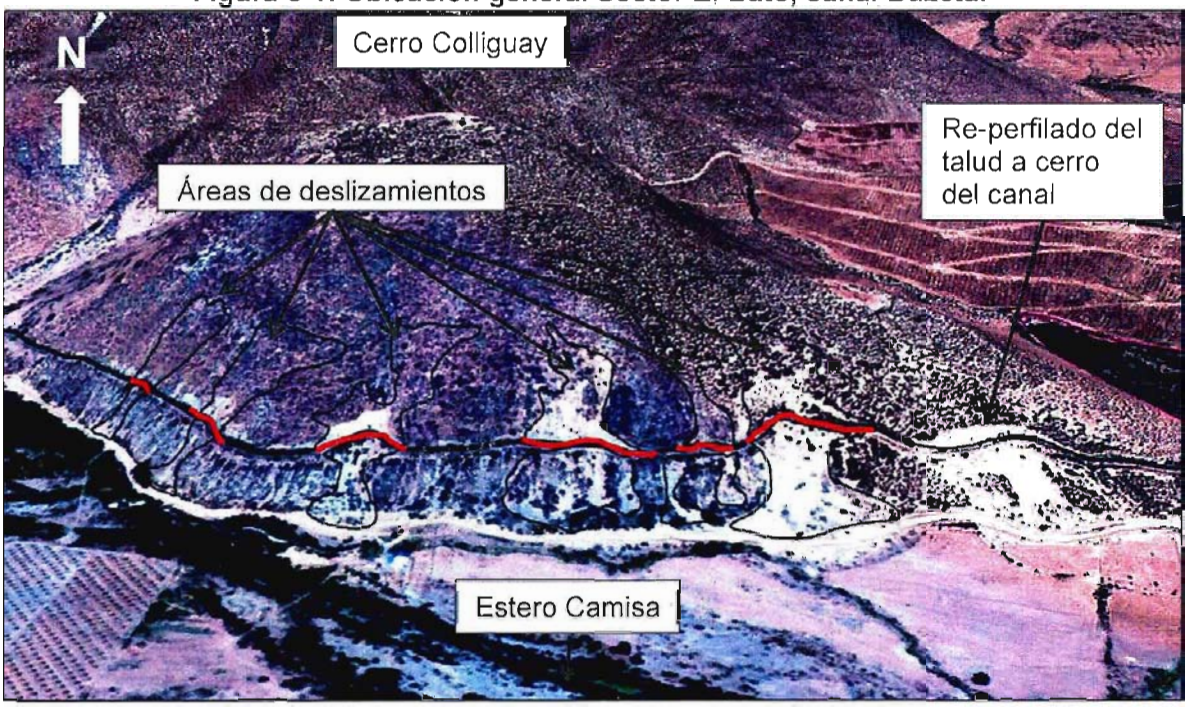
La matriz de roca es extremadamente dura, estimándose una resistencia al golpe del martillo superior a los 250 MPa. Es notable que al romperse la roca no sigue necesariamente los planos de debilidad que supuestamente representarían las vetas o vetillas epidotizadas.

En algunos sectores de la ladera en El Bato, específicamente en los sectores donde confluyen las aguas lluvias, estas rocas presentan un grado de meteorización avanzado y una degradación de la cobertura coluvial suprayacente, la que alcanza espesores entre 1 a 2 metros.

El canal Buzeta cruza este sector en una extensión de unos 1.000 m aproximadamente, un total de 395 m del canal ha sido afectado repetitivamente por deslizamientos de la cubierta coluvial y de la parte superficial del macizo rocoso meteorizado, localizados en seis sectores (Figura 3-1). De ellos, entre los kilómetros 19 y 20, al menos 2 deslizamientos han ocurridos en los últimos 10 años afectando los taludes del canal, lo que fue apreciado durante el recorrido (ver Figura 3-1).

Estos deslizamientos se sitúan muy cerca unos de otros separados por sectores de ladera rocosa. Ellos fueron provocados básicamente debido a grandes precipitaciones, lo que provocó deslizamientos del talud a cerro y por consecuencia de esto un estancamiento del canal, lo cual derivó en el rebalse de este y posterior socavación del talud a cerro y del pretil.

Figura 3-1: Ubicación general Sector El Bato, canal Buzeta.



Fuente: ©2014 Google, Image ©2014 Digital Glove. 2014 Cnes/Spot Image
Nota: La información complementaria ha sido incluida por ARCADIS.

En la Figura 3-1 se muestran encerradas en color negro las áreas de deslizamiento y las líneas color rojo los sectores del canal que han sido afectados. Estas fallas en la operación del canal fueron corregidas por parte de la administración del canal, re-perfilando el talud a cerro (Figura 3-1) y protegiendo el canal de caídas de rocas en la zonas más conflictivas ya sea mediante tubería de acero galvanizado o simplemente con un recubrimiento del canal en base a tablones de madera (ver Fotografía 3-2 y Fotografía 3-3).

Fotografía 3-2: Protección de canal existente mediante tubería de acero galvanizado.



Fotografía 3-3: Protección de canal existente mediante tablones de madera.



En la Fotografía 3-4 se presenta el deslizamiento N°1 (en sentido de avance de kilometraje del canal) observado en el sector El Bato, el cual posee una morfología en forma de cuña.

Fotografía 3-4: Deslizamiento N°1 Sector El Bato, canal Buzeta.



La Fotografía 3-5 y la Fotografía 3-6 corresponden al segundo deslizamiento masivo (en sentido de avance de kilometraje del canal) observado en el sector El Bato, el cual es el de mayor envergadura.

Fotografía 3-5: Deslizamiento N°2 Sector El Bato, canal Buzeta.



Fotografía 3-6: Deslizamiento N°2 Sector El Bato, canal Buzeta.



3.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

El análisis de las alternativas de solución para los problemas de deslizamiento de taludes en el sector El Bato tiene como objeto asegurar la operación del canal tanto para condiciones estivales como invernales.

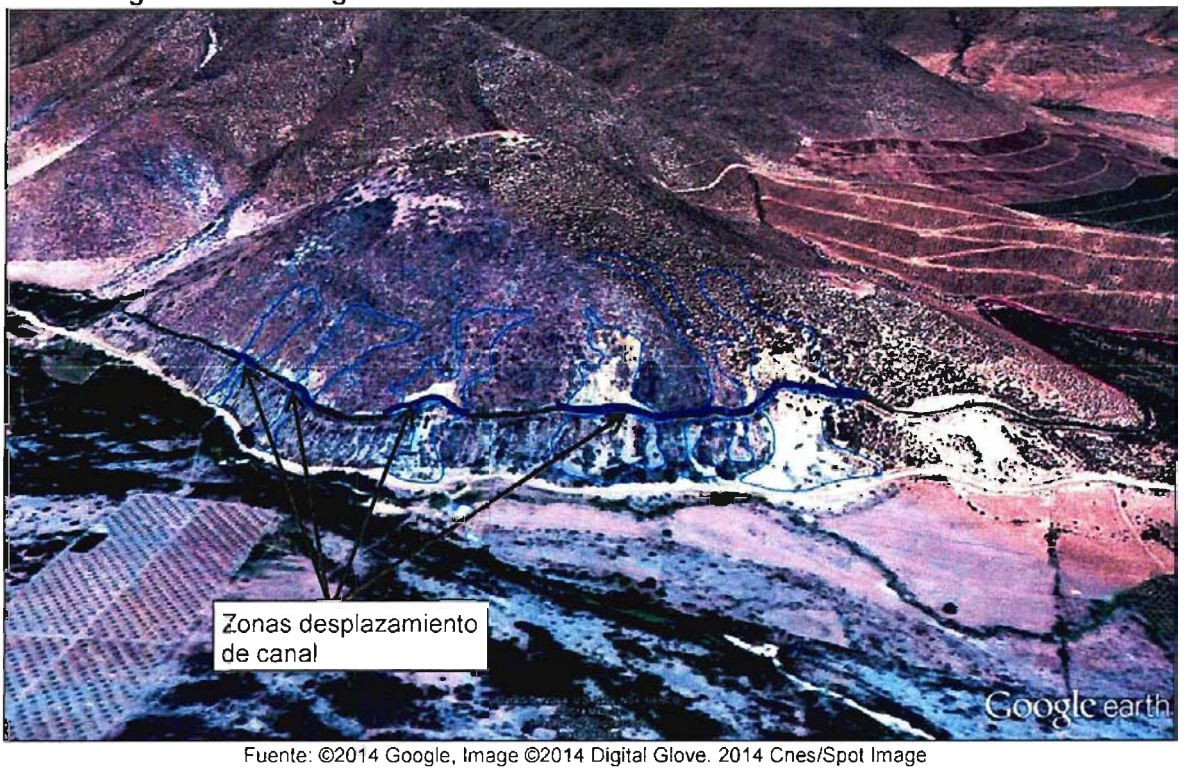
Dadas las condiciones del terreno, se han evaluado una serie de alternativas de solución, independientes entre sí, que permitirán eliminar o minimizar los impactos adversos provocados por los deslizamientos. A continuación se describen cada una de las alternativas consideradas:

- Alternativa 1: Desplazar el canal al interior del cerro.
- Alternativa 2: Construcción de un túnel de 1 km de largo aproximadamente.
- Alternativa 3: Construcción de un sifón.
- Alternativa 4: Revestimiento mediante tuberías.
- Alternativa 5: Re-perfilado de talud a cerro.
- Alternativa 6: Cubrir canal con loseta de hormigón + Revestimiento mampostería

3.2.1 Desplazamiento del Canal al Interior del Cerro.

Esta alternativa implica un corte en el cerro buscando que el canal quede fundado en un material de mejor calidad geotécnica y por ende el talud a cerro también sea de un material de mejor calidad, evitando de esta manera los deslizamientos de material suelto. En la Figura 3-2 se muestra la vista general donde se aplicaría esta solución.

Figura 3-2: Vista general del revestimiento con tubería en sector El Bato.



Fuente: ©2014 Google, Image ©2014 Digital Glove. 2014 Cnes/Spot Image
Nota: La información complementaria ha sido incluida por ARCADIS.

3.2.1.1 Diseño Alternativa 1

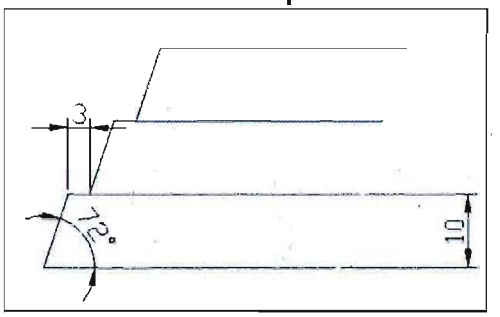
3.2.1.1.1 Criterios de Diseño

En función del sondaje N° SB1 (orientado en 45° hacia el cerro), se proyecta desplazar el eje del canal en 5 metros hacia el cerro (Figura 3-4). El desplazamiento del canal se efectuará en las seis (6) zonas de deslizamiento identificadas en el sector El Bato (Figura 3-2). Por otra parte, de acuerdo con la calidad geotécnica del material identificado en el sondaje, a continuación en la Tabla 3-1 y Figura 3-3 se presentan las dimensiones consideradas para la construcción de los taludes de corte.

Tabla 3-1: Geometría del talud

Descripción	Unidad	Valor
Altura máxima	m	40
Altura de los bancos	m	10
Ancho banco de seguridad	m	3
Pendiente Talud	H:V (°)	1:3 (72)

Figura 3-3: Dimensiones para el nuevo talud



3.2.1.1.2 Parámetros Geotécnicos

De acuerdo con la metodología propuesta por Bienawski (Rock Mass Rating) y la información obtenida del sondaje inclinado efectuado en el sector El Bato se estimaron las propiedades geotécnicas de la roca fracturada y/o meteorizada. En la Tabla 3-2 se presenta una estimación de los parámetros resistentes de la roca.

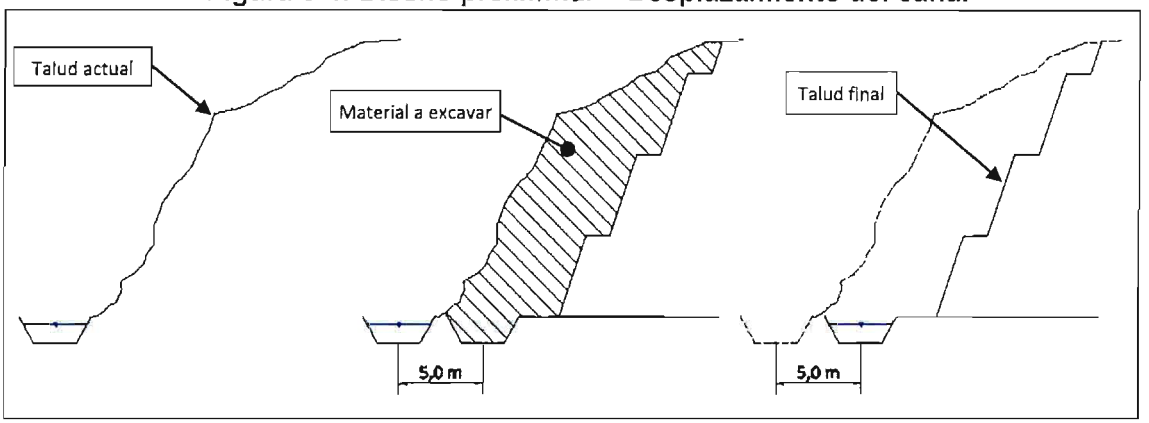
Tabla 3-2: Parámetros geotécnicos de la roca

Parámetros	Unidades	Valor
Peso unitario	kN/m^3	20
Angulo de fricción interna	(°)	25
Cohesión	kPa	100
Módulo de deformación	GPa	5,3
Clasificación Bieniawski	Clase	IV

3.2.1.1.3 Diseño Preliminar

A continuación, en la Figura 3-4 (sección izquierda) se presenta una sección del estado actual del talud respecto al canal, la definición de los taludes de corte y desplazamiento del canal (sección central), y la condición final que considera la excavación del talud y desplazamiento del canal (sección derecha).

Figura 3-4: Diseño preliminar – Desplazamiento del canal



3.2.1.1.4 Análisis de Estabilidad

Los análisis de estabilidad se efectúan mediante métodos de equilibrio límite. Estos métodos permiten asociar un factor de seguridad a una potencial superficie de deslizamiento con una geometría definida. El factor de seguridad depende de la geometría de la potencial superficie de deslizamiento, de las propiedades de resistencia al corte de los materiales involucrados y de las condiciones particulares que presenta la situación analizada (presiones de poros, sobrecargas, fuerzas sísmicas, entre otros).

Los cálculos se efectúan mediante el programa Slope/W V 2007, que permite determinar los factores de seguridad asociados a un gran número de potenciales superficies de deslizamiento.

Los análisis se realizaron utilizando el método de Spencer, el cual es uno de los métodos más rigurosos.

De acuerdo con los antecedentes disponibles, el coeficiente sísmico horizontal considerado para el análisis seudo-estático es k_h = 0,12.

Los criterios de estabilidad adoptados para la condición estática y seudo-estática son:

- Condición Estática: FS > 1,5
- Condición Sísmica: FS > 1,1

Para la presente etapa de ingeniería (pre-factibilidad) y de acuerdo con la información topográfica del sector (altura de cortes menor a 40 m), se consideró un perfil de análisis compuesto por 4 bancos con la siguiente configuración geométrica, esto es:

- Altura de Banco : 10 m
- Ancho de Berma : 3 m
- Angulo Cara de Banco : 72° (1H:3V)
- Número de Bancos: 4

Para la configuración anterior se obtienen Factores de Seguridad para el caso estático $FS_{Estático} > 1.5$ y seudo-estático $FS_{Seudo\text{-}estático} > 1.1$

A partir de los factores de seguridad obtenidos es posible establecer que el talud diseñado es estable para las solicitaciones consideradas.

3.2.1.2 Cubicaciones

Los volúmenes de material a remover para el desplazamiento del canal hacia el cerro, calculados mediante el software AutoCAD Civil 3D, se muestran en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Cubicaciones Alternativa 1

Ítem	Volumen Total m^3
Corte en suelo	2.750
Corte en roca	15.580
Construcción Plataforma	5.499

La cubicación considera 6 plataformas de acceso. Este volumen de corte adicional se ha estimado como un 30% del total del corte a ejecutar.

Para la estimación de los OPEX (costos operacionales) para un periodo de 30 años se ha considerado una tasa de interés del 12% y una re-inversión de los CAPEX (costos de inversión) cada 10 años (año 10 y año 20).

3.2.2 Construcción de un Túnel

Esta alternativa implica la construcción de un túnel con una dimensión transversal mínima que sea factible y cumpla con las restricciones construcción.

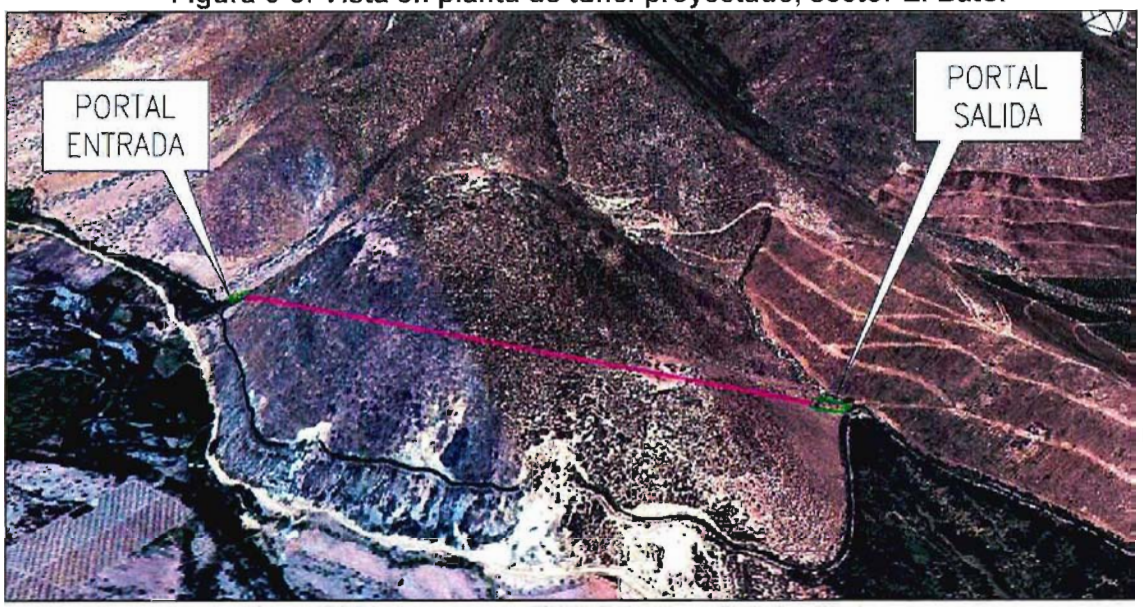
Con esta alternativa el canal no sufrirá ningún tipo de imprevistos, como deslizamientos de material suelto presentes en el sector y posibles estancamientos producto de rocas caídas dentro del canal. El túnel quedara emplazado en roca granodiorita de mala a muy mala calidad geotécnica.

3.2.2.1 Diseño Alternativa 2

La obra subterránea como alternativa de solución corresponde a un túnel, de longitud aproximada de 944 m y azimut de 225°. Dentro del diseño se deberá considerar estocadas para almacenamiento y carguío de marina distanciadas cada 250 a 300 metros. Para esta solución se definió una sección transversal de medio punto de 4.0 m x 3.5 m con una sección útil 12.7 m².

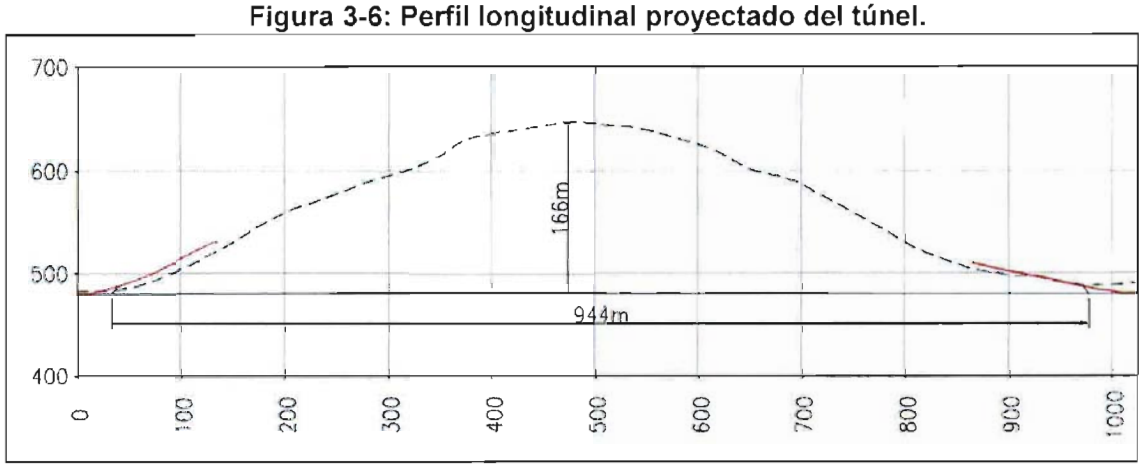
La cobertura máxima sobre el túnel corresponde a 166 m. En la Figura 3-5 se presenta el perfil longitudinal proyectado del túnel.

Figura 3-5: Vista en planta de túnel proyectado, sector El Bato.



Fuente: ©2014 Google, Image ©2014 Digital Glove. 2014 Cnes/Spot Image
Nota: La información complementaria ha sido incluida por ARCADIS.

Figura 3-6: Perfil longitudinal proyectado del túnel.



3.2.2.1.1 Criterios de Diseño

Los criterios generales considerado en la definición de la geometría de la sección transversal son los siguientes:

- Requerimientos hidráulicos, tanto área transversal como forma. La geometría adoptada será de medio punto.

- Espacios adicionales para las instalaciones de los equipos de operación normal del túnel.

- Espacios requeridos para accesos de equipos, vehículos y/o personal durante la construcción. En este caso se ha considerado el método tradicional de perforación y tronadura o en su defecto excavación mecanizada dependiendo de la calidad de la roca. Se incluyen espacios para ventilación, suministros de agua y energía durante la construcción.

- Tolerancias para la colocación del sostenimiento y realizar reparaciones o modificaciones.

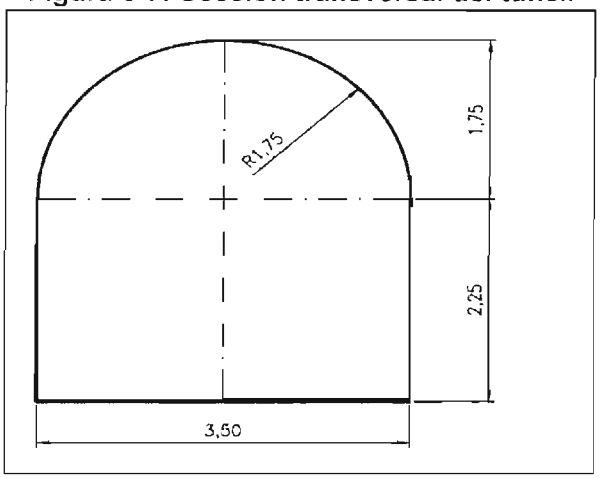
- Considerando que este túnel no tendrá tránsito de personas ni de vehículos durante la etapa de operación, el diseño de la sección será el mínimo requerido tal que cumpla con la normativa de espacios indicado en el reglamento de seguridad minera, DS 132.

Estos criterios en conjunto con las restricciones impuestas por los elementos y maquinarias de construcción dan lugar a una sección transversal como se indica a continuación:

- **Altura de Túnel, en el eje:** 4,0 m.

- **Ancho Túnel:** 3,5 m.

Figura 3-7: Sección transversal del túnel.



3.2.2.1.2 Método Constructivo

El método constructivo considerado para la excavación del túnel, dada su longitud y posibilidades de acceso a portales, corresponde al tradicional, de perforación y tronadura o excavación mecanizada dependiendo de la capacidad de auto soporte del macizo rocoso.

La fortificación se realizará mediante elementos convencionales, tales como pernos lechados, shotcrete y marcos reticulares. Adicionalmente, si se requiere, dadas las condiciones del terreno, se podrá instalar pernos paraguas y pernos de fibra en la frente.

La determinación del tipo de sostenimiento que se aplique en el túnel en cada avance, será determinado durante la construcción, según la calidad geotécnica del macizo rocoso que se encuentre en la frente de avance de la excavación.

Para la construcción de los portales se considera inicialmente habilitar una huella de acceso a la parte superior de los taludes de los portales.

La excavación de corte en material común (suelo ripeable) presente en ambos portales, será la actividad inicial de construcción utilizando maquinaria pesada en base a tractor oruga y excavadora hidráulica que accederán a la parte superior de las zonas de corte replanteados previamente por topografía, abriendo una huella de acceso para realizar la excavación y perfilado de los taludes. Se dejarán los sectores de mantos de roca despejados y en condiciones para el ingreso de los equipos de perforación y posterior faena de tronaduras en los bancos hasta el nivel de bermas de acuerdo al perfil de proyecto.

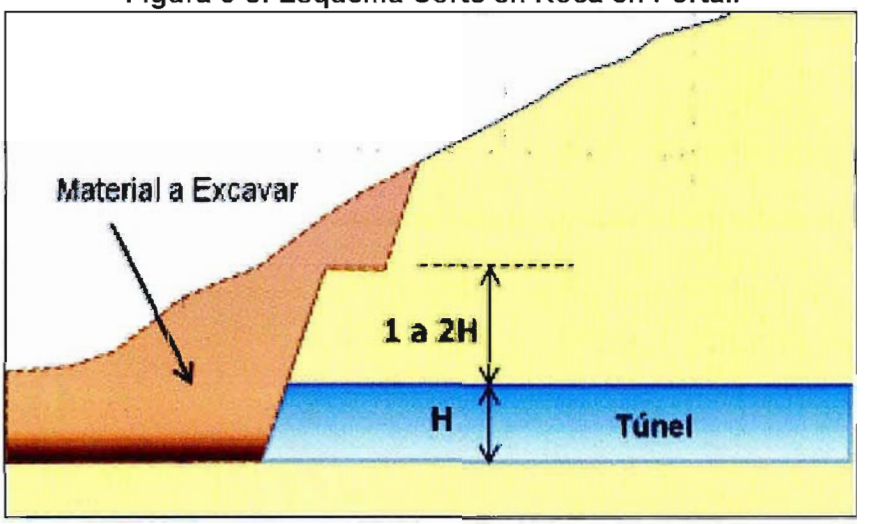
Para los cortes en roca se propone utilizar perforadora tipo track-drill de un brazo y apoyo de perforadoras portátiles. Las perforaciones se estiman cargarlas con explosivos manualmente y utilizar detonadores no-eléctricos, pudiendo utilizarse otros sistemas que proponga previamente el contratista.

El material proveniente de las tronaduras será retirado usando excavadora hidráulica, la cual cargará en camiones tolvas de superficie y un cargador frontal que también estará disponible para cargar los camiones en caso necesario.

3.2.2.1.3 Portales del Túnel

En función de la topografía existente en el sector donde se ha definido la posición del portal de entrada y salida, el inicio del túnel en roca debe considerar a lo menos una cobertura de roca sobre su clave equivalente a 1 a 2 veces la altura del túnel, dependiendo de las condiciones o calidad geomecánica del macizo rocoso, tal como se indica en la Figura 3-8.

Figura 3-8: Esquema Corte en Roca en Portal.



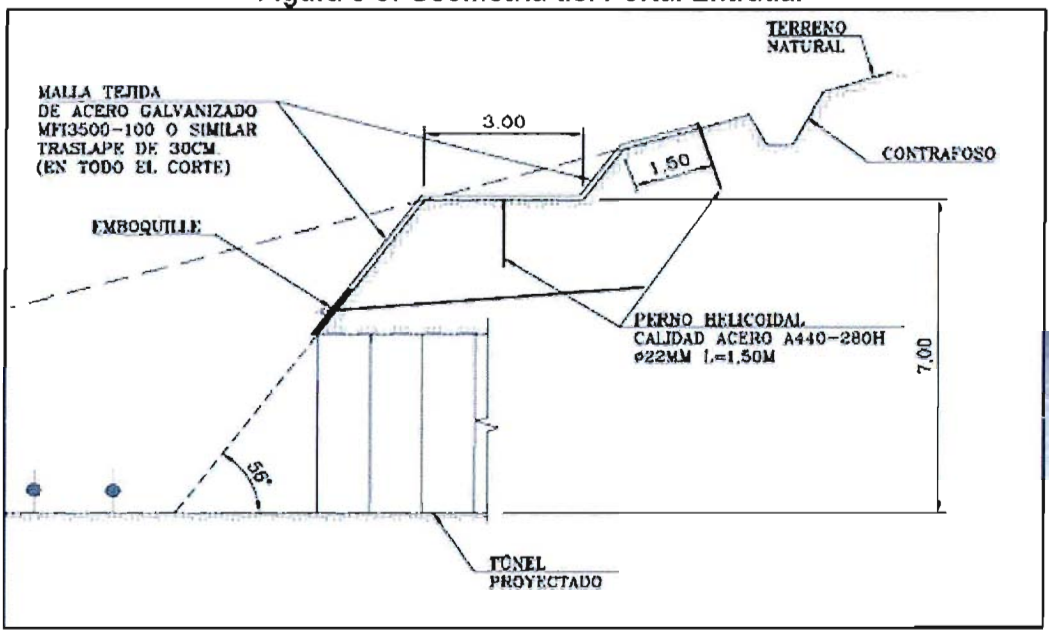
La finalidad de considerar dicha cobertura mínima de roca sobre la clave del túnel es evitar una falla por caving al no generarse el efecto de arco.

3.2.2.1.4 Fortificación Corte Portales

Con base en la calidad geotécnica del macizo rocoso observada directamente en terreno como también de la experiencia del consultor en proyectos de similares características, se ha definido una configuración geométrica para los taludes de corte y se ha estimado la fortificación de los taludes de entrada y salida del túnel.

La definición geométrica inicial de los taludes de corte y como criterio operacional típico se utilizara una altura de talud de 7 m y berma de 3 m de ancho. El ángulo del talud estimado es de 1H: 1.5 V (56°), con fortificación basada en mallas de alambre tejida de 3,6 kg/m^2 y rombos de 10 cm de lado de alambre BWG 6, diámetro de 5,16 mm en toda la superficie de las caras de los taludes. Esta malla será anclada a 1,5 m de la cara del talud y dejando caer el resto de la malla con un traslape de 30 cm, afianzada en la berma con pernos de 1,5 m de longitud y un espaciamiento de 1,5 m, tal como se indica en la Figura 3-9.

Figura 3-9: Geometría del Portal Entrada.



3.2.2.1.5 Condición de Roca Esperada en el Túnel

En base a la información recopilada en terreno se ha efectuado una estimación porcentual de calidades del macizo rocoso a lo largo del trazado del túnel, para el posterior escalamiento de parámetros geotécnicos.

Se espera encontrar condiciones de mala calidad Geomecánica durante la excavación del túnel, estimándose en un 5 % de roca de regular calidad (R3). El porcentaje de roca de mala y muy mala calidad (tipos R4 y R5) se estima en un 95%. En la Tabla 3-4 se presenta la distribución Geomecánica que preliminarmente se estima encontrar en el desarrollo del túnel.

Tabla 3-4: Porcentajes de los distintos tipos de roca para el túnel.

Roca Tipo	Porcentaje en el Trazado del Túnel	Clasificación
R1	0%	Roca muy buena
R2	0%	Roca buena
R3	5%	Roca regular
R4	15%	Roca mala
R5	80%	Roca muy mala

3.2.2.1.6 Fortificación Túnel

Debido a que no se dispone de la información suficiente para caracterizar geotécnicamente, tanto el macizo rocos como las estructuras, los parámetros se han estimado, sobre la base a lo observado directamente en terreno como de la experiencia del consultor en proyecto de similares características.

En base a la estimación de parámetros, los niveles de sobrecarga máximos y el tamaño de la excavación se ha estimado una fortificación típica característica por los tipos de roca esperados en el túnel, los que se muestran a continuación:

Tabla 3-5: Recomendación de fortificación por tipo de roca

Sección	Calidad Macizo	Pernos	Shotcrete (cm)	Marcos Reticulados
Túnel	3	Pernos Sistemáticos Φ25 L=2,5 m 1,5m x 1,0m	10 con fibras sintéticas Calidad H 30	-
Túnel	4	Pernos Sistemáticos Φ25 L = 2,5 m 1,3m x 1,0m En caso que se requiera, los pernos podrán reemplazarse por autoperforantes R 32L	15 con Fibra sintéticas Calidad H 30	-
Túnel	5	Pernos Sistemáticos Φ25 L = 2,5 m 1,0m x 1,0m En caso que se requiera, los pernos podrán reemplazarse por autoperforantes R 32L en todo el perímetro. En caso que se requiera se instalará pernos paragua autoperforantes R32L de 6m de largo distanciados cada 1m en el techo y adicionalmente se podrá instalar pernos de fibra de vidrio de 22mm y 3m de largo en la frente, dispuestos en una cuadrícula 1m x 1m.	25 con Fibra sintética Calidad H-30	Marco de tres barras acero calidad A44-28H (1 ϕ32mm + 2 ϕ25mm) cada 1m

3.2.2.2 Cubicaciones

En la Tabla 3-6 se detallan las cubicaciones para la construcción del túnel.

Tabla 3-6: Cubicaciones Alternativa 2.

Túnel		
Ítem	**Unidad**	**Cantidad**
Volumen de roca	m^3	22136
Pernos helicoidales	unidad	9770
Shotcrete con fibra	m^3	2205
Marcos reticulados	Unidad	755
Portales		
Ítem	**Unidad**	**Cantidad**
Volumen de roca	m^3	3257
Malla tejida	m^2	1120
Pernos helicoidales	Unidad	242

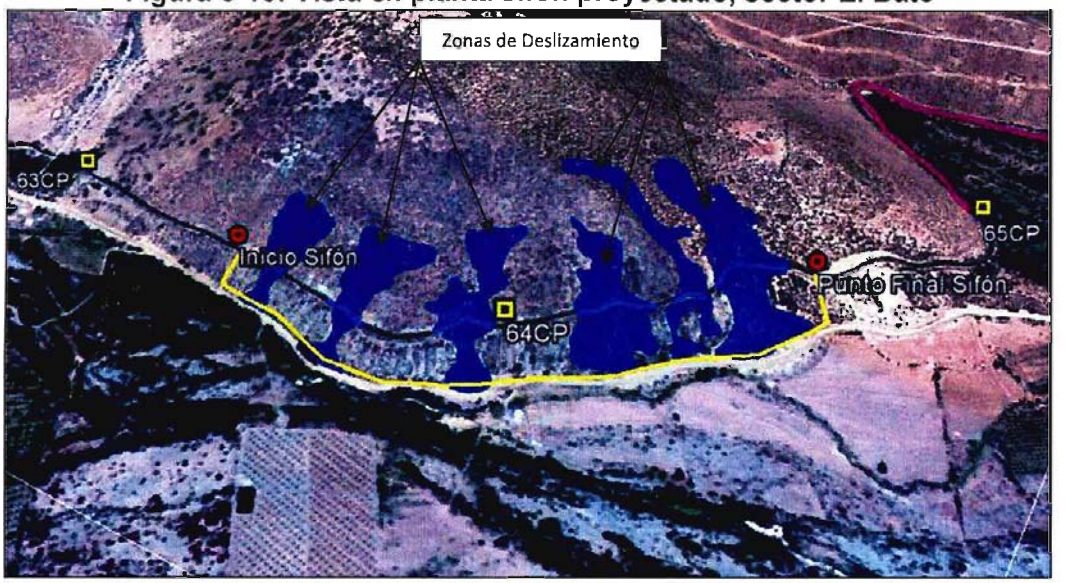
Para la estimación de los costos totales (CAPEX + OPEX) no se han considerado costos asociados a la operación (OPEX).

3.2.3 Construcción de un sifón

Esta alternativa considera la construcción de un sifón con una tubería de HDPE de 1600 mm de diámetro, que será conectada entre las compuertas CP N°63 y CP N°65, en los puntos indicados en la Figura 3-10. El sifón como conducto cerrado, a presión, permitirá desviar el agua desde la actual zona de deslizamientos hasta la zona de valle, aprovechando la depresión topográfica existente entre el punto inicial y final.

Con esta alternativa el canal no se verá afectado por potenciales deslizamientos locales de material suelto, y posibles estancamientos producto de la caída de rocas dentro de éste.

Figura 3-10: Vista en planta sifón proyectado, sector El Bato



Fuente: ©2014 Google, Image ©2014 Digital Glove. 2014 Cnes/Spot Image
Nota: La información complementaria ha sido incluida por ARCADIS.

3.2.3.1 Diseño Alternativa 3

La tubería en presión como alternativa de solución considera una longitud aproximada de 805 m y de 1600 mm de diámetro, la que se conecta mediante dos muros de boca (de hormigón) dispuestos al inicio y fin del sifón. Por otra parte, se considera la colocación de machones de hormigón en los cambios de dirección (2) y distanciados cada 100 m a lo largo del trazado.

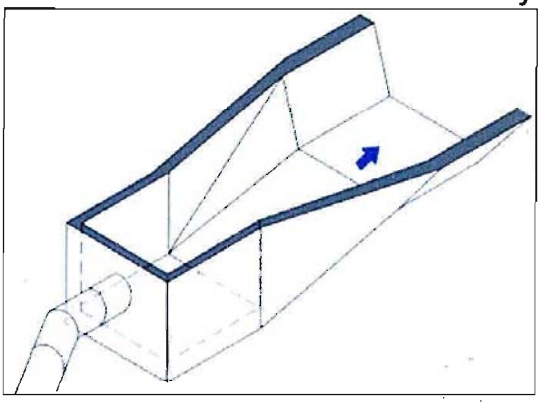
3.2.3.1.1 Criterios de diseño

Los criterios considerados en la definición del tubo son los siguientes:

- Tubería trabajando a presión,
- Se considera como material HDPE para reducir las pérdidas,
- Reducido desnivel topográfico entre el punto inicial y final.

A continuación, en la Figura 3-11 se muestra una vista isométrica de unión entre el canal y la tubería (sifón).

Figura 3-11: Vista isométrica de unión entre el canal y tubería (sifón)



3.2.3.1.2 Cubicación

En la Tabla 3-7 se resume la cubicación asociada al sifón:

Tabla 3-7: Cubicaciones Alternativa 3

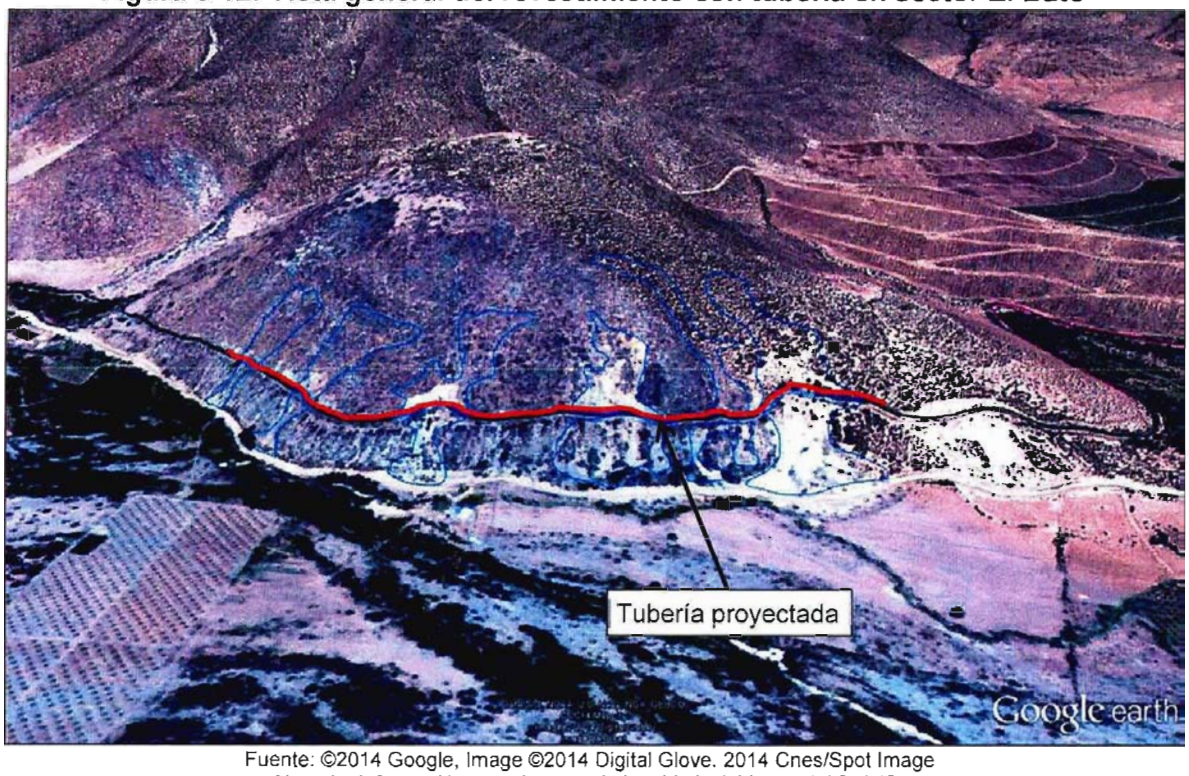
Ítem	Unidad	Cantidad
Volumen excavación	m^3	252,0
Volumen hormigón	m^3	12,4
Volumen emplantillado	m^3	2,5
Tubería HDPE 1600mm	m	805
Machones de hormigón	m^3	8

Para la estimación de los costos totales (CAPEX + OPEX) no se han considerado costos asociados a la operación (OPEX).

3.2.4 Revestimiento Mediante Tuberías

Esta alternativa contempla el revestimiento del canal mediante una tubería de HDPE con la finalidad de que no se produzcan estancamientos del canal producto de la caída de plantas y/o rocas dentro de éste. Esta tubería debe ser capaz de aguantar sobrecargas de suelo ante posibles deslizamientos de suelo.

Figura 3-12: Vista general del revestimiento con tubería en sector El Bato



Fuente: ©2014 Google, Image ©2014 Digital Glove. 2014 Cnes/Spot Image
Nota: La información complementaria ha sido incluida por ARCADIS.

3.2.4.1 Diseño Alternativa 4

3.2.4.1.1 Criterios de Diseño

Aun cuando se han identificado las posibles zonas de deslizamiento en el sector de El Bato, esta solución considera entubar todo el tramo (aprox. 1km). Esto para facilitar la etapa de construcción y como parte de un diseño conservador para el caso de deslizamientos no identificados.

Para el entubamiento se establece un criterio de diseño de altura de escurrimiento h menor o igual a 0,70 veces el diámetro interior de la tubería. La estimación de la altura de escurrimiento libre en tuberías se realiza en base a la ecuación de Manning:

$$\frac{Q \cdot n}{\sqrt{J}} = R_h^{2/3} \cdot A$$

Donde:

Q : Caudal de escurrimiento (m^3/s).
n : Coeficiente de rugosidad de Manning ($m^{-1/3} \cdot s$)
J : Pérdida friccional de fondo (m/m). En caso de escurrimiento normal, es igual a la pendiente de fondo i.
R_h : Radio hidráulico (m).
A : Área de la sección de escurrimiento (m2).

El coeficiente de rugosidad adoptado corresponde a tubería de HDPE lisa, equivalente a 0,011 $m^{-1/3} \cdot s$.

El radio hidráulico y el área se calculan como:

$$R_h = \frac{D}{4}(1 - \frac{seno(\theta)}{\theta})$$

$$A = \frac{D^2}{8}(\theta - seno(\theta))$$

$$\theta = 2 \cdot arcseno(1 - \frac{2h}{D})$$

Donde:

D : Diámetro interno de la tubería (m).
R_h : Radio hidráulico (m).
A : Área de la sección de escurrimiento (m^2).
θ : Ángulo con respecto al eje de la tubería según nivel de escurrimiento (radianes).

Donde se impone h/D=0,70 según el criterio de diseño adoptado.

La pendiente de fondo i se ha estimado con base en la topografía disponible de las secciones transversales registradas en terreno, considerándose un valor de aproximadamente 0,10 %. Los valores para la tubería y canal considerado se resumen en la Tabla 3-8.

Tabla 3-8: Dimensionamiento para tubería y canal

Tubería	
Diámetro	1,80 m
Material tubería	HDPE
Canal	
Profundidad	1,3 m
Ancho basal	2.5 m

3.2.4.1.2 Materiales para el Relleno de las Zanjas

De acuerdo a la clasificación de la norma ASTM D2321, los materiales idóneos para los rellenos de las zanjas serían las clases I, II y III. Estos materiales corresponden, en general, a suelos de grano grueso, tales como gravas, arenas gruesas y mezclas gravas/arenas con poca o nula presencia de material fino. Además se restringe el tamaño máximo a 1½"

Por otro lado, de los resultados obtenidos durante la campaña de calicatas se concluye que, en general, es posible obtener este tipo de materiales para los rellenos desde los suelos explorados, descartándose preliminarmente los suelos finos encontrados en las calicatas Cbz-8 y Cbz-9 (CL-ML), los cuales clasificarían como suelo clase IV.

3.2.4.1.3 Diseño Preliminar

El diseño del entubamiento considera el emplazamiento de la tubería en la canaleta existente. La tubería considerada corresponde a una tubería de corrugada de HDPE con pared interna lisa y diámetro 1,80 m.

Luego de instalada la tubería en el canal se deben ejecutar los relleno sugeridos para asegurar la resistencia estructural de la misma. Los materiales clase I, II, III son adecuados para usarse en los diferentes rellenos. Las características particulares de los rellenos a ejecutar son:

a) Relleno cama de apoyo

Se debe proporcionar un encamado estable y uniforme para la tubería y cualquier otro elemento sobresaliente de sus juntas y/o accesorios. La mitad del encamado igual al 1/3 del diámetro exterior (De) del tubo debe ser colocado suelto, con el restante compactado a un mínimo del 90% de la densidad proctor.

b) Acostillado

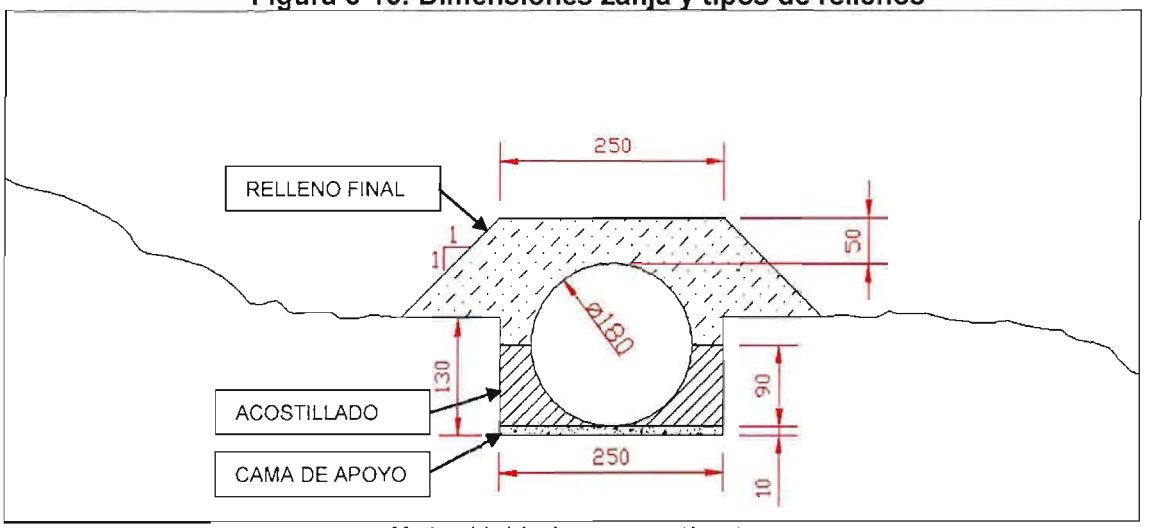
Un adecuado acostillado proporciona la mayor parte de la resistencia y estabilidad del tubo. Se debe tener cuidado de asegurar la colocación y compactación del material del relleno en el acostillado. Para tuberías de diámetros mayores (> 30"), los materiales de relleno deben ser trabajados en el acostillado a mano. Los materiales para acostillado deben ser colocados y compactados al 90% de la densidad proctor estándar en capas de máximo 20 cm hasta llegar al centro geométrico o la línea central horizontal del diámetro exterior de la tubería.

c) Relleno final

Los materiales del relleno final se requieren para dar un desempeño estructural adecuado a la tubería. Estos permiten limitar el efecto en la tubería de posibles caídas de sobre tamaño.

En la Figura 3-13 se detallan las dimensiones mínimas para el canal y la ubicación de cada uno de los rellenos descritos.

Figura 3-13: Dimensiones zanja y tipos de rellenos



Nota: Unidades en centímetros

3.2.4.2 Cubicaciones

Las cubicaciones de los rellenos controlados han sido estimadas en base a la geometría descrita en la Figura 3-13. El resumen de las cubicaciones se muestra en la Tabla 3-9.

Tabla 3-9: Cubicaciones Alternativa 4

Ítem	Sección m^2	FC	Largo m	Volumen Unitario m^3/m
Relleno controlado				
Encamado	0,25	1,1	1.000	0,3
Acostillado	1	1,1	1.000	1,1
Relleno Final	3,44	1,1	1.000	3,8

Tabla 3-10: Cubicaciones tuberías y cámaras de inspección Alternativa 4

Ítem	Unidad	Cantidad
Tubería HDPE Dia. 1,8m	ml	1.000
Cámara Insp. h=2m Dia. 2m	un	9
Radier cámara hormigón H-25	m^3	3,6

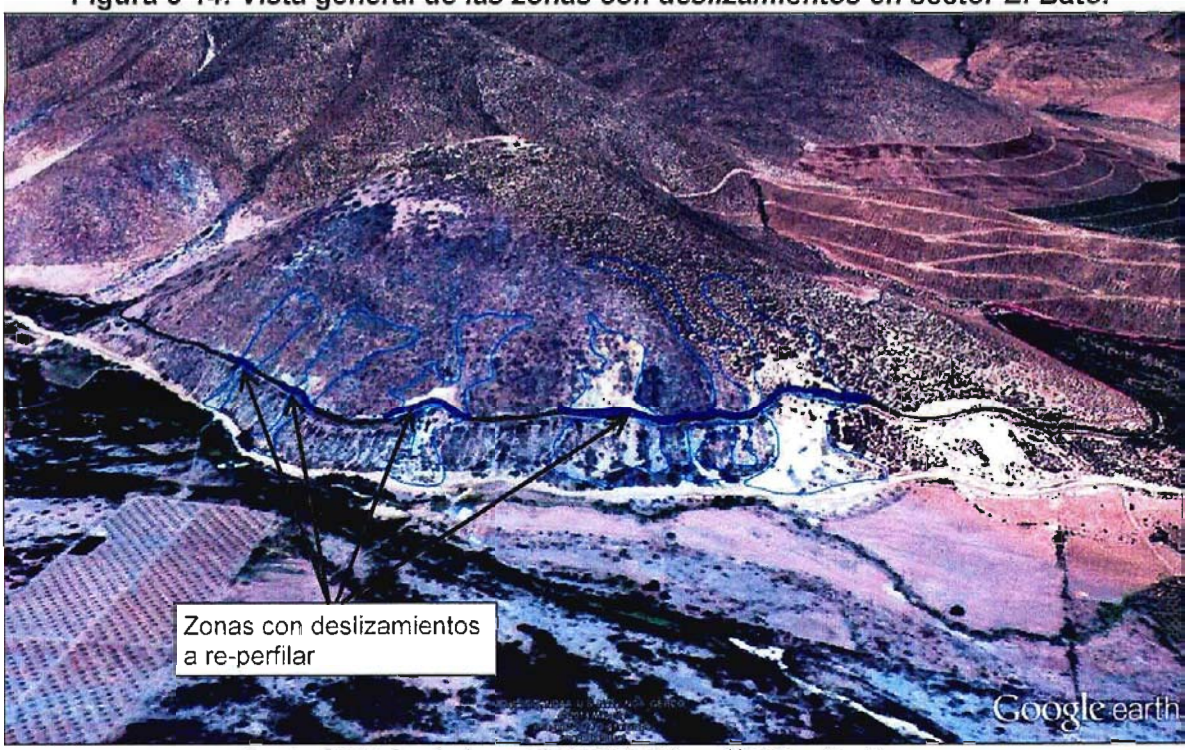
Para la estimación de los costos totales (CAPEX + OPEX) no se han considerado costos asociados a la operación (OPEX).

3.2.5 Re-perfilado del Talud a Cerro

Esta alternativa contempla una modificación de la geometría del actual talud a cerro del sector El Bato, considerando que el principal objetivo es dar al talud una geometría que minimice los riesgos de desprendimientos, ya sea de algunas masas de suelos, planchones y rocas aisladas. Para estos efectos el talud debe someterse a un acuñado que provoque la caída controlada de cualquier roca o sector potencialmente inestable. Asimismo, aquellos sectores que presenten taludes muy pronunciados producto de derrumbes locales, deberán tenderse con una inclinación compatible con la estabilidad de los suelos.

No se deberán remover los clastos que, aun cuando sobresalgan del talud, estén firmemente asentados, para no producir inestabilidad del área. Una vez terminado el trabajo, la superficie del talud debe presentarse firme en todos sus puntos.

Figura 3-14: Vista general de las zonas con deslizamientos en sector El Bato.



Fuente. ©2014 Google, Image ©2014 Digital Glove. 2014 Cnes/Spot Image
Nota: La información complementaria ha sido incluida por ARCADIS.

3.2.5.1 Diseño Alternativa 5

3.2.5.1.1 Criterios de Diseño

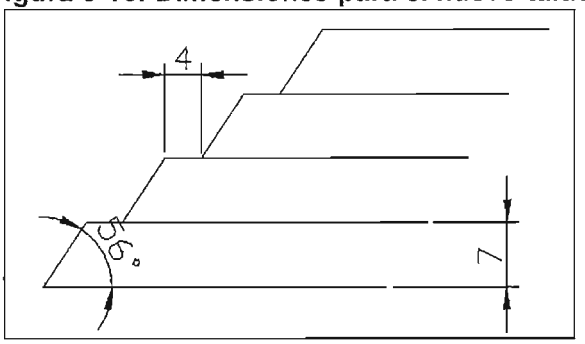
Se han identificado las zonas de deslizamiento en el sector de El Bato y se ha proyectado el re-perfilado de los taludes en dichas zonas con el objetivo de asegurar su estabilidad tanto global como local.

La Tabla 3-11 resume las dimensiones consideradas para la construcción de los taludes en suelo. Además, se ha realizado un esquema de la configuración en la Figura 3-15.

Tabla 3-11: Geometría del talud

Descripción	Unidad	Valor
Altura máxima	m	28
Altura de los bancos	m	7
Ancho banco de seguridad	m	4
Pendiente Talud	H:V (°)	1:1,5 (56)

Figura 3-15: Dimensiones para el nuevo talud



3.2.5.1.2 Parámetros Geotécnicos

De acuerdo con la metodología propuesta por Bienawski (Rock Mass Rating) y la información obtenida del sondaje inclinado efectuado en el sector El Bato se estimaron las propiedades geotécnicas de la roca fracturada y/o meteorizada. Estos parámetros se resumen en Tabla 3-12.

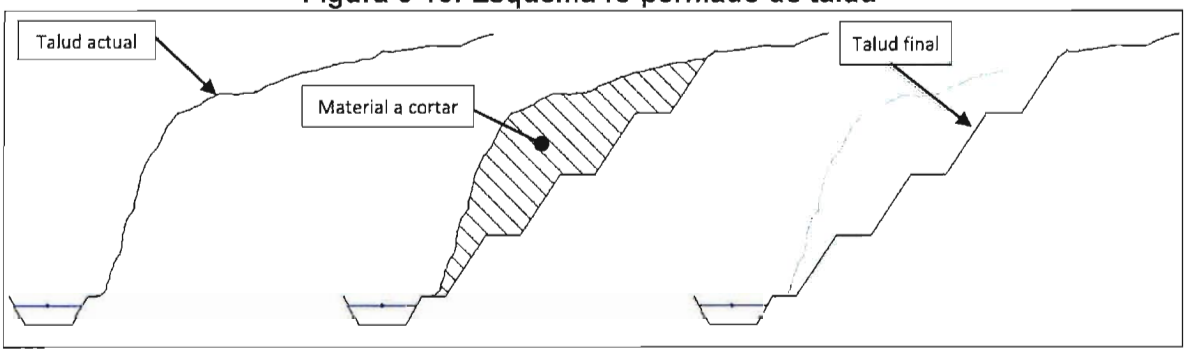
Tabla 3-12: Parámetros geotécnicos del suelo

Parámetros	Unidades	Valor
Peso unitario	kN/m^3	20
Angulo de fricción interna	(°)	25
Cohesión	kPa	100

3.2.5.1.3 Diseño preliminar

Para el diseño del re-perfilado del canal se ha tomado la geometría mostrada en la Figura 3-15. Esto implica realizar un corte en el terreno natural tal como se muestra en la Figura 3-16.

Figura 3-16: Esquema re-perfilado de talud



En la imagen inicial de la Figura 3-16 (izquierda) se esquematiza el estado actual del talud respecto al canal, que luego de ejecutar el corte en el cerro se obtiene un talud estable como el que se ha esquematizado en la misma Figura 3-16 (derecha).

3.2.5.1.4 Análisis de estabilidad

Los análisis de estabilidad se efectúan mediante métodos de equilibrio límite. Estos métodos permiten asociar un factor de seguridad a una potencial superficie de deslizamiento con una geometría definida. El factor de seguridad depende de la geometría de la potencial superficie de deslizamiento, de las propiedades de resistencia al corte de los materiales involucrados y de las condiciones particulares que presenta la situación analizada (presiones de poros, sobrecargas, fuerzas sísmicas, entre otros).

Los cálculos se efectúan mediante el programa Slope/W V 2007, que permite determinar los factores de seguridad asociados a un gran número de potenciales superficies de deslizamiento.

Los análisis se realizaron utilizando el método de Spencer, el cual es uno de los métodos más rigurosos.

De acuerdo con los antecedentes disponibles, el coeficiente sísmico horizontal considerado para el análisis seudo-estático es k_h = 0,12.

Los criterios de estabilidad adoptados para la condición estática y seudo-estática son:

- Condición Estática: FS > 1,5
- Condición Sísmica: FS > 1,1

Para la presente etapa de ingeniería (pre-factibilidad) y de acuerdo con la información topográfica del sector (altura de cortes menor a 30 m), se consideró un perfil de análisis compuesto por 4 bancos con la siguiente configuración geométrica, esto es:

- Altura de Banco : 7 m
- Ancho de Berma : 4 m
- Angulo Cara de Banco : 56° (1H:1,5V)
- Número de Bancos: 4

Para la configuración anterior se obtienen Factores de Seguridad para el caso estático $FS_{Estático} > 1.5$ y seudo-estático $FS_{Seudo\text{-}estático} > 1.1$

A partir de los factores de seguridad obtenidos es posible establecer que el talud diseñado es estable para las solicitaciones consideradas.

3.2.5.2 Cubicaciones

Los volúmenes de corte del material a remover para la construcción del talud han sido calculados mediante el software AutoCAD Civil 3D. El resumen de las cubicaciones se muestra en la Tabla 3-13.

Tabla 3-13: Cubicaciones Alternativa 5

Ítem	Volumen Total m^3
Corte Talud	
Corte en suelo	17.587
Corte en roca	26.380
Corte Plataformas	
Corte en suelo	1.759
Corte en roca con explosivos	2.638
Relleno masivo	4.397

Para la estimación de los OPEX (costos operacionales) para un periodo de 30 años se ha considerado una tasa de interés del 12% y una re-inversión de los CAPEX (costos de inversión) cada 5 años (años 5, 10, 15, 20 y 25).

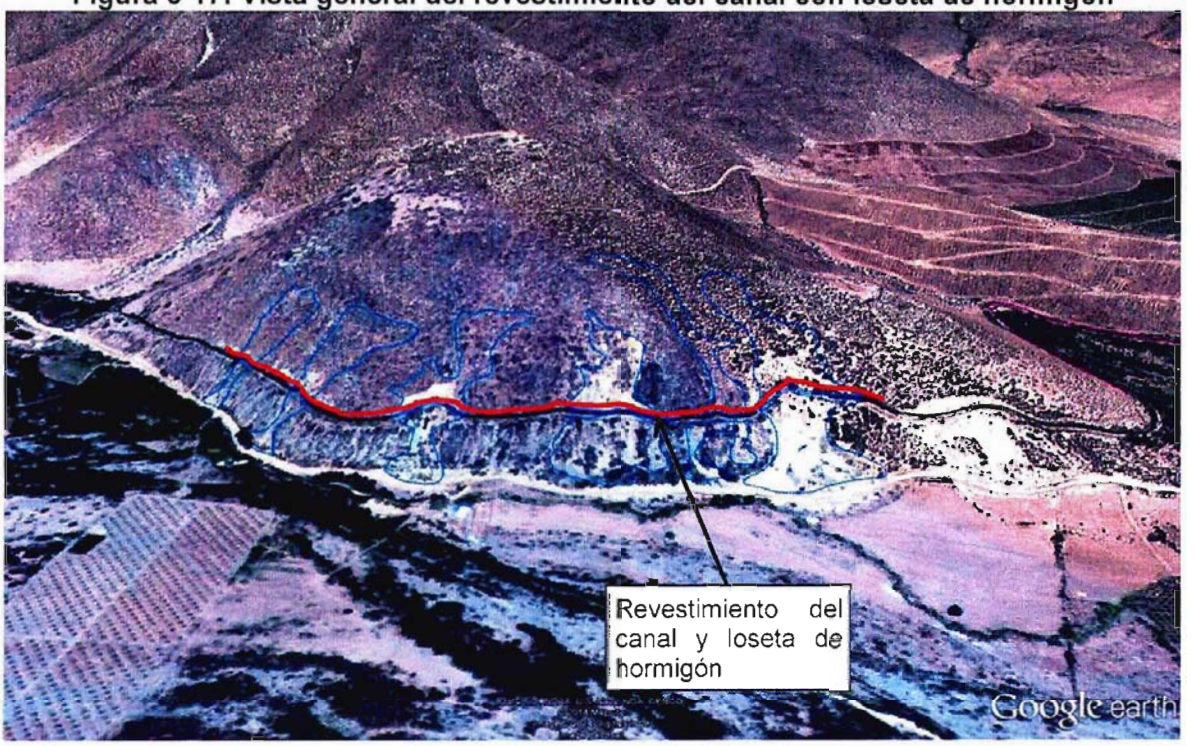
3.2.6 Cubrir canal con loseta de hormigón + Revestimiento mampostería

Esta alternativa considera el revestimiento del canal sobre el cual se proyecta la colocación de una loseta de hormigón pre-fabricado. Además, sobre la loseta de hormigón se proyecta la colocación de un relleno de material suelto que permita cubrir la estructura. El relleno deberá tener un espesor de 0,3m (mínimo), y permitirá amortiguar la caída de bloques de rocas y/o deslizamientos de material sobre este.

Esta alternativa se ha diseñado para trabajar en conjunto con el revestimiento en mampostería, cuyo diseño se detalla en la sección 5 (Inestabilidad de Taludes por Roedores (Cururos)).

En la Figura 3-17 se indican los tramos donde se ejecutará esta alternativa.

Figura 3-17: Vista general del revestimiento del canal con loseta de hormigón



3.2.6.1 Diseño Alternativa 6

3.2.6.1.1 Criterios de Diseño

Los criterios considerados en la definición del canal con la loseta son los siguientes:

- Canal revestido para evitar las pérdidas de agua,
- Se considera la protección del canal con una loseta de hormigón y un relleno compactado para cubrir la estructura,
- Se proyecta la construcción de la loseta con elementos pre-fabricados que consiste en la unión de viguetas, bovedillas de hormigón y sobre losa,
- La separación entre las viguetas es de 72 cm (medida entre ejes),
- La alternativa se deberá validar con el Vendor (Tralix) en una etapa de ingeniería posterior.

A continuación, en la Figura 3-18 y en la Figura 3-19 se muestran una vista isométrica y sección transversal de la solución.

Figura 3-18: Vista isométrica de canal revestido con mampostería y loseta de hormigón

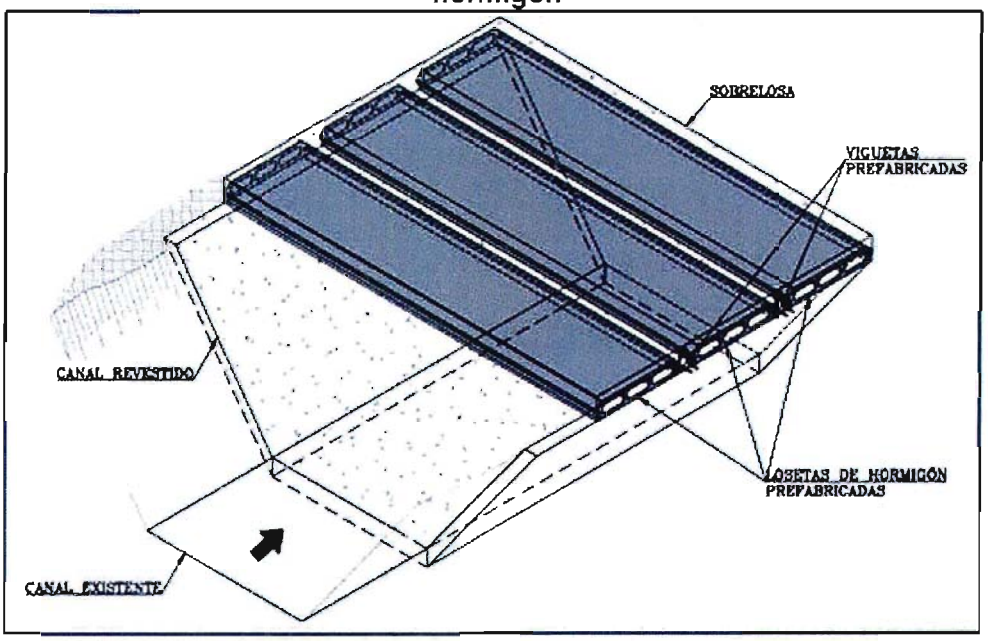
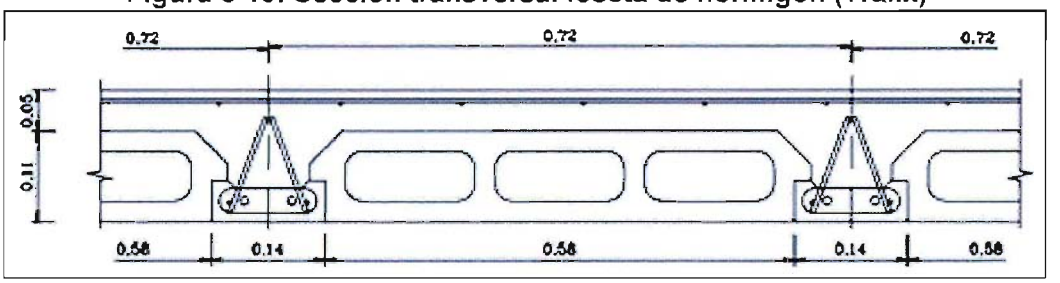


Figura 3-19: Sección transversal loseta de hormigón (Tralix)



3.2.6.2 Cubicaciones

En las tablas siguientes se resume la cubicación y costos asociados al canal revestido y loseta.

Tabla 3-14: Cubicaciones Alternativa 6

Ítem	Unidad	Cantidad
Losetas	m^2	3000
Relleno simple	m^3	2000

Tabla 3-15: Cubicaciones mampostería Alternativa 6

Ítem	Sección m^2	%	Sección efectiva m^2	Largo m	Volumen m^3
Piedra para mampostería	0,942	0,9	0,8478	1.000	848

Para la estimación de los OPEX (costos operacionales) para un periodo de 30 años se ha considerado una tasa de interés del 12% y una re-inversión de los CAPEX (costos de inversión) al año 15.

4 PELIGRO DE CAÍDA DE ROCA Y MATERIALES DE LADERA A LO LARGO DEL TRAZADO DEL CANAL

4.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El peligro de caída de rocas y material de ladera es recurrente a lo largo del canal, sin embargo se presenta con mayor importancia en los sectores Cerro Caracha, Tahuinco-Los Loros y Limahuida. Estos sectores son de altas pendientes y están ubicados entre los kilómetros 2,7 a 6,5; 30,9 a 41,5 y 75,3 a 76,8, respectivamente del canal Buzeta. Generalmente el material rocoso que cae posee volúmenes decimétricos a métricos y por lo tanto no puede ser removido por el flujo de agua por sí solo.

El material rocoso, susceptible de caer hacia el canal, consiste en bolones y/o bloques de roca relativamente fresca que han quedado expuestos en las laderas a consecuencia de la descomposición bolar que afecta a las rocas intrusivas la que, además, es característica de las zonas semiáridas con precipitaciones escasas concentradas en pocos meses o semanas. El resultado de esto, son suelos arenosos con escaso porcentaje de finos y con baja compacidad, generalmente espesores entre 0,5 a más de 5 m de espesor. En este contexto el material de ladera grueso (bloques y formaciones vegetales tales como cactáceas columnares, sandillones, chaguales y otros) se encuentran en situación de equilibrio metaestable de manera que la remoción del suelo arenoso que les sirve de apoyo por la erosión de aguas lluvia, viene a ser un factor importante para su desestabilización y consecuente caída hacia el canal. Eventualmente un sismo de gran intensidad podría ser también un factor gatillante de la caída del material, específicamente rocas.

Por otra parte, las altas pendientes de las laderas es la condición geomorfológica para la ocurrencia de caídas de material e incluso de animales de gran tamaño (vacas, cabras, etc.) al no encontrarse éste protegido en el talud a cerro por alguna malla o cierre.

Las consecuencias de estos eventos son la obturación parcial o total del canal con el consecuente desborde del mismo hacia valle, dando origen a un flujo de detritos que afecta gravemente la infraestructura existente.

A lo largo del trazado del canal, es posible advertir la presencia de rocas y bolones en taludes hacia cerro, los cuales ante la evidente ausencia de soporte lateral y bajo condiciones de precipitaciones intensas y/o solicitaciones sísmicas, podrían caer al interior del canal. Desde la Fotografía 4-1 a la Fotografía 4-5 se presentan ejemplos de la problemática anteriormente señalada.

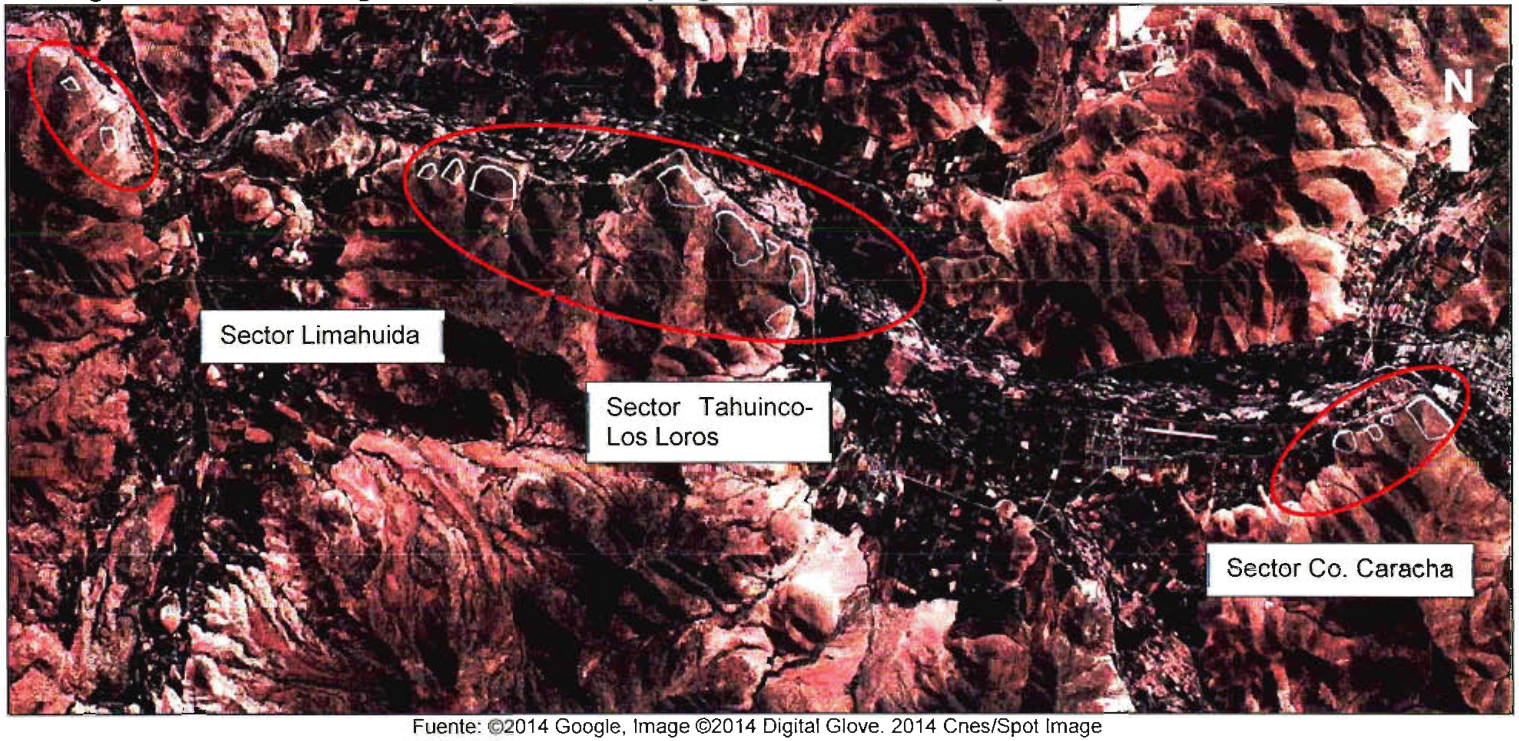
Las condiciones anteriormente indicadas se presentan en los sectores siguientes:

- Sector del Cerro Caracha (1.172 m.s.n.m.), en sus laderas noreste y noroeste, en una extensión discontinua con un total de unos 1.112 metros de largo acumulado, con pendientes iguales o mayores a 60%.

- Sector entre Tahuinco y Los Loros en las laderas este, noreste y norte de los cerros El Cobre (852 m.s.n.m.) y Collico (1.035 m.s.n.m.), en tramos discontinuos con pendientes entre 56% y 99% que acumulan un total de 5.753 metros.

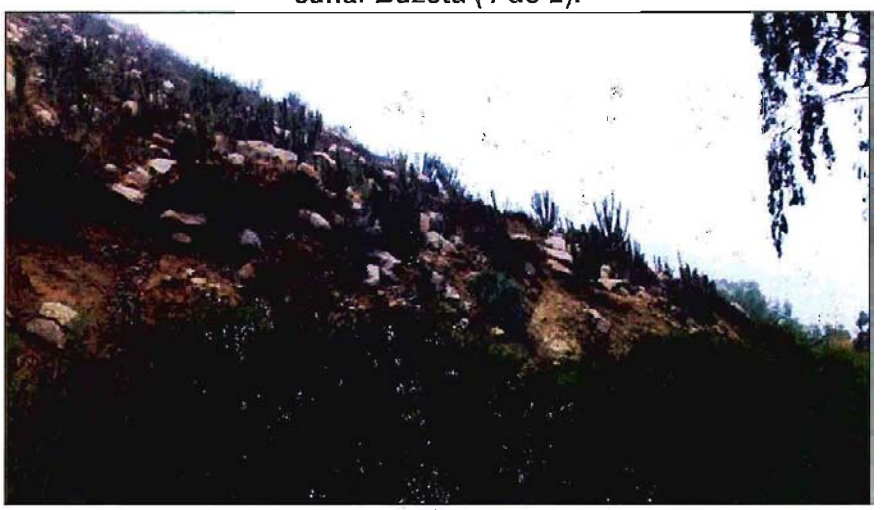
- Sector de Limahuida en la ladera noreste del cordón Las Diucas, con pendientes mínimas de 70% en un total discontinuo de 824 metros del canal.

Figura 4-1: Ubicación general sectores con peligro de caída de rocas y material de ladera, canal Buzeta

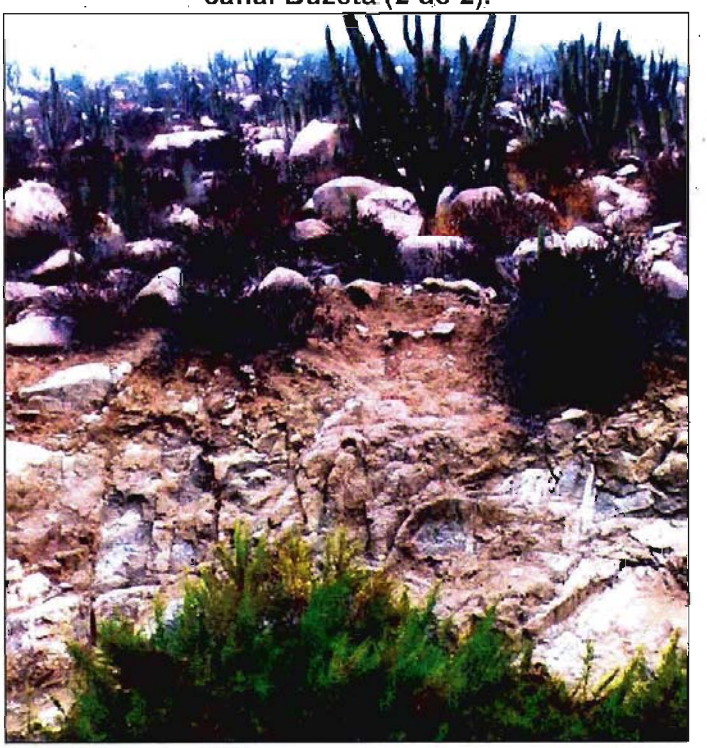


Fuente: ©2014 Google, Image ©2014 Digital Glove. 2014 Cnes/Spot Image
Nota: La información complementaria ha sido incluida por ARCADIS.

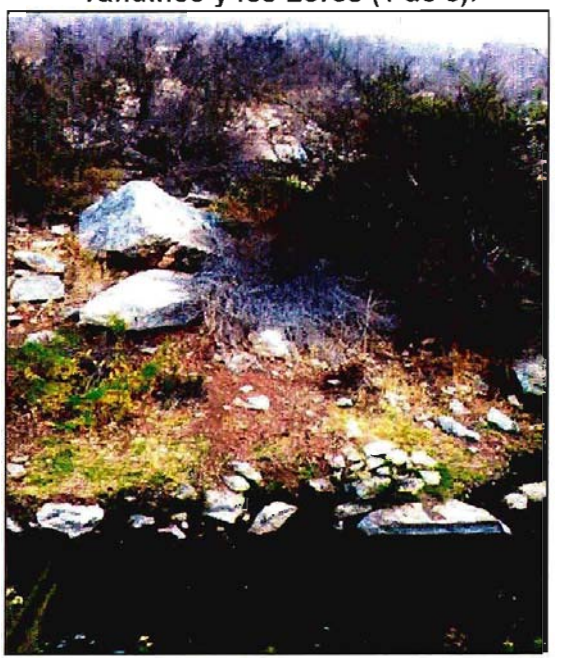
Fotografía 4-1: Peligro de caída de rocas y material de ladera sector Cerro Caracha, canal Buzeta (1 de 2).



Fotografía 4-2: Peligro de caída de rocas y material de ladera sector Cerro Caracha, canal Buzeta (2 de 2).



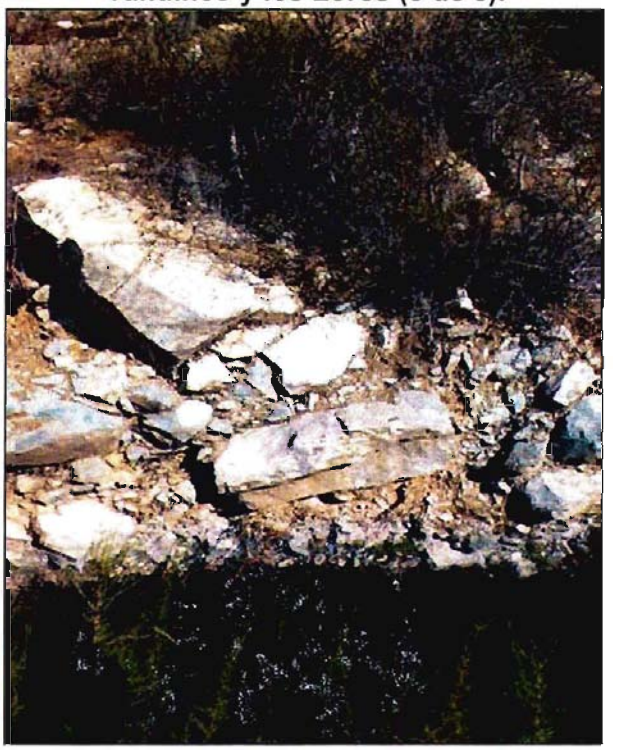
Fotografía 4-3: Peligro de caída de rocas en talud a cerro del canal en ladera entre Tahuinco y los Loros (1 de 3).



Fotografía 4-4: Peligro de caída de rocas en talud a cerro del canal en ladera entre Tahuinco y los Loros (2 de 3).



Fotografía 4-5: Peligro de caída de bloques en talud a cerro en ladera canal entre Tahuinco y los Loros (3 de 3).



4.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

El análisis de las alternativas de solución para los problemas de peligro de caída de rocas y material de ladera a lo largo del canal tienen como objeto asegurar la operación del canal tanto para condiciones estivales como invernales.

Dadas las condiciones del terreno, se han evaluado una serie de alternativas de solución, las cuales podrían considerarse individualmente o una combinación de estas. Entre las alternativas consideradas figuran las siguientes:

- Alternativa 1: Revestimiento mediante tuberías.
- Alternativa 2: Re-perfilado de talud a cerro.
- Alternativa 3: Malla de protección dinámica.
- Alternativa 4: Malla estabilizadora de taludes.
- Alternativa 5: Losa de hormigón para tapar canal + Revestimiento mampostería.

4.2.1 Revestimiento Mediante Tuberías

Esta alternativa contempla el revestimiento del canal mediante una tubería de HDPE con la finalidad de que no se produzcan estancamientos del canal producto de la caída de material dentro de éste. Esta tubería debe ser capaz de aguantar sobrecargas de suelo ante posibles deslizamientos de suelo.

4.2.1.1 Diseño Alternativa 1

4.2.1.1.1 Criterios de Diseño

Se ha estimado un largo total de entubamiento de 7.700 m (sin continuidad) en los sectores Co. Carachas, Tahuinco-Los Loros y Limahuida. Además, para efectos de cubicaciones se han considerado los criterios presentados en Tabla 4-1.

Tabla 4-1: Criterios de diseño tubería y canal

Tubería	
Diámetro	1,80 m
Material tubería	HDPE
Canal	
Profundidad	1,3 m
Ancho basal	2.5 m

El cálculo hidráulico para la determinación del diámetro de la tubería ha seguido los mismos criterios descritos en la sección 3.2.4.1.1.

4.2.1.1.2 Diseño Preliminar

El diseño del entubamiento considera el emplazamiento de la tubería en la canaleta existente. La tubería considerada corresponde a una tubería de corrugada de HDPE con pared interna lisa y diámetro 1,80 m.

Luego de instalada la tubería en el canal se deben ejecutar los relleno sugeridos en la sección 3.2.4.1.3, para asegurar la resistencia estructural de la misma.

En la Figura 3-13 se detallan las dimensiones mínimas para el canal y la ubicación de cada uno de los rellenos recomendados.

4.2.1.2 Cubicaciones

Las cubicaciones de los rellenos controlados han sido estimadas en base a la geometría descrita en la Figura 3-13. El resumen de las cubicaciones se muestra en la Tabla 4-2 y la Tabla 4-3.

Tabla 4-2: Cubicaciones movimientos de tierra Alternativa 1

Ítem	Sección m^2	Largo m	Volumen Total m^3
Relleno controlado			
Encamado	0,25	7.700	1.925
Acostillado	1	7.700	7.700
Relleno Final	3,44	7.700	26.488

Tabla 4-3: Cubicaciones tuberías y cámaras de inspección Alternativa 1

Ítem	Unidad	Cantidad
Tubería HDPE Dia. 1,8m	ml	7.700
Cámara Insp. h=2m Dia. 2m	un	76
Radier cámara hormigón H-25	m^3	30,6

Para la estimación de los costos totales (CAPEX + OPEX) no se han considerado costos asociados a la operación (OPEX).

4.2.2 Re-perfilado de Talud a Cerro

Esta alternativa contempla una modificación de la geometría del actual talud en los sectores de peligro de caídas de roca y material de ladera, considerando que el principal objetivo es dar al talud una geometría que minimice los riesgos de desprendimientos, ya sea de algunas masas de suelos, planchones y rocas aisladas. Para estos efectos el talud debe someterse a un acuñado que provoque la caída controlada de cualquier roca o sector potencialmente inestable. Asimismo, aquellos sectores que presenten taludes muy pronunciados producto de derrumbes locales, deberán tenderse con una inclinación compatible con la estabilidad de los suelos.

No se deberán remover los clastos que, aun cuando sobresalgan del talud, estén firmemente asentados, para no producir inestabilidad del área. Una vez terminado el trabajo, la superficie del talud debe presentarse firme en todos sus puntos.

4.2.2.1 Diseño Alternativa 2

4.2.2.1.1 Criterios de Diseño

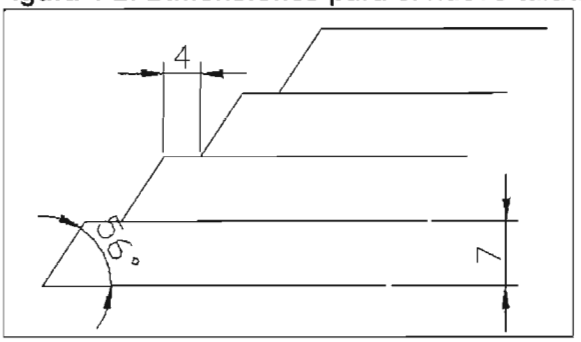
Para las zonas identificadas en la Figura 4-1 se ha proyectado el re-perfilado de los taludes con el objetivo de asegurar su estabilidad tanto global como local.

La Tabla 4-4 resume las dimensiones consideradas para la construcción de los taludes en suelo. Además, se ha realizado un esquema de la configuración en la Figura 4-2.

Tabla 4-4: Geometría del talud

Descripción	Unidad	Valor
Altura máxima	m	28
Altura de los bancos	m	7
Ancho banco de seguridad	m	4
Pendiente Talud	H:V (°)	1:1,5 (56)

Figura 4-2: Dimensiones para el nuevo talud



La verificación de la estabilidad de los taludes corresponde a la realizada en la sección 3.2.5.1.4.

4.2.2.1.2 Diseño Preliminar

Para el diseño del re-perfilado del canal se ha tomado la geometría mostrada en la Figura 3-15. Esto implica realizar un corte en el terreno natural tal como se muestra en la Figura 3-16.

4.2.2.2 Cubicaciones

Los volúmenes de corte del material a remover para la construcción del talud han sido estimados en base a los cálculos realizados para el sector *El Bato*. El resumen de las cubicaciones se muestra en la Tabla 4-5.

Tabla 4-5: Cubicaciones Alternativa 2

Ítem	Volumen Total m^3
Corte Talud	
Corte en suelo	270.837
Corte en roca	406.255
Corte plataformas	
Corte en suelo	27.084
Corte en roca con explosivos	40.626
Relleno masivo	67.709

Para la estimación de los OPEX (costos operacionales) para un periodo de 30 años se ha considerado una tasa de interés del 12% y una re-inversión de los CAPEX (costos de inversión) cada 5 años (años 5, 10, 15, 20 y 25).

4.2.3 Malla de Protección Dinámica

Esta alternativa contempla la instalación de un sistema de protección que tiene como función interceptar bloques de rocas de dimensiones variables sujetos a susceptibilidad erosiva.

Este sistema contra la caída de rocas, compuesto por una estructura que se sitúa en las trayectorias de los desprendimientos, deteniéndolos y acumulándolos sin producirse la falla del sistema, protege cualquier zona de las caídas de rocas procedentes de laderas y puede servir para retención de coladas de barro y flujo de detritos.

4.2.3.1 Diseño Alternativa 3

4.2.3.1.1 Criterios de Diseño

Esas soluciones son compuestas por un conjunto de elementos, entre ellos: postes, paneles, cables de acero conectados a los elementos estructurales que garantizan la absorción de altas energías de impacto. Durante el impacto el sistema asegura que la energía de la caída de las rocas sea disipada, impidiendo movimientos adicionales.

A continuación, se presentan los criterios para el dimensionamiento de la barrera de protección dinámica:

- Altura de la barrera: 2,0 m
- Ángulo de instalación: 45°
- Distancia entre postes: 12 m.
- Protección contra impactos desde 100 hasta 3000 kJ de energía.
- Acero de alta resistencia (resistencia nominal a la tracción min.1770N/mm)

4.2.3.1.2 Diseño Preliminar

Para el diseño de la barrera se ha tomado la geometría mostrada en la Figura 4-3 y en la Figura 4-4.

Figura 4-3: Esquema barrera dinámica – Sección transversal

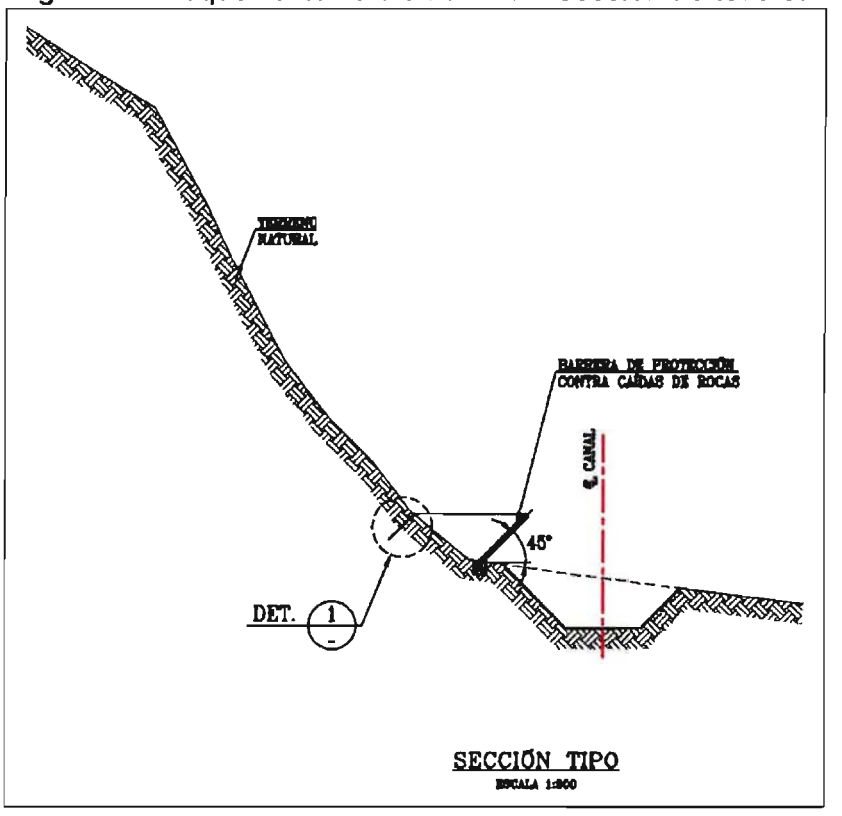
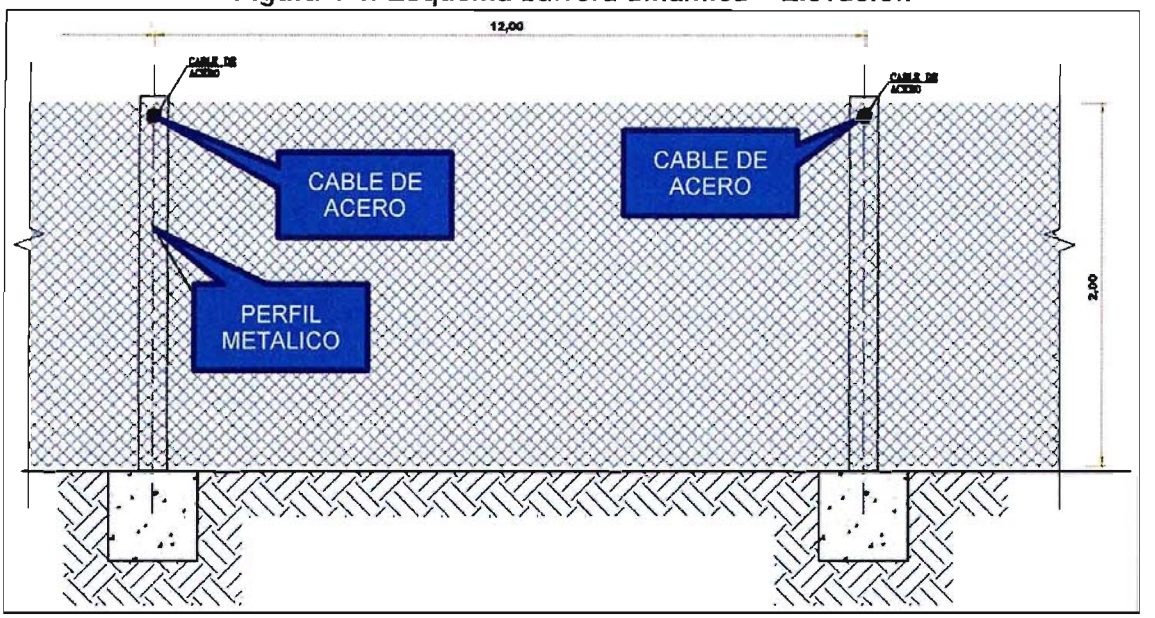


Figura 4-4: Esquema barrera dinámica – Elevación



4.2.3.2 Cubicaciones

El resumen de las cubicaciones donde se necesita de la protección del canal mediante la barrera de protección dinámica debido a la caída de rocas y material de ladera se resume en la Tabla 4-6.

Tabla 4-6: Cubicaciones Alternativa 3

Ítem	Unidad	Cantidad
Malla	m^2	15.400
Pernos de anclaje	un	642
Postes	un	642

Para la estimación de los OPEX (costos operacionales) para un periodo de 30 años se ha considerado una tasa de interés del 12% y una re-inversión de los CAPEX (costos de inversión) al año 15.

4.2.4 Malla Estabilizadora de Taludes

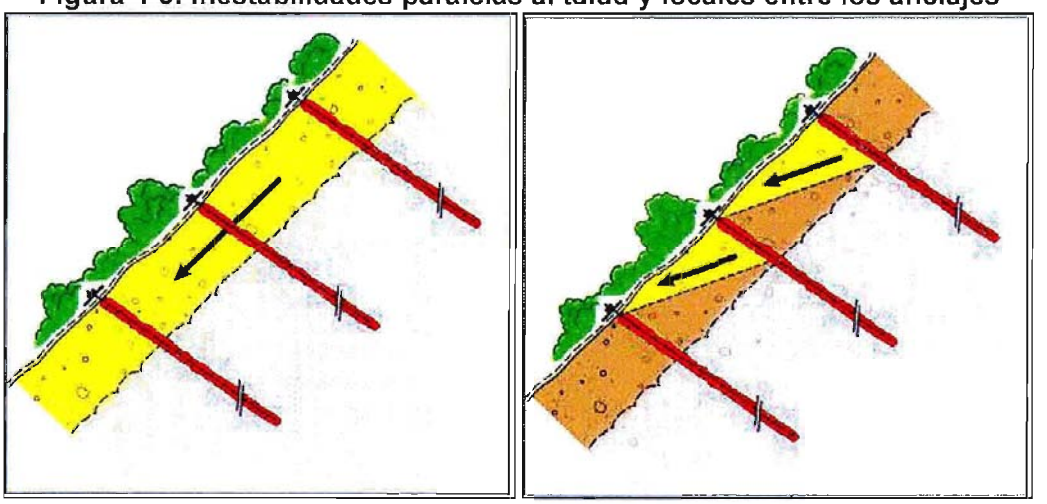
Esta alternativa contempla un tratamiento de protección activa mediante elementos flexibles contra los desprendimientos de rocas y material de ladera, evitando además el movimiento de macizos rocosos de cierta magnitud. Con esto se provoca un efecto de estabilización superficial importante y además es posible disminuir los procesos de erosión en combinación de otras técnicas de revegetación.

4.2.4.1 Diseño Alternativa 4

4.2.4.1.1 Criterios de Diseño

El aseguramiento de los taludes por medio de este tipo de mallas de alambre de acero de alta resistencia puede aplicarse tanto a problemas de inestabilidad superficial como global, dimensionando los anclajes a planos de falla profundos. Para el caso particular de inestabilidades superficiales de los taludes del canal, en la Figura 4-5 se presenta un esquema del tipo de prestaciones que proporciona esta malla, cortando la superficie de deslizamiento mediante sus anclajes y minimizando las superficies de deslizamiento locales.

Figura 4-5: Inestabilidades paralelas al talud y locales entre los anclajes



A continuación, se presentan los criterios para el dimensionamiento de la malla de protección de taludes:

- Altas prestaciones con bajo peso.
- Fijación con placas de sujeción y anclajes en una cuadricula de 3,0 x 3,0 m.
- Retención de material de hasta 230 T.
- Resistencia uniforme de todos los componentes.
- Instalación en terrenos irregulares.
- Baja deformación.

- Mantenimiento no requerido.
- Bajo impacto medioambiental.
- Rápida revegetación.
- Alta permeabilidad.
- Acero de alta resistencia (resistencia nominal a la tracción min.1770N/mm)

4.2.4.2 Cubicaciones

El resumen de las cubicaciones donde se necesita de la malla de protección de taludes en el canal se resume en la Tabla 4-7.

Tabla 4-7: Cubicaciones Alternativa 4

Malla de alta resistencia	m2	35373
Pernos Gewi 25 m Largo 3m	un	8847
Placa romboidal	un	8847
Anclajes de cables 14,5mm	un	27
Tuercas	un	8847
Cable 12mm	ml	2667
Sujetacables	un	21
Clips T3 de unión	un	53333

Para la estimación de los OPEX (costos operacionales) para un periodo de 30 años se ha considerado una tasa de interés del 12% y una re-inversión de los CAPEX (costos de inversión) al año 15.

4.2.5 Cubrir canal con loseta de hormigón + Revestimiento mampostería.

4.2.5.1 Diseño Alternativa 5

Esta alternativa considera el revestimiento del canal sobre el cual se proyecta la colocación de una loseta de hormigón pre-fabricado. Además, sobre la loseta de hormigón se proyecta la colocación de un relleno de material suelto que permita cubrir la estructura. El relleno deberá tener un espesor de 0,3m (mínimo), y permitirá amortiguar la caída de bloques de rocas y/o deslizamientos de material sobre este.

Esta alternativa se ha diseñado para trabajar en conjunto con el revestimiento con mampostería. Cuyo diseño se detalla en la sección 5 (Inestabilidad de Taludes por Roedores (Cururos)).

4.2.5.1.1 Criterios de Diseño

Los criterios considerados en la definición del canal con la loseta son los siguientes:

- Canal revestido para evitar las pérdidas de agua,

- Se considera la protección del canal con una loseta de hormigón y un relleno compactado para cubrir la estructura,
- Se proyecta la construcción de la loseta con elementos pre-fabricados que consiste en la unión de viguetas, bovedillas de hormigón y sobrelosa,
- La separación entre las viguetas es de 72 cm (medida entre ejes),
- La alternativa se deberá validar con el Vendor (Tralix) en una etapa de ingeniería posterior.

A continuación, en la Figura 4-6 y en la Figura 4-7 se muestran una vista isométrica y sección transversal de la solución.

Figura 4-6: Vista isométrica de canal revestido con mampostería y loseta de hormigón

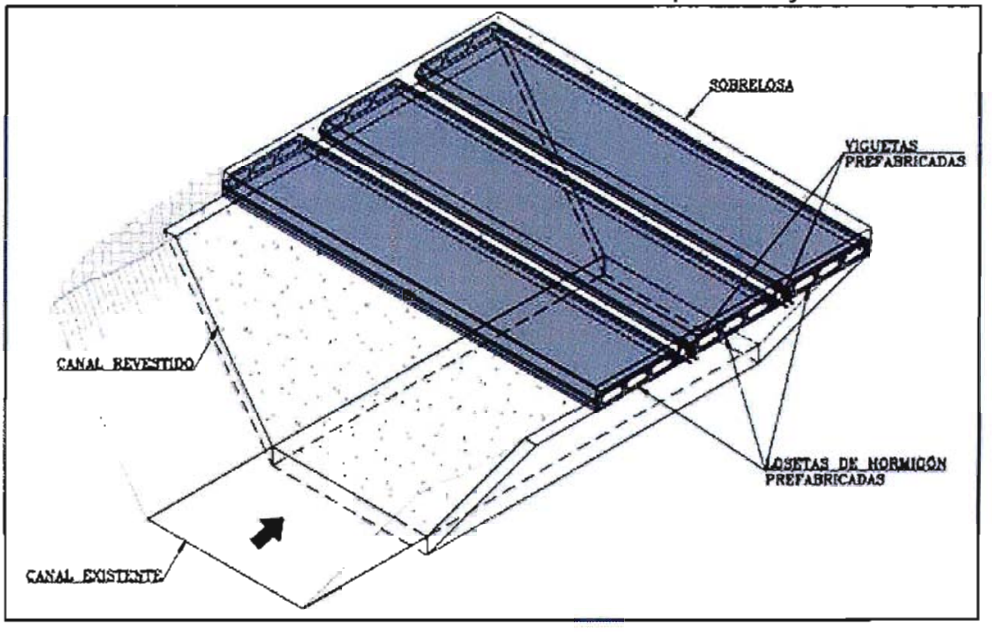
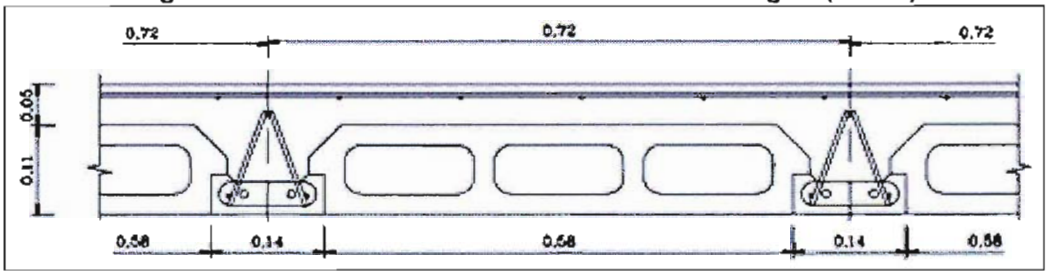


Figura 4-7: Sección transversal loseta de hormigón (Tralix)



4.2.5.2 Cubicaciones

En la Tabla 4-8 y Tabla 4-9 se resumen la cubicación y costos asociados a las losetas y al revestimiento del canal, respectivamente.

Tabla 4-8: Cubicaciones Alternativa 5

Ítem	Unidad	Cantidad
Losetas	m^2	23100
Relleno simple	m^3	15400

Tabla 4-9: Cubicaciones mampostería

Ítem	Sección m^2	Largo m	Volumen m^3
Piedra para mampostería	0,942	7.700	7.253

Para la estimación de los OPEX (costos operacionales) para un periodo de 30 años se ha considerado una tasa de interés del 12% y una re-inversión de los CAPEX (costos de inversión) al año 15.

5 INESTABILIDAD DE TALUDES POR ROEDORES (CURUROS)

5.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Los problemas de estabilidad de taludes debido a la presencia de cururos son recurrentes a lo largo de canal Buzeta, sin embargo, se presenta con mayor importancia en los sectores en que el pretil o talud a valle se construyó con materiales arenosos. Estos sectores están ubicados entre los kilómetros 2,5 y 70,0 del canal Buzeta.

El cururo (*spalacopus cyanus*) es un roedor cavícola que ocupa toda la zona de Chile entre las regiones de Atacama y del Maule, desde la costa hasta los 3.400 m.s.n.m. en la Cordillera de Los Andes.

Es una especie endémica de Chile de la cual se reconocen tres subespecies (*spalacopus cyanus cyanus, s.c. peoeppiggi y s.c. maulinus.*), siendo la más común la *s. cyanus cyanus*. Aun cuando no se encuentra en peligro de extinción, la especie ha sido sindicada como especie protegida dada su condición de endémica.

Este roedor excava extensas madrigueras en forma de túneles entrelazados, con varias salidas y accesos (Fotografía 5-1 a la Fotografía 5-6), los que utiliza como cámaras de almacenamiento de comida (raíces, bulbos suculentos, etc.) y de crianza.

Para excavar sus madrigueras prefiere suelos arenosos en zonas cercanas a humedales, ríos, lagos y canales, en los cuales se instala en el sustrato adecuado para ellas. Normalmente el grupo se instala en una madriguera y permanece hasta que agota los alimentos cercanos.

Este roedor suele desplazarse en grupos de una madriguera antigua a otra nueva el desplazamiento en general, no suele ser mayor a 50 metros. Debido a ello es posible observar en las zonas con presencia de cururos, madrigueras abandonadas las que pueden ser eventualmente utilizadas por otros animales (Fotografía 5-7) o aves.

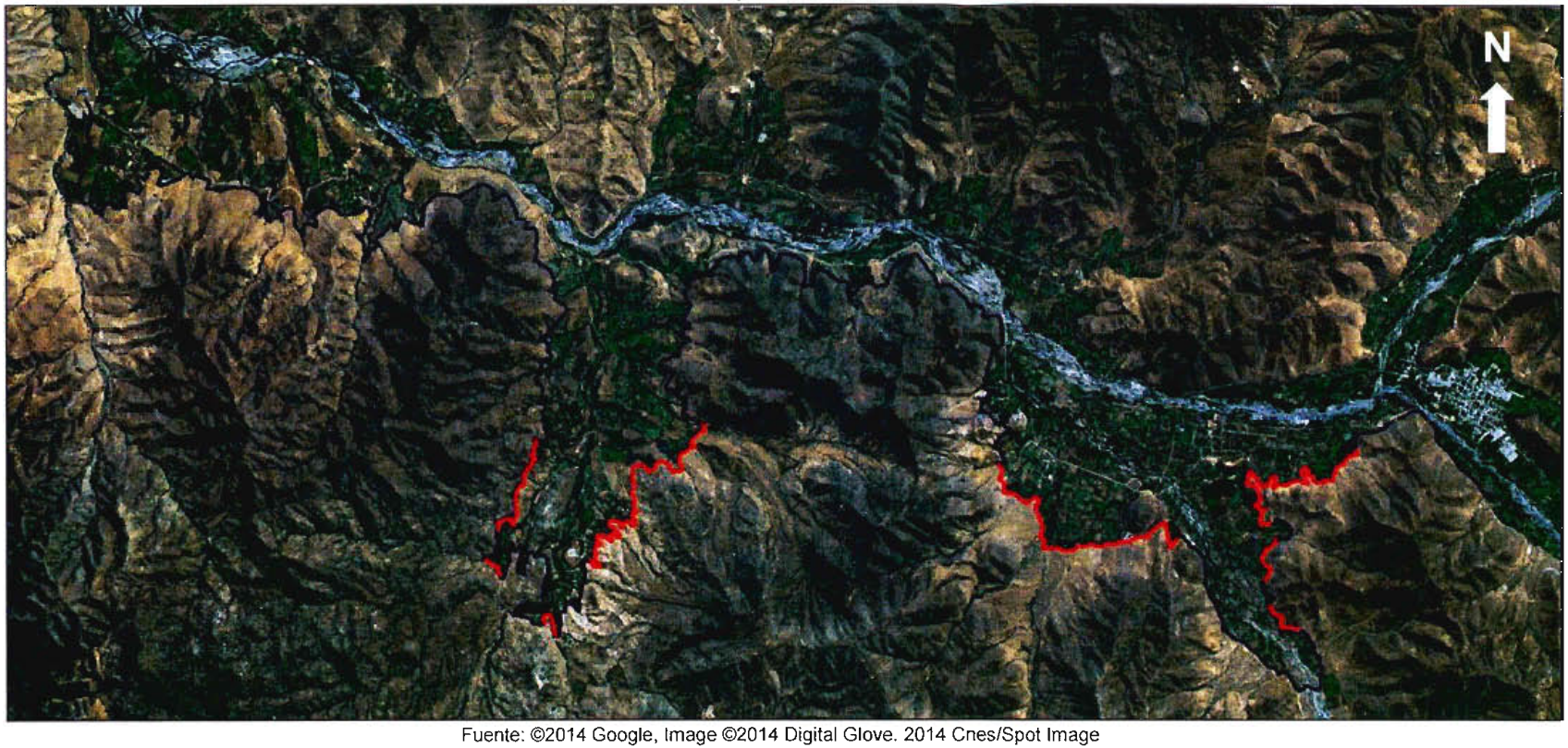
Es así que en el caso de los pretiles arenosos de los canales, una sola familia o grupo puede excavar madrigueras sucesivas en un largo suficiente como para afectar de manera importante tramos de varios centenares de metros del muro a valle o pretil.

- Sector del Cerro Caracha (1.172 m.s.n.m.), en sus laderas norte, noroeste y oeste, en una extensión discontinua con un total de unos 7.8 km de largo acumulado, en los tramos en que el muro del canal es mayoritariamente arenoso.

- Sector entre Tahuinco (Fotografía 5-1) y Los Loros en las laderas este, noreste y norte de los cerros El Cobre (852 m.s.n.m.) y Collico (1.035 m.s.n.m.), en tramos discontinuos del pretil con un total de unos 7.1 km de largo acumulado conformado principalmente por arena o "maicillo".

- Sector de Limahuida en la ladera noreste del cordón Las Diucas (Fotografía 5-2 a Fotografía 5-6), en un total discontinuo de 5.1 km del canal y en otros sectores del canal en el flanco occidental del valle de Limahuida.

Figura 5-1: Ubicación general sectores (en trazos rojos) con problemas de estabilidad de taludes debido a la presencia de cururos, canal Buzeta.



Fuente: ©2014 Google, Image ©2014 Digital Glove. 2014 Cnes/Spot Image
Nota: La información complementaria ha sido incluida por ARCADIS.

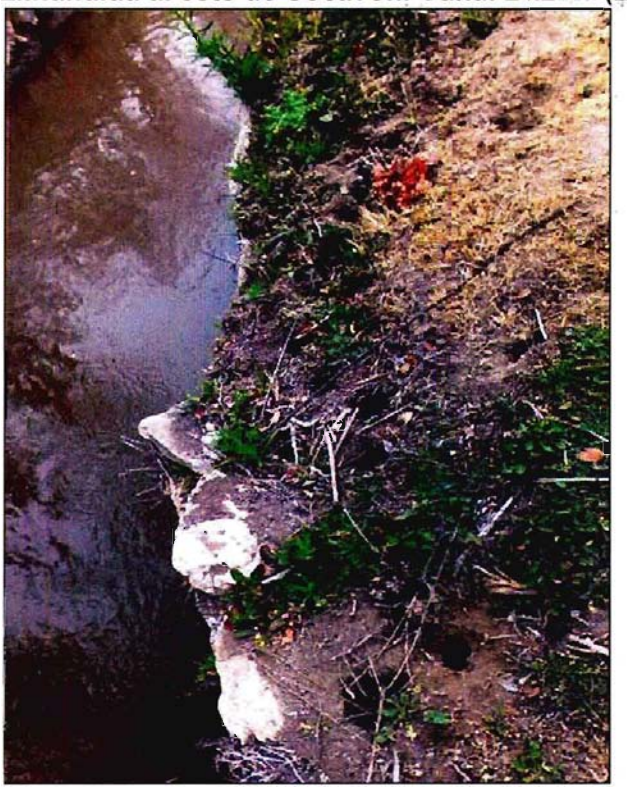
Fotografía 5-1: Presencia en bermas de cavernas excavadas por cururos, sector de Tahuinco. Canal Buzeta.



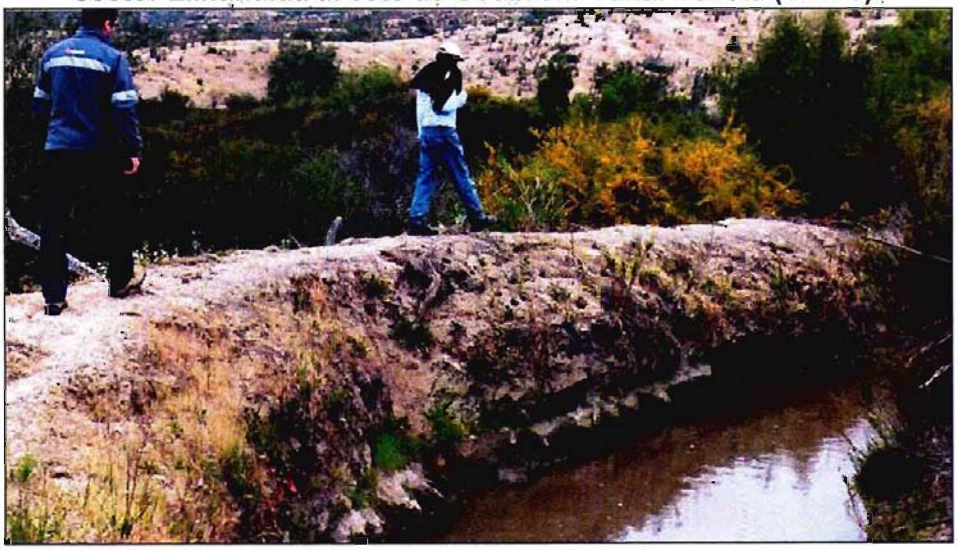
Fotografía 5-2: Problemas de estabilidad de taludes debido a la presencia de cururos sector Limahuida al este de Socavón. Canal Buzeta (1 de 5).



Fotografía 5-3: Problemas de estabilidad de taludes debido a la presencia de cururos sector Limahuida al este de Socavón. Canal Buzeta (2 de 5).



Fotografía 5-4: Problemas de estabilidad de taludes debido a la presencia de cururos sector Limahuida al este de Socavón. Canal Buzeta (3 de 5).



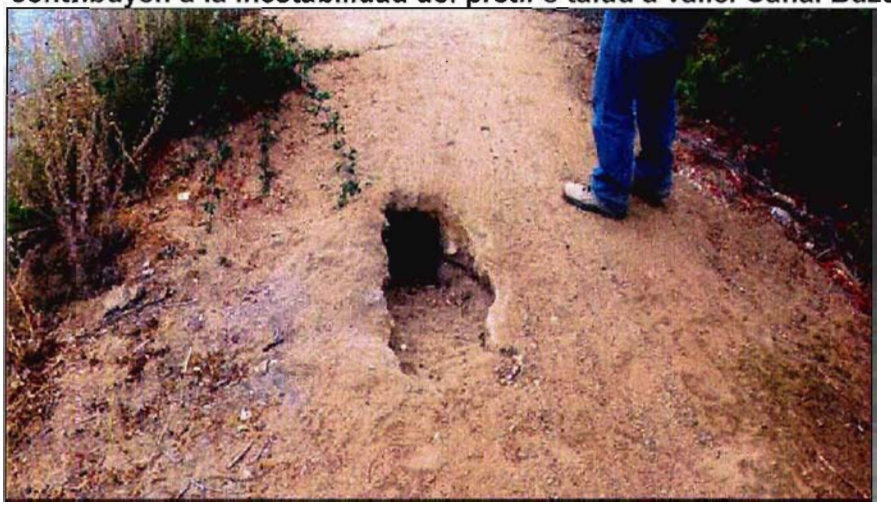
Fotografía 5-5: Problemas de estabilidad de taludes debido a la presencia de cururos sector Limahuida al este de Socavón. Canal Buzeta (4 de 5).



Fotografía 5-6: Problemas de estabilidad de taludes debido a la presencia de cururos sector Limahuida al este de Socavón. Canal Buzeta (5 de 5).



Fotografía 5-7: Madrigueras excavadas por otros animales en el sector de El Tambo y que contribuyen a la inestabilidad del pretil o talud a valle. Canal Buzeta.



5.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

El análisis de las alternativas de solución para los problemas de estabilidad de taludes debido a la presencia de cururos a lo largo del canal tiene como objeto asegurar la operación del canal tanto para condiciones estivales como invernales.

Dadas las condiciones del terreno sólo se ha evaluado la alternativa de revestir el canal mediante mampostería. Esta alternativa puede ser considerada individualmente o como una combinación con otras alternativas desde el punto de vista ambiental para el control de lo cururos.

5.2.1 Revestimiento Mediante Mampostería

Esta alternativa consiste en crear una protección de mampostería de piedra en el fondo y en las paredes del canal Buzeta en los sectores más afectados.

Tendrá por objetivo minimizar las filtraciones del canal, mejorar la estabilidad de los taludes y reducir la cantidad de excavaciones que realizan los cururos en los taludes.

5.2.1.1 Diseño

5.2.1.1.1 Criterios de Diseño

La obra considera la construcción de mampostería con piedras seleccionadas, asentadas y unidas con mortero de cemento en el fondo del canal y en ambos taludes. Las piedras deben ser limpias, duras, resistentes al agua y a los agentes atmosféricos, y estar libres de grietas, trozos inestables u otras imperfecciones. El espesor del revestimiento será de 20 cm y el mortero utilizado para unir las piedras deberá ser de proporción 1:3 (cemento:arena) en peso.

5.2.1.1.2 Diseño Preliminar

El terreno sobre el cual se emplazarán los revestimientos, deberá ser perfilado de manera de dar cabida a la construcción propuesta, removiendo los primeros 10 cm de suelo natural y emparejando la nueva superficie. Luego de emparejar, la superficie de apoyo deberá ser ligeramente humedecida previa a colocar una capa de mortero de mínimo 50 mm de espesor. Las piedras deberán humedecerse y luego asentarse sobre la capa de mortero de manera que queden perfectamente estables, y con una separación entre sí de 50 a 100 mm. Los espacios entre piedras de forma irregular se podrán rellenar con piedras de menor tamaño y los vacíos resultantes serán totalmente rellenados con mortero hasta cubrir las piedras, dejando una superficie aproximadamente pareja.

Inmediatamente después de efectuada la operación de terminación de las superficies expuestas, se deberá iniciar la protección y curado del hormigón:

- Mantener el hormigón en un ambiente saturado, evitando la pérdida de agua;
- Evitar cambios bruscos de temperatura del hormigón; y,
- Preservar el hormigón de acciones externas como lluvia, viento, nieve, cargas y otros.

Los materiales para iniciar el curado y protección pueden ser:

- Compuestos formadores de membranas de curado;
- Neblinas de vapor;
- Lloviznas tenues de agua; y,
- Telas o tejidos absorbentes que se mantienen continuamente húmedos.

Dentro de las 24 horas siguientes a la construcción, se deberán raspar y limpiar todas las caras expuestas para eliminar el mortero suelto. Además, la construcción no deberá efectuarse cuando la temperatura ambiente sea inferior a los 5°C. En tiempo caluroso o seco, la mampostería deberá ser protegida adecuadamente del sol. El período de protección y curado será como mínimo de siete días para hormigón con cemento de grado corriente.

5.2.1.2 Cubicaciones

Se realizaron las cubicaciones considerando los 20 km de largo de mejoramiento por este ítem, que el canal tiene una sección rectangular de base igual a 2,5 m y de altura igual a 1,3 m y que la mampostería tendrá un espesor de 0,2 m, obteniendo los valores de la Tabla 5-1.

Tabla 5-1: Cubicaciones Mampostería

Ítem	Sección (m^2)	Largo (m)	Volumen (m^3)
Piedra para mampostería	0,942	20.000	16.956

Para la estimación de los OPEX (costos operacionales) para un periodo de 30 años se ha considerado una tasa de interés del 12% y una re-inversión de los CAPEX (costos de inversión) al año 15.

6 DESLIZAMIENTOS POR DEBILITAMIENTO EN TALUD DEBIDO A PRECIPITACIONES INTENSAS

6.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Los problemas de deslizamiento de taludes debido a precipitaciones intensas se presentan principalmente en sectores de pendientes bajas a moderadas, en los que se han desarrollado deslizamientos siendo favorecidos por las condiciones topográficas de cubiertas de suelos arenosos en parte regolíticos y en parte coluviales los que alcanzan espesores de hasta 5 metros. La cubierta de suelo depositada directamente sobre la roca intemperizada, está predominantemente compuesta por arenas finas a medias con bajo porcentaje de finos y compacidades bajas a medias por lo que es fácilmente erosionable durante precipitaciones intensas.

Por otra parte, en estos sectores, debido a la baja presencia de finos en el suelo, el agua se infiltra y genera un debilitamiento del talud a cerro, que en ocasiones causa que este material se precipite hacia el canal. Si bien no es un problema de alta importancia debido a que los volúmenes de material no son muy grandes, la repetición del fenómeno va provocando una obstrucción y un ensanchamiento paulatino de la sección del canal.

Figura 6-1: Ubicación general sectores con deslizamientos de taludes (en color blanco) debido a precipitaciones intensas, canal Buzeta



Fuente: ©2014 Google, Image ©2014 Digital Glove. 2014 Cnes/Spot Image
Nota: La información complementaria ha sido incluida por ARCADIS.

Fotografía 6-1: Deslizamiento de taludes debido a precipitaciones intensas, sector El Tambo canal Buzeta (1 de 2).



Fotografía 6-2: Deslizamiento de taludes debido a precipitaciones intensas, sector El Tambo canal Buzeta (2 de 2).



6.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

El análisis de las alternativas de solución para los deslizamientos de taludes debido a precipitaciones intensas a lo largo del canal tiene como objeto asegurar la operación del canal tanto para condiciones estivales como invernales.

Dadas las condiciones del terreno, se han evaluado una serie de alternativas de solución, las cuales podrían considerarse individualmente o una combinación de estas. Entre las alternativas consideradas figuran las siguientes:

- Alternativa 1: Canalización de aguas lluvias.
- Alternativa 2: Revestimiento mediante tuberías.
- Alternativa 3: Cubrir canal con loseta de hormigón + Revestimiento mampostería.

6.2.1 Canalización de Aguas Lluvias

Esta alternativa implica la captación y conducción de las aguas lluvias que escurren por los taludes hacia el canal. Esto se realizará a través de canaletas laterales que serán ubicadas en una cota mayor a la del canal, y tendrán bajadas ancladas al suelo natural y que conducirán las aguas recogidas al canal.

Con esta alternativa se evitarán y prevendrán los deslizamientos, principalmente en sectores de pendientes bajas con cubiertas de suelos arenosos sueltos, producto de las precipitaciones.

La adecuada elección de la ubicación, alineación y pendiente de cada canaleta es importante, ya que de ella se desprende el área tributaria que captará cada una de estos.

La longitud considerada a mejorar es de 1000 m, la cual fue definida en base al levantamiento geotécnico realizado en terreno, y obedece principalmente a las inestabilidades en sectores de pendientes bajas y con cubiertas de suelos arenosos sueltos. Cabe señalar que esta longitud corresponde a la sumatoria de varios tramos principalmente ubicados en el sector de Mayacun.

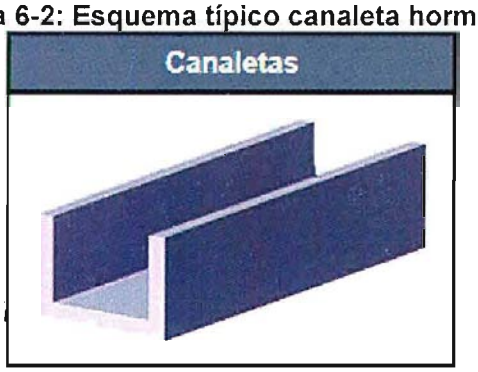
6.2.1.1 Diseño Alternativa 1

La obra como alternativa de solución corresponde a la instalación de 1000 m lineales de canaletas prefabricadas. Dentro del diseño se consideran bajadas en tubos de metal corrugado de sección transversal semi circular, espaciadas cada 100 m. Las canaletas deberán colocarse enterradas de modo de que la parte superior de ellos coincida con la superficie del talud.

6.2.1.1.1 Criterios de Diseño

Las canaletas deben ser instaladas con una pendiente igual o muy similar a la pendiente del canal en el sector que se encuentre, de manera de que sea un canal paralelo al canal Buzeta, pero a una cota mayor. En el sector Mayacun, la pendiente es aproximadamente 17%, por lo que la pendiente de diseño de los canales laterales será entre 14% y 20%.

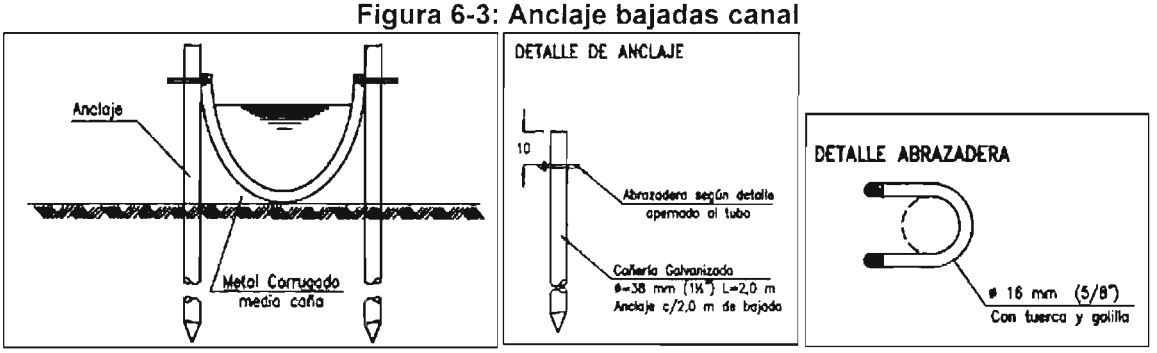
Figura 6-2: Esquema típico canaleta hormigón.



La conexión entre los canales laterales y las bajadas se realizará mediante un embudo de entrada, el cual deberá tener una longitud suficiente para acelerar la velocidad del flujo y así transferir, idealmente, la totalidad del agua captada en ese sector al canal Buzeta y que el menor caudal posible continúe hacia aguas abajo por las canaletas.

Las bajadas de agua, deberán anclarse como se indica en la Figura 6-3, a fin de impedir solicitaciones indebidas en las secciones terminales de entrada.

Figura 6-3: Anclaje bajadas canal



Los embudos de agua deberán emplearse en todas las bajadas de agua, y cualquiera sea la forma de entrada que se considere, ella deberá diseñarse con una depresión local de a lo menos 0,15 m con respecto a la cota inferior, en ese punto, de la canaleta aportadora.

Las uniones deben ser impermeables de modo de impedir que las filtraciones causen erosión.

Los materiales deben cumplir con el acápite 5.602 del capítulo 5 del manual de carreteras, específicamente, las bajadas deberán ser planchas acanaladas de acero galvanizado, los pernos y tuercas deberán cumplir con las normas ASTM especificadas en el acápite, específicamente, los pernos deben ser chascones de acero 44-28-H.

6.2.1.2 Cubicaciones

El resumen de las cubicaciones para la construcción de esta alternativa se muestra en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1: Cubicaciones Alternativa 1

Ítem	unidad	Cantidad
Canaleta hormigón prefabricada	m	1.000
Mortero juntas	m^3	1,3
Tubo corrugado acero galvanizado 50 m	un	10
Anclaje cañería galvanizada 38mm diam. 2 m largo	un	480
Pernos chascones A 44-28H	un	80
Abrazadera con tuerca y golilla, de 16mm de diam.	un	480
Hormigón H-20	m^3	6,5

Para la estimación de los OPEX (costos operacionales) para un periodo de 30 años se ha considerado una tasa de interés del 12% y una re-inversión de los CAPEX (costos de inversión) cada 5 años (años 5, 10, 15, 25 y 25).

6.2.2 Revestimiento Mediante Tuberías

Esta alternativa contempla un tratamiento de protección activa mediante elementos flexibles contra los desprendimientos de rocas y material de ladera, evitando además el movimiento de macizos rocosos de cierta magnitud de laderas o desmontes. Esta tubería debe ser capaz de aguantar sobrecargas de suelo ante posibles deslizamientos de suelo.

6.2.2.1 Diseño Alternativa 2

6.2.2.1.1 Criterios de Diseño

Se ha estimado un largo total de entubamiento de 1000 m (sin continuidad) en el sector Mayacun. Además, para efectos de cubicaciones se han considerado los criterios presentados en Tabla 6-2.

Tabla 6-2: Criterios de diseño tubería y canal

Tubería	
Diámetro	1,80 m
Material tubería	HDPE
Canal	
Profundidad	1,3 m
Ancho basal	2.5 m

El cálculo hidráulico para la determinación del diámetro de la tubería ha seguido los mismos criterios descritos en la sección 3.2.4.1.1.

6.2.2.1.2 Diseño preliminar

El diseño del entubamiento considera el emplazamiento de la tubería en la canaleta existente. La tubería considerada corresponde a una tubería de corrugada de HDPE con pared interna lisa y diámetro 1,80 m.

Luego de instalada la tubería en el canal se deben ejecutar los relleno sugeridos en la sección 3.2.4.1.3, para asegurar la resistencia estructural de la misma.

En la Figura 3-13 se detallan las dimensiones mínimas para el canal y la ubicación de cada uno de los rellenos recomendados.

6.2.2.2 Cubicaciones

Las cubicaciones de los rellenos controlados han sido estimadas en base a la geometría descrita en la Figura 3-13. El resumen de las cubicaciones se muestra en la Tabla 6-3 y la Tabla 6-4.

Tabla 6-3: Cubicaciones movimientos de tierra Alternativa 2

Ítem	Sección m^2	Largo m	Volumen Total m^3
Relleno controlado			
Encamado	0,25	1.000	250
Acostillado	1	1.000	1.000
Relleno Final	3,44	1.000	3.440

Tabla 6-4: Cubicaciones tuberías y cámaras de inspección Alternativa 2

Ítem	Unidad	Cantidad
Tubería HDPE Dia. 1,8m	ml	1.000
Cámara Insp. h=2m Dia. 2m	un	9
Radier cámara hormigón H-25	m^3	3,6

Para la estimación de los costos totales (CAPEX + OPEX) no se han considerado costos asociados a la operación (OPEX).

6.2.3 Cubrir canal con loseta de hormigón + Revestimiento mampostería

6.2.3.1 Diseño Alternativa 3

Esta alternativa considera el revestimiento del canal mediante mampostería, sobre el cual se proyecta la colocación de una loseta de hormigón pre-fabricado. Además, sobre la loseta de hormigón se proyecta la colocación de un relleno de material suelto que permita cubrir la estructura. El relleno deberá tener un espesor mínimo de 0,3 m, y permitirá amortiguar la caída de bloques de rocas y/o deslizamientos de material sobre este.

El diseño del revestimiento mediante mampostería se detalla en la sección 5 (Inestabilidad de Taludes por Roedores (Cururos)).

6.2.3.1.1 Criterios de Diseño

Los criterios considerados en la definición del canal con la loseta de hormigón son los siguientes:

- Canal revestido para evitar las pérdidas de agua,
- Se considera la protección del canal con una loseta de hormigón y un relleno compactado para cubrir la estructura,
- Se proyecta la construcción de la loseta con elementos pre-fabricados que consiste en la unión de viguetas, bovedillas de hormigón y sobrelosa,
- La separación entre las viguetas es de 72 cm (medida entre ejes),
- La alternativa se deberá validar con el Vendor (Tralix) en una etapa de ingeniería posterior.

A continuación, en la Figura 6-4 y en la Figura 6-5 se muestran una vista isométrica y sección transversal de la solución.

Figura 6-4: Vista isométrica de canal revestido con mampostería y loseta de hormigón

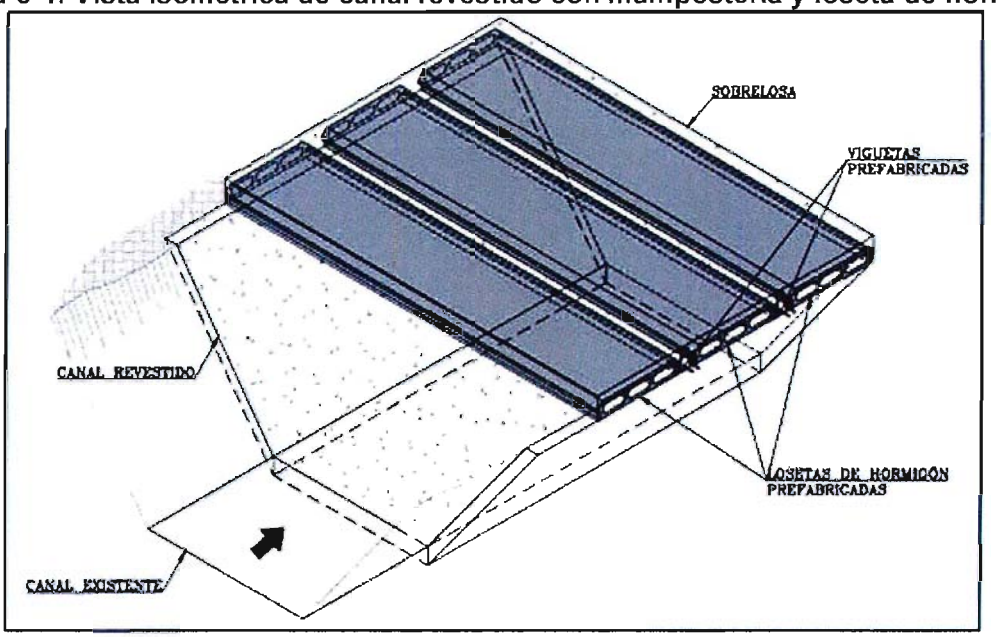
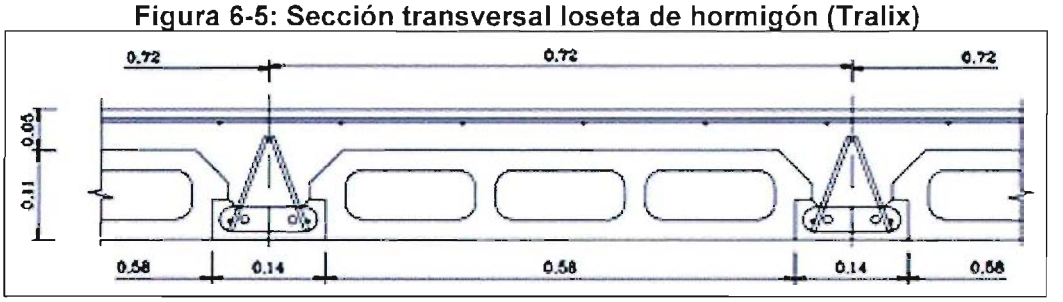


Figura 6-5: Sección transversal loseta de hormigón (Tralix)



6.2.3.2 Cubicaciones

En la Tabla 6-5 y en la Tabla 6-6 se resumen las cubicaciones asociadas a los insumos para cubrir el canal con losetas de hormigón y al revestimiento del canal, respectivamente.

Tabla 6-5: Cubicaciones Alternativa 3

Ítem	Unidad	Cantidad
Losetas	m^2	3000
Relleno simple	m^3	2000

Tabla 6-6: Cubicaciones Alternativa 3

Ítem	Sección m^2	%	Sección efectiva m^2	Largo m	Volumen m^3
Piedra para mampostería	0,942	0,9	0,8478	1.000	848

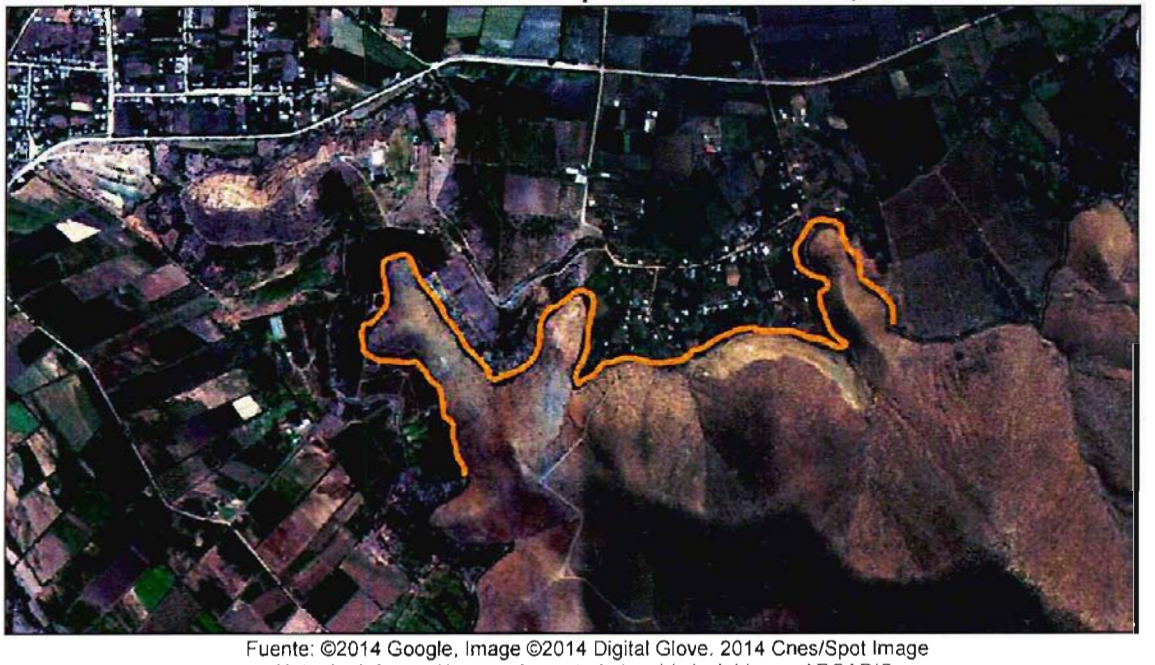
Para la estimación de los OPEX (costos operacionales) para un periodo de 30 años se ha considerado una tasa de interés del 12% y una re-inversión de los CAPEX (costos de inversión) al año 15.

7 DEBILITAMIENTO DE TALUDES POR SOCAVACIÓN DEL CANAL DEBIDO A ESCURRIMIENTO

7.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Los problemas de debilitamiento de los taludes debido a la socavación producida en las paredes del canal debido al escurrimiento propio de éste, se presenta en algunos de los sectores identificados en el capítulo 6. Si bien no es un problema de alta importancia debido a que los volúmenes de material no son muy grandes, la repetición del fenómeno va provocando una obstrucción y un ensanchamiento paulatino de la sección del canal.

Figura 7-1: Ubicación general sectores con debilitamiento de taludes (en color naranja) debido a la socavación del canal por el escurrimiento, canal Buzeta



Fuente: ©2014 Google, Image ©2014 Digital Glove, 2014 Cnes/Spot Image
Nota: La información complementaria ha sido incluida por ARCADIS.

Fotografía 7-1: Debilitamiento de taludes debido a la socavación del canal por el escurrimiento, sector El Tambo canal Buzeta.



7.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

El análisis de las alternativas de solución para la socavación del canal debido al escurrimiento tiene como objeto asegurar la operación del canal tanto para condiciones estivales como invernales.

Dadas las condiciones del terreno, se han evaluado una serie de alternativas de solución para evitar la socavación. Entre las alternativas consideradas figuran las siguientes:

- Alternativa 1: Revestimiento mediante tuberías.
- Alternativa 2: Revestimiento mediante mampostería.

7.2.1 Revestimiento Mediante Tuberías

El objetivo principal de esta alternativa es aislar el canal del escurrimiento mediante la colocación de una tubería para evitar la socavación. Esta solución además contribuye a conformar un tratamiento de protección activa contra los deslizamientos que afecten el canal y debe ser capaz de aguantar sobrecargas de suelo ante posibles deslizamientos de suelo.

7.2.1.1 Diseño Alternativa 1

7.2.1.1.1 Criterios de Diseño

Se ha estimado un largo total de entubamiento de 100 metros (sin continuidad) en el sector El tambo. Además, para efectos de cubicaciones se han considerado los criterios presentados en Tabla 7-1.

Tabla 7-1: Criterios de diseño tubería y canal

Tubería	
Diámetro	1,80 m
Material tubería	HDPE
Canal	
Profundidad	1,3 m
Ancho basal	2.5 m

7.2.1.1.2 Materiales Para el Relleno de las Zanjas

Los materiales recomendados son los descritos en la sección 3.2.4.1.2.

7.2.1.1.3 Diseño Preliminar

El diseño del entubamiento considera el emplazamiento de la tubería en la canaleta existente. La tubería considerada corresponde a una tubería de corrugada de HDPE con pared interna lisa y diámetro 1,80 m.

Luego de instalada la tubería en el canal se deben ejecutar los relleno sugeridos en la sección 3.2.4.1.3, para asegurar la resistencia estructural de la misma.

En la Figura 3-13 se detallan las dimensiones mínimas para el canal y la ubicación de cada uno de los rellenos recomendados.

7.2.1.2 Cubicaciones

Las cubicaciones de los rellenos controlados han sido estimadas en base a la geometría descrita en la Figura 3-13. El resumen de las cubicaciones se muestra en la Tabla 7-2 y la Tabla 7-3.

Tabla 7-2: Cubicaciones movimientos de tierra Alternativa 1

Ítem	Sección m^2	Largo m	Volumen Total m^3
Relleno controlado			
Encamado	0,25	100	25
Acostillado	1	100	100
Relleno Final	3,44	100	344

Tabla 7-3: Cubicaciones tuberías Alternativa 1

Ítem	Unidad	Cantidad
Tubería HDPE Dia. 1,8m	ml	100

Para la estimación de los costos totales (CAPEX + OPEX) no se han considerado costos asociados a la operación (OPEX).

7.2.2 Revestimiento Mediante Mampostería

Esta alternativa consiste en crear una protección de mampostería de piedra en el fondo y en las paredes del canal Buzeta de manera de aislar el canal y así evitar la socavación.

7.2.2.1 Diseño Alternativa 2

7.2.2.1.1 Criterios de Diseño

La obra considera la construcción de mampostería con piedras seleccionadas, asentadas y unidas con mortero de cemento en el fondo del canal y en ambos taludes, en un largo total de 100 metros (sin continuidad) en el sector Mayacun. Las piedras deben ser limpias, duras, resistentes al agua y a los agentes atmosféricos, y estar libres de grietas, trozos inestables u otras imperfecciones. El espesor del revestimiento será de 20 cm y el mortero utilizado para unir las piedras deberá ser de proporción 1:3 (cemento : arena) en peso.

7.2.2.1.2 Diseño Preliminar

El terreno sobre el cual se emplazarán los revestimientos, deberá ser perfilado de manera de dar cabida a la construcción propuesta, removiendo los primeros 10 cm de suelo natural y emparejando la nueva superficie. Luego de emparejar, la superficie de apoyo deberá ser ligeramente humedecida previa a colocar una capa de mortero de mínimo 50 mm de espesor. Las piedras deberán humedecerse y luego asentarse sobre la capa de mortero de manera que queden perfectamente estables, y con una separación entre sí de 50 a 100 mm. Los espacios entre piedras de forma irregular se podrán rellenar con piedras de menor tamaño y los vacíos resultantes serán totalmente rellenados con mortero hasta cubrir las piedras, dejando una superficie aproximadamente pareja.

Inmediatamente después de efectuada la operación de terminación de las superficies expuestas, se deberá iniciar la protección y curado del hormigón:

- Mantener el hormigón en un ambiente saturado, evitando la pérdida de agua;
- Evitar cambios bruscos de temperatura del hormigón; y,
- Preservar el hormigón de acciones externas como lluvia, viento, nieve, cargas y otros.

Los materiales para iniciar el curado y protección pueden ser:

- Compuestos formadores de membranas de curado;
- Neblinas de vapor;
- Lloviznas tenues de agua; y,
- Telas o tejidos absorbentes que se mantienen continuamente húmedos.

Dentro de las 24 horas siguientes a la construcción, se deberán raspar y limpiar todas las caras expuestas para eliminar el mortero suelto. Además, la construcción no deberá efectuarse cuando la temperatura ambiente sea inferior a los 5°C. En tiempo caluroso o seco, la mampostería deberá ser protegida adecuadamente del sol.

El período de protección y curado será como mínimo de siete días para hormigón con cemento de grado corriente.

7.2.2.2 Cubicaciones

Se realizaron las cubicaciones considerando los 100 m de largo, que el canal tiene una sección rectangular de base igual a 2,5 m y de altura igual a 1,3 m y que la mampostería tendrá un espesor de 0,2 m, obteniendo:

Tabla 7-4: Cubicaciones Alternativa 2

Ítem	Sección m^2	Largo m	Volumen m^3
Piedra para mampostería	0,942	100	85

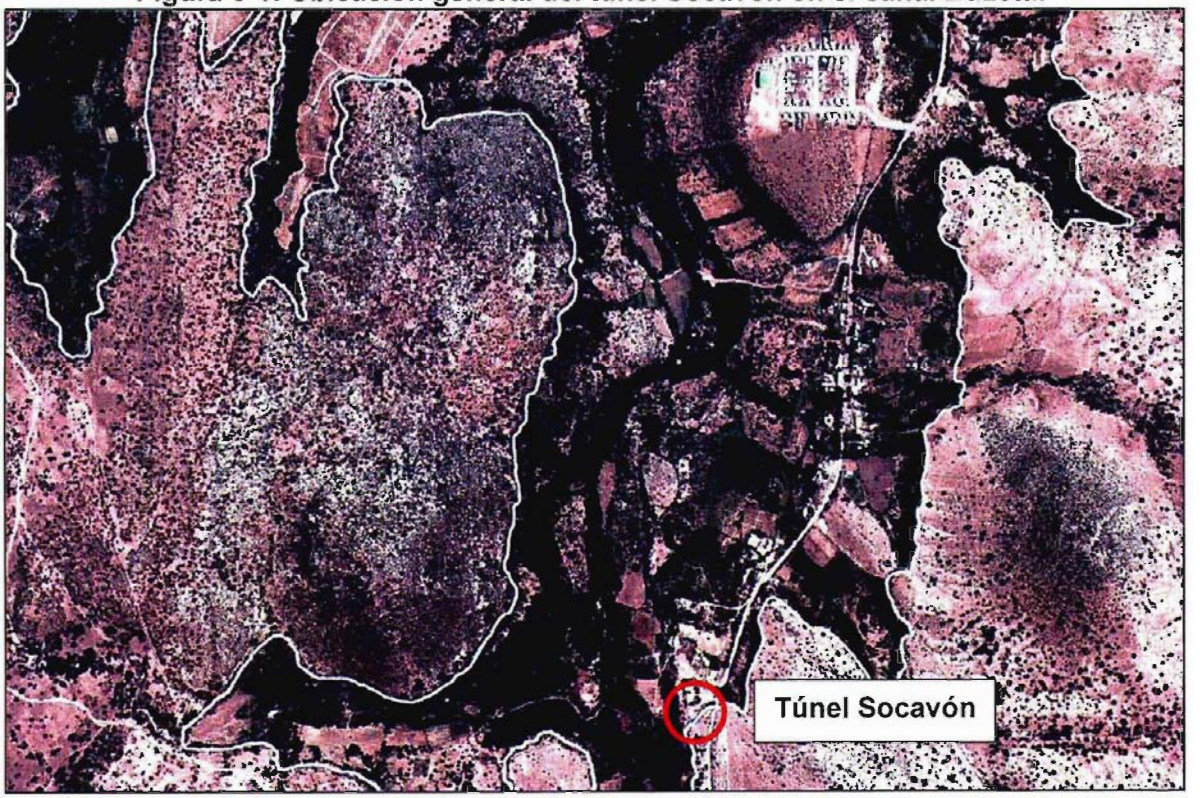
Para la estimación de los OPEX (costos operacionales) para un periodo de 30 años se ha considerado una tasa de interés del 12% y una re-inversión de los CAPEX (costos de inversión) al año 15.

8 ESTABILIDAD DE PORTALES DE TÚNELES

8.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

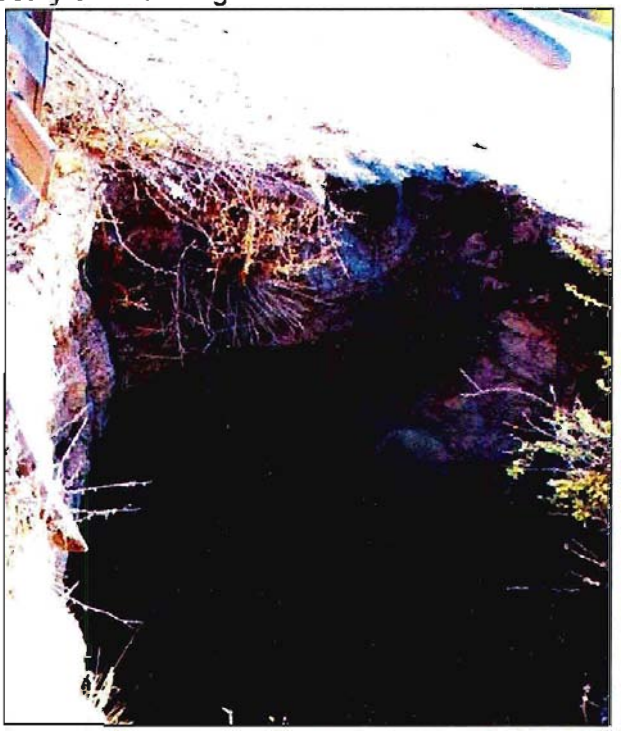
Los problemas de estabilidad de los portales del túnel Socavón del canal Buzeta guardan relación con el grado de meteorización de la roca superficial (informe 4184-3000-GO-INF-002, Informe Geologico ARCADIS CHILE, 2014) la que puede alcanzar intensos grado de meteorización llegando en algunos casos a estar muy cerca de pasar a un suelo residual. Tales rocas, intensamente meteorizadas, son susceptibles de ser fácilmente disgregables por las precipitaciones considerando que gran parte de la cohesión de la matríz de roca se ha perdido por los procesos químico-físicos que destruyen o transforman la re cristalina de los minerales componentes. El lavado y/o remoción de la roca meteorizada puede dar origen a la caída de material desde los portales hacia el canal, produciendo obturación parcial y/o disminuyendo la sección del flujo. El túnel Socavón se localiza en el sector Limahuida en los Km 57,40 a 57,50.

Figura 8-1: Ubicación general del túnel Socavón en el canal Buzeta.



Fuente: ©2014 Google, Image ©2014 Digital Glove. 2014 Cnes/Spot Image
Nota: La información complementaria ha sido incluida por ARCADIS.

Fotografía 8-1: Detalle del portal de entrada del túnel Socavón (túnel 1) del canal Buzeta cercano a la localidad de Socavón. Se aprecia el poco espesor del techo de roca y el intenso grado de meteorización de ésta.



Fotografía 8-2: Detalle del portal de salida del túnel socavón (túnel 1 del canal Buzeta. Se destaca la roca muy meteorizada y algunos bloques más frescos que podrían desestabilizarse por la erosión de precipitaciones intensas.



8.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

El análisis de las alternativas de solución para el mejoramiento de la estabilidad de los portales de los túneles tiene como objeto asegurar la operación del canal tanto para condiciones estivales como invernales.

Dadas las condiciones del terreno, se han evaluado una serie de alternativas de solución, las cuales podrían considerarse individualmente o una combinación de estas. Entre las alternativas consideradas figuran las siguientes:

- Alternativa 1: Revestimiento de los portales.
- Alternativa 2: Transformación de los tramos de túnel en canal.
- Alternativa 3: Monitoreo del comportamiento de los portales durante y después de precipitaciones.

8.2.1 Revestimiento de los Portales

8.2.1.1 Diseño Alternativa 1

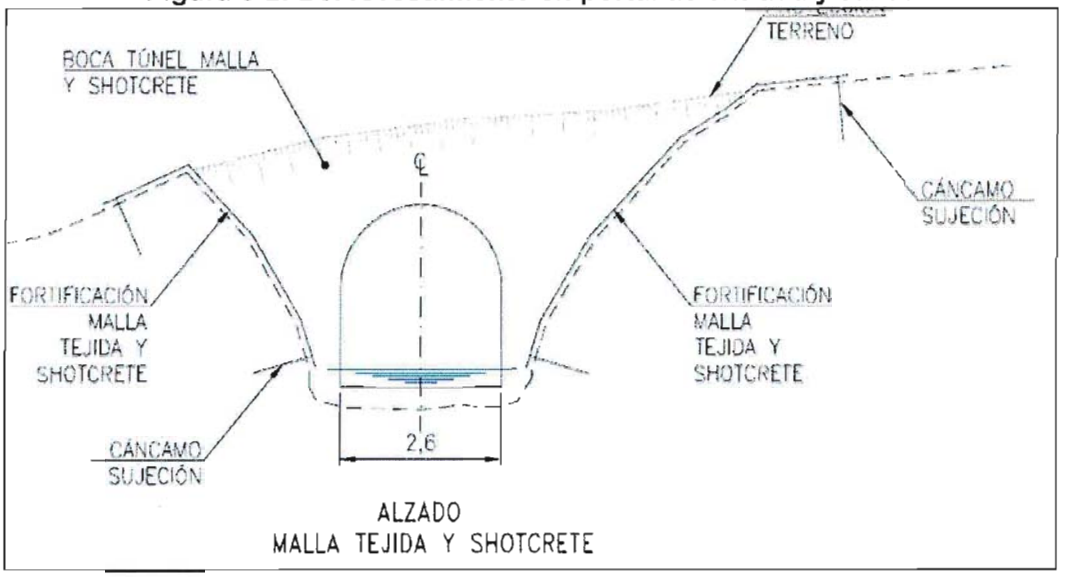
Los revestimientos se construirán en las entradas y salidas del túnel para evitar la erosión o desprendimiento de material producto de lluvias intensa, y considera un revestimiento de shotcrete y malla.

Sobre la base, de la calidad geotécnica de la zona observada directamente en terreno como de la experiencia del consultor en proyectos de similares características, se ha estimado un revestimiento de los portales de entrada y salida del túnel 1, del canal Buzeta.

Este revestimiento se basa en la colocación de malla de alambre tejida, de 3,6 kg/m^2, con rombos de 10 cm de lado, de alambre BWG 6, con diámetro de 5,16 mm en toda la superficie de las caras de los portales, como la zona lateral, debe ir anclada cada a 1,5 m con pernos de sujeción y a posterior se proyectará shotcrete de un espesor de 10 cm aproximadamente.

Este muro se hormigón en la boca del portal más 2 muros alas de aproximadamente 2,80 m por portal, ver Figura 8-2.

Figura 8-2: Del revestimiento en portal de entrada y salida



8.2.1.2 Cubicaciones

Las cubicaciones han sido calculadas para ambos portales, obteniendo la información de la Tabla 8-1:

Tabla 8-1: Cubicaciones Alternativa 1

Ítem	Unidad	Cantidad
Pernos helicoidales	unidad	40
Shotcrete	m^3	10
Malla tejida	m^2	98

Para la estimación de los OPEX (costos operacionales) para un periodo de 30 años se ha considerado una tasa de interés del 12% y una re-inversión de los CAPEX (costos de inversión) al año 15.

8.2.2 Transformación de los Tramos en Túnel en Canal

En función de lo expuesto en el informe 4184-0000-GE-INF-001 (Inspección de túneles en terreno) y dadas las dimensiones del túnel 1 (14 metros de longitud) se ha contemplado realizar un corte en el terreno de manera de transformarlo a canal abierto. Con esto se consigue obtener un comportamiento estable de este tramo de canal.

Desde el punto de vista del uso que la comunidad le da a la superficie del terreno sobre el túnel, se estima que no habría inconvenientes en transformar el túnel a canal abierto.

8.2.2.1 Diseño Alternativa 2

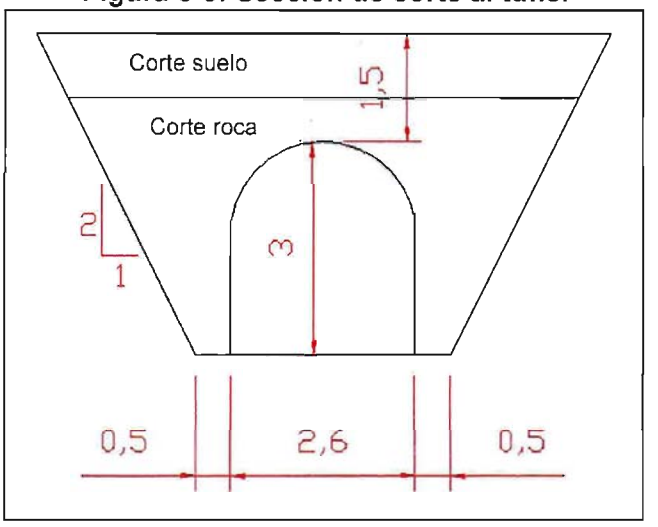
8.2.2.1.1 Criterios de Diseño

Se contempla realizar un corte del terreno que permita obtener taludes estables que permitan un funcionamiento óptimo de este tramo del canal Buzeta. Para la realización del corte se ha considerado un talud 1:2 (H:V).

8.2.2.1.2 Diseño Preliminar

Este túnel posee una longitud aproximada de 14 metros y sección de 3,0 m de alto promedio por 2,6 m de ancho promedio. La sección considerada para esta alternativa se muestra en la Figura 8-3.

Figura 8-3: Sección de corte al túnel



8.2.2.2 Cubicaciones

Los volúmenes de corte del material a remover para la construcción del canal han sido calculados geométricamente. El resumen de las cubicaciones se muestra en la Tabla 8-2.

Tabla 8-2: Cubicaciones Alternativa 2

Ítem	Sección m^2	Largo m	Volumen Total m^3
Corte controlado			
Corte en suelo	6,9	14	96,6
Corte en roca	12,3	14	172,2

Para la estimación de los costos totales (CAPEX + OPEX) no se han considerado costos asociados a la operación (OPEX).

8.2.3 Monitoreo del Comportamiento de los Portales Durante y Después de Precipitaciones

El objetivo de esta alternativa es vislumbrar algún imprevisto, sobre erosión o remoción de material de los portales, producto de precipitaciones intensas, se recomienda ejecutar un monitoreo topográfico en base a mediciones típicas para inspeccionar las posibles contingencias.

Este monitoreo se realiza en base a puntos de referencias colocados en forma paralela en los portales de entrada y salida, estos puntos se ejecutan como poyos de hormigón (monolitos) con una armadura en su eje de diámetro 12 mm dobladas en gancho, debiendo quedar nivelados y aplomados de igual forma entre ellos.

Los puntos de referencia estarán ubicados donde no sufran ningún deterioro o sean desplazados por las precipitaciones, se aconseja ubicarlos en la superficie del túnel y en las zonas laterales del portal (Ver Figura 8-5).

Se deberá realizar la medición cero antes de comenzar a monitorear, esto se realiza colocando una lienza o soga amarrada entre los dos monolitos colocados en la zona lateral de los portales y se medirá con huincha métrica para tomar la medición cero y cuando ocurran eventos de precipitaciones se recurrirá al sector y se medirá cuantas veces sea necesario para chequear y advertir cuanto material se erosionó en la clave del túnel o en el inicio del portal, ver Figura 8-4 y Figura 8-5.

Figura 8-4: Disposición de los poyos de hormigón en los portales

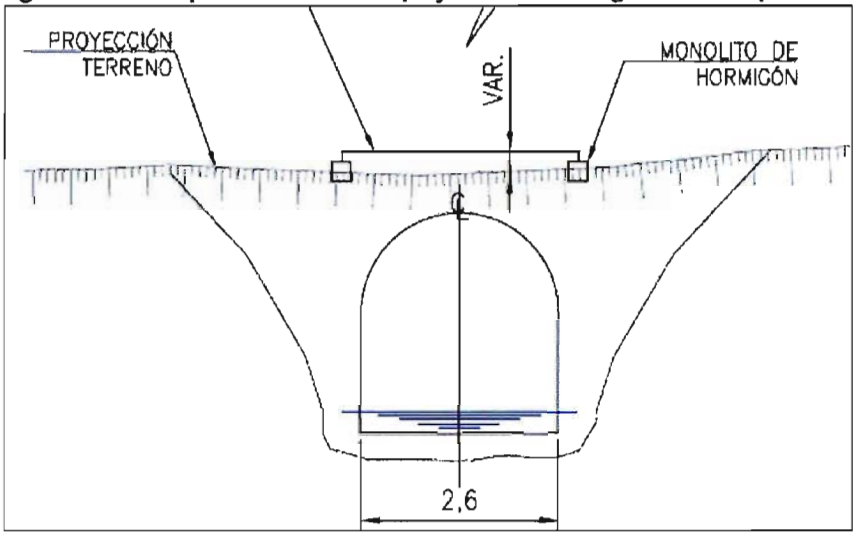
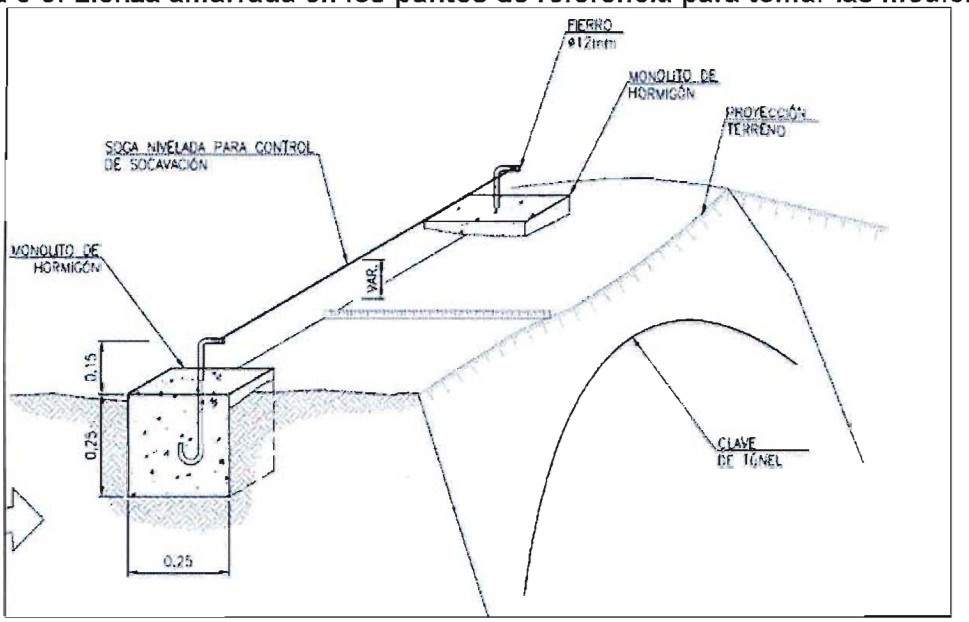


Figura 8-5: Lienza amarrada en los puntos de referencia para tomar las mediciones



8.2.3.1 Cubicaciones

Las cubicaciones han sido calculadas para ambos portales, obteniendo la información de la Tabla 8-3.

Tabla 8-3: Cubicaciones portales de entrada y salida Alternativa 3

Ítem	Unidad	Cantidad
Monitoreo Topografía	gl	4 veces por año

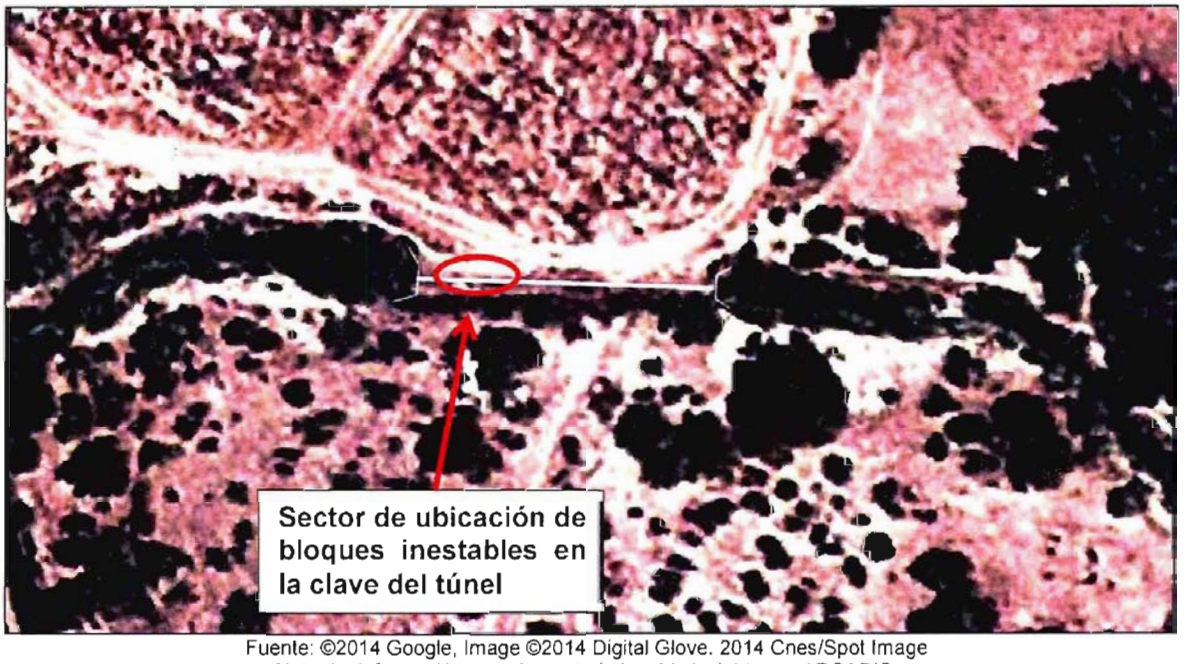
Para la estimación de los OPEX (costos operacionales) para un periodo de 30 años se ha considerado una tasa de interés del 12% y un monitoreo topográfico de 4 veces por año durante los 30 años de evaluación económica.

9 CAÍDA DE BLOQUES DESDE LA CLAVE DEL TÚNEL 2 (LAS LECHUZAS)

9.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

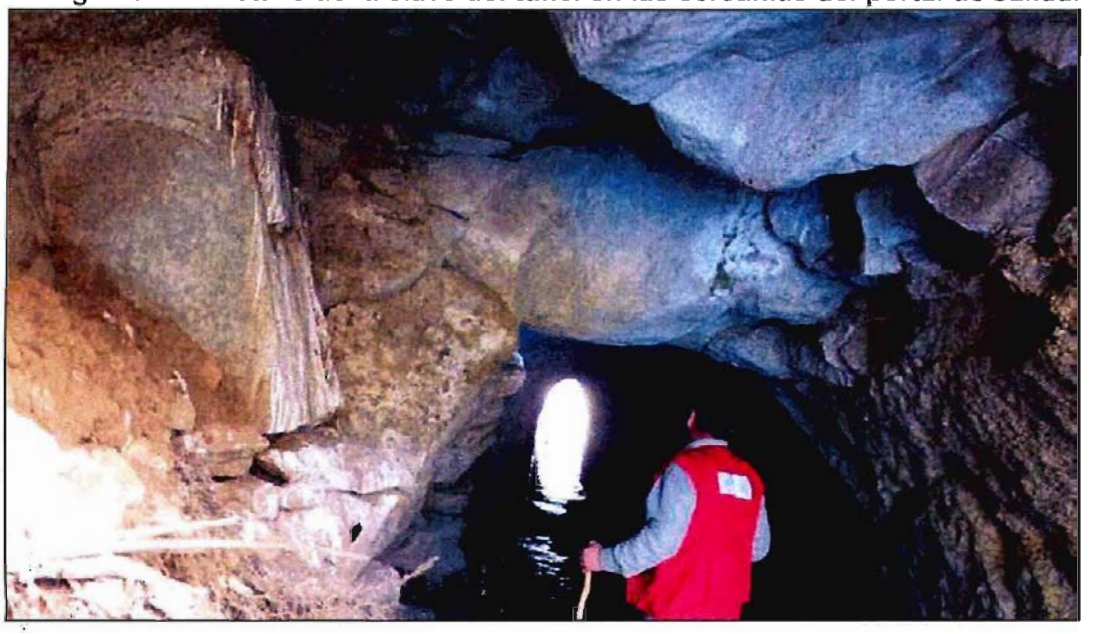
El túnel Las lechuzas está ubicado en el flanco izquierdo del valle de Limahuida entre los Km 62,00 y 62,10 y fue excavado en rocas intrusivas intensamente meteorizadas. Dado lo anterior es que se han identificado socavamientos menores en las cajas del túnel en los tramos correspondientes a la roca más meteorizada. Sin embargo, el túnel presenta un riesgo de colapso parcial de la clave en su zona media a final, aproximadamente entre los metrajes 25 y 30, cercana al portal de salida. El posible colapso está asociado al eventual desprendimiento de bloques de roca de hasta 1 m^3, generado potencialmente por sismos de magnitud mayor a 7, los cuales tenderían a obturar el túnel.

Figura 9-1: Ubicación general de los túneles Socavón y Las Lechuzas en el canal Buzeta.



Fuente: ©2014 Google, Image ©2014 Digital Glove. 2014 Cnes/Spot Image
Nota: La información complementaria ha sido incluida por ARCADIS.

Fotografía 9-1: Detalle de la clave del túnel en las cercanías del portal de salida.



En la Fotografía 9-1 se aprecia un gran bloque métrico ya desolidarizado de la clave y en peligro de caer y probablemente debilitar de forma importante la estabilidad del túnel en ese sector del techo de roca dado el intenso grado de meteorización de ésta.

9.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

El análisis de las alternativas de solución para el mejoramiento de la estabilidad de la clave del túnel Las Lechuzas tiene como objeto asegurar la operación del canal tanto para condiciones estivales como invernales.

Dadas las condiciones del terreno, se han evaluado una serie de alternativas de solución, las cuales podrían considerarse individualmente o una combinación de estas. Entre las alternativas consideradas figuran las siguientes:

- Alternativa 1: Monitoreo comportamiento del túnel post sismo.
- Alternativa 2: Sistema de sostenimiento para bloques inestables
- Alternativa 3: Transformación del tramo de túnel a canal.

9.2.1 Monitoreo Comportamiento del Túnel Post Sismo

9.2.1.1 Prediseño Alternativa 1

El monitoreo debe estar asociado a un plan de contingencias que permita prever rápidamente cualquier desvío o movimiento de los bloques después de un sismo importante. Este monitoreo se realiza mediante el sistema topográfico tomando medición y control de las deformaciones de los bloques dentro del túnel.

El monitoreo post sismo para el túnel 2 del canal Buzeta se realizará para:

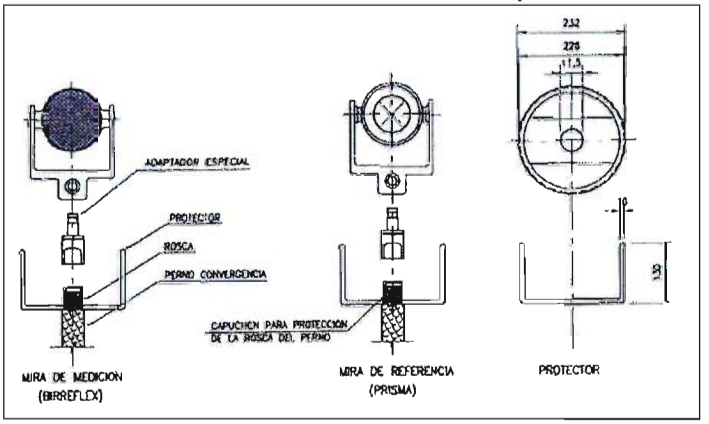
- Garantizar la seguridad del túnel, ya que permite verificar la estabilización de los bloques.
- Permite conocer el comportamiento de los bloques después del sismo.
- Permite comparar los valores medidos en la medición cero y después del sismo.

Esta alternativa se ha considerado en conjunto con la instalación de un sistema de sostenimiento para los bloques inestables.

9.2.1.2 Instrumentación

Los instrumentos utilizados son niveles digitales de alta precisión o teodolitos digitales electrónicos de alta precisión, que permitan hacer lecturas rápidas y automáticas. Los otros instrumentos de control de bloques dentro del túnel serán materializados con miras birreflex y prismas ópticos de reflexión de alta precisión, conectadas a pernos insertos en los bloques mediante perforación e inyectados con algún epóxido como Hilti R500 para anclar el perno a la roca.

Figura 9-2: Puntos de control de monitoreo óptico tridimensional.

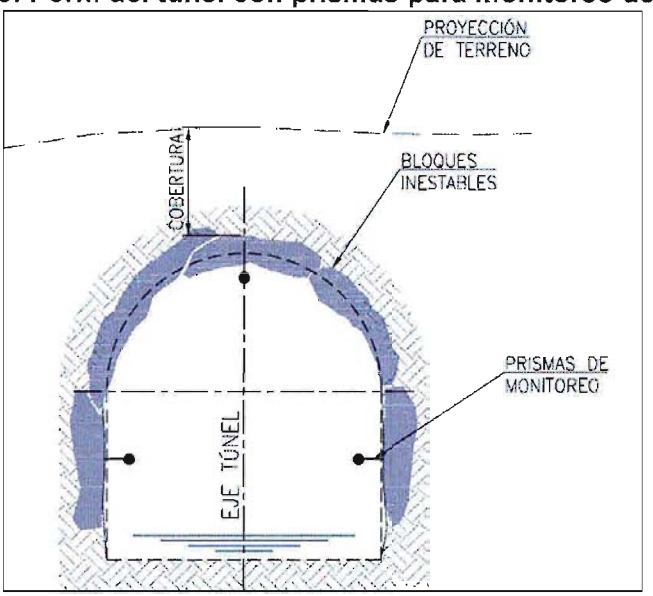


El momento más importante de las mediciones topográficas es la medición cero (inicial). Esta medición es teóricamente la medición de un punto o instrumento cuando éste se encuentra instalado sin ningún tipo de alteraciones. De esta manera se logra ver, después del sismo, en qué punto o instrumento se empieza a acusar un avance o deformación del bloque.

Asimismo se verá la tendencia y la magnitud total de este desplazamiento para tomar medidas de prevención o, si es posible, retiro de los bloques.

En el túnel se instalarán pernos de convergencia en todos los bloques que se encuentran potencialmente inestables y que afloren en la geometría del túnel (ver Figura 9-3). La sección de los pernos inserta en los bloques, se denomina prisma.

Figura 9-3: Perfil del túnel con prismas para monitoreo de bloques



9.2.1.3 Cubicaciones

Los elementos considerados en esta alternativa corresponden a la instalación y suministro de los pernos de convergencia y al registro de información a través de topografía.

Tabla 9-1: Cubicaciones Alternativa 1

Ítem	Unidad	Cantidad
Pernos de convergencia	un	10
Topografía	un	1

Para la estimación de los OPEX (costos operacionales) para un periodo de 30 años se ha considerado una tasa de interés del 12% y una re-inversión de los CAPEX (costos de inversión) cada 5 años (años 5, 10, 15, 25 y 25).

9.2.2 Sistema de Sostenimiento para Bloques Inestables

9.2.2.1 Prediseño Alternativa 2

Esta alternativa comprende el refuerzo para sostener los bloques inestables mediante pernos de acero tipo helicoidales y cintas W strap.

La cintas W strap son utilizadas para el soporte de techos y paredes en excavaciones subterráneas y trabajan en conjunto con los pernos de anclaje.

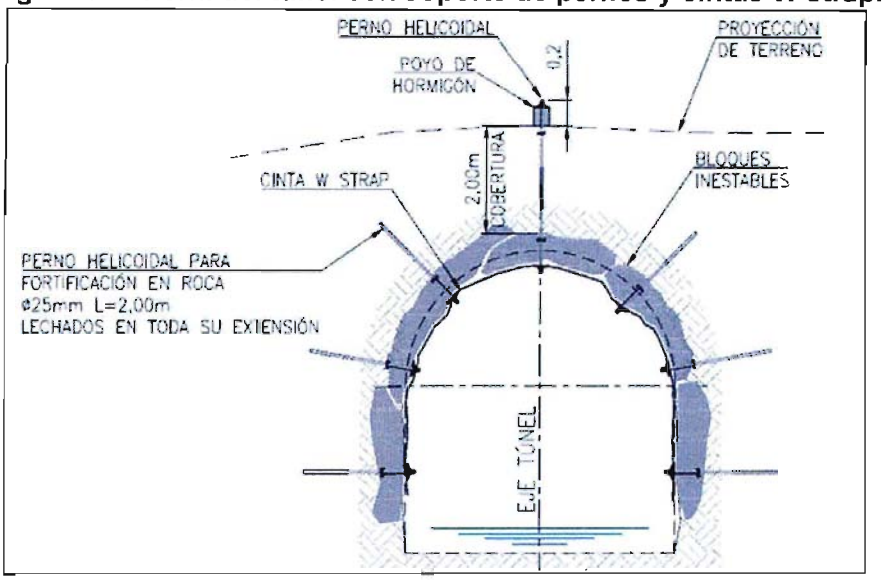
El perno helicoidal a utilizar es una barra de acero de calidad A440-280H, de diámetro 25 mm y longitud de 2 m para las paredes y techo del túnel, según se especifica en Figura 9-4. Estos deberán ir relleno con pasta de cemento (grouting) o resinas epoxicas y deberán quedar con 10 cm sobresalientes de la roca y superficie, con la finalidad de sujetar con el perno y la cinta W strap los bloques inestables, además deberá quedar provisto de una tuerca de base esférica de fundición nodular y una placa.

Para la instalación de los pernos que están en la clave del túnel se debe ejecutar un poyo de hormigón en la superficie (ver Figura 9-4) para sostener y asegurar el apriete de las tuercas del perno helicoidal.

La perforación para ubicar los pernos de fortificación deberá estar acorde al diámetro de la barra de fortificación, esto con el propósito de asegurar un recubrimiento en el acero de unos 10 mm con lechada de cemento, esta lechada consiste en una inyección con mortero de cemento (tipo lechada) a columna completa, este perno se instalará a posterior de la lechada.

Para esta etapa de ingeniería se ha considerado realizar esta fortificación en 3 líneas de pernos desde el portal de salida hacia portal de entrada para los bloques inestables.

Figura 9-4: Perfil del túnel con soporte de pernos y cintas W strap.



Esta alternativa se ha supuesto implementar en conjunto con el monitoreo del túnel post-sismo.

9.2.2.2 Cubicaciones

Los elementos considerados en esta alternativa corresponden a la instalación y suministro de los pernos de convergencia y al registro de información a través de topografía.

Tabla 9-2: Cubicaciones Alternativa 2

Ítem	Unidad	Cantidad
Pernos helicoidales	un	21
Cinta W strap	m	20
Apoyos de hormigón	m^3	1

Para la estimación de los OPEX (costos operacionales) para un periodo de 30 años se ha considerado una tasa de interés del 12% y una re-inversión de los CAPEX (costos de inversión) cada 10 años (año 10 y año 20).

9.2.3 Transformación del Tramo de Túnel a Canal

En función de lo expuesto en el informe 4184-3000-GO-INF-001 Estudio Geológico Túneles (Inspección de túneles en terreno) y dadas las dimensiones del túnel (40 metros de longitud) se ha contemplado realizar un corte en el terreno de manera de transformarlo a canal abierto. Con esto se consigue obtener un comportamiento estable de este tramo de canal.

Desde el punto de vista del uso que la comunidad le da a la superficie del terreno sobre el túnel, se estima que no habría inconvenientes en transformar el túnel a canal abierto.

9.2.3.1 Diseño Alternativa 3

9.2.3.1.1 Criterios de Diseño

Se contempla realizar un corte del terreno que permita obtener taludes estables que permitan un funcionamiento óptimo de este tramo del canal Buzeta. Los criterios para el dimensionamiento de los movimientos de tierra asociados a esta alternativa se resumen en la Tabla 9-3.

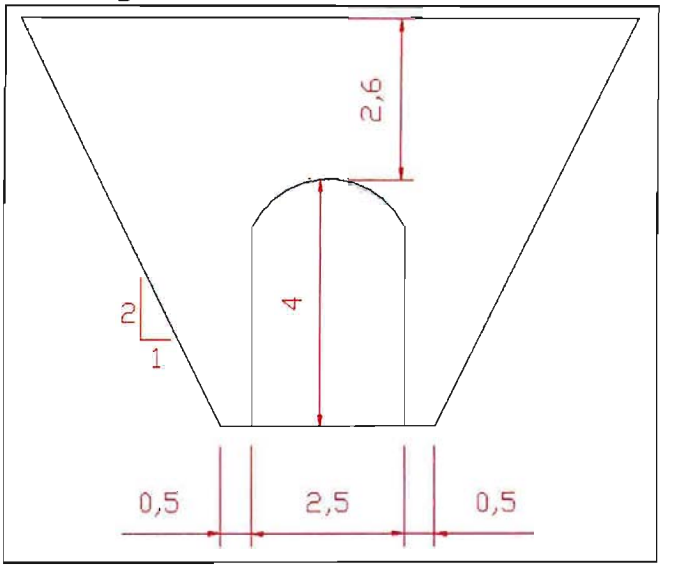
Tabla 9-3: Criterios de diseño para movimientos de tierra

Ítem	Valor
Talud de corte	1:2 (H:V)
Longitud suelo	15
Longitud roca	25

9.2.3.1.2 Diseño Preliminar

Este túnel posee una longitud aproximada de 40 m y sección de 4,0 m de alto promedio por 2,5 m de ancho promedio. La sección considerada para esta alternativa se muestra en la Figura 9-5.

Figura 9-5: Sección de corte al túnel



9.2.3.2 Cubicaciones

Los volúmenes de corte del material a remover para la construcción del canal han sido calculados geométricamente. El resumen de las cubicaciones se muestra en la Tabla 9-4.

Tabla 9-4: Cubicaciones Alternativa 3

Ítem	Sección m^2	Largo m	Volumen Total m^3
Corte controlado			
Corte en suelo	35,4	20	532
Corte en roca	35,4	20	886

Para la estimación de los costos totales (CAPEX + OPEX) no se han considerado costos asociados a la operación (OPEX).

10 ALTERNATIVAS RECOMENDADAS

En este informe se han diseñado las diferentes alternativas de solución para la estabilidad Geotécnica del canal.

La alternativa recomendada para cada una de las problemáticas se realizó utilizando un análisis Técnico-Económico, para ello, en Anexo 16.4. "Presupuesto y Cubicaciones", se presenta la valorización de cada una de las alternativas con su correspondiente análisis de precios unitarios.

En la siguiente Tabla 10-1 se muestra un resumen con los problemas identificados y la alternativa propuesta.

Tabla 10-1: Resumen de soluciones propuestas

Sección	Problema/Solución propuesta
3	Deslizamientos sector *El Bato*
	Cubrir canal con loseta de hormigón + Revestimiento mampostería
4	Peligro de caída de roca y materiales de ladera a lo largo del trazado del canal
	Malla estabilizadora de taludes
5	Inestabilidad de taludes por roedores (cururos)
	Revestimiento mediante mampostería
6	Deslizamientos por debilitamiento en talud debido a precipitaciones intensas
	Canalización de aguas lluvias
7	Deslizamiento por socavación de talud debido a escurrimiento
	Revestimiento mediante mampostería
8	Túnel 1 - Estabilidad de portales de túneles
	Transformación de los tramos en túnel en canal
9	Túnel 2 - Caída de bloques desde la clave del túnel
	Monitoreo comportamiento del túnel post-sismo
	Sistema de sostenimiento para bloques inestables

APENDICE A
SIFÓN BATO

1 DISEÑO DE SIFÓN

El sifón tipo se presenta en la Figura 1-1, obra que se compone principalmente de:

- Canal de aducción.
- Transición convergente tipo broken-back.
- Rejas de seguridad.
- Cámara de entrada.
- Tubería circular de acero.
- Cámara de salida.
- Transición divergente tipo broken-back.
- Canal de entrega.

Figura 1-1 Sifón tipo, perfil longitudinal

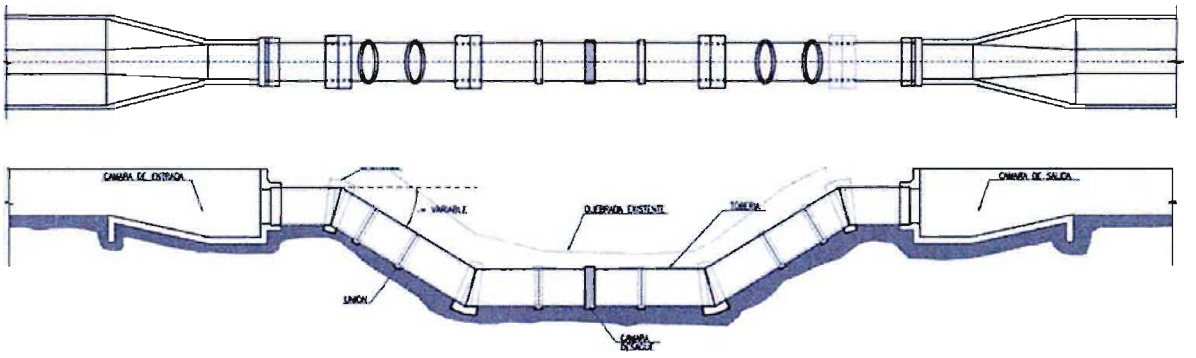


Figura 1-2 Sifón tipo, Isométrico

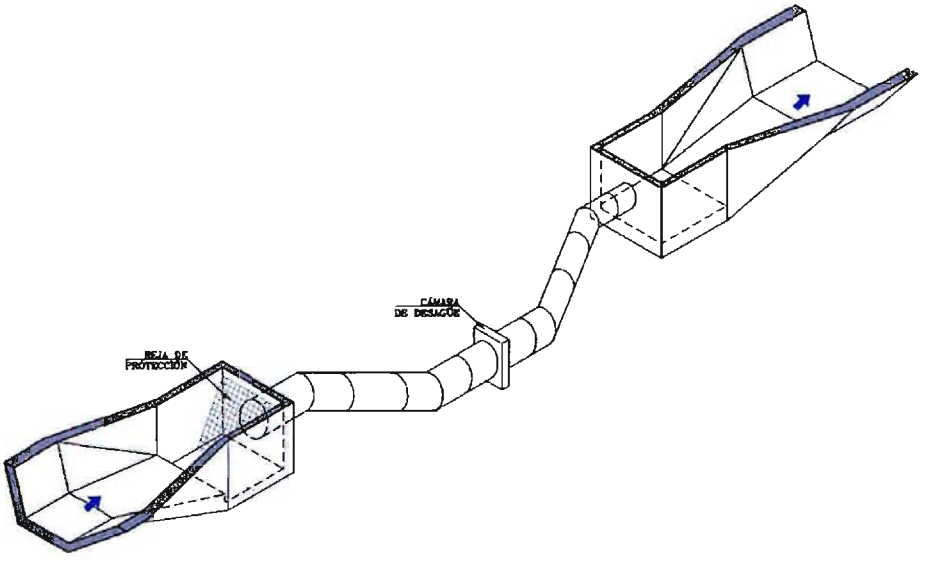


Figura 1-3 Nomenclatura diseño cámara de entrada

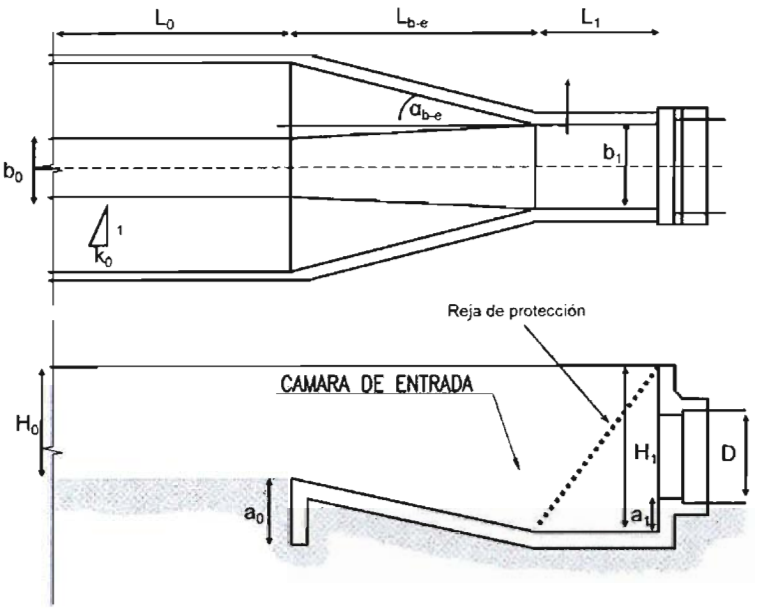
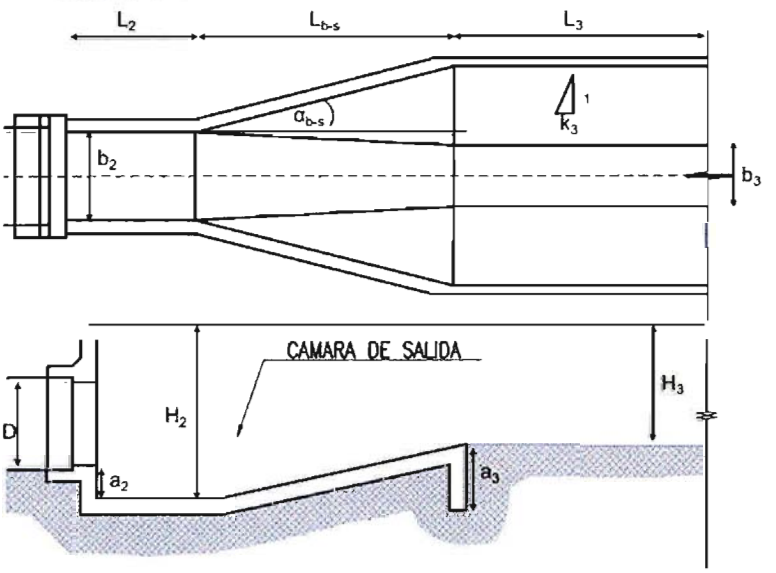


Figura 1-4 Nomenclatura diseño cámara de salida



El cálculo de la altura de escurrimiento se realiza mediante igualación de Energía, según la ecuación de Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} + z$$

Donde:

B : Bernoulli o carga hidráulica (m).
h : Altura de escurrimiento (m).
z : Cota de fondo (msnm).
v : Velocidad media de escurrimiento (m/s).
g : Aceleración de gravedad (m/s^2).

Los criterios y formulaciones utilizadas para la estimación de pérdidas singulares y friccionales se muestran a continuación en función de cada componente de la obra.

1.1 CANAL DE ADUCCIÓN

El canal de aducción tendrá dimensiones similares a los de la sección del canal matriz, con el propósito de no alterar en demasía el flujo aguas arriba. Es por ello que se adopta el mismo ancho basal y pendiente inversa del talud del canal de empalme. Para efectos de pre-diseño, se adopta un largo de este canal igual a 5 metros.

1.2 TRANSICIÓN ENTRADA TIPO BROKEN-BACK

El paso del canal de aducción a la cámara de entrada induce al flujo a una desaceleración de corriente, por lo cual el ángulo de expansión para la condición más desfavorable es:

$$2\alpha_{b-e} = 22{,}5^{o}$$

Donde:
α_{b-e} : Ángulo de expansión desde canal de aducción a cámara de carga.

Las pérdidas en esta transición se estiman como sigue:

$$\Lambda_{b-e} = C \cdot \frac{\Delta v^2}{2g}$$

Donde:
Λ_{b-e} : Pérdida de carga en transición broken-back en expansión (m).
C_e : Coeficiente de pérdida en transición de expansión, igual a 0,5.
Δv : Diferencia de velocidades entre la tubería y la cámara de entrada (m/s).

1.3 CÁMARA DE ENTRADA

La cámara de entrada al sifón corresponde a una cámara de carga, en donde se induce a un peralte en el flujo con el objeto de aumentar la sumergencia o sello de la tubería para evitar que ingrese aire a esta. Se utilizan las siguientes fórmulas de sumergencia:

Tabla 1-1 Sello mínimo en cámaras de carga

Ecuación de Gordon	$S = 0{,}544 \cdot v_t \cdot \sqrt{D}$
Ecuación de Knauss	$S = D \cdot (2 \cdot \frac{v_t}{\sqrt{gD}} + 0{,}5)$
Ecuación de Rohan	$S = 1{,}474 \cdot v_t^{0{,}48} \cdot D^{0{,}76}$

Donde:

S : Sumergencia (m).
v_t : Velocidad del flujo en tubería (m/s).
D : Diámetro de la tubería (m).
g : Aceleración de gravedad (m/s^2).

De lo anterior se adopta un sello igual al promedio del resultado de las ecuaciones anteriores.

La pérdida entre la transición de la cámara de carga y la tubería se calcula suponiendo una terminación abocinada en la entrada:

Tabla 1-2 Coeficiente de pérdida en terminaciones abocinadas entrada tuberías circulares

Razón de radio/Diámetro	Coeficiente de pérdida k_s
(-)	(-)
0,04	0,26
0,08	0,15
0,12	0,09
0,16	0,06

Donde la pérdida singular en la entrada se calcula como:

$$\Lambda_{k-e} = k_s \cdot \frac{v_t^2}{2g}$$

Donde:
Λ_{k-e} : Pérdida de carga a la entrada de la tubería (m).
k_s : Coeficiente de pérdida en terminaciones abocinadas (-).
v_t : Velocidad del flujo en la tubería (m/s).

Para efectos del pre-diseño del sistema, no se ha considerado las pérdidas singulares en la rejilla de protección. Para el diseño propiamente tal se recomienda estimar estas pérdidas según la ecuación de Berezinsky:

$$\Lambda_{reja} = K_d \cdot K_f \cdot p^{1,6} \cdot f\left(\frac{L}{b}\right) \cdot seno(\varphi) \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$f\left(\frac{L}{b}\right) = 8 + 2{,}3\ (\mathrm{L/b}) + 2{,}4\ (\mathrm{b/L})$$

Donde:

Λ_{reja} : Pérdida de carga en la rejilla (m).
K_d : Coeficiente dependiente de la limpieza de la reja. Para reja con limpieza manual, varía entre 2 a 4.
K_f : Coeficiente de forma (0,51 para pletinas rectangulares y 0,32 con redondeo).
p : Relación entre la superficie de las rejas y la superficie total.
φ : Ángulo que forma el plano de la reja con el plano horizontal (rad).
L : Longitud en el sentido del flujo (m)
b : Espacio entre barras (m)
v : Velocidad de flujo en la sección bruta, en este caso de las rejillas (m/s).

1.4 TUBERÍA

La selección del diámetro de la tubería depende principalmente de las pérdidas friccionales y la velocidad del flujo. Las pérdidas friccionales se adecuarán a las cotas de entrada y salida, de modo que:

$$B_{salida} = B_{entrada} + Pérdidas$$

Donde:

B_{salida} : Bernoulli de cámara de salida.
$B_{entrada}$: Bernoulli de cámara de entrada.
$Pérdidas$: Pérdidas singulares y friccionales.

Las pérdidas friccionales dependen del diámetro de la tubería, por lo cual conociendo los demás términos, se puede estimar el diámetro de tubería interno ideal para empalmarse adecuadamente a las cotas de entrada y salida.

Para la velocidad del flujo al interior de la tubería, se adopta un rango entre 3 y 8 m/s, bajo el criterio de que exista una autolimpieza de sedimentos al interior de la tubería. En cuanto al material, se analiza la alternativa de acero y HDPE corrugada. La alternativa de tubería en presión se ha descartado, debido a que las presiones internas que debe soportar son en el peor de los casos 100 m.c.a. lo cual es inviable dada la resistencia a tracción de este material.

Dado que la tubería se proyecta enterrada, en zonas donde exista atravieso de caminos o lugares con mayores cargas, se debe evaluar el cambio de tipo de tubería a corrugada (con interior liso), para que resista tales solicitaciones.

Las pérdidas friccionales dentro de la tubería son estimadas según la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$\Lambda_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v_t^2}{2g}$$

Donde:
Λ_f : Pérdidas friccionales en tubería (m).
f : Coeficiente de fricción (-).
L : Largo de la tubería (m).
D : Diámetro interno de la tubería (m).
v_t : Velocidad del flujo en tubería (m/s).
g : Aceleración de gravedad (m/s^2).

El coeficiente de fricción se estima según la ecuación de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{\epsilon}{3{,}7D} + \frac{2{,}51}{Re\sqrt{f}}\right)$$

Donde:
f : Coeficiente de fricción (-).
ϵ : Asperezas o rugosidad del material (m).
D : Diámetro de la tubería (m).
Re : Número de Reynolds, igual a $Re = \frac{vD}{\nu}$, $\nu = 1{,}03 \cdot 10^{-6}\ m^2/s$

Las asperezas dependiendo del material se presentan en la **Tabla 1-3**:

Tabla 1-3 Asperezas de tubería según material.

Aspereza	ε (mm)
Acero	4,50E-02
HDPE	1,50E-03

Las pérdidas singulares en la tubería están asociadas a los codos, la cual se calcula según la siguiente expresión:

$$\Lambda_s = k \cdot \frac{v_t^2}{2g}$$

$$k = seno^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) + 2 \cdot seno^4\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Donde:

Λ_s : Pérdidas singulares en tubería (m).
k : Coeficiente de pérdida singular en codo (-).
v_t : Velocidad del flujo en tubería (m/s).
α : Ángulo del codo (rad).

1.5 CÁMARA DE SALIDA

La pérdida singular en la salida de la tubería hacia la cámara de salida se calcula como un ensanche brusco, lo cual se estima según la fórmula de Borda:

$$\Lambda_{k-s} = \frac{(v - v_t)^2}{2g}$$

Donde:

Λ_{k-s} : Pérdida de carga ensanche brusco de tubería a cámara de salida (m).
v : Velocidad en la cámara de salida (m/s).
v_t : Velocidad en la tubería (m/s).
g : Aceleración de gravedad (m/s^2).

1.6 TRANSICIÓN TIPO BROKEN-BACK

El paso de la cámara de salida al canal de entrega induce al flujo a una aceleración de corriente, por lo cual el ángulo de contracción para la condición más desfavorable es:

$$2\alpha_{b-s} = 27{,}5º$$

Donde:

α_{b-s} : Ángulo de contracción desde canal de aducción a cámara de carga.

Las pérdidas en esta transición se estiman como sigue:

$$\Lambda_{b-s} = C \cdot \frac{\Delta v^2}{2g}$$

Donde:
Λ_{b-s} : Pérdida de carga en transición broken-back en contracción (m).
C_s : Coeficiente de pérdida en transición de contracción, igual a 0,3.
Δv : Diferencia de velocidades entre la tubería y la cámara de salida (m/s).

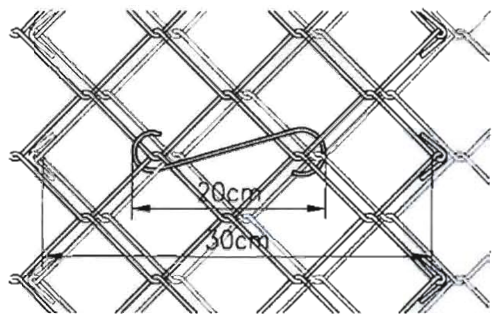
1.7 CANAL DE ENTREGA

El canal de entrega tendrá dimensiones similares a los de la sección del canal matriz. El largo de este canal será para efectos de pre-diseño, de 5 metros, el cual se empalmará a la cota de entrega proyectada.

APENDICE B
PAPERS (en Digital)

APENDICE C
MALLAS Y PERNOS

MALLA TEJIDA
DE ACERO GALVANIZADO
MFI3500-100 O SIMILAR
TRASLAPE DE 30cm.
(EN TODO EL CORTE)
(VER NOTA 5 Y 9)



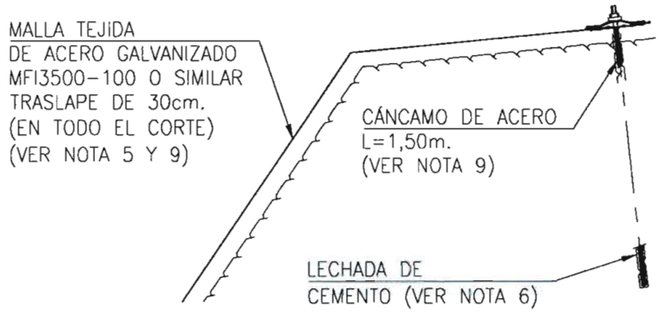
DETALLE 7 ESTRIBO TRASLAPE

ESCALA 1:7,5

DETALLE

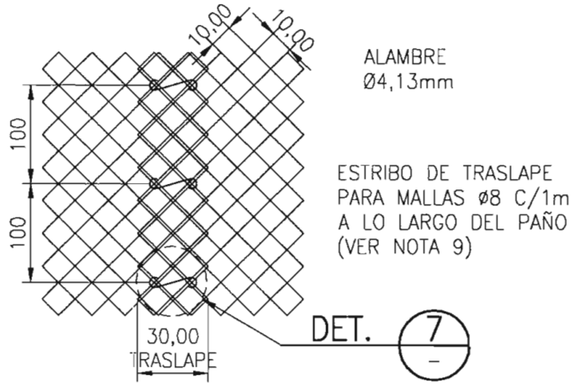
ESCALA 1:10

APENDICE D
BARRERA DINÁMICA



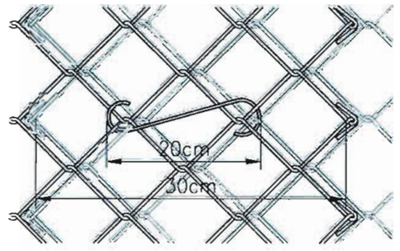
DETALLE 5 – CÁNCAMO DE SUJECIÓN

ESCALA 1:100



DETALLE 6 – MALLA TEJIDA MFI3500-100

ESCALA 1:25



DETALLE 7 – ESTRIBO TRASLAPE

ESCALA 1:7,5

APENDICE E
FIGURAS (en Digital)

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

N° 4184-3000-IH-MEC-007-0

ANEXO 14.1.3 - MEMORIA DE CÁLCULO REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS CANAL BUZETA

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	D. Arce	P.Muñoz / P.Zúñiga	D. González	Coordinación Interna
	Fecha	03.11.14	05.11.14	05.11.14	
B	Nombre Firma	D. Arce	P.Muñoz / P.Zúñiga	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	10.11.14	10.11.14	10.11.14	
0	Nombre Firma	D. Arce	J. García/P. Zúñiga	D. González	Aprobado Cliente
	Fecha	27.04.15	29.04.15	29.04.15	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia. Santiago
Teléfono: +56 022 381 6000
Fax: +56 022 381 6001
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

ANEXO 14.1.3 - MEMORIA DE CÁLCULO REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS CANAL BUZETA

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4
1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL 4
1.2 REFERENCIAS 4
1.3 ANTECEDENTES 4
2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN 7
3 IDENTIFICACIÓN ZONAS CON MAYORES PÉRDIDAS POR INFILTRACIÓN 10
4 DISEÑO ALTERNATIVAS DE OBRAS 12
4.1 REVESTIMIENTOS DEL CANAL 13
4.2 SIFÓN EN SOCAVÓN 14
4.2.1 Alternativa Sifón 1 16
4.2.2 Alternativa Sifón 2 17
4.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVA DE SIFÓN VERSUS REVESTIMIENTO .. 18

LISTADO DE ANEXOS

Apéndice 15.4.1 Diseños Sifón en Socavón (Alternativa 1 Y 2)

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1-1 Caudales en el canal Buzeta según sectores de regadío 5
Tabla 1-2 Revestimientos existentes en el canal Buzeta 6
Tabla 3-1 Rendimientos por tramos canal Buzeta 10
Tabla 4-1 Parámetros variables según alternativa de revestimiento 13
Tabla 4-2 Cubicaciones alternativas de revestimientos en 10 km 13
Tabla 4-3 Puntos de inicio y fin sifones y caudal de diseño 15
Tabla 4-4 Dimensiones Alternativa Sifón 1 16
Tabla 4-5 Dimensiones geométricas Alternativa Sifón 2 17
Tabla 4-6 Comparación de escenarios alternativa Sifón en Socavón 19

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1-1 Pérdida de caudal acumulada en Buzeta 5
Figura 2-1 Alternativas para reducción de pérdidas por infiltración 7
Figura 2-2 Alternativas de sifón propuestos para sector El Socavón 8
Figura 2-3 Metodología de evaluación de obras de mejoras 9
Figura 3-1 Ganancia de Caudal vs Longitud Revestida 11
Figura 3-2 Pérdida Unitaria de Caudal vs Longitud Revestida 11
Figura 3-3 Comparación de la Pérdida Acumulada en la Condición Actual y Con Nuevos Revestimientos. 12
Figura 4-1: Sección tipo de canal para revestimiento 13
Figura 4-2 Línea de tubería proyectada Sifón 1 14
Figura 4-3 Línea de tubería proyectada Sifón 2 14
Figura 4-4 Sifón tipo 15

1 INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL

Como parte de los estudios realizados para el proyecto "Mejoramiento Canales Bellavista, Villalón y Buzeta", se presenta a continuación el análisis de alternativas de las obras de revestimiento para disminuir las pérdidas por infiltración en el canal Buzeta.

El canal en estudio presenta una longitud de aproximada de 92 Km con un porcentaje de pérdidas acumulado actual de 54% a lo largo de su trayectoria, el cual fue estimado luego de efectuar una campaña de aforo en el canal entre los meses de abril y mayo del año 2014. Es por este motivo, que se requiere, de manera primordial, implementar obras que permitan mitigar las pérdidas de caudal y así optimizar el manejo del recurso hídrico, con una operación más segura del canal, mejorando la actividad agrícola de los usuarios que son abastecidos por éste.

Los objetivos del presente trabajo se listan a continuación:

- Identificar los sectores críticos donde se producen las pérdidas por infiltración.
- Evaluar técnica y económicamente las alternativas de mejoramiento, ya sea mediante revestimiento y/o entubamiento.
- Evaluar, en particular la alternativa de sifones en el sector de riego Limáhuida, para reducir las pérdidas por infiltración en ese sector.
- Diseñar, a nivel de prefactibilidad, las obras en los tramos donde se propone mejoramiento.

1.2 REFERENCIAS

Ref 1 Horacio Mery Mery, (2007). *Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras*. Ril Editores.

Ref 2 Bureau of Reclamation. (1983). Inverted Siphons. *Design of small canal structures*.

Ref 3 European Small Hydropower Association. (2006). ESHA. *Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica*.

Ref 4 Manual de Carreteras, Volumen 4, Capítulo 4. Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas Chile.

1.3 ANTECEDENTES

El canal Buzeta presenta un caudal de derecho en bocatoma de 3.000 l/s, el cual va disminuyendo en la medida que se extraen los caudales para regadío, como se indica en la Tabla 1-1.

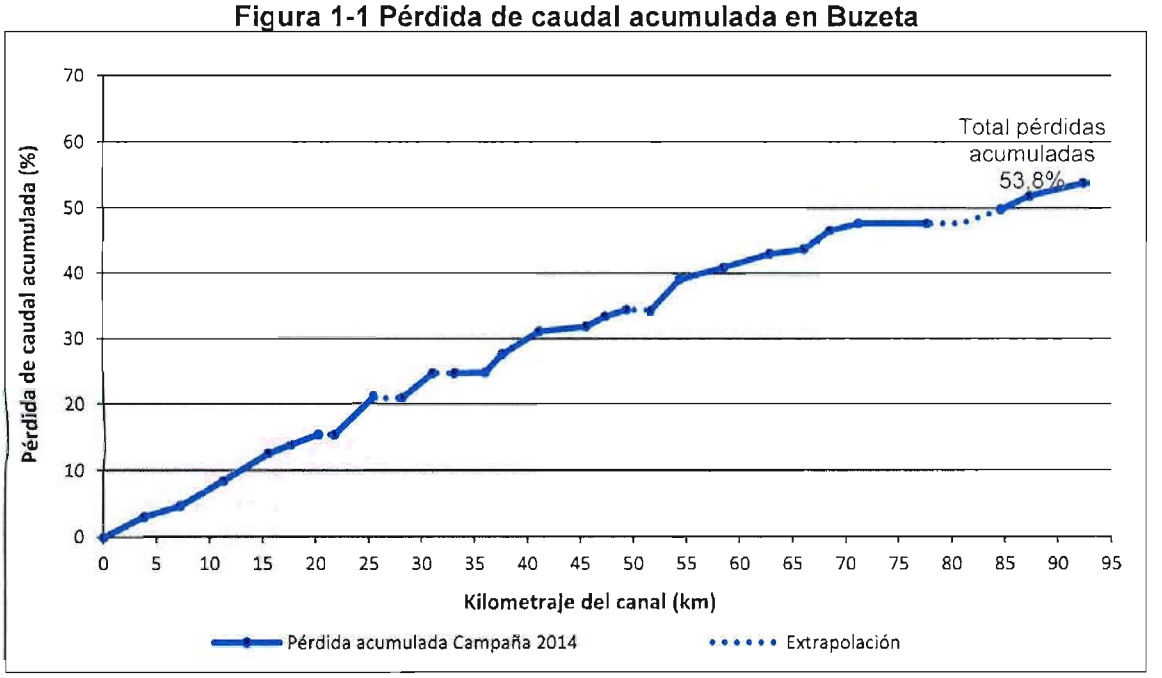
Tabla 1-1 Caudales en el canal Buzeta según sectores de regadío

Sector de riego canal Buzeta	Caudal en el canal (l/s)	Km inicial	Km final
El Tambo	3.000	0,0	12,7
Colliguay	2.865	12,7	20,0
Tahuinco	2.612	20,0	30,1
Limahuida	2.164	30,1	77,0
Cañas II	1.341	77,0	92,4
Cañas I			

Por otra parte, se realizó una campaña para aforar el canal Buzeta, y así estimar las pérdidas de caudal que presenta. Dicha campaña se realizó durante los meses de abril y mayo del año 2014. Los detalles de dicha campaña se encuentran en el Anexo 6-E3 del presente estudio.

La Figura 1-1 muestra los resultados de las pérdidas acumuladas de caudal a lo largo del canal. Cabe destacar, que la tendencia de las pérdidas es relativamente constante, sin embargo se debe considerar que en los primeros sectores del canal se cuenta con mayor transporte de caudal, por lo tanto la cantidad neta infiltrada podría ser mayor en estos sectores.

Figura 1-1 Pérdida de caudal acumulada en Buzeta



De los tramos aforados en el canal, la mayoría no cuenta con obras de revestimiento. Según el catastro en terreno, los tramos en tierra representan sobre el 70% de la longitud del canal. La Tabla 1-2 consigna los tramos de canal revestidos y el tipo de material con que cuentan, además se indica la longitud de los tramos que no cuentan con revestimiento y que serán

materia de análisis en el presente documento, de modo de determinar la necesidad de revestimientos nuevos.

Tabla 1-2 Revestimientos existentes en el canal Buzeta

Km inicio	Km fin	Longitud total (m)	Mampostería (m)	Hormigón (m)	Geomembrana (m)	Longitud afecta a mejora (m)
0,03	3,80	3.770	1.210	560	0	2.000
3,80	7,20	3.400	820	0	0	2.580
7,20	11,35	4.150	1.230	0	0	2.920
11,35	15,50	4.150	2.450	0	0	1.700
15,50	17,70	2.200	2.120	0	0	80
17,70	20,30	2.600	2.500	0	0	100
21,80	25,50	3.700	2.420	0	0	1.280
28,20	31,10	2.900	30	0	0	2.870
33,15	36,00	2.850	20	180	0	2.650
36,00	37,60	1.600	1.430	0	0	170
37,60	41,10	3.500	3.300	200	0	0
41,10	45,50	4.400	40	200	0	4.160
45,50	47,30	1.800	100	0	0	1.700
47,30	49,30	2.000	300	0	0	1.700
51,60	54,40	2.800	0	0	0	2.800
54,40	58,50	4.100	230	380	0	3.490
58,50	62,80	4.300	130	200	0	3.970
62,80	66,00	3.200	170	0	0	3.030
66,00	68,60	2.600	0	0	1.160	1.440
68,60	71,30	2.700	0	0	0	2.700
71,30	77,70	6.400	10	0	0	6.390
81,00	84,60	3.600	0	0	0	3.600
84,60	87,30	2.700	0	0	0	2.700
87,30	92,30	5.000	0	0	0	5.000
Total		**80.420**	**18.510**	**1.720**	**1.160**	**59.030**

2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

El criterio inicial considerado para la reducción de pérdidas de caudal en el canal, corresponde a la incorporación de nuevos revestimientos, para lo cual se realiza un análisis de costos, según distintas cantidades de longitud mejorada.

Para lograr lo anterior, se identificaron los lugares donde existan mayores pérdidas de caudal en cada sección aforada, a modo de detectar y ordenar de mayor a menor los tramos según su pérdida de caudal por unidad de longitud o "pérdidas unitarias de caudal".

Los tramos donde existen tramos ya revestidos han sido excluìdos de la longitud total a mejorar, ya que se ha encontrado que la mayoría de estas obras se encuentra en estado regular a bueno, según el diagnóstico efectuado en Anexo 15.1 Mantención de Obras Canal Buzeta. Adicionalmente, se han excluido los tramos donde se tienen propuestas obras de mejoramiento asociadas a la vulnerabilidad física del canal.

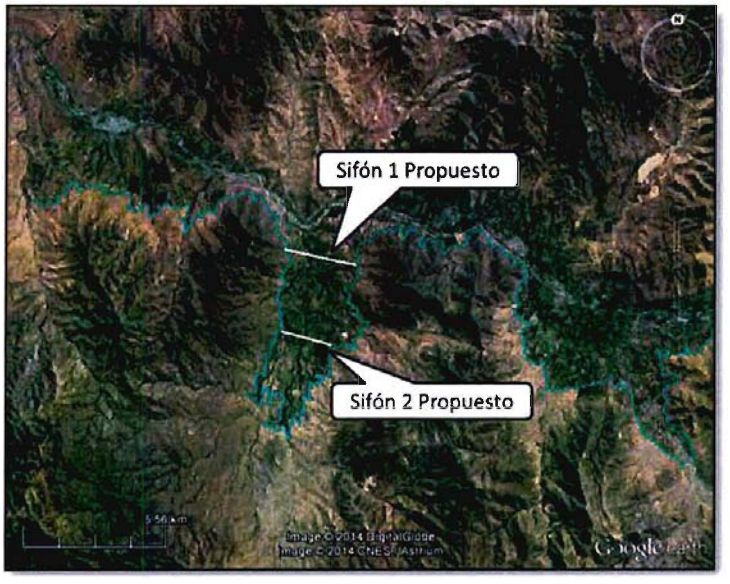
A continuación se realiza un análisis de costos con el objeto de contrastar distintas alternativas de recubrimiento del canal para reducir las pérdidas por infiltración. Entre las alternativas de mejoramiento del canal se han evaluado 5 alternativas de revestimiento de la sección: con hormigón, mantas de hormigón, shotcrete, mampostería de piedra, geomembrana, y una solución con tubería de HPDE o PEAD. La Figura 2-1 muestra las alternativas a evaluar.

Figura 2-1 Alternativas para reducción de pérdidas por infiltración



Adicional a ello, se han propuesto dos alternativas de sifón invertido dentro en el sector Socavón, donde se proyecta conducir parte del caudal de derecho mediante un tubo enterrado, atravesando el sector. El propósito principal es la reducción de las pérdidas por infiltración, lo que a su vez transformaría el actual canal que bordea la quebrada en un canal secundario de entrega. Estas soluciones serán comparadas con la solución de revestimiento del tramo dividido. La Figura 2-2 muestra las alternativas de sifón a evaluar.

Figura 2-2 Alternativas de sifón propuestos para sector El Socavón

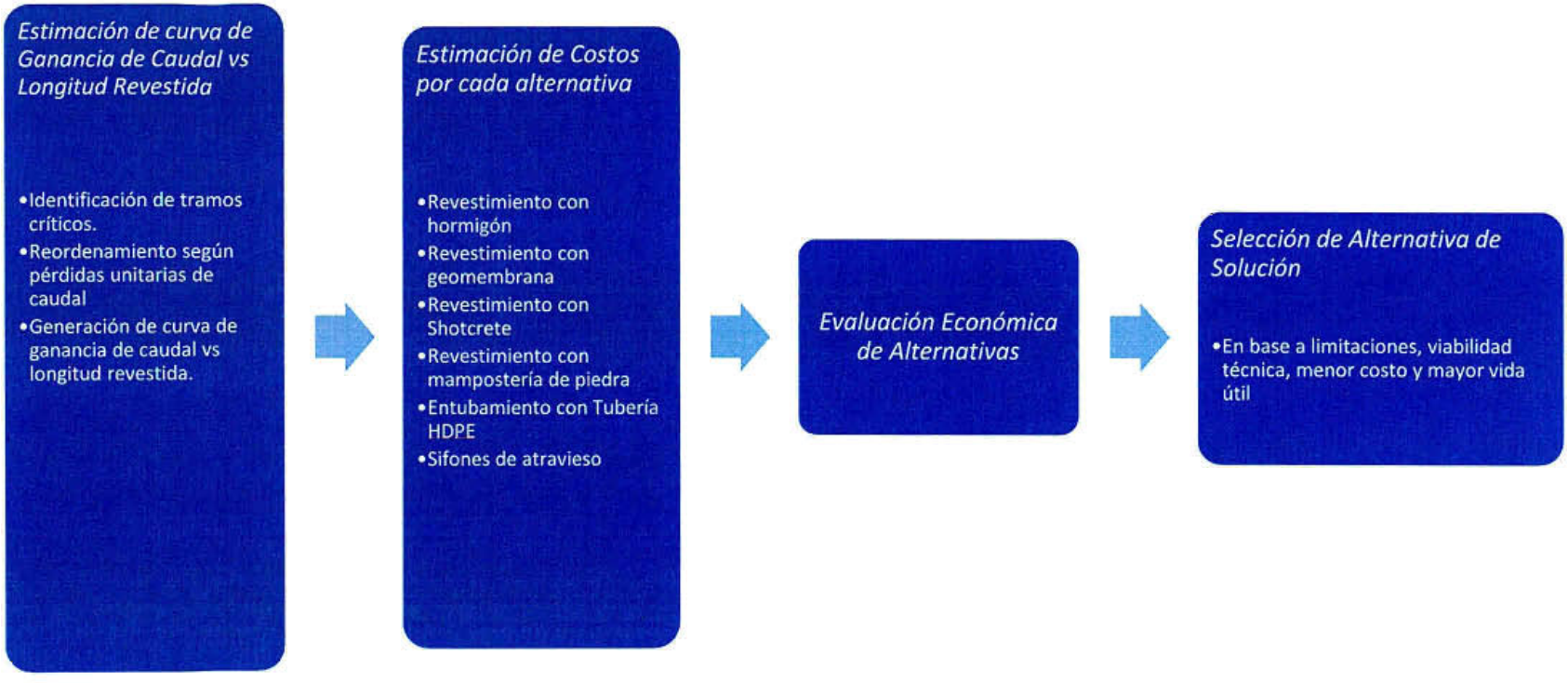


El análisis de costos se realizó considerando una longitud de revestimiento fija de 20 km, a implementar en los sectores más críticos. Se excluyeron los tramos con obras de mejoramiento existentes, los atraviesos mediante túneles y otras obras. Para el cálculo de cubicaciones se utilizaron dos tipos de sección representativas del canal, en base a la información obtenida de los catastros en terreno.

Luego, con las cubicaciones, se estimó el costo total de cada alternativa a modo de contrastar las opciones en términos económicos. Dentro de este análisis de costos se consideró el reemplazo de parte de los revestimientos por deterioro, lo cual es considerado como un beneficio económico al proyecto. Finalmente, para escoger la alternativa se evalúan las opciones de menor costo y mayor vida útil.

La Figura 2-3 resumen la metodología de evaluación.

Figura 2-3 Metodología de evaluación de obras de mejoras



3 IDENTIFICACIÓN ZONAS CON MAYORES PÉRDIDAS POR INFILTRACIÓN

Se efectuó un reordenamiento de los sectores donde se realizaron los aforos, a modo de identificar las zonas con mayores pérdidas unitarias.

Para estimar las pérdidas, se consideró el caudal pasante en base a los derechos de aprovechamiento indicados en la Tabla 1-1, para luego ir restando su valor en base a las pérdidas estimadas en terreno. Con ello se estimó el caudal perdido en cada tramo aforado.

Finalmente, para cada tramo se determinó la perdida de caudal por unidad de longitud, o pérdida unitaria de caudal. Con dicho valor se identificaron los lugares donde existen mayores pérdidas por cada km recorrido.

Se generó una curva de ganancia de caudal, considerando una disminución total de las pérdidas en los tramos mejorados.

La Tabla 3-1 da cuenta de los resultados del cálculo de las pérdidas unitarias de caudal por tramo.

Tabla 3-1 Rendimientos por tramos canal Buzeta

Nº Tramo	km Inicio	km fin	Longitud	Caudal pasante	Pérdida Acumulada	Pérdida tramo	Pérdida unitaria	Caudal perdido	Pérdida unitaria de caudal
	(km)	(km)	(km)	(L/s)	(%)	(%)	(%/km)	(m^3/s)	(L/s/km)
1	0,00	3,80	3,77	3000	3,10	3,10	0,82	0,09	24,65
2	3,80	7,20	3,40	3000	4,71	1,67	0,49	0,05	14,69
3	7,20	11,35	4,15	3000	8,46	3,97	0,96	0,12	28,71
4	11,35	15,50	4,15	2885	12,58	4,46	1,07	0,13	30,80
5	15,50	17,70	2,20	2885	13,90	1,55	0,70	0,04	20,16
6	17,70	20,30	2,60	2955	17,06	3,64	1,40	0,10	40,11
7	21,00	25,50	3,70	2612	22,70	6,90	1,84	0,19	48,02
8	26,20	31,10	2,90	2612	26,36	4,75	1,64	0,12	42,80
9	33,15	36,00	2,85	2612	26,47	0,13	0,04	0,00	1,17
10	36,00	37,80	1,80	2164	29,16	3,66	2,28	0,09	48,45
11	37,80	41,10	3,50	2164	29,47	0,44	0,13	0,01	2,74
12	41,10	45,50	4,40	2164	30,22	1,06	0,24	0,02	5,20
13	45,50	47,30	1,80	2164	31,81	2,29	1,27	0,05	27,49
14	47,30	49,30	2,00	2164	32,78	1,42	0,71	0,03	15,35
15	51,60	54,40	2,80	2164	37,71	7,33	2,62	0,16	56,63
16	54,40	58,50	4,10	2164	39,49	2,07	0,70	0,06	16,15
17	58,50	62,80	4,30	2164	41,62	3,51	0,82	0,08	17,64
18	62,80	66,00	3,20	2164	42,36	1,25	0,39	0,03	8,46
19	66,00	68,60	2,60	2164	45,37	5,24	2,01	0,11	43,60
20	68,60	71,30	2,70	2164	46,51	2,10	0,78	0,05	16,81
21	71,30	77,70	6,40	2164	46,51	0,00	0,00	0,00	0,00
22	81,00	84,60	3,60	2164	49,40	6,40	1,80	0,12	32,46
23	84,60	87,30	2,70	2164	51,42	3,99	1,48	0,09	31,96
24	87,30	92,30	5,00	2164	55,06	7,50	1,50	0,16	32,46

La Figura 3-1 muestra la curva de ganancia de caudal vs la longitud de revestimiento. En tanto, la Figura 3-2 muestra la misma curva de reducción de pérdidas a medida que aumenta la longitud de revestimiento en el canal. Se observa un revestimiento inferior a 20 km, se

traduce en un 30% de caudal recuperado a lo largo de todo el canal, reduciendo las pérdidas a un 25% (antes eran de 54%, ver Figura 1-1).

Figura 3-1 Ganancia de Caudal vs Longitud Revestida

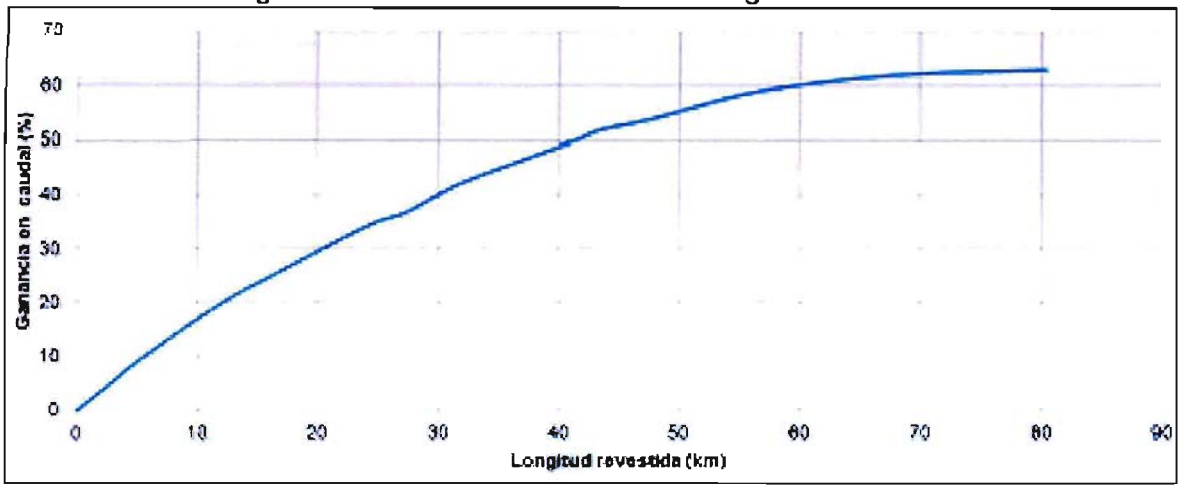
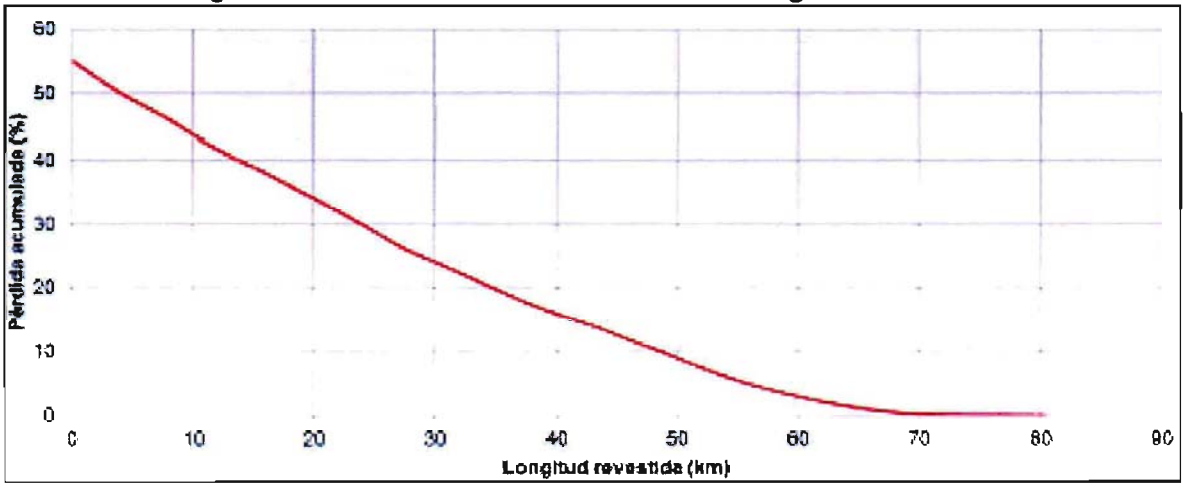


Figura 3-2 Pérdida Unitaria de Caudal vs Longitud Revestida

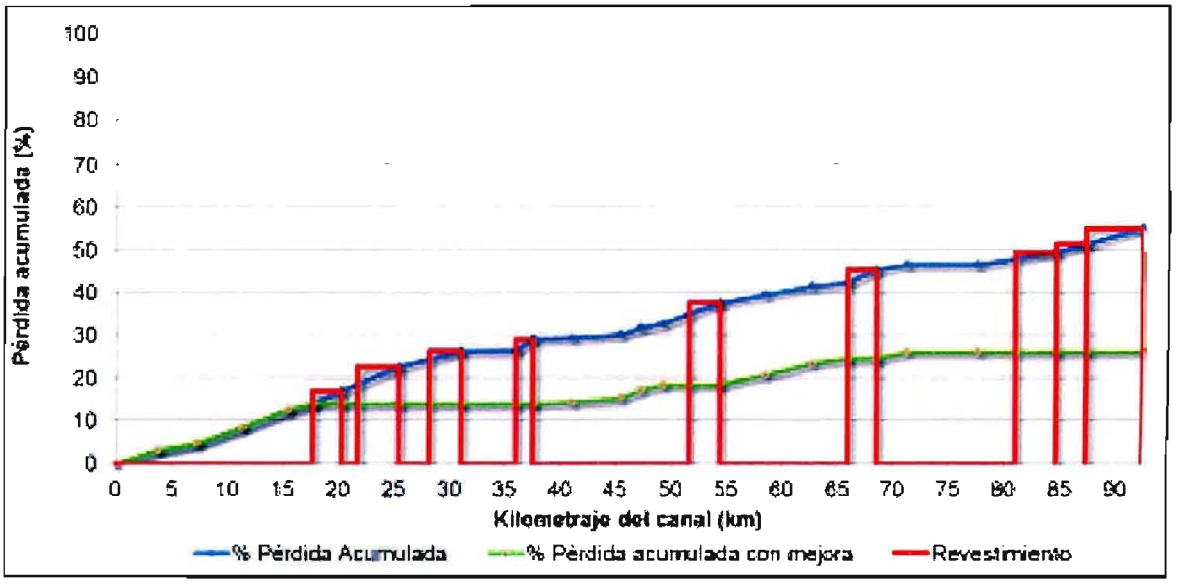


Se adoptó finalmente revestir una longitud total a 20 km de canal, los cuales corresponden a los 9 sectores con mayor pérdida unitaria de caudal (tramos N° 6, 7, 8, 10, 15, 19, 22, 23 y 24).

Cabe señalar que la longitud total de los 9 tramos alcanza los 27,5 km, sin embargo hay que quitarle algunos sectores en los cuales existen revestimientos u otras obras, por lo que la longitud efectiva a revestir es de 20 km.

La Figura 3-3 muestra un esquema de disminución de pérdidas en función a las secciones revestidas.

Figura 3-3 Comparación de la Pérdida Acumulada en la Condición Actual y Con Nuevos Revestimientos.



4 DISEÑO ALTERNATIVAS DE OBRAS

A continuación se presentan los diseños de las obras asociadas a la disminución de pérdidas por infiltración.

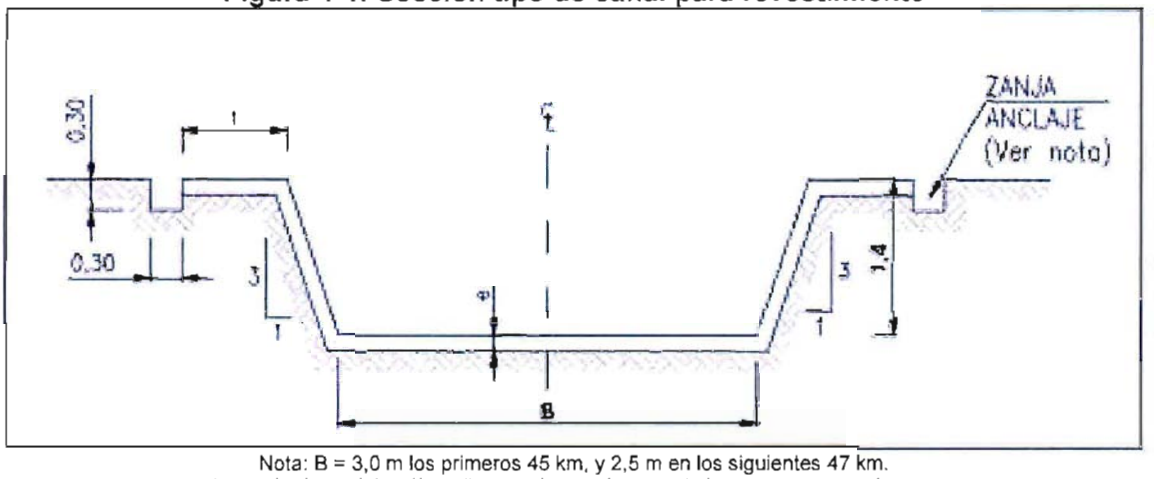
Entre las alternativas de mejoramiento del canal se evaluaron 5 alternativas de recubrimiento: hormigón, mantas de hormigón, shotcrete, mampostería de piedra, geomembrana del fondo, además de una solución mediante el entubamiento del canal con tubería de HPDE.

Adicional a ello, se han propuesto dos alternativas de sifón invertido dentro del sector Socavón, donde se proyecta conducir parte del caudal de derecho mediante un tubo enterrado, atravesando el sector. El propósito principal es la reducción de las pérdidas por infiltración, lo que a su vez transformaría el actual canal que bordea la quebrada en un canal secundario de entrega.

4.1 REVESTIMIENTOS DEL CANAL

Para la estimación de costos de cada alternativa de revestimiento se han definido dos secciones tipo de canal, la primera representativa de los primeros 45 km, y la segunda de los siguientes 47 km. Ambas secciones definidas de acuerdo a la información obtenida en el catastro del canal. La geometría tipo de la sección se presenta en la Figura 4-1. En tanto, la Tabla 4-1 muestra los parámetros variables para cada alternativa de revestimiento.

Figura 4-1: Sección tipo de canal para revestimiento



Nota: B = 3,0 m los primeros 45 km, y 2,5 m en los siguientes 47 km.
La zanja de anclaje sólo aplica en el caso de revestimiento con geomembrana.

Tabla 4-1 Parámetros variables según alternativa de revestimiento

Tipo de Revestimiento	Unidad	Sobreancho t	Espesor e
Hormigón	m	0,2	0,1
Mampostería	m	0,2	0,2
Shotcrete	m	0,2	-
Geomembrana	m	0,5	-

Se determinaron las cantidades de obra asociada a cada alternativa de revestimiento, cuyos resultados se presentan en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2 Cubicaciones alternativas de revestimientos en 10 km

Partida	Valor	Unidad
Mampostería	25.747	m^3
Hormigón	12.873	m^3
Shotcrete	128.733	m^2
Manta de hormigón	120.137	m^2
Geomembrana*	180.313	m^2

*Dentro del cálculo se consideró adicionalmente la zanja de la geomembrana, de 0,3 x 0,3 m.

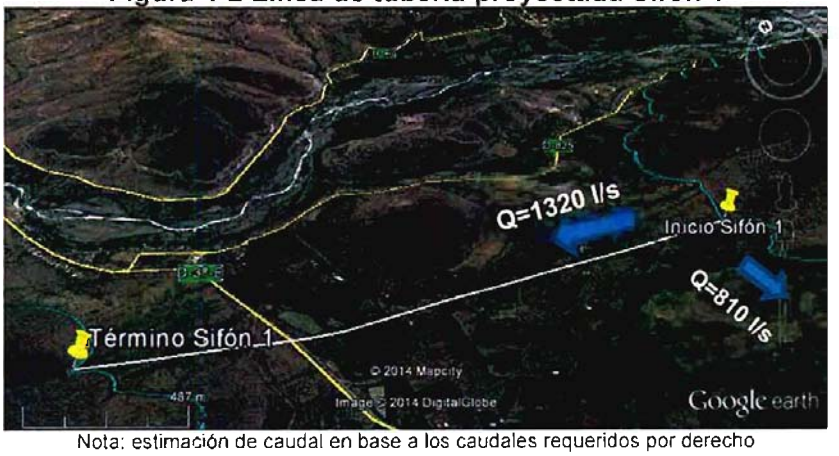
En el caso de los entubamientos se estableció como criterio de diseño que la altura de escurrimiento dentro de la tubería sea inferior o igual a 0,70 veces su diámetro interior. Se determinó el diámetro requerido en cada tramo de canal en función del caudal a conducir y

las características físicas del mismo canal. Se escogieron diámetros de 1.600 mm, 1.800 mm y 2.000 mm para el análisis. Cabe recordar que la longitud en esta alternativa de solución también corresponde a 20 km.

4.2 SIFÓN EN SOCAVÓN

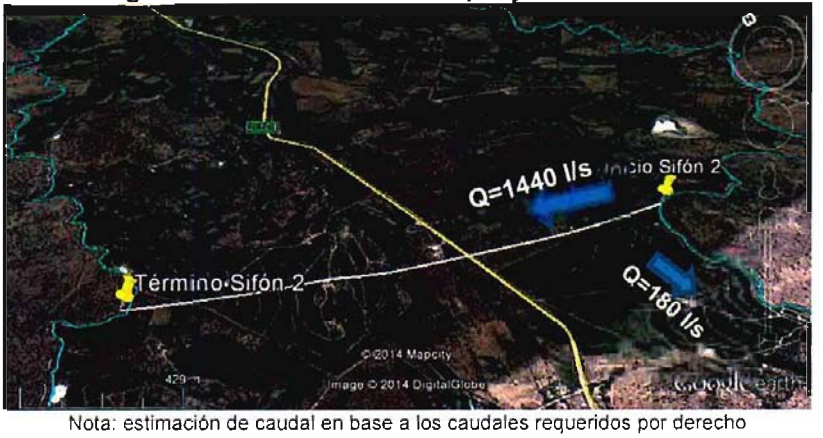
Se han propuesto dos alternativas de sifón invertido dentro del sector Socavón, el cual conducirá parte del caudal de derecho mediante un tubo enterrado, que atravesará todo el sector. La Figura 4-2 y la Figura 4-3 muestran los sifones proyectados.

Figura 4-2 Línea de tubería proyectada Sifón 1



Nota: estimación de caudal en base a los caudales requeridos por derecho

Figura 4-3 Línea de tubería proyectada Sifón 2



Nota: estimación de caudal en base a los caudales requeridos por derecho

La Tabla 4-3 muestra la ubicación de los puntos de inicio y fin de cada sifón, en conjunto a su caudal de diseño, estimado como el caudal necesario para satisfacer la demanda aguas abajo de la misma obra.

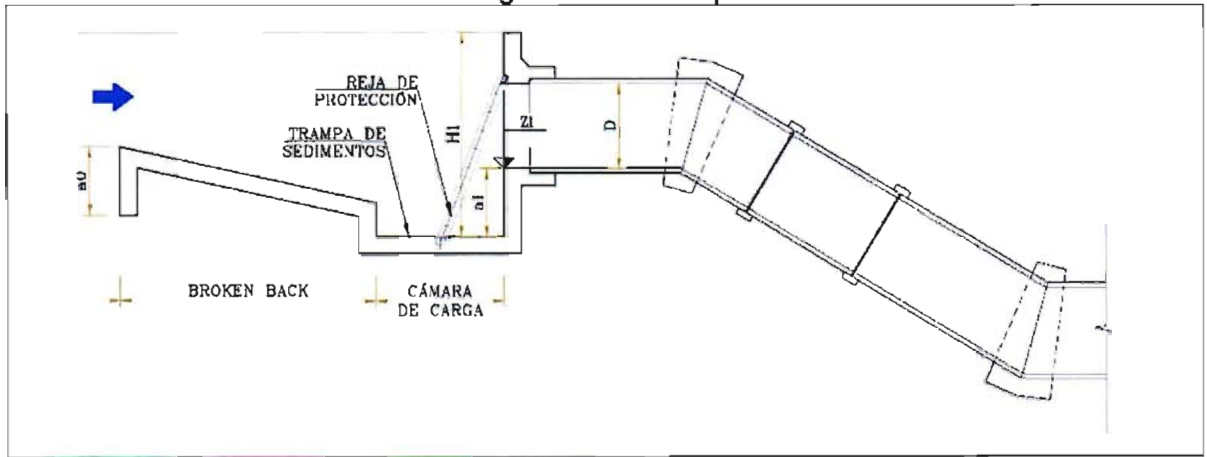
Tabla 4-3 Puntos de inicio y fin sifones y caudal de diseño

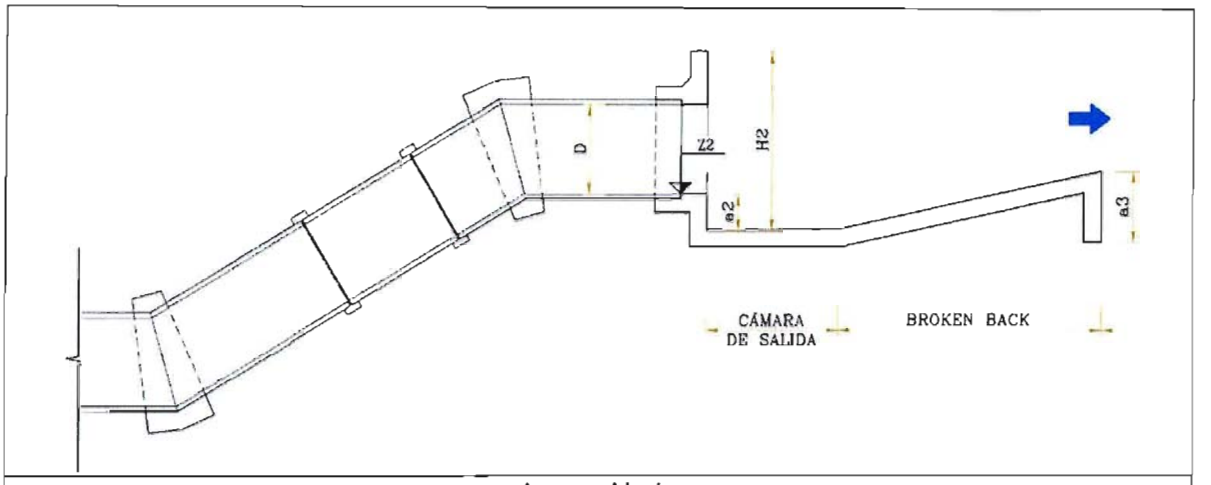
Sifón	Punto	Coordenadas Punto			Balizado	Longitud sifón	Caudal de diseño
		Norte	Este	Cota			
		(m)	(m)	(msnm)	(km)	(m)	(L/s)
1	Inicio	6.483.666,00	297.621,40	439,8	43	2.853	1.320
	Término	6.484.201,10	294.845,50	408	73		
2	Inicio	6.480.593,30	296.737,00	433,3	49,6	2.011	1.440
	Término	6.481.077,50	294.804,90	412,7	68,6		

El sifón tipo se presenta en la Figura 4-4, obra que se compone principalmente de:

- Canal de aducción.
- Transición convergente tipo broken-back.
- Rejas de seguridad.
- Cámara de entrada.
- Tubería circular de acero.
- Cámara de salida.
- Transición divergente tipo broken-back.
- Canal de entrega.

Figura 4-4 Sifón tipo





Aguas Abajo

Los análisis hidráulicos en detalle de cada uno de los sifones se adjuntan en el Anexo 15.4.1.

4.2.1 Alternativa Sifón 1

En la Tabla 4-4 se consignan los resultados de las dimensiones de cada componente de la obra Sifón 1, donde se evaluó la materialidad en acero y HDPE. .

Tabla 4-4 Dimensiones Alternativa Sifón 1

Parámetro	Nomenclatura	Sifón 1 - Acero	Sifón 1 - HDPE	Unidad
Canal de Captación				
Cota	z0	439,76	439,76	(msnm)
Pendiente	i0	0,0001	0,0001	(m/m)
Base Canal	b0	1,50	1,50	(m)
Pendiente Talud	k0	0,50	0,50	(-)
Largo	L0	5,00	5,00	(m)
Alto	H0	2,00	0,61	(m)
Transición Broken-Back entrada				
Ángulo cierre	αb-e	11,25	11,25	(°)
Largo	Lb-e	2,5	2,5	(m)
Grada bajada	a0	0,83	7,12	(m)
Cámara de Entrada				
Cota	z1	438,93	432,64	(msnm)
Base Canal	b1	2,00	2,00	(m)
Largo	L1	3,00	3,00	(m)
Alto	H1	3,80	3,80	(m)
Trampa sedimentos	a1	1,00	1,00	(m)
Cámara de Salida				
Cota	z2	407,76	406,76	(msnm)

Parámetro	Nomenclatura	Sifón 1 - Acero	Sifón 1 - HDPE	Unidad
Base Canal	b2	3,00	3,00	(m)
Largo	L2	3,00	3,00	(m)
Alto	H2	3,10	3,10	(m)
Revancha Salida	a2	0,20	0,20	(m)
Transición Broken-Back salida				
Ángulo cierre	αb-s	13,75	13,75	(°)
Largo	Lb-s	4,10	4,10	(m)
Grada subida	a3	0,83	7,12	(m)
Canal de Entrega				
Cota	z3	408,96	407,96	(msnm)
Pendiente	i3	0,0001	0,0001	(m/m)
Base Canal	b3	2,00	2,00	(m)
Pendiente Talud	k3	0,50	0,50	(-)
Largo	L3	5,00	5,00	(m)
Alto	H3	1,70	1,70	(m)
Tubería sifón				
Parámetro	**Nomenclatura**	**Sifón 1 - Acero**	**Sifón 1 - HDPE**	**Unidad**
Diámetro interno	D	698,2	700	(mm)
Longitud unitaria	L	2853	2853	(m)
Número de Tuberías	N	1	1	(unidad)
Espesor	e	6,4	48	(mm)
Diámetro externo	OD	711	796	(mm)

4.2.2 Alternativa Sifón 2

Análogo a la alternativa de Sifón 1, se presentan en la Tabla 4-5 los resultados de las dimensiones de cada componente de la obra Sifón 2.

Tabla 4-5 Dimensiones geométricas Alternativa Sifón 2

Parámetro	Nomenclatura	Sifón 2 - Acero	Sifón 2 - HDPE	Unidad
Canal de Captación				
Cota	z0	433,30	433,30	(msnm)
Pendiente	i0	0,0001	0,0001	(m/m)
Base Canal	b0	1,50	1,50	(m)
Pendiente Talud	k0	0,50	0,50	(-)
Largo	L0	5,00	5,00	(m)
Alto	H0	1,45	2,11	(m)
Transición Broken-Back entrada				
Ángulo cierre	αb-e	11,25	11,25	(°)
Largo	Lb-e	2,5	2,5	(m)
Grada bajada	a0	1,5	0,85	(m)
Cámara de Entrada				
Cota	z1	431,80	432,45	(msnm)
Base Canal	b1	2,00	2,00	(m)
Largo	L1	3,00	3,00	(m)
Alto	H1	4,00	4,00	(m)
Trampa sedimentos	a1	1,00	1,00	(m)

Parámetro	Nomenclatura	Sifón 2 - Acero	Sifón 2 - HDPE	Unidad
Cámara de Salida				
Cota	z2	414,40	411,12	(msnm)
Base Canal	b2	3,00	3,00	(m)
Largo	L2	3,00	3,00	(m)
Alto	H2	3,20	3,20	(m)
Revancha Salida	a2	0,20	0,20	(m)
Transición Broken-Back salida				
Ángulo cierre	αb-s	13,75	13,75	(°)
Largo	Lb-s	4,10	4,10	(m)
Grada subida	a3	1,50	0,85	(m)
Canal de Entrega				
Cota	z3	416,00	412,72	(msnm)
Pendiente	i3	0,0001	0,0001	(m/m)
Base Canal	b3	2,00	2,00	(m)
Pendiente Talud	k3	0,50	0,50	(-)
Largo	L3	5,00	5,00	(m)
Alto	H3	1,40	1,40	(m)
Tubería sifón				
Parámetro	**Nomenclatura**	**Sifón 2 - Acero**	**Sifón 2 - HDPE**	**Unidad**
Diámetro interno	D	749,2	700	(mm)
Longitud unitaria	L	2011	2011	(m)
Número de Tuberías	N	1	1	(unidad)
Espesor	e	6,4	48	(mm)
Diámetro externo	OD	762	796	(mm)

4.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVA DE SIFÓN VERSUS REVESTIMIENTO

A modo de evaluar la reducción de pérdidas de infiltración con cada sifón fue necesario estimar el caudal recuperado con esta alternativa. Para ello, se calculó el valor del caudal que infiltra a lo largo del tramo que encierra el sifón, con los % de pérdida actuales considerando un caudal de escurrimiento menor producto del by pass que genera el sifón. Luego se estima el valor del caudal que infiltra a lo largo del mismo tramo bajo el escenario sin sifón, por lo cual pasa el total de caudal. La diferencia entre estas dos pérdidas de caudal resulta en el caudal que se logra recuperar con la alternativa de sifón.

Finalmente, este caudal recuperado con el sifón es contrastado con la opción de revestimiento en el tramo que abarca su by pass en el sector de Socavón. La Tabla 4-6 muestra dicha comparación, para las dos alternativas de ubicación del sifón en el sector Socavón.

Tabla 4-6 Comparación de escenarios alternativa Sifón en Socavón

Escenario de evaluación	Caudal no infiltrado (L/s)	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Sin Sifón y con revestimiento	567,1	467,7
Con Sifón y sin revestimiento	212,3	212,3

De los resultados indicados en la Tabla 4-6, se infiere que es más eficiente impermeabilizar el sector que instalar sifones, lo cual es lógico si se piensa que al dividir el caudal en dos tramos (sifón y canal secundario) no se asegura una impermeabilización del 100% del caudal pasante, sino solo se estaría asegurando el porcentaje que pasa por el by pass correspondiente al caudal hacia el sector las Cañas I y II

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

N° 4184-3000-IH-MEC-008_1

ANEXO 14.1.4 – OBRAS PARA MANEJO DE CRECIDAS EN QUEBRADAS CANAL BUZETA

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
B	Nombre Firma	F. de la Fuente	P .Muñoz / P. Zúñiga	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	10.11.14	10.11.14	10.11.14	
0	Nombre Firma	D. Arce	J. Garín/P. Zúñiga	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	29.04.15	04.05.15	04.05.15	
1	Nombre Firma	F. de la Fuente	J. Garín/P. Zúñiga	D. González	Aprobado Cliente
	Fecha	27.07.15	27.07.15	27.07.15	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia. Santiago
Teléfono: +56 022 381 6000
Fax: +56 022 381 6001
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

ANEXO 14.1.4 – OBRAS PARA MANEJO DE CRECIDAS EN QUEBRADAS CANAL BUZETA

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4
1.1 OBJETIVOS 4
1.2 REFERENCIAS 4
1.3 ÁREA DE ESTUDIO 4
2 ANTECEDENTES BÁSICOS DISPONIBLES 4
3 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO 8
4 DISEÑO DE LAS OBRAS 10
4.1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS QUEBRADAS LATERALES 10
4.2 COMPUERTAS DE DESCARGA 11
4.2.1 Condición de flujo en el canal 11
4.2.2 Curva de Descarga 11
4.2.3 Cubicación 13
4.3 VERTEDEROS 13
4.3.1 Condición de flujo en el canal 14
4.3.2 Curva de Descarga 14
4.3.3 Cubicación 17
4.4 CRUCE DE QUEBRADAS 17
4.4.1 LOSAS DE HORMIGÓN 17
4.4.2 Diseño de la losa 18
4.4.3 Verificación del diseño 20
4.4.4 CANAL ABOVEDADO 21
4.4.5 Cubicaciones 23

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1 Caudales Afluentes al Canal Buzeta 5
Tabla 3-1 Coeficientes de Rugosidad de Manning Considerados para el Diseño 8
Tabla 3-2 Clasificación de obras de manejo de quebradas 8
Tabla 4-1 Quebradas Laterales Con Requerimiento de Obra de Manejo de Crecida 10
Tabla 4-2 Ubicación compuertas de descarga 11
Tabla 4-3 Condición de escurrimiento en el canal 11
Tabla 4-4 Estimación de valores experimentales 12

Tabla 4-5 Ubicación vertederos laterales 13
Tabla 4-6 Condición de flujo en el canal 14
Tabla 4-7 Curva de descarga vertederos laterales 15
Tabla 4-8 Losas de hormigón para Cruce de Quebrada 17
Tabla 4-9 Características de escurrimiento sobre las quebradas 18
Tabla 4-10 Características escurrimiento sobre las losas 19
Tabla 4-11 Dimensiones geométricas de las losas 20
Tabla 4-12 Características flujo en quebrada crecida con T = 150 años. 20
Tabla 4-13 Ubicación de cajones en el canal 21
Tabla 4-14 Verificación capacidad hidráulica cajón 22
Tabla 4-15 Dimensiones de la sección de las cajones 22
Tabla 5-1 Cubicaciones obras de cruce canal Buzeta 23

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2-1 Quebradas aportantes al canal Buzeta 7
Figura 3-1 Adaptación de la quebrada a sección triangular 9
Figura 4-1. Compuerta de descarga tipo. 13
Figura 4-2. Esquema isométrico del vertedero tipo a utilizar. 17
Figura 4-3 Esquema de cruce mediante losas 21
Figura 4-4. Esquema de cruce tipo cajón abovedado. 22

1 INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS

La presente memoria de cálculo presenta los antecedentes, metodología y resultados obtenidos para el diseño hidráulico de las obras asociadas al manejo de crecidas en quebradas laterales que cruzan al canal Buzeta. Dichas quebradas fueron identificadas en el estudio hidrológico de la zona del mismo canal, para el cual se definieron 64 quebradas aportantes.

Los objetivos generales de esta memoria corresponden a:

- Recopilación de antecedentes obtenidos de la inspección del canal en terreno, para la identificación y clasificación de quebradas existentes.
- Establecer criterios de diseño para las soluciones a adoptar en las obras para el manejo de crecidas en quebradas.
- Diseño de obras hidráulicas viables y óptimas para cada quebrada en el canal Buzeta.

1.2 REFERENCIAS

Ref 1 Manual de Carreteras, Volumen 3. Dirección General de Obras Públicas. Ministerio de Obras Públicas, Chile.

Ref 2 Hidráulica aplicada al diseño de obras, partes I, II y II. Horacio Mery, 2007.

1.3 ÁREA DE ESTUDIO

El canal Buzeta se localiza en la cuenca del río Choapa, provincia de Choapa en la IV región de Coquimbo. Se emplaza específicamente en la subcuenca del río Choapa Medio, la que comprende a la parte de cuenca limitada por la junta del río Choapa con los ríos Cuncumén e Illapel.

El trazado del canal se extiende por una longitud de aproximadamente 92,3 Km con un desnivel total de 135,6 m.

2 ANTECEDENTES BÁSICOS DISPONIBLES

En el estudio hidrológico realizado para la zona del canal Buzeta dentro del contexto de estudio "Mejoramiento Canales Bellavista, Villalón y Buzeta", se identificaron 64 quebradas laterales aportantes al canal Buzeta y se realizó la estimación de caudales afluentes para cada una de ellas. De esta selección, solo existen 11 quebradas que presentan obra de cauce actualmente.

El resumen de la identificación de las 64 cuencas aportantes y su caudal asociado para 2 años de periodo de retorno, se muestra en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1 Caudales Afluentes al Canal Buzeta

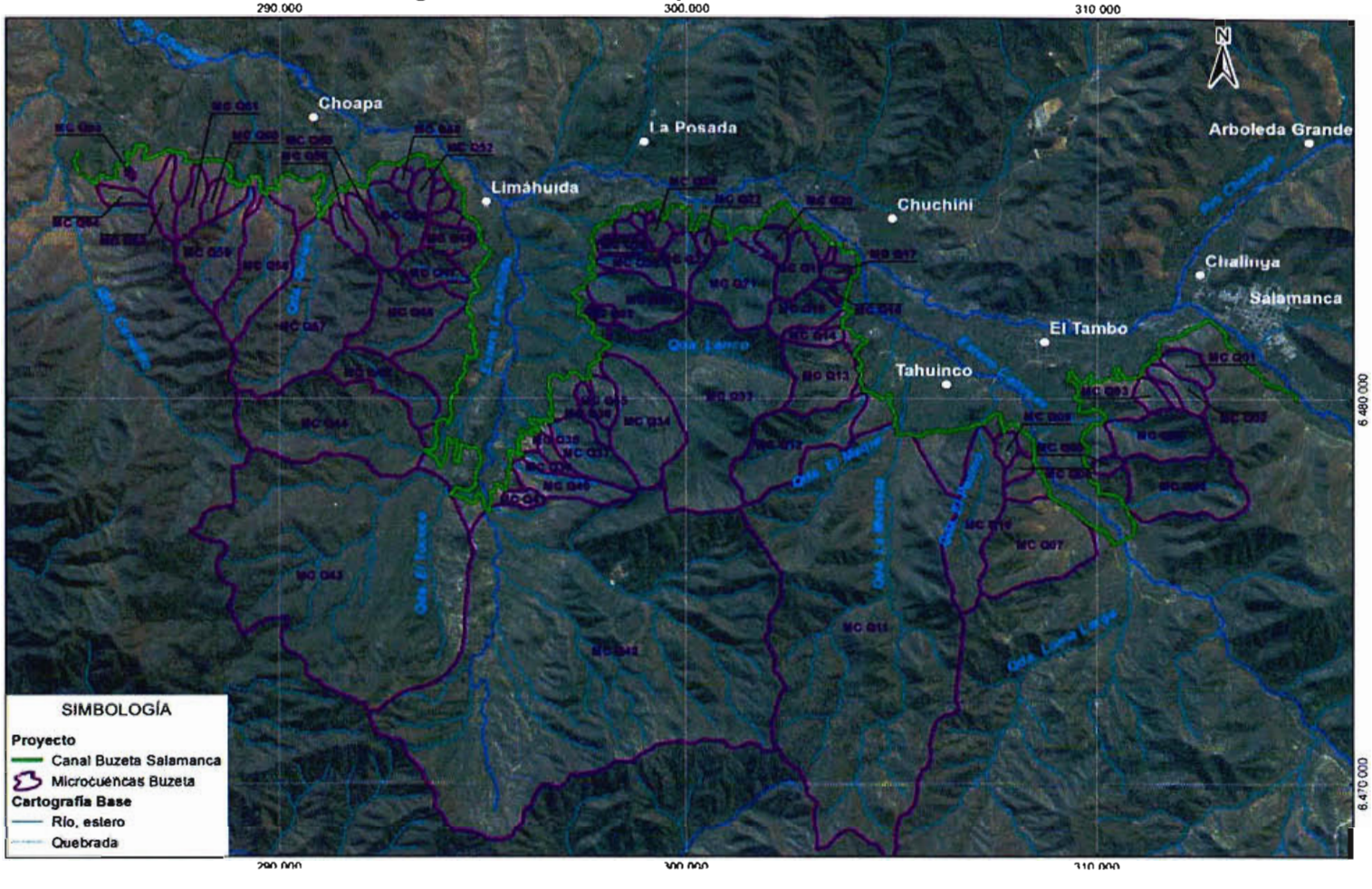
Código	Km	Nombre quebrada	Obra existente	A (km^2)	T=2 años Q (m^3/s)
MC Q01	4,768			0.8	0.6
MC Q02	5,170			0.8	0.7
MC Q03	5,647			0.5	0.4
MC Q04	11,231		CP N°27	2.7	1.6
MC Q05	13,057			0.3	0.2
MC Q06	14,739	La Higuera		4.2	2.5
MC Q07	17,448		CP N°52	5.0	2.8
MC Q08	19,222			0.4	0.3
MC Q09	20,836			0.4	0.3
MC Q10	21,944		AL N°1	4.1	
MC Q11	24,148		AL N°2 CP N°84	40.5	
MC Q12	26,082	El Canelillo	CP N°93	4.3	2.6
MC Q13	26,819	El Litre	AL N°3	2.7	
MC Q14	28,939		CP N°102	0.6	0.5
MC Q15	29,843	El Palto		1.4	1.2
MC Q16	30,115			0.2	0.2
MC Q17	30,807	El Orrego		0.3	0.3
MC Q18	32,412			0.1	0.1
MC Q19	33,351	Guallacán	VT N°2	1.3	0.9
MC Q20	35,154	Los Maitenes		0.6	0.5
MC Q21	36,182	Los Loros	VT N°4 CP N°117	3.4	2.0
MC Q22	37,665			0.2	0.2
MC Q23	37,901	La Mora	CN N°3	1.1	
MC Q24	39,372	El Álamo	CP N°121	0.4	0.4
MC Q25	40,205			0.0	0.0
MC Q26	40,728	Lo Castillo		0.1	0.1
MC Q27	41,613	Paso El Lanco		0.2	0.2
MC Q28	42,675	Seca		0.6	0.4
MC Q29	43,206			1.0	0.7
MC Q30	44,041	Huilcoco		2.6	1.4
MC Q31	45,670			0.1	0.1
MC Q32	46,021			0.2	0.2
MC Q33	47,152	Calicanto	AL N°6 CP N°137	13.1	
MC Q34	47,657	El Lanco	CP N°139	4.2	2.5
MC Q35	48,361			0.7	0.5
MC Q36	48,555			0.5	0.4
MC Q37	51,213		AL N°7	2.1	

Código	Km	Nombre quebrada	Obra existente	A (km^2)	T=2 años Q (m^3/s)
MC Q38	52,459			0.3	0.2
MC Q39	54,240			0.4	0.3
MC Q40	55,218			1.6	1.0
MC Q41	55,944			0.4	0.2
MC Q42	57,176		AL N°8	57.7	
MC Q43	58,898		AL N°10	31.6	
MC Q44	64,623		AL N°12	8.5	
MC Q45	65,766		AL N°11	2.5	
MC Q46	70,485			3.7	2.4
MC Q47	71,465		AL N°9	1.2	
MC Q48	72,952	Las Diucas	CP N°215	0.8	0.6
MC Q49	73,837			0.3	0.3
MC Q50	74,741			0.3	0.3
MC Q51	75,064			0.1	0.1
MC Q52	75,933			0.5	0.5
MC Q53	76,991			0.3	0.3
MC Q54	78,271	La Higuera	CP N°224	1.6	1.0
MC Q55	79,032	El Ahorcado		1.3	0.9
MC Q56	79,878	Las Capachas		0.6	0.5
MC Q57	80,448	El Quique		9.4	5.7
MC Q58	83,981			3.9	2.4
MC Q59	85,098	Los Peumos	CP N°255	3.0	1.8
MC Q60	85,833		CP N°258	0.4	0.3
MC Q61	87,134			0.9	0.6
MC Q62	88,020			0.9	0.6
MC Q63	90,416			0.0	0.0
MC Q64	91,810	El Álamo		0.5	0.3

AL: Alcantarilla, CN: Canoa, CP: Compuerta de descarga, VT: Vertedero

La ubicación de las 64 quebradas con sus cuencas aportantes se indica en la Figura 2-1.

Figura 2-1 Quebradas aportantes al canal Buzeta



3 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

- Se determinó que las quebradas con caudal de crecida aportante al canal sea menor a 700 l/s para periodo de retorno 2 años, pueden incorporar su escurrimiento al canal, donde se propone diseñar obras de evacuación del tipo compuerta o vertedero lateral, a modo de que los caudales aportantes no interfieran con el normal funcionamiento del canal y así evitar su rebase.

- Para las quebradas cuyo caudal de crecida aportante al canal sea mayor a 700 l/s (para T=2 años) y presenten un cauce definido, se considera que requiere una obra de manera tal que sus aguas no ingresen al canal.

- Para las quebradas cuyo caudal de crecida aportante al canal sea mayor a 2.000 l/s (para T=2 años) y no presenten un cauce definido, se considera que requiere una obra de manera tal que sus aguas no ingresen al canal.

- Las obras de cruce fueron diseñadas para las condiciones hidráulicas asociadas a la crecida de 100 años de periodo de retorno y verificadas para una crecida de 150 años de periodo de retorno.

- Lo coeficientes de rugosidad de Manning considerados para el diseño se presentan en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1 Coeficientes de Rugosidad de Manning Considerados para el Diseño

Tipo de suelo o revestimiento	Rugosidad de Manning
Suelo natural	0,040
Mampostería de piedras	0,025
Hormigón	0,014

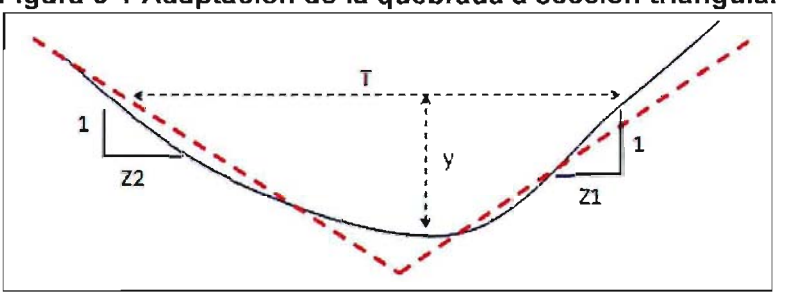
- Las obras para el manejo de quebradas se agruparon según las características de la descarga y los caudales de cada quebrada según se indica en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2 Clasificación de obras de manejo de quebradas

Tipo de Quebrada	Caudales	Tipo de Obra de Mejoramiento	Características
Sin Cauce Definido	300-700 l/s	Compuerta de descarga	Ubicada 100 metros aguas abajo de la intersección con la quebrada
	Mayores a 700 /s	Compuerta de descarga y vertedero lateral aguas abajo de la compuerta	Vertedero como obra de seguridad, complementaria a las compuertas
	Mayores a 2000 l/s	Canal abovedado	Obra de hormigón abovedada a lo largo del canal
Con Cauce Definido	Mayores a 300 l/s	Losas de hormigón o Canal Abovedado	Quebrada cruza por sobre el canal

Se calcularon los parámetros de escurrimiento hidráulico en las que se requiere de obra de cruce, para lo cual se asoció la geometría del cauce a una sección del tipo triangular, manteniendo la pendiente longitudinal y con un talud medio obtenido de la inclinación de las laderas de la quebrada. Dicha simplificación geométrica se muestra en la Figura 3-1.

Figura 3-1 Adaptación de la quebrada a sección triangular



4 DISEÑO DE LAS OBRAS

4.1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS QUEBRADAS LATERALES

A partir de los criterios definidos en el capítulo anterior, se determinó que de la 64 quebradas aportantes al canal Buzeta, 20 requieren de una obra para el manejo de la crecida. Las obras propuestas en cada una de esas quebradas se presentan en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1 Quebradas Laterales Con Requerimiento de Obra de Manejo de Crecida

Código Quebrada	Ubicación (km)	Área (km2)	T=2 años Q (m^3/s)	Tipo de obra propuesta
MC Q01	4,768	0,8	0,559	Losa
MC Q02	5,170	0,8	0,685	Compuerta
MC Q03	5,647	0,5	0,446	Losa
MC Q06	14,739	4,2	2,494	Cajón
MC Q15	29,843	1,4	1,160	Compuerta + Vertedero
MC Q20	35,154	0,6	0,464	Losa
MC Q28	42,675	0,6	0,440	Compuerta
MC Q29	43,206	1,0	0,706	Losa
MC Q30	44,041	2,6	1,427	Vertedero
MC Q35	48,361	0,7	0,512	Compuerta
MC Q36	48,555	0,5	0,367	Losa
MC Q40	55,218	1,6	1,028	Losa
MC Q46	70,485	3,7	2,368	Cajón
MC Q52	75,933	0,5	0,454	Losa
MC Q55	79,032	1,3	0,938	Losa
MC Q56	79,878	0,6	0,542	Losa
MC Q57	80,448	9,4	5,666	Cajón
MC Q61	87,134	0,9	0,616	Compuerta
MC Q62	88,020	0,9	0,636	Losa
MC Q64	91,810	0,5	0,319	Losa

En el caso de la quebrada MC Q57, el caudal de diseño de diseño de la obra es muy elevado, por lo que se requiere proteger el canal en un tramo de mayor longitud, en virtud de lo cual se decidió considerar el encajonamiento del canal.

4.2 COMPUERTAS DE DESCARGA

Se consideraron compuertas estándar de 1,2 m de alto y 1,3 m de ancho, construidas en acero y con volante para todas las quebradas con este tipo de obra. En total se requiere implementar 5 compuertas que descargan por la ribera derecha del canal. La ubicación y el caudal asociado a las quebradas para las compuertas a implementar se muestran en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2 Ubicación compuertas de descarga y caudal asociado a cada quebrada

Código Quebrada	Ubicación (Km)	Caudal para T=2 años (m3/s)
MC Q02	5,270	0,685
MC Q15	29,943	1,160
MC Q28	42,775	0,440
MC Q35	48,461	0,512
MC Q61	87,234	0,616

4.2.1 Condición de flujo en el canal

A partir del estudio realizado para los caudales de diseño del canal Buzeta "Análisis Hidráulico Buzeta", se obtuvieron los valores de escurrimiento en las proximidades de la ubicación de las compuertas y que se presentan en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3 Condición de escurrimiento en el canal

Ubicación (km)	Caudal Canal(1) (m^3/s)	Altura de Agua (m)	N° Froude	Profundidad del Canal (m)
5,270	3,000	0,9	0,50	1,6
29,943	2,612	0,9	0,58	1,8
42,775	2,164	0,7	0,34	0,8
48,461	2,164	0,6	0,15	0,6
87,234	1,340	0,9	0,41	1,1

(1) Los caudales del canal corresponden a los caudales por sector de riego considerando los caudales de derecho

4.2.2 Curva de Descarga

Se determinó el caudal evacuado por las compuertas mediante la siguiente relación (Ref 2):

$$Q_s = C_Q \cdot b_s \cdot a \cdot \sqrt{2gh_1}$$

Dónde:

Q_s : Caudal de entrega (m^3/s)
C_Q : Coeficiente de gasto
a : Apertura de la compuerta (m)
b_s : Ancho de la compuerta (m)

g : Aceleración de gravedad, igual 9,81 (m/s)
h_1 : Altura de las aguas en el canal matriz después de la sección de la compuerta (m)

La estimación del coeficiente de gasto dependerá del número de Froude del canal:

$$C_Q = \alpha(F_1) \cdot \beta(F_1) \cdot C_Q(0{,}1{,}0)$$

Dónde:

F_1 : Número de Froude del canal
α, β : Coeficientes experimentales, dependientes del número de Froude
$C_Q(0,1,0)$: Coeficiente de gasto para $F_1 = 0, \frac{b_s}{a} = 1\ y \frac{b_s}{b} = 0$.

Los valores experimentales α, β y $C_Q(0,1,0)$ se estiman con la Tabla 4-4.

Tabla 4-4 Estimación de valores experimentales

F_1	α
0	1
0,1	0,998
0,2	0,993
0,3	0,983
0,4	0,967
0,5	0,943
0,6	0,907
0,7	0,84
0,8	-
0,9	-

h_1/a	$C_Q(0,1,0)$
1,5	0,43
2	0,502
2,5	0,532
3	0,55
3,5	0,562
4	0,572
4,5	0,58
5	0,585
5,5	0,589
6	0,593
6,5	0,596
7	0,598
7,5	0,6
8	0,602
9	0,604
10	0,606

b_s/a	β
0	1,007
0,5	1,006
1	0,999
1,5	0,989
2	0,983
2,5	0,98
3	0,98
>3	0,98

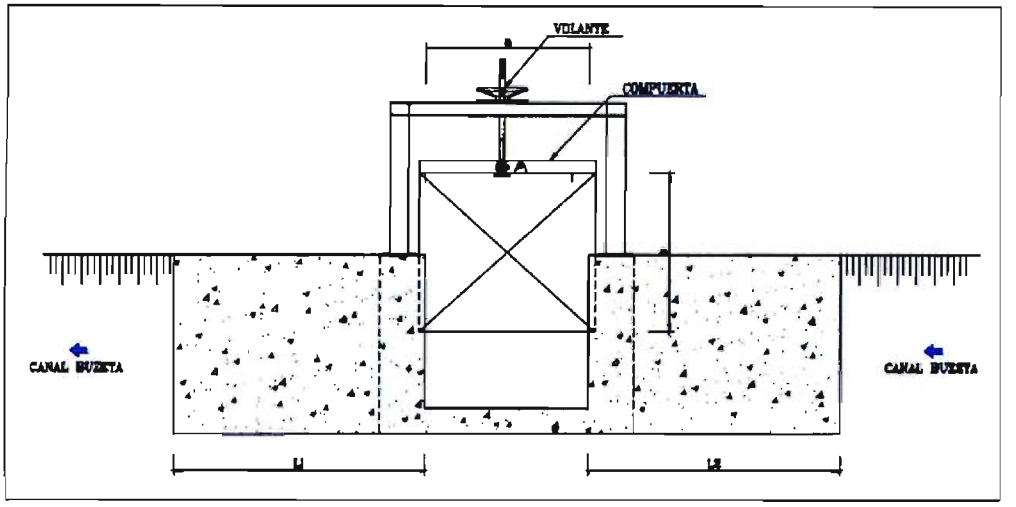
Fuente: Ref 2

A partir de las ecuaciones presentadas se podrá estimar en terreno la curva de descarga para cada una de las compuertas a implementar.

Cabe destacar que la capacidad de descarga de las compuertas abiertas en un 80% corresponde a un caudal aproximado de 1,6 m^3/s, por lo que se verifica que su capacidad es suficiente para evacuar el caudal aportante de cada una de las quebradas analizadas.

A continuación se presenta un esquema de la compuerta tipo a utilizar.

Figura 4-1. Compuerta de descarga tipo.



4.2.3 Cubicación

A continuación se presenta la cubicación respectiva.

Tabla 4-5 Cubicación Compuerta

Km	Hormigón (m3)	Compuerta (alto x ancho)
5,270	1,9	1,2x1,3
29,943	1,9	1,2x1,3
42,775	1,9	1,2x1,3
48,461	1,9	1,2x1,3
87,234	1,9	1,2x1,3
Total	9,5	5 unidades

4.3 VERTEDEROS

Se requiere implementar 2 vertederos de descarga lateral como obras de seguridad para *quebradas que cuentan* con compuertas de descarga, pero que aportan caudales sobre 1000 l/s al canal. La ubicación y el caudal asociado a las quebradas de los vertederos a implementar se muestran en la Tabla 4-6.

Tabla 4-6 Ubicación vertederos laterales

Código Quebrada	Ubicación (km)	Caudal para T=2 años (m3/s)
MC Q15	29,943	1,160
MC Q30	44,254	1,427

Para la quebrada MC Q15 la compuerta de descarga fue diseñada en el acápite 4.2 del presente informe y para la quebrada MC Q30 el vertedero se implementará inmediatamente aguas abajo de una compuerta de descarga existente.

4.3.1 Condición de flujo en el canal

A partir del estudio realizado para los caudales de diseño del canal Buzeta "Análisis Hidráulico Buzeta", se obtuvieron los valores de escurrimiento en las proximidades de la ubicación de los vertederos y que se presentan en la Tabla 4-7.

Tabla 4-7 Condición de flujo en el canal

Ubicación (km)	Caudal Canal (1) (m^3/s)	Altura de Agua (m)	N° Froude	Profundidad del Canal (m)
29,943	2,612	0,9	0,5	1,6
44,254	2,164	0,7	0,4	0,8

(1) Los caudales del canal corresponden a los caudales por sector de riego considerando los caudales de derecho

Según la Tabla anterior, se tiene que para la condición de escurrimiento con los caudales de diseño las alturas de agua no superan 1 metro y las profundidades del canal varían según la ubicación.

4.3.2 Curva de Descarga

Se utilizó la siguiente ecuación obtenida de la Ref 2 para el diseño de la descarga del vertedero:

$$Q_v = C_Q \times L_v \times \sqrt{2g} \times h_v^{3/2}$$

Dónde:

Qv : Caudal evacuado, en m^3/s
Cq : Coeficiente de gasto
Lv : Largo del vertedero, en metros
g : Aceleración de gravedad = 9,81 m/s^2
hv : Altura de agua sobre el vertedero en la parte final de éste, en metros.

El coeficiente de gasto para vertederos de pared intermedia y gruesa con arista de entrada redondeada corresponde a (Ref 2):

$$C_Q = 0{,}324 + \frac{0{,}000387}{h_v^2 * \sqrt{L_v}}$$

Se estudiaron diferentes longitudes para los vertederos en función del caudal necesario a evacuar y se determinó que el largo óptimo para estos es de 3 metros. A continuación, en la Tabla 4-8 se presenta la curva de descarga para los vertederos en estudio.

Tabla 4-8 Curva de descarga vertederos laterales

hv (m)	Coef. De Gasto (Cq)	Caudal (m^3/s)
0,10	0,35	0,15
0,15	0,33	0,26
0,20	0,33	0,39
0,25	0,33	0,54
0,30	0,33	0,71
0,35	0,33	0,90
0,40	0,33	1,09
0,45	0,33	1,30
0,50	0,32	1,53
0,55	0,32	1,76
0,60	0,32	2,00

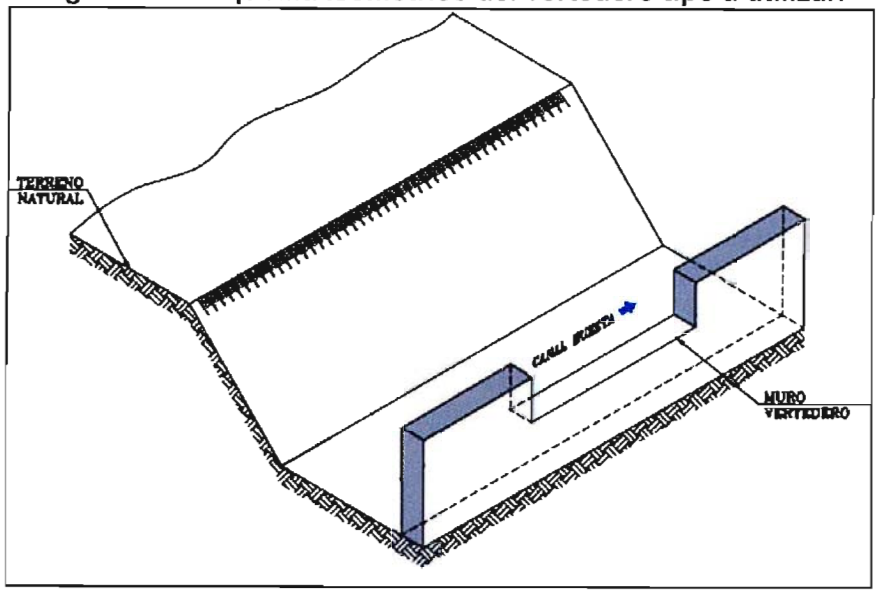
Los vertederos serán construidos en hormigón. La cota del vertedero en el Km 29,9 se encontrará a 1 m desde el fondo del canal, dejando 10 cm de revancha para el caudal de diseño antes de que comience a verter. La cota del vertedero en el Km 44,2 será de 0,8 m medidos desde el fondo utilizando el mismo criterio anterior. Los muros laterales aguas abajo y aguas arriba de ambos vertederos tendrán 0,7 metros desde la cota de vertido.

Con dichas dimensiones el caudal máximo de entrega es de 2 m^3/s, cumpliendo con la evacuación de los caudales aportantes de las quebradas laterales (Tabla 4-6) y dejando 10 cm de revancha entre la cota de agua y la altura de los muros laterales.

En la

Figura 4-2 se presenta un esquema del vertedero a utilizar.

Figura 4-2. Esquema isométrico del vertedero tipo a utilizar.



4.3.3 Cubicación

A continuación se presenta la cubicación respectiva.

Tabla 4-9 Cubicación Vertedero

Km	Hormigón (m3)	Mampostería de Piedra (m2)
29,943	3,92	10,8
44,254	2,80	10,8
Total	6,72	21,6

4.4 CRUCE DE QUEBRADAS

4.4.1 LOSAS DE HORMIGÓN

Se consideraron 11 cruces con losas por sobre el canal. El diseño de las losas se realizó para un caudal asociado a una lluvia de periodo de retorno de 100 años y verificación 150 años. La Tabla 4-10 lista las quebradas con la solución de losas de hormigón, en conjunto a su ubicación y caudales de diseño y verificación.

Tabla 4-10 Losas de hormigón para Cruce de Quebrada

Código Quebrada	Ubicación (Km)	Caudal Quebrada (m^3/s)	
		T=100 años	T=150 años
MC Q01	4,768	4,1	4,6
MC Q03	5,647	3,2	3,7
MC Q20	35,154	3,4	3,8
MC Q29	43,206	5,1	5,9
MC Q36	48,555	2,7	3,0

MC Q40	55,218	7,4	8,4
MC Q52	75,933	3,3	3,8
MC Q55	79,032	6,8	7,8
MC Q56	79,878	3,9	4,5
MC Q62	88,020	4,6	5,3
MC Q64	91,810	2,3	2,6

4.4.2 Diseño de la losa

Adoptando la sección de tipo triangular a la quebrada, se calculó al ancho superficial de la altura normal mediante la fórmula de Manning. Aplicando esta fórmula a las 11 quebradas se obtuvieron los parámetros de escurrimiento que se presentan en la Tabla 4-11.

Tabla 4-11 Características de escurrimiento sobre las quebradas

Código Quebrada	Ubicación (Km)	$Q_{T=100\ años}$ (m^3/s)	Pendiente Quebrada (%)	Talud medio (H:V)	Flujo en Quebrada			
					Altura Normal (m)	Ancho Superficial (m)	Velocidad (m/s)	Energía (m)
MC Q01	4,768	4,1	21%	8,6	0,36	6,20	3,64	1,04
MC Q03	5,647	3,2	17%	11,5	0,31	7,11	2,96	0,76
MC Q20	35,154	3,4	29%	17,6	0,24	8,51	3,29	0,79
MC Q29	43,206	5,1	16%	12,8	0,36	9,13	3,16	0,87
MC Q36	48,555	2,7	14%	15,0	0,27	8,08	2,45	0,58
MC Q40	55,218	7,4	10%	16,67	0,40	13,50	2,72	0,78
MC Q52	75,933	3,3	41%	5,8	0,36	3,61	5,05	1,55
MC Q55	79,032	6,8	19%	7,5	0,47	7,05	4,12	1,34
MC Q56	79,878	3,9	29%	9,6	0,32	6,18	3,97	1,13
MC Q62	88,020	4,6	13%	9,0	0,41	7,33	3,11	0,90
MC Q64	91,810	2,3	8%	30,0	0,22	13,12	1,62	0,35

A partir de los valores de la Tabla 4-11 se calculó el ancho ideal para la losa, para lo cual se estimaron las características del flujo sobre la losa. La altura de escurrimiento en la losa se determinó por igualación de energía del flujo en la sección de la quebrada, y la sección de la losa, el cual mediante un proceso iterativo se determinó el ancho ideal para la losa. La ecuación de energía del flujo se estima como (Ref 2):

$$E = h + \frac{v^2}{2g}; E_{quebrada} = E_{losa} + \Lambda$$

Donde:

E : Energía específica (m).
h : Altura escurrimiento (m).
v : Velocidad media del flujo (m/s).
Λ : Pérdidas singulares en transición (m).
g : Aceleración de gravedad (m/s^2).

Los muros de ala de entrada y salida consideran un ángulo de transición de 13,75° y 11,25° respectivamente, según recomendaciones de para transiciones de flujo en Ref 2. La Tabla 4-12 consigna los parámetros de escurrimiento hidráulico en las losas.

Tabla 4-12 Características escurrimiento sobre las losas

Código Quebrada	Km obra	Pérdida entrada a obra (m)	Flujo en Obra de Cruce			
			Energía (m)	Ancho basal (m)	Altura de flujo (m)	Velocidad (m/s)
MC Q01	4,768	0,04	1,00	5	0,21	3,94
MC Q03	5,647	0,02	0,73	5	0,20	3,24
MC Q20	35,154	0,01	0,78	5	0,20	3,38
MC Q29	43,206	0,01	0,86	5	0,32	3,26
MC Q36	48,555	0,02	0,56	5	0,20	2,67
MC Q40	55,218	0,04	0,74	10	0,23	3,15
MC Q52	75,933	0,03	1,53	5	0,13	5,24
MC Q55	79,032	0,04	1,30	5	0,31	4,40
MC Q56	79,878	0,03	1,09	5	0,19	4,21
MC Q62	88,020	0,03	0,87	5	0,27	3,41
MC Q64	91,810	0,02	0,33	10	0,11	2,05

Como se observa en los resultados, se adoptó una sección rectangular y ancho uniforme de 5 y 10 metros para las losas, verificando que la altura de muro posea una revancha mínima asociada a un escurrimiento supercrítico (Ref 2):

$$R_{min} = 0{,}60 + 0{,}037 \cdot v \cdot h^{1/3}$$

Donde:

R_{min} : Revancha mínima (m).
v : Velocidad media del flujo en la losa (m/s).
h : Altura de escurrimiento en la losa (m).

Para la longitud de atravieso de la losa se considera el ancho de la sección del canal que pasa por la quebrada, lo cual se suma una longitud de apoyo de 1 m, tanto aguas arriba como aguas abajo del canal.

La Tabla 4-13 da cuenta de la geometría final de cada una de las losas de cruce de quebrada, considerando los criterios anteriormente mencionados.

Tabla 4-13 Dimensiones geométricas de las losas

Código Quebrada	Km Losa	Longitud losa	Ancho basal	Altura muro	Ancho Entrada	Ancho Salida	Longitud transición entrada	Longitud transición salida	Longitud total salida*
		(m)							
MC Q01	4,8	5,4	5,0	1,1	7,0	7,0	4,1	5,0	6,0
MC Q03	5,6	5,4	5,0	0,9	8,0	8,0	6,1	7,5	9,0
MC Q20	35,2	4,6	5,0	1,1	9,0	9,0	8,2	10,1	12,1
MC Q29	43,2	4,6	5,0	1,2	10,0	10,0	10,2	12,6	15,1
MC Q36	48,6	7,5	5,0	0,9	9,0	9,0	8,2	10,1	12,1
MC Q40	55,2	4,8	10,0	1,0	14,0	14,0	8,2	10,1	12,1
MC Q52	75,9	5,1	5,0	0,9	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0
MC Q55	79,0	4,3	5,0	1,1	8,0	8,0	6,1	7,5	9,0
MC Q56	79,9	14	5,0	1,1	7,0	7,0	4,1	5,0	6,0
MC Q62	88,0	4,8	5,0	1,0	8,0	8,0	6,1	7,5	9,0
MC Q64	91,8	5	10,0	1,2	14,0	14,0	8,2	10,1	12,1

*: La longitud total de salida es mayor dado que se consideró obras de protección con una longitud mayor.

4.4.3 Verificación del diseño

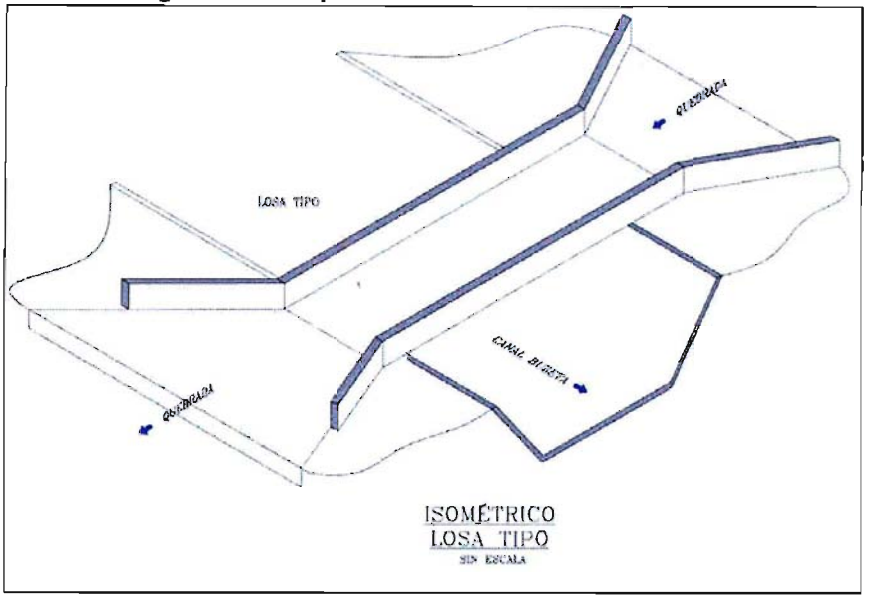
Se utilizó el caudal con período de retorno de 150 años, a modo de verificar que la altura de los muros del atravieso logren contenerla. La Tabla 4-14 da cuenta de los resultados, donde se logra ver que la altura de muro adoptada logra contener de forma efectiva el flujo de escurrimiento supercrítico, dado la alta pendiente de la quebrada.

Tabla 4-14 Características flujo en quebrada crecida con T = 150 años.

Código Quebrada	Caudal Quebrada (m3/s)	Energía (m)	Altura de flujo (m)	Velocidad (m/s)	Altura muro adoptada (m)	Revancha (m)	Revancha Mínima (m)
MC Q01	4,6	1,06	0,23	4,04	1,10	0,87	0,69
MC Q03	3,7	0,78	0,22	3,29	0,90	0,68	0,67
MC Q20	3,8	0,83	0,22	3,45	1,10	0,88	0,68
MC Q29	5,9	0,92	0,35	3,32	1,20	0,85	0,69
MC Q36	3,0	0,59	0,23	2,68	0,90	0,67	0,66
MC Q40	8,4	0,79	0,26	3,20	1,00	0,74	0,68
MC Q52	3,8	1,61	0,14	5,37	0,90	0,76	0,70
MC Q55	7,8	1,39	0,34	4,52	1,10	0,76	0,72
MC Q56	4,5	1,17	0,21	4,33	1,10	0,89	0,69
MC Q62	5,3	0,92	0,30	3,49	1,00	0,70	0,69
MC Q64	2,6	0,34	0,30	0,88	1,20	0,90	0,62

A modo de proteger la integridad física de la losa, se ha proyectado tanto aguas arriba como aguas abajo del apoyo de la losa, un revestimiento en mampostería de piedra. Aguas abajo se le dio un largo adicional a modo de proteger las mismas alas. La Figura 4-3 muestra la losa tipo para el atravieso de quebrada, donde se observa la mampostería de piedra proyectada en las alas de transición de entrada y salida de la obra.

Figura 4-3 Esquema de cruce mediante losas



4.4.4 CANAL ABOVEDADO

Los cajones se consideraron en las quebradas de mayor caudal aportante, que no tienen un cauce definido y para el cual se independiza el canal de forma subterránea (abovedado) respecto del curso de la quebrada.

Se consideraron 3 cruces de quebradas mediante cajón, los que se ubican según se muestra en la Tabla 4-15.

Tabla 4-15 Ubicación de cajones en el canal

Código Quebrada	Cajón N°	Km Cajón	Q Diseño (m^3/s)	Largo (m)	Ancho canal Aguas Arriba (m)	Ancho canal Aguas Abajo (m)	Altura media flujo (m)
MC Q06	1	14,7	3,0	90,0	4,05	2,60	0,79
MC Q46	2	70,5	3,0	60,0	2,19	2,35	1,00
MC Q57	3	80,4	3,0	30,0	2,11	2,10	1,04

La longitud de los cajones fue determinado en base al ancho estimado del escurrimiento de las quebradas en estudio y según información de topografía en terreno.

Se utilizó el diseño tipo de la lámina 4.103.001 del Manual de Carreteras Vol. 4 para cajones simples con muros rectos, y se verificó la capacidad hidráulica la cual se presenta en la Tabla 4-16.

Tabla 4-16 Verificación capacidad hidráulica cajón

Caudal	Ancho cajón	Alto cajón	Pendiente	Altura máxima entrada
(m^3/s)	(m)	(m)	(%)	(m)
3,0	2,0	1,5	0,20	1,03
3,0	2,0	1,5	0,21	1,04
3,0	2,0	1,5	0,07	1,03

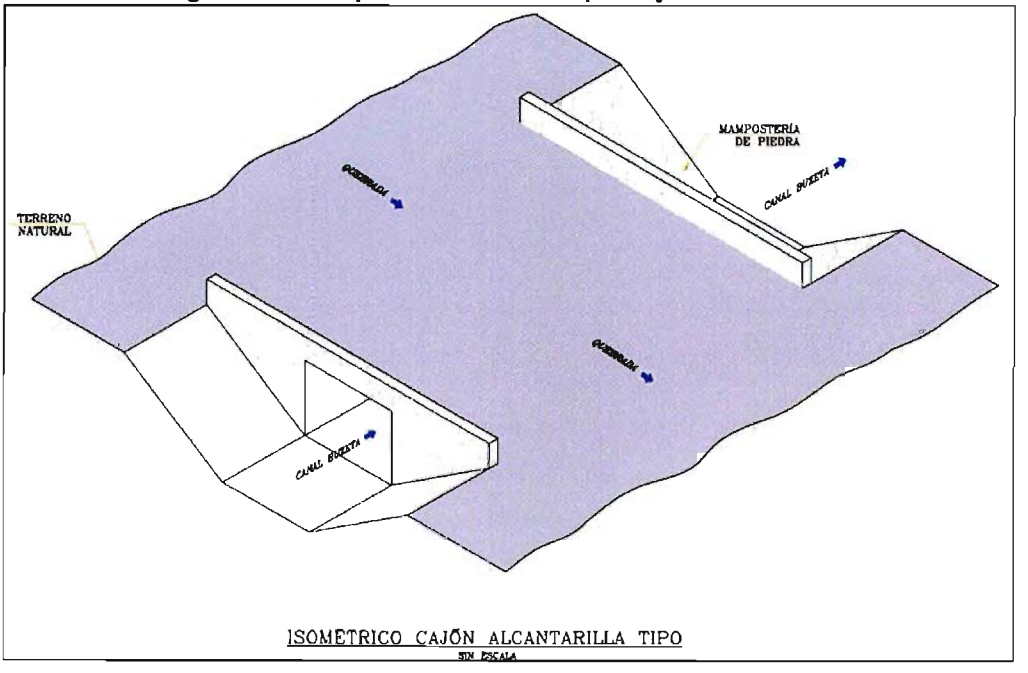
A partir del resultado de la carga en la entrada del cajón, se observa que para las dimensiones adoptadas no existe un peralte del canal hacia aguas arriba y que las obras se encontrarían funcionando en escurrimiento libre. En la Tabla 4-17 se presentan los resultados del dimensionamiento de los cajones para el canal.

Tabla 4-17 Dimensiones de la sección de las cajones

Código Quebrada	Km Cajón	Ancho cajón	Alto cajón	Longitud	Ancho Muro entrada	Ancho Muro salida	Mampostería entrada	Mampostería salida
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
MC Q06	14,7	2	1,5	90	4,90	3,50	2,3	2,3
MC Q46	70,5	2	1,5	60	5,80	4,50	2,3	2,3
MC Q57	80,4	2	1,5	30	3,90	4,00	2,3	2,3

En la Figura 4-4 se presenta un esquema para los cruces tipo cajón.

Figura 4-4. Esquema de cruce tipo cajón abovedado.



4.4.5 Cubicaciones

El listado de partidas necesarias para las obras de cruce de quebradas del canal Buzeta se indica en la Tabla 4-18.

Tabla 4-18 Cubicaciones obras de cruce canal Buzeta

Item	Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final
CRUCE DE QUEBRADAS				
Losas en hormigón				
Excavación Abierta Mat. Común	m^3	539	1,1	593
Mampostería de piedra	M^2	1468	1,2	352
Hormigón H-25	m^3	375	1,0	375
Hormigón H-5	m^3	4	1,0	4
Armadura (50 kg/m^3)	kg	18908	1,0	18.908
Cajón atravieso Quebradas MC Q06, MC Q46 y MC Q57				
Excavación Abierta Mat. Común	m3	184	1,1	202
Relleno compactado	m3	635	1,1	699
Mampostería de piedra	M2	103	1,1	23
Hormigón H-25	m^3	14	1,0	14
Hormigón H-5	m^3	22	1,0	22
Armadura (50 kg/m^3)	kg	697	1,0	697
Cajón prefabricado	unidad	90	1	90

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

N° 4184-3000-IH-MEC-006_1

ANEXO 14.1.5 - MEMORIA DE CÁLCULO CAPACIDAD HIDRÁULICA CANAL BUZETA

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
B	Nombre Firma	P. Muñoz	P. Zúñiga	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	10.11.14	10.11.14	10.11.14	
0	Nombre Firma	D. Arce	P. Zúñiga	D. Gonzalez	Aprobado Cliente
	Fecha	04.05.15	04.05.15	04.04.15	
1	Nombre Firma	F. De la Fuente	P. Zúñiga	D. González	Aprobado Cliente
	Fecha	15.07.15	15.07.15	15.07.15	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia. Santiago
Teléfono: +56 022 381 6000
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

ANEXO 14.1.5 - MEMORIA DE CÁLCULO CAPACIDAD HIDRÁULICA CANAL BUZETA

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4
1.1 OBJETIVOS 4
1.2 REFERENCIAS 4
2 DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD HIDRÁULICA 6
3 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE DESBORDE EN OPERACIÓN NORMAL 7
4 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE DESBORDE EN CONDICIÓN DE CRECIDAS ... 18
5 DISEÑO DE OBRAS 21
6 CUBICACIONES 24
7 MANEJO DE VEGETACIÓN ACUÁTICA 25
7.1 FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LAS PLANTAS ACUÁTICAS Y ALGAS 25
7.2 TÉCNICAS GENERALMENTE EMPLEADAS EN EL CONTROL Y PREVENCIÓN DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS Y ALGAS 26

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1: Caudal de porteo en el canal, considerando los caudales de derecho por sector de riego 7
Tabla 3-2 Identificación de puntos de desborde en operación normal 8
Tabla 4-1 Caudales afluentes canal Buzeta 18
Tabla 5-1 Sectores propuestos para peralte de riberas 23
Tabla 6-1: Cubicación de obras 24
Tabla 7-1: Factores que afectan el crecimiento de las plantas 26
Tabla 7-2: Técnicas en el control y prevención de plantas acuáticas y algas 27

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2-1 Capacidad de porteo y Puntos de desborde canal Buzeta 6
Figura 3-1 Identificación de puntos de desborde en operación normal 7
Figura 3-2: Sector de desborde N°1. Km 32,95 (Perfil HECRAS 59320.37) 9
Figura 3-3: Sector de desborde N°2. Km 39,64 (Perfil HECRAS 52631.97) 10
Figura 3-4: Sector de desborde N°3. Km 48,70 (Perfil HECRAS 43574.61) 11
Figura 3-5: Sector de desborde N°4 Km 50,89 (Perfil HECRAS 41387.44) 12
Figura 3-6: Sector de desborde N°5 Km 72,35 (Perfil HECRAS 19927.85) 12
Figura 3-7: Sector de desborde N°6 Km 73,40 (Perfil HECRAS 18867.35) 13
Figura 3-8: Sector de desborde N°6 Km 74,20 (Perfil HECRAS 18068.27) 13
Figura 3-9: Sector de desborde N°7 Km 75,10 (Perfil HECRAS 17174.96) 14
Figura 4-1: Caudal acumulado en el canal bajo el escenario de lluvia de T=2 años. Canal Buzeta 20
Figura 4-2 Caudal acumulado en el canal bajo el escenario de lluvia de T=2 años con obras de mejora propuestas para manejo de quebradas, Canal Buzeta 21
Figura 5-1: Esquema del peralte proyectado en el canal Buzeta 22

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 7-1: Vegetación acuática en el canal Buzeta 25

1 INTRODUCCIÓN

La presente memoria de cálculo presenta los antecedentes, metodología y resultados obtenidos en la determinación de la capacidad hidráulica y la identificación de los puntos de desborde del canal Buzeta, considerando su operación normal y su comportamiento ante eventos de crecida.

Adicionalmente se proponen mejoras con el fin de evitar los desbordes en condición de operación normal y se identifican, si es que existen, los sectores en los que se pudiesen requerir obras de manejo de crecidas.

1.1 OBJETIVOS

Los objetivos generales de esta memoria corresponden a:

- Identificar las secciones críticas en cuanto a capacidad del canal en su condición de operación normal y ante un escenario de crecidas, con la finalidad de identificar los sectores donde se producen rebases.
- Establecer los criterios y desarrollar el diseño para las soluciones a adoptar en los sectores donde existen desbordes del canal.
- Entregar recomendaciones para evitar la proliferación excesiva de algas al interior del canal.

1.2 REFERENCIAS

Ref 1 Chow, V. (1959). *Hydraulics of Open Channels*. McGraw-Hill.

Ref 2 Hidráulica aplicada al diseño de obras, partes I, II y II. 2007. Horacio Mery.

Ref 3 US Army Corps of Engineers, hydrologic Engineering Center (2014). Sitio web http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/

Ref 4 Armellina, A. A., Bezic, C. R. & Gajardo, O. A. 1996. Propagation and Mechanical Control of *Potamogeton illinoensis* Morong in Irrigation Canals in Argentina. J. Aquat. Plant Manage. 34: 12-16.

Ref 5 Armellina, A. A., Bezic, C. R. & Gajardo, O. A. 1999. Submerged macrophyte control with herbivorous fish in irrigation channels of semiarid Argentina. Hydrobiologia 415 (0) 265-269.

Ref 6 Environmental Protection Agency. 2013. Magnacide™ H Herbicide. Application and Safety Manual. EPA Registration Number 10707-9. 34 pp.

Ref 7 Johnstone, I. M. 1986. Macrophyte management: An integrated perspective. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research Vol. 20 : 599-614.

Ref 8 Montagna, C., Pechen de D'Angelo, A. M. and Venturino, A. 2011. Toxicology of the Herbicide Acrolein: Risk Assessment in Aquatic Environments, Herbicides and Environment, Dr Andreas Kortekamp (Ed.), ISBN: 978-953-307-476-4, InTech, Available from: http://www.intechopen.com/books/herbicides-and-environment/toxicology-of-the-herbicide-acrolein-risk-assessment-in-aquatic-environments.

Ref 9 Sabbatini, M.R., Murphy, K.J. & Irigoyen, J.H. 1998. Vegetation–environment relationships in irrigation channel systems of southern Argentina. Aquatic Botany 60: 119-133.

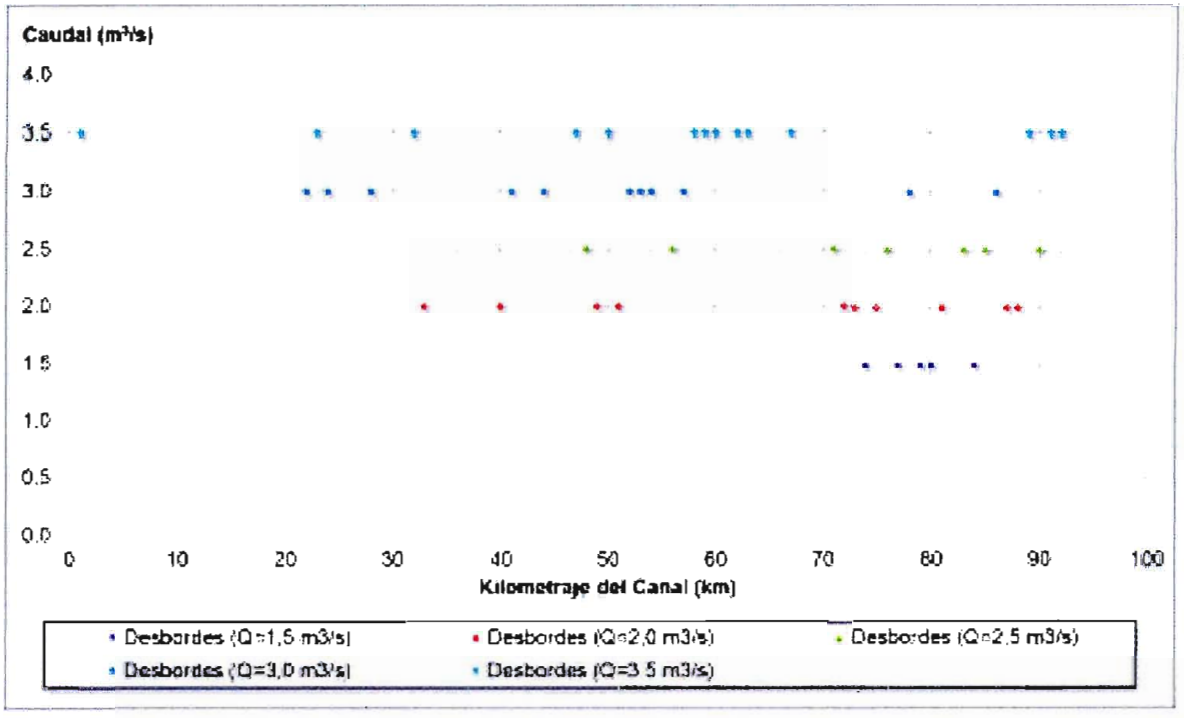
Ref 10 Sytsma, M. D. & Parker, M. 1999. Aquatic Vegetation in Irrigation Canals. A Guide to Integrated Management. Oregon Department of Agriculture and U.S. Environmental Protection Agency. 57 pp.

2 DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD HIDRÁULICA

Los análisis de capacidad hidráulica se basan en los resultados de la modelación del eje hidráulico mediante el software HEC-RAS versión 4.1, que forma parte de este proyecto. La información relativa a la topografía, rugosidades para cada subsección, pendiente longitudinal se encuentra en detalle en la Memoria de Cálculo 4184-3000-IH-MEC-002.

Se modeló el eje hidráulico del canal considerando que éste portea caudales de 1,5 m^3/s, 2,0 m^3/s, 2,5 m^3/s, 3,0 m^3/s y 3,5 m^3/s. En cada caso se identificaron las secciones en que el canal no tiene la capacidad suficiente para conducir el caudal modelado, generando, en consecuencia, los puntos de desborde que se muestran en la Figura 2-1.

Figura 2-1 Capacidad de porteo y Puntos de desborde canal Buzeta



3 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE DESBORDE EN OPERACIÓN NORMAL

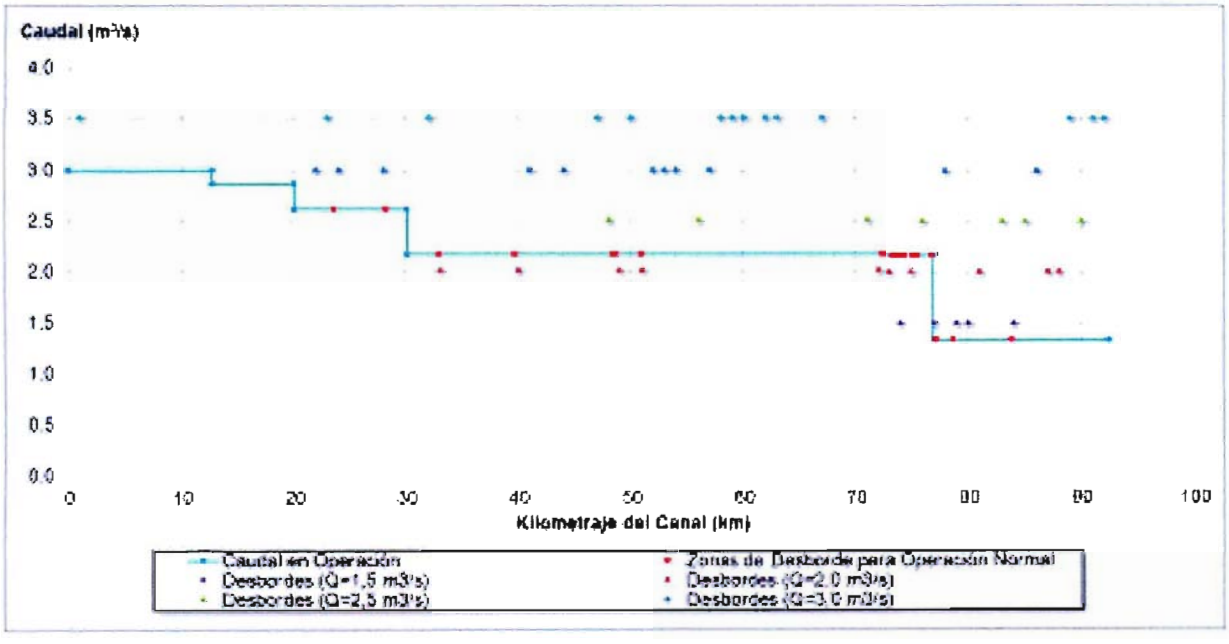
Para definir la operación normal del canal Buzeta, se consideró que las entregas de caudal se realizan en 5 puntos del canal, dividiéndose el caudal porteado por cada uno de los sectores de riego, tal como lo muestra la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Caudal de porteo en el canal, considerando los caudales de derecho por sector de riego

Sector de riego canal Buzeta	Km inicial	Km final	Caudal porteado (l/s)
El Tambo	0,0	12,7	3.000
Colliguay	12,7	20,0	2.865
Tahuinco	20,0	30,1	2.612
Limahuida	30,1	77,0	2.164
Cañas II	77,0	92,4	1.341
Cañas I			

En la Figura 3-1 se presenta el caudal de operación normal del canal y los puntos de desborde identificados en el numeral anterior, obteniéndose que existen 18 zonas donde el caudal de operación supera la capacidad del canal, generándose desbordes (puntos de color rojo localizados en la línea de color celeste en la Figura 3-1).

Figura 3-1 Identificación de puntos de desborde en operación normal



El kilometraje de las zonas de desborde se especifican en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2 Identificación de puntos de desborde en operación normal

Zona de desborde	Km	Caudal (m3/s)	Perfil HECRAS
1	23,60	2,612	68675,32
2	28,21	2,612	64065,75
3	32,95	2,164	59320,37
4	39,64	2,164	52631,97
5	48,34	2,164	43932,49
6	48,70	2,164	43574,61
7	50,89	2,164	41387,44
8	72,32	2,164	19948,42
	72,35	2,164	19927,85
9	73,30	2,164	18975,37
	73,41	2,164	18867,35
	73,45	2,164	18818,53
	73,50	2,164	18769,23
	73,56	2,164	18714,92
	73,58	2,164	18693,65
	73,60	2,164	18674,69
	73,75	2,164	18522,72
	73,77	2,164	18500,65
	73,90	2,164	18375,26
10	74,11	2,164	18162,46
	74,20	2,164	18068,27
11	74,45	2,164	17827,31
12	75,10	2,164	17174,96
13	75,48	2,164	16794,27
14	76,86	2,164	15416,32
15	77,10	1,341	15174,5
16	77,20	1,341	15072,04
17	78,69	1,341	13586,04
18	83,81	1,341	8459,69

Los perfiles que presentan desborde en la modelación realizada se presentan entre la Figura 3-2 y la Figura 3-19.

Figura 3-2: Sector de desborde N°1. Km 23,6 (Perfil HECRAS 68675,32)

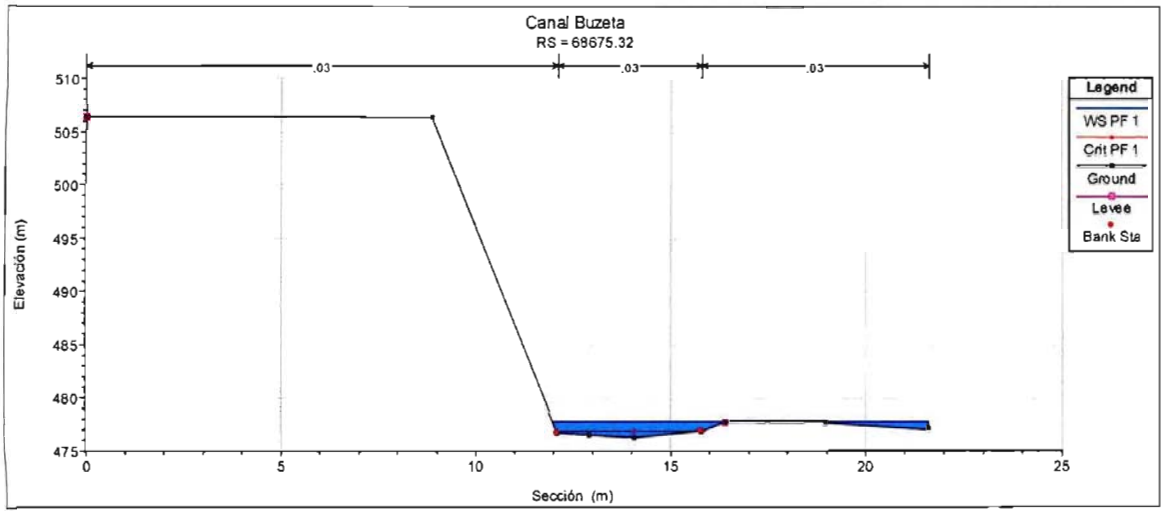


Figura 3-3: Sector de desborde N°2. Km 28,21 (Perfil HECRAS 64065,75)

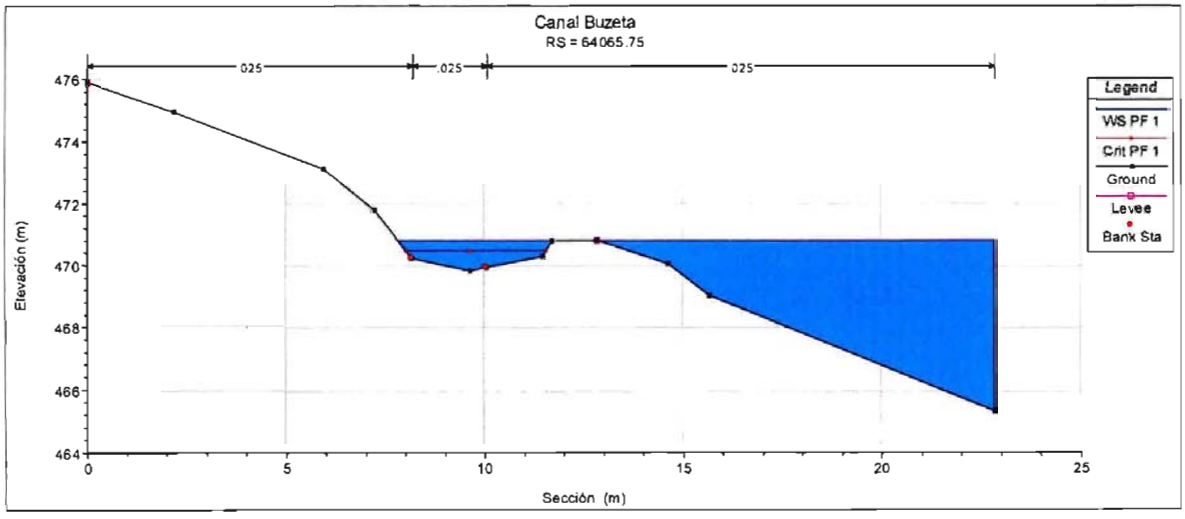


Figura 3-4: Sector de desborde N°3. Km 32,95 (Perfil HECRAS 59320,37)

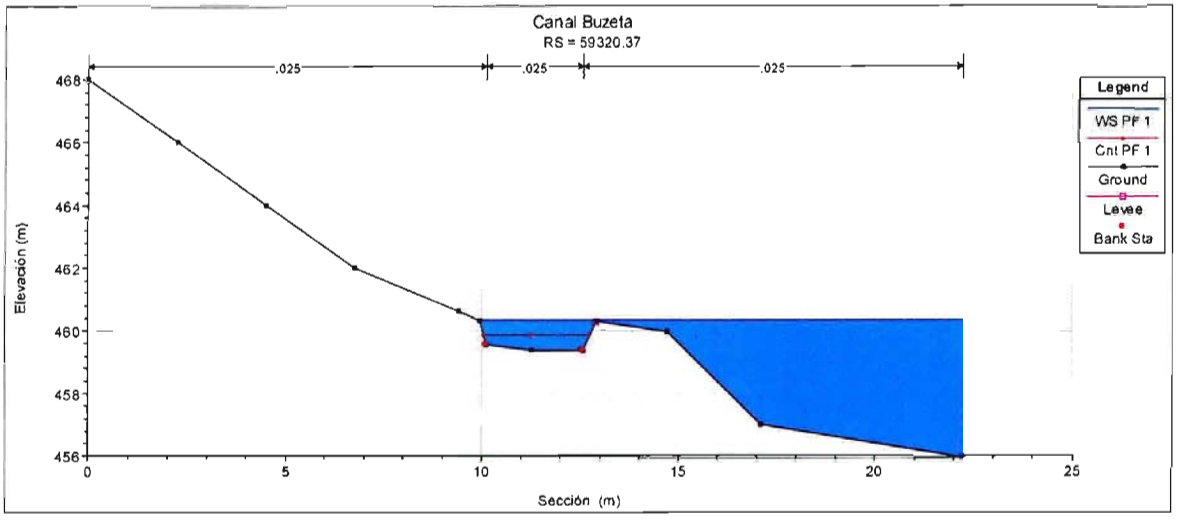


Figura 3-5: Sector de desborde N°4. Km 39,64 (Perfil HECRAS 52631.97)

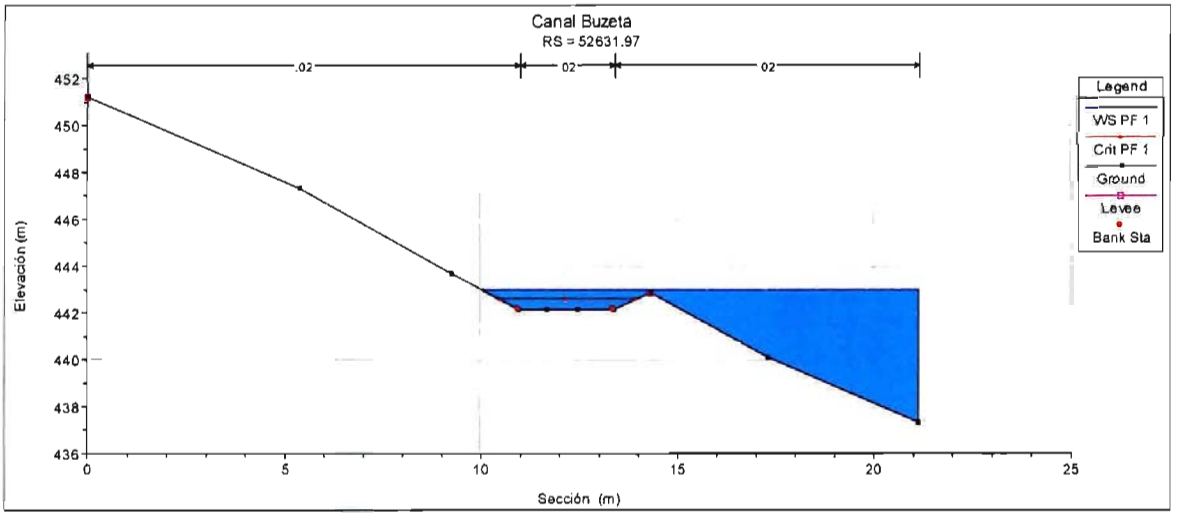


Figura 3-6: Sector de desborde N°5. Km 48,34 (Perfil HECRAS 43932,49)

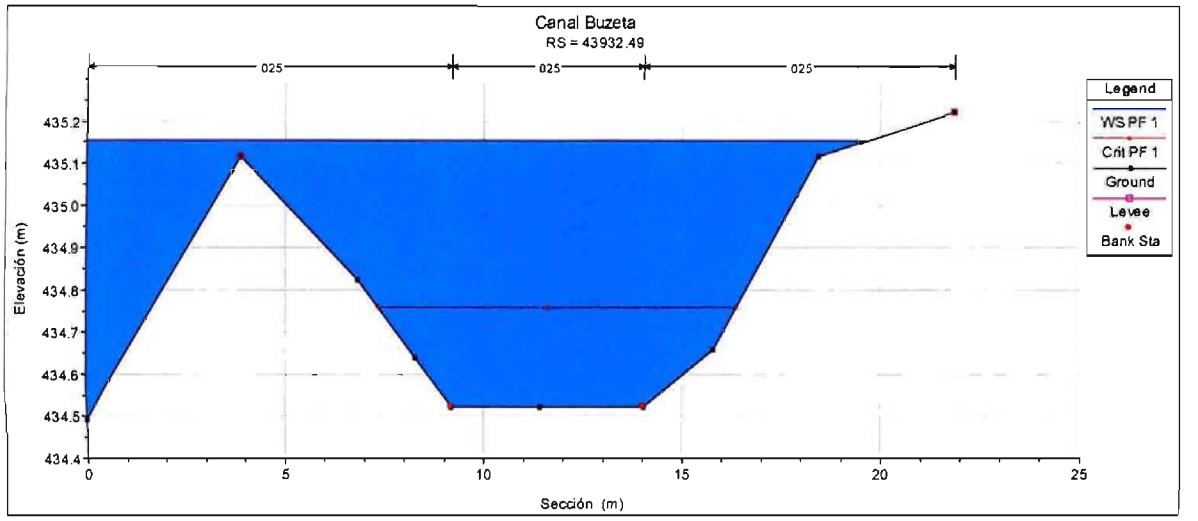


Figura 3-7: Sector de desborde N°6. Km 48,70 (Perfil HECRAS 43574.61)

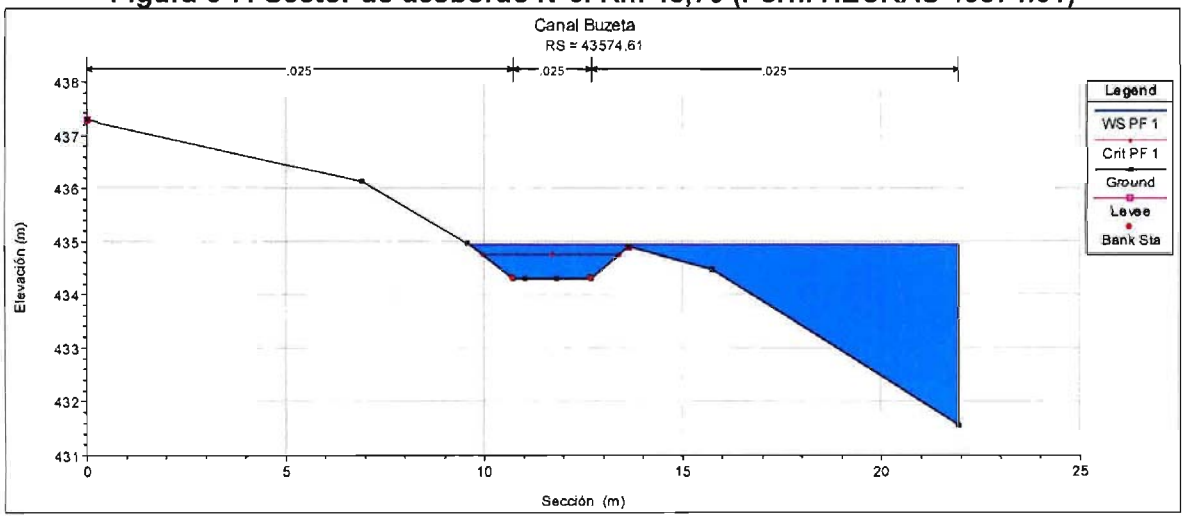


Figura 3-8: Sector de desborde N°7 Km 50,89 (Perfil HECRAS 41387.44)

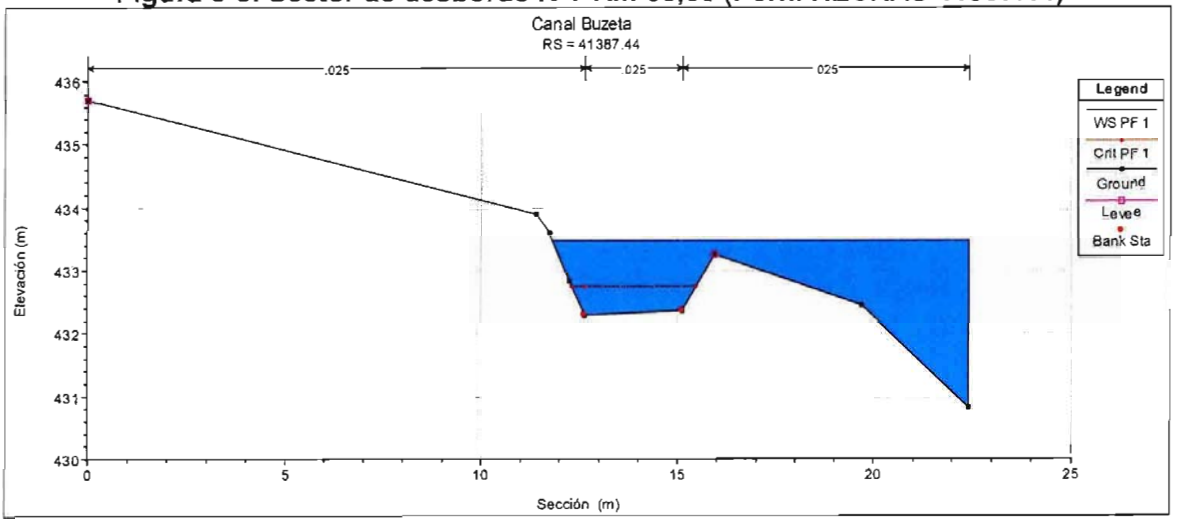


Figura 3-9: Sector de desborde N°8 Km 72,35 (Perfil HECRAS 19927.85)

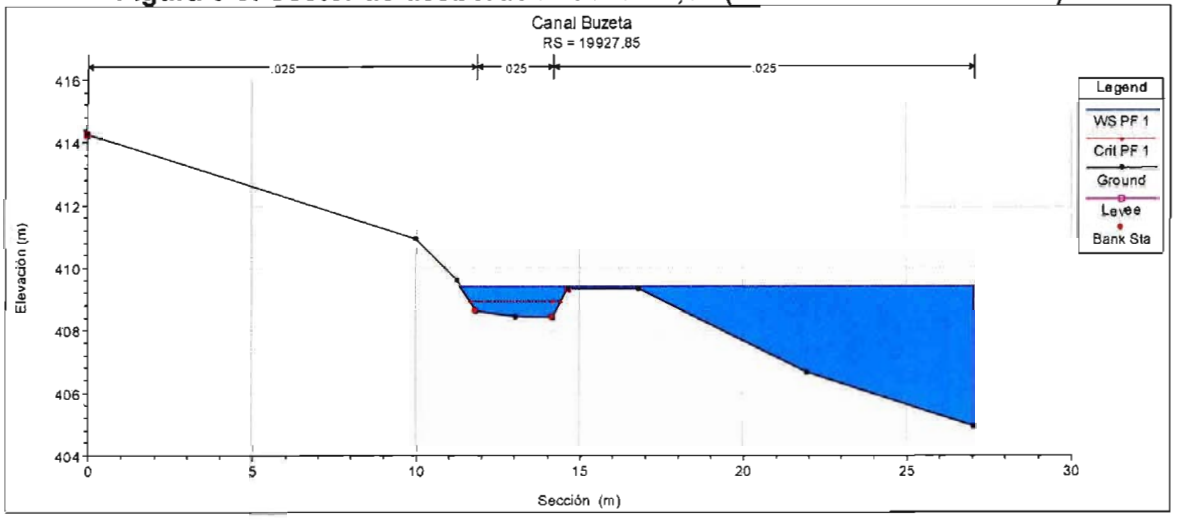


Figura 3-10: Sector de desborde N°9 Km 73,41 (Perfil HECRAS 18867.35)

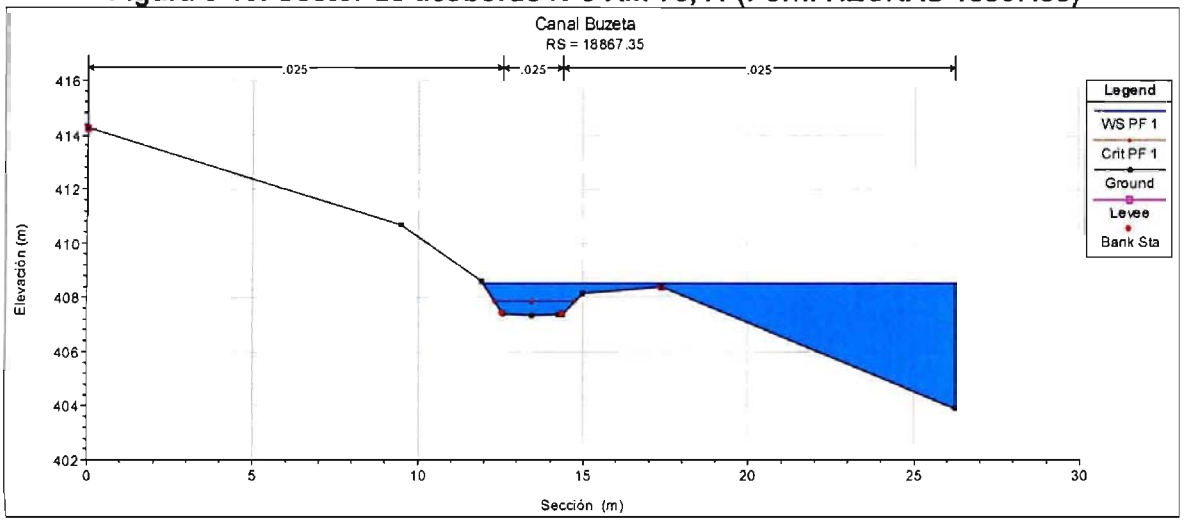


Figura 3-11: Sector de desborde N°10 Km 74,20 (Perfil HECRAS 18068.27)

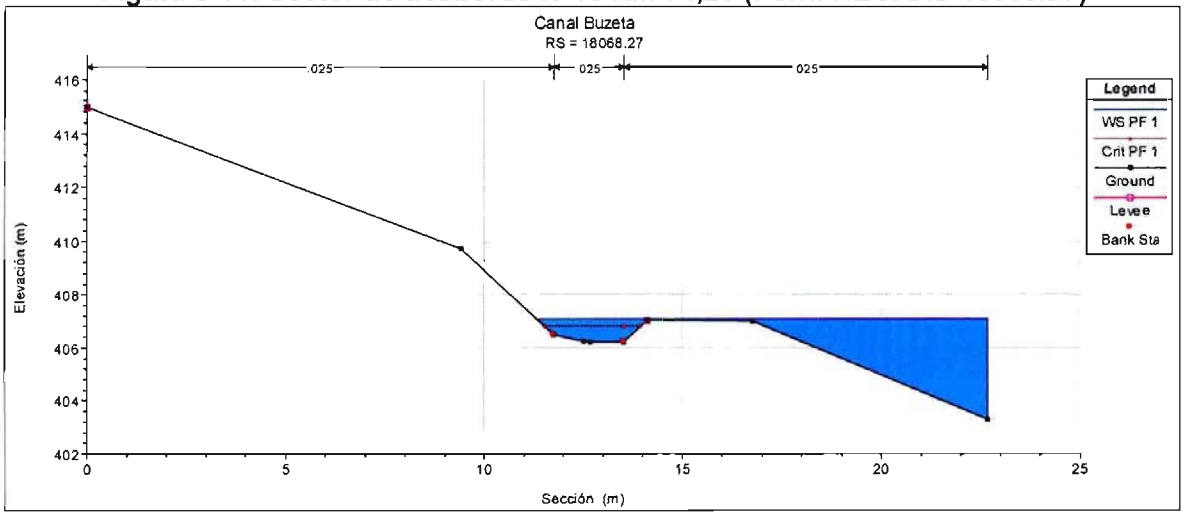


Figura 3-12: Sector de desborde N°11 Km 74,45 (Perfil HECRAS 17827,31)

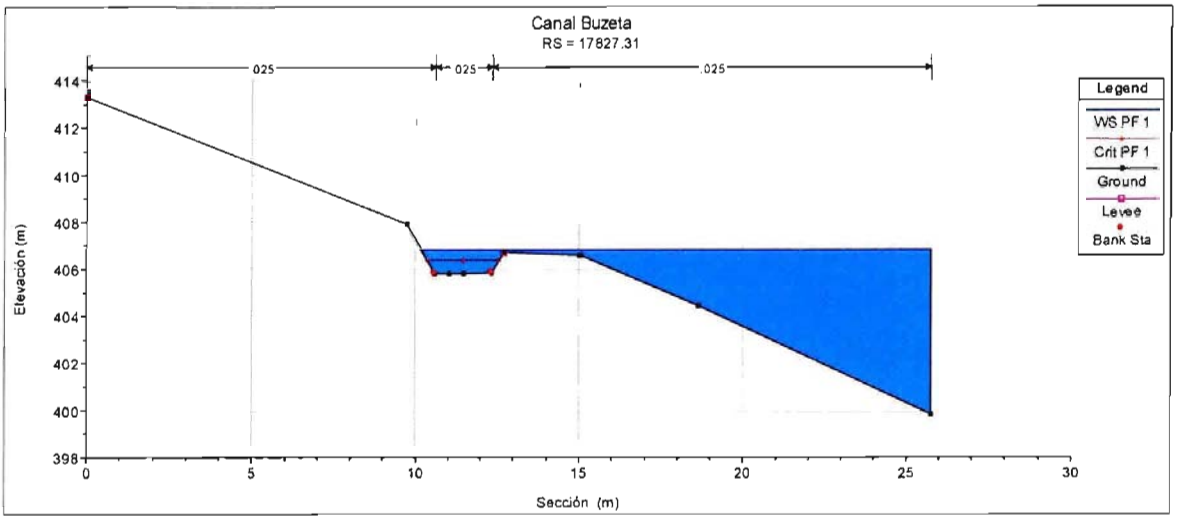


Figura 3-13: Sector de desborde N°12 Km 75,10 (Perfil HECRAS 17174.96)

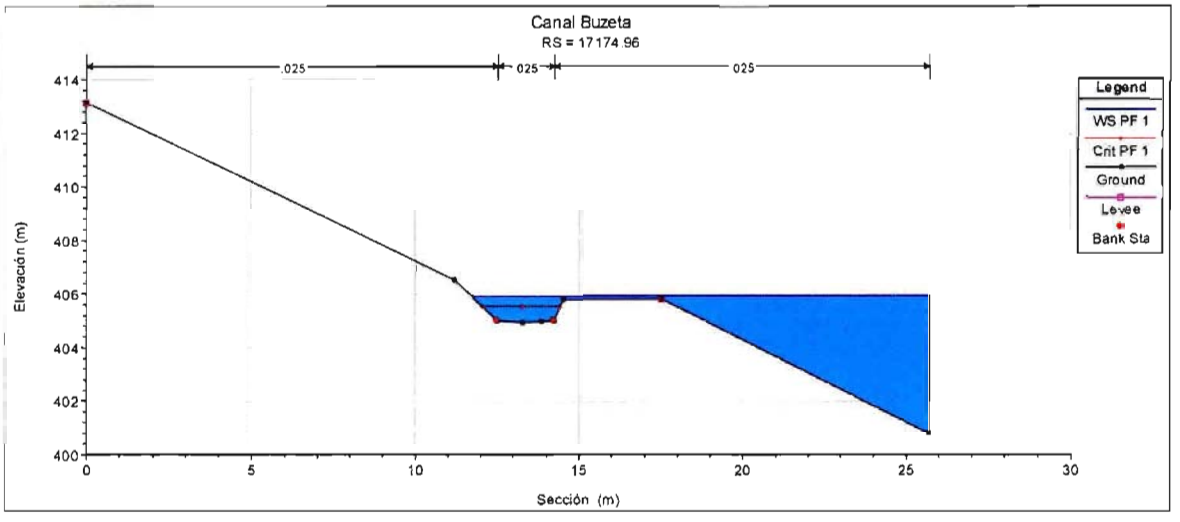


Figura 3-14: Sector de desborde N°13 Km 75,48 (Perfil HECRAS 16794,27)

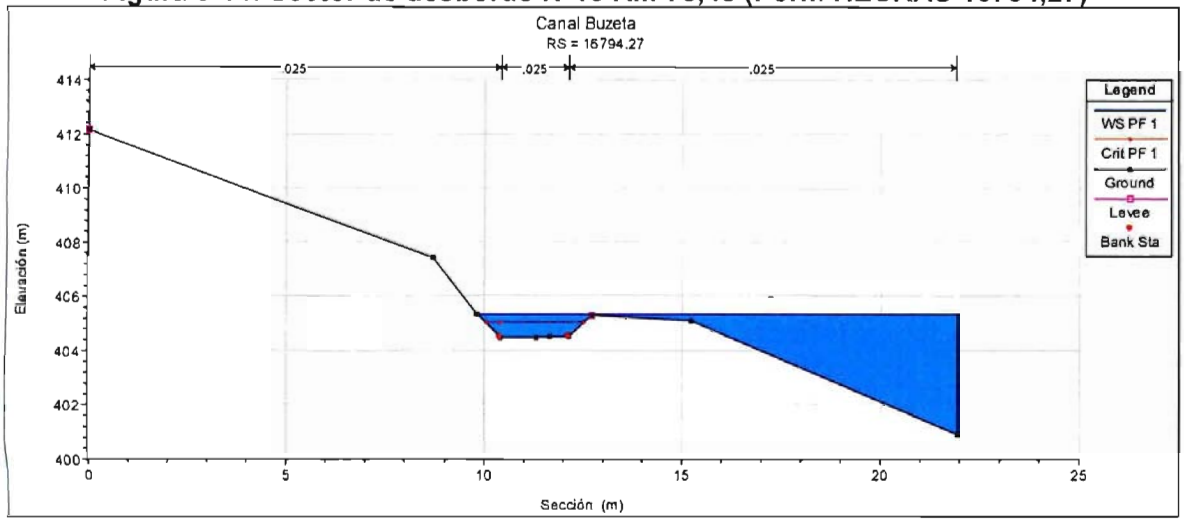


Figura 3-15: Sector de desborde N°14 Km 76,86 (Perfil HECRAS 15416,32)

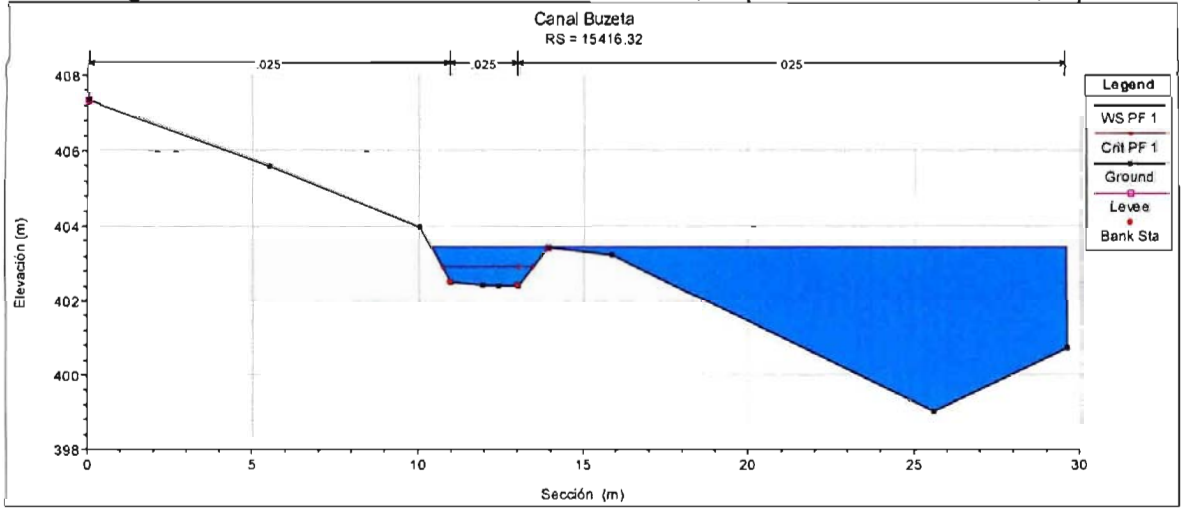


Figura 3-16: Sector de desborde N°15 Km 77,10 (Perfil HECRAS 15174,5)

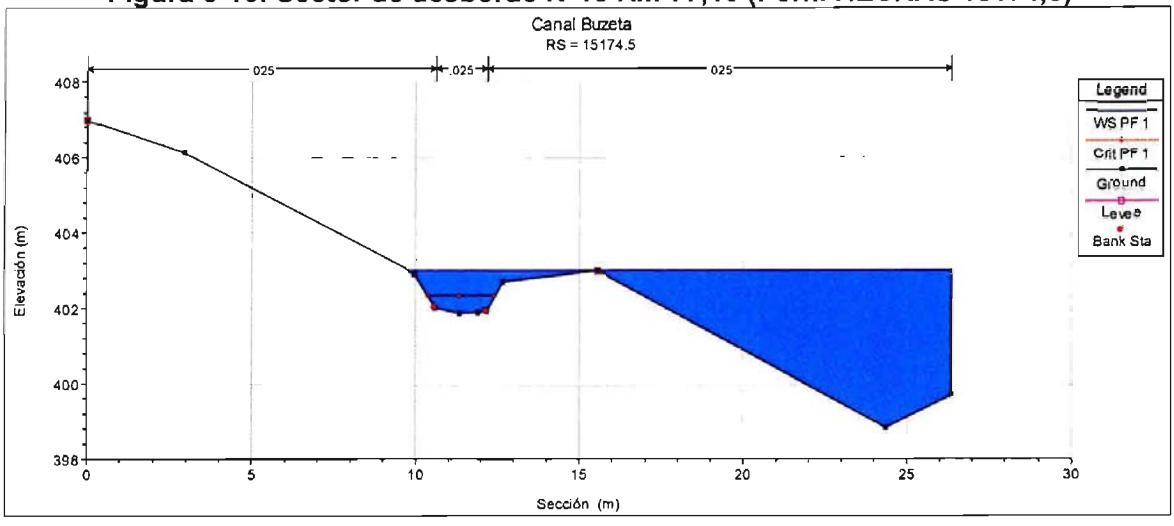


Figura 3-17: Sector de desborde N°16 Km 77,20 (Perfil HECRAS 15072,04)

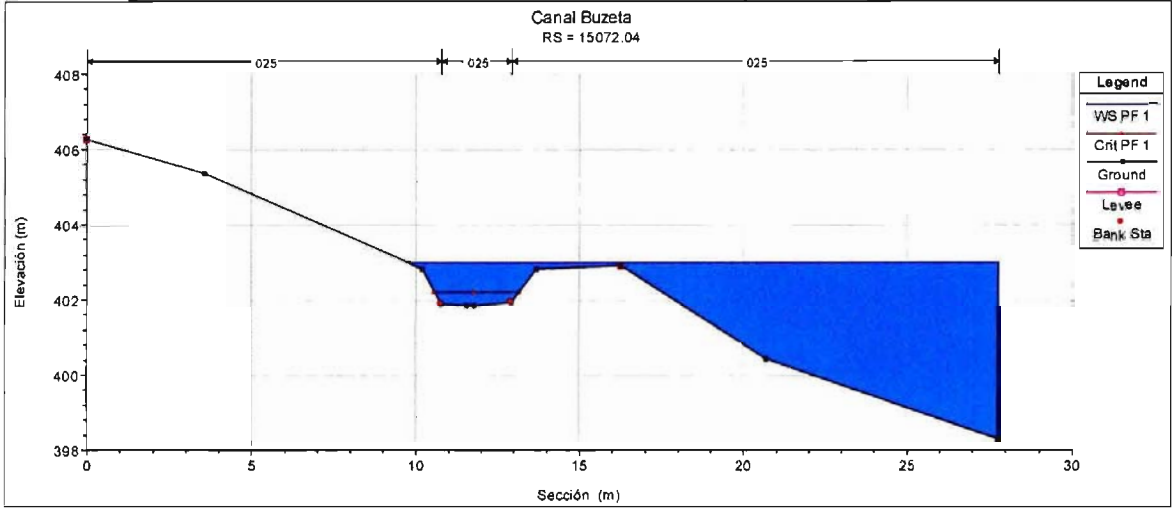


Figura 3-18: Sector de desborde N°17 Km 78,69 (Perfil HECRAS 13586,04)

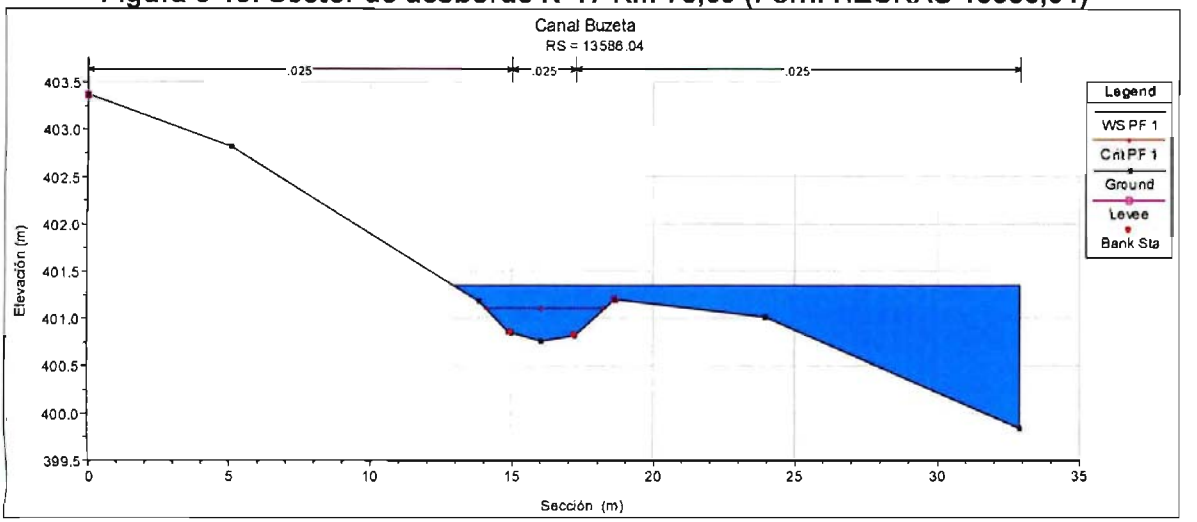
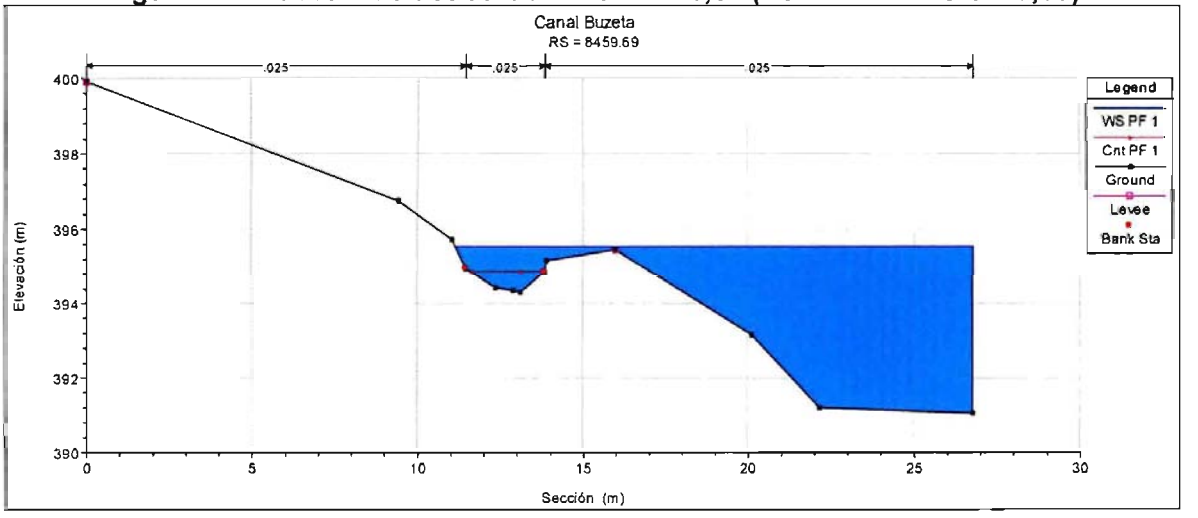


Figura 3-19: Sector de desborde N°18 Km 83,81 (Perfil HECRAS 8459,69)



4 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE DESBORDE EN CONDICIÓN DE CRECIDAS

Para analizar el comportamiento de canal Buzeta durante eventos de crecida se ha considerado que las compuertas de bocatoma se cierran ante dichos eventos, por lo que los caudales a ser transportados por el canal corresponden únicamente a aquellos que ingresan por las quebradas laterales.

Se ha definido un periodo de retorno de 2 años para la identificación de puntos de desborde en periodo de crecidas, pues corresponde a un evento recurrente, cuyo caudal debiese ser porteado sin problemas por el canal, limitándose las mantenciones a crecidas mayores. No se considera para análisis una crecida de mayor periodo de retorno, puesto que el canal tiene como objeto realizar la distribución de los caudales de riego, no el control de crecidas.

Las quebradas laterales aportantes al canal Buzeta fueron identificadas en el estudio hidrológico de código 4184-3000-IH-MEC-001 y corresponden a las listadas en la Tabla 4-1.

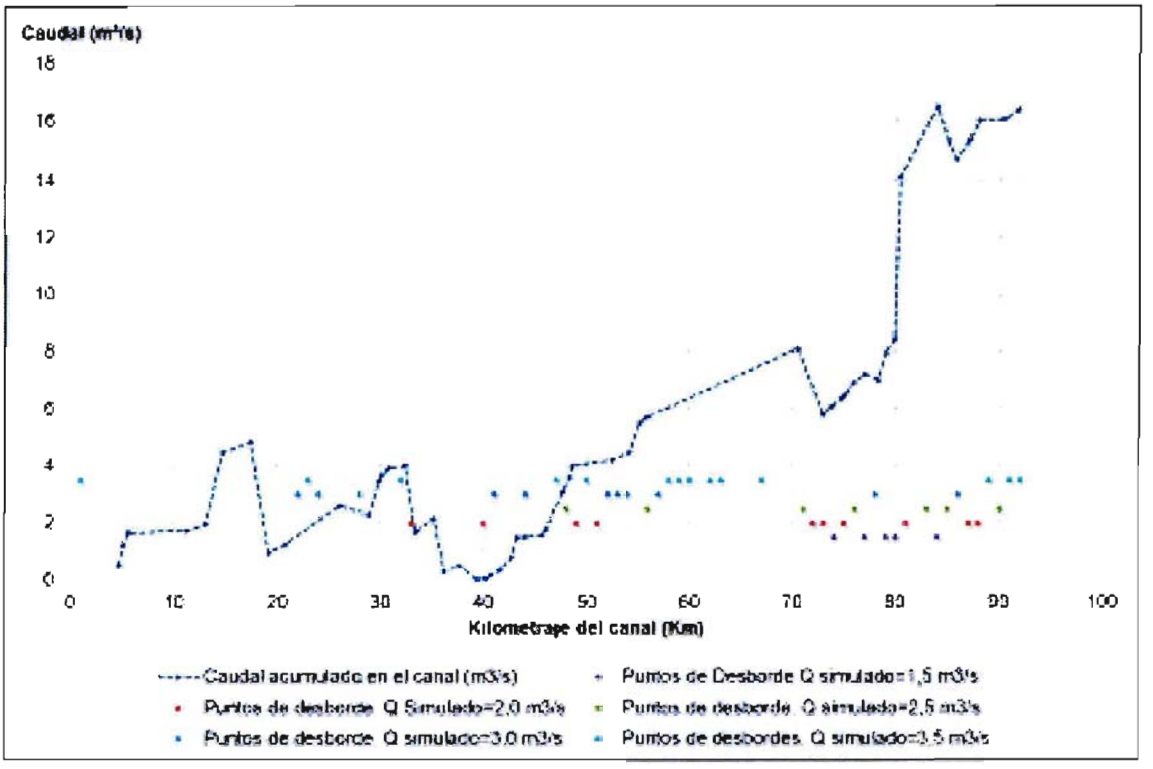
Tabla 4-1 Caudales afluentes canal Buzeta

Código	Km	Área (km2)	T=2 años Q (m^3/s)
MC Q01	4,768	0,8	0,559
MC Q02	5,170	0,8	0,685
MC Q03	5,647	0,5	0,446
MC Q04	11,231	2,7	1,624
MC Q05	13,057	0,3	0,202
MC Q06	14,739	4,2	2,494
MC Q07	17,448	5,0	2,759
MC Q08	19,222	0,4	0,314
MC Q09	20,836	0,4	0,292
MC Q12	26,082	4,3	2,552
MC Q14	28,939	0,6	0,517
MC Q15	29,843	1,4	1,160
MC Q16	30,115	0,2	0,188
MC Q17	30,807	0,3	0,264
MC Q18	32,412	0,1	0,088
MC Q19	33,351	1,3	0,946
MC Q20	35,154	0,6	0,464
MC Q21	36,182	3,4	2,031
MC Q22	37,665	0,2	0,227
MC Q24	39,372	0,4	0,393
MC Q25	40,205	0,0	0,041
MC Q26	40,728	0,1	0,128
MC Q27	41,613	0,2	0,198
MC Q28	42,675	0,6	0,440
MC Q29	43,206	1,0	0,706
MC Q30	44,041	2,6	1,427
MC Q31	45,670	0,1	0,057
MC Q32	46,021	0,2	0,172
MC Q34	47,657	4,2	2,546

Código	Km	Área (km2)	T=2 años Q (m^3/s)
MC Q35	48,361	0,7	0,512
MC Q36	48,555	0,5	0,367
MC Q38	52,459	0,3	0,218
MC Q39	54,240	0,4	0,281
MC Q40	55,218	1,6	1,028
MC Q41	55,944	0,4	0,207
MC Q46	70,485	3,7	2,368
MC Q48	72,952	0,8	0,556
MC Q49	73,837	0,3	0,284
MC Q50	74,741	0,3	0,279
MC Q51	75,064	0,1	0,098
MC Q52	75,933	0,5	0,454
MC Q53	76,991	0,3	0,269
MC Q54	78,271	1,6	1,018
MC Q55	79,032	1,3	0,938
MC Q56	79,878	0,6	0,542
MC Q57	80,448	9,4	5,666
MC Q58	83,981	3,9	2,358
MC Q59	85,098	3,0	1,788
MC Q60	85,833	0,4	0,306
MC Q61	87,134	0,9	0,616
MC Q62	88,020	0,9	0,636
MC Q63	90,416	0,0	0,046
MC Q64	91,810	0,5	0,319

En la Figura 4-1 se contrastan los caudales de crecida acumulados en el canal Buzeta (aportes de las quebradas laterales), con la capacidad hidráulica del mismo (ver puntos de desborde en numeral 2), incluyendo las obras evacuadoras existentes.

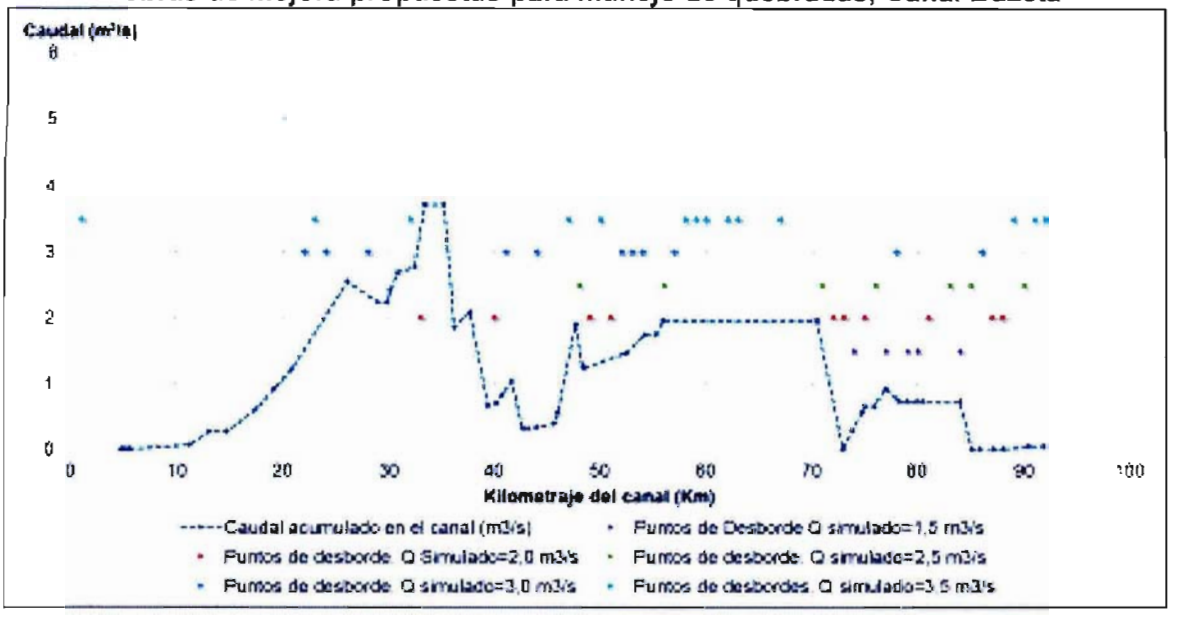
Figura 4-1: Caudal acumulado en el canal bajo el escenario de lluvia de T=2 años. Canal Buzeta



Se observa que el caudal acumulado proveniente de las quebradas laterales para un periodo de retorno de 2 años (línea azul) supera la capacidad hidráulica del canal en los puntos cercanos al km 30, y desde el km 48 en adelante. Esto indica que las quebradas donde no existen obras de evacuación, las crecidas representan un riesgo para la seguridad física del canal.

Esta Consultoria propone mejoras para el manejo de las quebradas en el documento Obras para Manejo de Crecidas en Quebradas canal Buzeta, código N° 4184-3000-IH-008. Con el objetivo de contrastar los resultados del diseño de estas obras con la capacidad hidráulica del canal, la Figura 4-2 muestra el caudal acumulado en el canal bajo el escenario de lluvia con periodo de retorno de 2 años, con la incorporación de las mejoras propuestas para el manejo de quebradas.

Figura 4-2 Caudal acumulado en el canal bajo el escenario de lluvia de T=2 años con obras de mejora propuestas para manejo de quebradas, Canal Buzeta

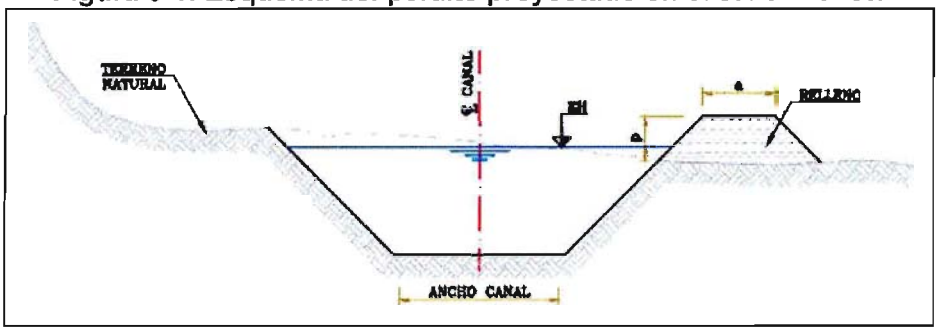


En la Figura anterior se observa que las obras propuestas logran evacuar el caudal porteado por el canal bajo un escenario de crecida, asegurando la capacidad hidráulica de este.

5 DISEÑO DE OBRAS

Para evitar los desbordes identificados en la conducción de los caudales asociados a la operación normal del canal, se proyecta realizar un peralte de sus riberas en las zonas críticas, de modo de proporcionar una mayor sección de conducción. Estos peraltes serán materializados mediante la inclusión de un pequeño terraplén de relleno consolidado ubicado en la ribera derecha del canal (visto desde aguas arriba hacia aguas abajo). En la Figura 5-1 se presenta un esquema de la obra propuesta.

Figura 5-1: Esquema del peralte proyectado en el canal Buzeta



Para verificar que la longitud y altura requerida para los peraltes se incluyó en el modelo del canal en HECRAS la modificación de las secciones correspondientes, considerándose una revancha equivalente al 15% de la altura de escurrimiento, con una revancha mínima de 0,2 m.

Debido a la condición del flujo del canal (escurrimiento tipo río), al incorporar algunos peraltes en las zonas de desbordes para operación normal, se produjeron nuevos desbordes en perfiles hacia aguas arriba. A partir de una serie de iteraciones en el modelo HECRAS, se presentan en la Tabla 5-1 todas las zonas de desborde con necesidad de peraltamiento.

Tabla 5-1. Identificación de zonas de peraltamiento y perfiles HECRAS asociados.

Zona de Peraltamiento	Km	Caudal (m3/s)	Perfil HECRAS
1	23,60	2,612	68675,32
2	28,21	2,612	64065,75
3	32,95	2,164	59320,37
4	39,64	2,164	52631,97
5	48,34	2,164	43932,49
6	48,70	2,164	43574,61
7	50,89	2,164	41387,44
8	72,32	2,164	19948,42
	72,35	2,164	19927,85
9	73,30	2,164	18975,37
	73,41	2,164	18867,35
	73,45	2,164	18818,53
	73,50	2,164	18769,23
	73,56	2,164	18714,92
	73,58	2,164	18693,65
	73,60	2,164	18674,69
	73,70763	2,164	18565,55

Zona de Peraltamiento	Km	Caudal (m3/s)	Perfil HECRAS
	73,73	2,164	18543,09
	73,75	2,164	18522,72
	73,77	2,164	18500,65
	73,90	2,164	18375,26
10	74,04	2,164	18228,46
	74,11	2,164	18162,46
	74,16	2,164	18116,89
	74,20	2,164	18068,27
11	74,45	2,164	17827,31
12	75,10	2,164	17174,96
13	75,43	2,164	16847,94
	75,48	2,164	16794,27
14	76,86	2,164	15416,32
15	77,10	1,341	15174,5
16	77,20	1,341	15072,04
17	78,69	1,341	13586,04
18	83,81	1,341	8459,69

Los resultados extraídos del modelo y el dimensionamiento de los peraltes propuestos se resumen en la Tabla 5-2.

Tabla 5-2 Sectores propuestos para peralte de riberas

Zona de Desborde	Km	Km	Perfil	Long.	Altura de agua	Altura canal (sin obra)	Peralte (p)	Revancha
	Inicio	Fin	HECRAS	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	23,57	23,62	68675,32	50	1,49	1,44	0,30	0,25
2	28,18	28,23	64065,75	50	0,99	0,99	0,20	0,20
3	32,93	32,98	59320,37	50	0,97	0,91	0,30	0,24
4	39,62	39,67	52631,97	50	0,83	0,69	0,35	0,21
5	48,32	48,37	43932,49	50	0,63	0,60	0,25	0,22
6	48,67	48,72	43574,61	50	0,66	0,60	0,30	0,24
7	50,86	50,91	41387,44	50	1,18	0,97	0,45	0,24
8	72,30	72,38	Varios	80	1,00	0,92	0,30	0,22
9	73,27	73,92	Varios	650	1,29	0,93	0,60	0,24
10	74,02	74,23	Varios	210	0,81	0,60	0,45	0,24

11	74,42	74,47	17827,31	50	1,00	0,91	0,30	0,21
12	75,07	75,12	17174,96	50	0,96	0,85	0,35	0,24
13	75,40	75,50	Varios	100	0,87	0,83	0,25	0,21
14	76,83	76,88	15416,32	50	1,05	1,02	0,25	0,22
15	77,07	77,12	15174,5	50	1,14	1,13	0,25	0,24
16	77,18	77,23	15072,04	50	1,17	1,07	0,30	0,20
17	78,66	78,71	13586,04	50	0,58	0,44	0,35	0,21
18	83,79	83,84	8459,69	50	1,26	1,15	0,35	0,24

6 CUBICACIONES

La Tabla 6-1 resumen el listado de partidas y cubicaciones relacionadas a las obras de peralte de la sección con fines de evitar desbordes en el canal Buzeta.

Tabla 6-1: Cubicación de obras

Zona de Desborde	Km	Km	Long.	Peralte (p)	Ancho Coronamiento (a)	Ancho medio Peralte	Volumen de Relleno Consolidado
	Inicio	Fin	(m)	(m)	(m)	(m)	(m^3)
1	23,57	23,62	50	0,30	1,70	2,00	30
2	28,18	28,23	50	0,20	1,80	2,00	20
3	32,93	32,98	50	0,30	1,70	2,00	30
4	39,62	39,67	50	0,35	1,65	2,00	35
5	48,32	48,37	50	0,25	1,75	2,00	25
6	48,67	48,72	50	0,30	1,70	2,00	30
7	50,86	50,91	50	0,45	1,55	2,00	45
8	72,30	72,38	80	0,30	1,70	2,00	48
9	73,27	73,92	650	0,60	1,40	2,00	780
10	74,09	74,23	210	0,45	1,55	2,00	189
11	74,42	74,47	50	0,30	1,70	2,00	30
12	75,07	75,12	50	0,35	1,65	2,00	35
13	75,45	75,50	100	0,25	1,75	2,00	50
14	76,83	76,88	50	0,25	1,75	2,00	25
15	77,07	77,12	50	0,25	1,75	2,00	25
16	77,18	77,23	50	0,30	1,70	2,00	30
17	78,66	78,71	50	0,35	1,65	2,00	35
18	83,79	83,84	50	0,35	1,65	2,00	35
						Total	**1.497**

7 MANEJO DE VEGETACIÓN ACUÁTICA

La alta abundancia y densidad de la vegetación acuática y algas en los canales de riego, implica efectos negativos en la operación de éstos, afectando las propiedades hidráulicas del canal, con lo cual se disminuye la velocidad del flujo por un aumento en la rugosidad del canal, disminuye la profundidad y ancho de éste, con la consiguiente disminución del caudal que puede conducir el canal.

Fotografía 7-1: Vegetación acuática en el canal Buzeta



7.1 FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LAS PLANTAS ACUÁTICAS Y ALGAS

Existe una amplia variedad de factores ambientales que afectan la ocurrencia, prevalencia y abundancia de las plantas acuáticas y algas. Estos factores varían en su efecto a nivel individual o poblacional de las plantas, lo que influirá en la abundancia relativa, densidad, forma de crecimiento (altura, extensión), metabolismo, reproducción y regeneración.

Los principales factores ambientales que afectan el crecimiento de las plantas acuáticas son los siguientes:

Tabla 7-1: Factores que afectan el crecimiento de las plantas

Factores climáticos	Hidrología	Físico-químicos	Interacciones biológicas	Influencia antropogénica
Temperatura Viento Precipitación		Luz Sedimento Nutrientes y Estado Trófico Alcalinidad y pH Salinidad Características del canal de riego	Competencia Herbivoría	

7.2 TÉCNICAS GENERALMENTE EMPLEADAS EN EL CONTROL Y PREVENCIÓN DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS Y ALGAS

Existen muchas técnicas empleadas para la eliminación de la vegetación acuática de los canales de riego; no obstante, la decisión sobre el uso de una técnica en particular en el manejo de las plantas acuáticas, no se basa exclusivamente en la economía y la eficacia, más bien por la necesidad de minimizar el impacto potencial de la medida, a especies no objetivo o lugares fuera del canal de riego.

Para el control de la vegetación acuática se ha empleado generalmente una variedad de técnicas, las cuales se agrupan en técnicas químicas, físicas, biológicas, y de manipulación del medio ambiente. A continuación se presenta un resumen de las medidas empleadas en canales de riego.

Tabla 7-2: Técnicas en el control y prevención de plantas acuáticas y algas

	Medida	Ventajas	Desventajas
CONTROL QUÍMICO	Acroleína	Eficaz para el control de las plantas acuáticas sumergidas, plantas flotantes y algas	Requiere equipamiento especializado y personal capacitado. Letal para los peces y otros organismos, se debe evitar que el agua tratada vuelva al medio acuático natural.
	Sulfato de cobre	Control efectivo contra especies de algas sensibles. Se ha utilizado como alguicida en lagos y embalses	Limitación por pH y turbiedad. Tóxico para peces.
	Glifosato	No es bioacumulable, rápidamente eliminado. Presenta baja toxicidad	El compuesto no controla la vegetación acuática sumergida.
	Diquat	Herbicida de contacto no selectivo de amplio espectro, eficaz en plantas acuáticas sumergidas y las algas. Poco tóxico en peces e invertebrados acuáticos.	El agua tratada con Diquat no debe utilizarse para el consumo animal, riego o uso doméstico por un periodo de tiempo no menor a 14 días después de aplicado.
	2,4-D	Herbicida más usado en el mundo, usado en el control de malezas de hoja ancha.	La vida media para el 2,4-D en el agua oscila hasta 26 días
CONTROL FÍSICO	Cosecha manual	Eficaz para el control de plantas acuáticas presentes en pequeños canales de riego.	Corte del flujo del canal para la limpieza. Suspensión de sedimentos aguas abajo del canal.
	Cosecha mecánica	Mayor rapidez en las labores de limpieza.	Se requiere un camino de servicio para acceder al canal. Mayores costos por arriendo de maquinaria. Modificación del hábitat de algunas especies.
CONTROL BIOLÓGICO	Introducción de peces	Medida de bajo costo, a largo plazo y efectiva para ciertas plantas acuáticas	No se puede controlar los sitios de alimentación de los peces, es difícil de contener y evitar escapes a zonas no deseadas, y se debe solicitar un permiso de introducción de esta especie a la Subsecretaria de pesca.
CAMBIOS EN EL MEDIO	Nivel del agua	Las reducciones del nivel de agua controlan eficazmente algunas especies de plantas acuáticas	Requiere manipular los niveles de escurrimiento incidiendo en la operación del riego.
	Aumento velocidad del flujo	Reducción de la proliferación de vegetación al incrementar la velocidad	Cambios de pendiente del canal
	Revestimiento del canal	Elimina el sustrato de la vegetación acuática, eliminándolas	Costos de inversión en revestimiento.
	Sombreado	Reducción de luz disponible para la fotosíntesis. Incluyen telas para sombrear, vegetación ribereña y entubado del cauce	Costos de inversión y mantenimiento

Como conclusión, se puede inferir que el empleo de cualquier herbicida en el control de la vegetación acuática debe ser evaluado con mayor detalle, debido al riesgo potencial que puedan presentar tanto a la fauna, riego o salud de la población, respecto a las otras mediadas señaladas en el documento. Es por este motivo, que se recomienda continuar con el control físico del canal mediante procesos de limpieza periódica, como mínimo 2 veces al año dada la abundante vegetación acuática en el canal.

14.2. DISEÑO AFORO REMOTO

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

N° 4184-3000-IH-MEC-005_C

ANEXO 14.2 – AFORO REMOTO CAUDALES CANAL BUZETA

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	D. Arce	P. Muñoz / P. Zúñiga	D. González	Coordinación interna
	Fecha	21.10.14	04.11.14	05.11.14	
B	Nombre Firma	D. Arce	P. Muñoz / P. Zúñiga	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	10.10.14	10.11.14	10.11.14	
C	Nombre Firma	D. Arce	P. Muñoz / P. Zúñiga	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	10.07.15	10.07.15	10.07.15	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia. Santiago
Teléfono: +56 022 381 6000
Fax: +56 022 381 6001
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

ANEXO 14.2 – AFORO REMOTO CAUDALES CANAL BUZETA

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 5
1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL 5
1.2 REFERENCIAS 5
1.3 ANTECEDENTES 5
2 RECOMENDACIONES DE CALIBRACIÓN OBRAS DE ENTREGA 7
3 DISEÑO SISTEMA DE MEDICIÓN DE CAUDALES MANUAL 9
3.1 METODOLOGÍA 9
3.1.1 Sistema propuesto 9
3.1.2 Tipo de Aforador 10
3.1.3 Software WinFlume 11
3.2 CALIBRACIÓN DE AFORADORES EXISTENTES 14
3.3 CRITERIOS DE DISEÑO AFORADORES 15
3.4 DISEÑO AFORADOR SOCAVÓN 17
3.5 DISEÑO AFORADOR LAS CAÑAS I Y II 20
3.6 CUBICACIONES 24
3.6.1 Aforador Socavón 24
3.6.2 Aforador Las Cañas I y II 24
4 SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTO DE CAUDALES 25
4.1 DESCRIPCIÓN 25
4.2 COMPONENTES DE LA SOLUCIÓN 27
4.2.1 Instrumentación y equipos 27
4.2.2 Estructuras y protecciones 27
4.2.3 Servidor Wiseflow 29
4.2.4 Plataforma Web 29
4.3 CUBICACIONES 32

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1-1: Caudales a lo largo del canal según derechos de aprovechamiento 6
Tabla 2-1: Estimación de valores experimentales 8
Tabla 3-1: Diagnóstico sistema de aforos en canal Buzeta 9
Tabla 3-2: Criterio de selección - Ubicación de aforador en Socavón 9
Tabla 3-3: Pérdida de carga requerida bajo la condición más desfavorable: sin transición de expansión y velocidad = 0 m/s 12
Tabla 3-4 Datos secciones HEC-RAS colindantes Aforador Socavón 18
Tabla 3-5 Dimensiones geométricas Aforador Socavón 19
Tabla 3-6 Curva de descarga Socavón 19
Tabla 3-7: Características del flujo cercano al aforador Las Cañas I y II 21
Tabla 3-8: Dimensiones geométricas Aforador Las Cañas I y II 22
Tabla 3-9: Curva de descarga Las Cañas I y II 22
Tabla 3-10: Espesores material aforadores 24
Tabla 3-11: Cubicación Aforador Socavón 24
Tabla 3-12: Cubicación Aforador Las Cañas I y II 24
Tabla 4-1: Cubicación fosa limnimétrica 32
Tabla 4-2: Instrumentación equipo de medición remoto de caudales 32

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1-1: Diseño tipo de compuertas de entrega en canal Buzeta 6
Figura 2-1: Esquema en planta compuerta lateral 7
Figura 3-1: Trazado en Planta Canal Buzeta 10
Figura 3-2: Zonas características de un aforador de garganta larga 11
Figura 3-3: Terminología del programa WinFlume 12
Figura 3-4: Criterio de diseño geométrico WinFlume 13
Figura 3-5: Aforador tipo rectangular 16
Figura 3-6: Perfil longitudinal aforador 16
Figura 3-7: Vista en planta aforador 17
Figura 3-8: Perfiles topográficos aguas arriba y aguas abajo de aforador Socavón 17
Figura 3-9 Secciones transversales Aforador Socavón 18

Figura 3-10 Perfil longitudinal Aforador Socavón 18
Figura 3-11 Curva de descarga teórica Aforador Socavón 20
Figura 3-12: Perfiles topográficos aguas arriba y aguas Aforador Las Cañas I y II 21
Figura 3-13: Secciones transversales Aforador Las Cañas I y II 21
Figura 3-14: Perfil longitudinal Aforador Las Cañas I y II 22
Figura 3-15: Curva de descarga teórica aforador Las Cañas I y II 23
Figura 4-1: Redes de comunicación inalámbrica 26
Figura 4-2: Base de datos WiseFlow 26
Figura 4-3: Vista transversal del sistema de aforo remoto 28
Figura 4-4: Vista en planta del sistema de aforo remoto 28
Figura 4-5: Plataforma Web 30
Figura 4-6: Página de inicio del sistema WiseFlow 31
Figura 4-7: Forma de Acceso Sistema WiseFlow 31

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3-1: Aforador de sección de control rectangular 11
Fotografía 3-2: Sistema actual de aforadores de hormigón 14
Fotografía 4-1: Los equipos WiseFlow en terreno 29

1 INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL

Como parte de los estudios realizados para el proyecto "Mejoramiento Canales Bellavista, Villalón y Buzeta", se presenta a continuación los análisis y diseños de un sistema de medición de caudales en forma manual y remota en el canal Buzeta, con la finalidad de tener un conocimiento de los caudales con los que opera el canal

Los objetivos específicos de este documento son los siguientes:

- Entregar recomendaciones de calibración de las curvas de descarga de las compuertas de entrega de caudales para riego.
- Diseño de obras hidráulicas para la medición de caudales en forma manual.
- Implementación de equipamientos de monitoreo remoto de caudales en el canal, con el propósito de automatizar el sistema.

1.2 REFERENCIAS

Ref. 1: Arcadis. (2012). *Sistema de Aforo de Caudales.* Proyecto "Mejoramiento Riego Valle del Río Cato, Embalse Niblinto, Provincia de Ñuble, Región del Bío-Bío"". Código 3853-0000-IH-INF-008.

Ref. 2: Clemmens, A. J., Wahl, T. L., Bos, M. G., & Replogle, J. A. (2001). *Water measurement with flumes and weirs.* I.L.R.I. Publication 58.

Ref. 3: Wahl, T., Clemmens, A. J., Replogle, J. A., & Bos, M. G. (2000). *Winflume user's manual (En Español). Software para el diseño y calibración de aforadores de garganta larga y vertederos de cresta ancha para medición de descargas en canales abiertos.* U.S. Bureau of Reclamation.

Ref. 4: Dodge, R. (2001). Water measurement manual: A guide to effective water measurement practices for better water management. U.S. Bureau of Reclamation.

Ref. 5: Horacio Mery Mery, (2007): Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras.

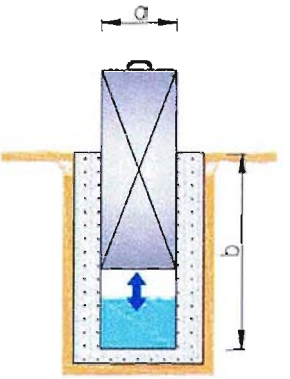
Ref. 6: Nateras Rodríguez, 2006, Determinación Experimental del Coeficiente de Descarga en una Compuerta Autooperante tipo Amil.

1.3 ANTECEDENTES

El canal Buzeta se emplaza en la Provincia de Choapa en la IV Región de Coquimbo y cuyo trazado se extiende por una longitud de aproximadamente 92,27 km.

El canal Buzeta posee a lo largo de su extensión, un total de 290 compuertas de regadío y descarga, las cuales son abiertas en función de la cantidad entrante desde la obra de toma del canal, la Figura 1-1 muestra el esquema tipo de las compuertas instaladas.

Figura 1-1: Diseño tipo de compuertas de entrega en canal Buzeta



En la actualidad, muchas de las compuertas de entrega no están en condiciones óptimas de funcionamiento, lo cual induce a errores en la estimación del caudal de salida dada su apertura, o en algunos casos la apertura se realiza solo según la experiencia del celador.

Respecto a la medición de caudal en el canal, existen 5 aforadores instalados al inicio de cada sector de riego, 4 de ellos son de aforo de control hidráulico por angostamiento del canal y uno es artesanal, con un solo sello de hormigón.

Los caudales pasantes en los sectores de riego se indican en Tabla 1-1.

Tabla 1-1: Caudales a lo largo del canal según derechos de aprovechamiento

Sectores de Riego	Derechos	Caudal pasante	Km inicial	Km final
	(L/s)	(L/s)		
El Tambo	135	3000	0	12,7
Colliguay	254	2865	12,7	20
Tahuinco	447	2611	20	30,1
Limáhuida	823	2164	30,1	77
Cañas Uno	747	1341	77	92,4
Cañas Dos	595			

2 RECOMENDACIONES DE CALIBRACIÓN OBRAS DE ENTREGA

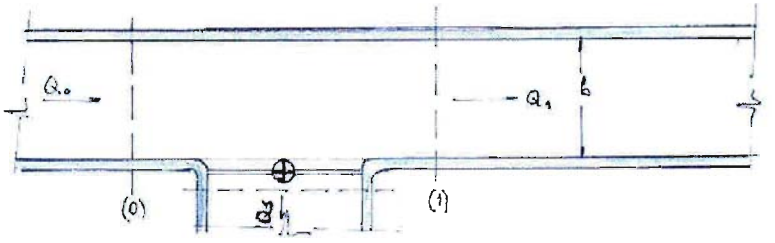
En el catastro realizado en terreno se encontró que existen una variedad de compuertas de entrega en estado deficiente, por lo tanto se recomienda la reparación parcial o completa del sistema, lo cual conlleva a una calibración de la curva de descarga asociada a la apertura y cierre de la misma.

Dado que el tipo de compuertas es siempre la misma, se entregan recomendaciones para la calibración de estos elementos, en base a los parámetros de ancho y nivel de apertura de la compuerta, además de las alturas de escurrimiento del canal, a modo de determinar el caudal entregado por ella.

Cabe mencionar que para que estas ecuaciones entreguen resultados adecuados, debe realizarse una mantención periódica a la compuerta con el objeto de eliminar sedimentos que obstruyan o modifiquen las líneas de flujo a la entrada de la compuerta. Las ecuaciones que se muestran a continuación corresponden a canales de captación rectangulares, los cuales son los utilizados en todas las entregas del canal.

Las compuertas instaladas en el canal son del tipo lateral. En este tipo de obra existen datos experimentales para determinar el flujo de entrada de la compuerta, en base al número de Froude del canal. La Figura 2-1 muestra un esquema de compuerta lateral.

Figura 2-1: Esquema en planta compuerta lateral



Fuente: Ref. 5

El caudal evacuado por este tipo de compuertas se estima con la siguiente ecuación:

$$Q_s = C_Q \cdot b_s \cdot a \cdot \sqrt{2gh_1}$$

Donde:

Q_s	: Caudal de entrega (m³/s)
C_Q	: Coeficiente de gasto
b_s	: Ancho de la compuerta (m)
g	: Aceleración de gravedad, igual 9.81 (m/s)
a	: Apertura de la compuerta (m)
h_1	: Altura de las aguas en el canal matriz después de la sección de la compuerta (m)

La estimación del coeficiente de gasto dependerá del número de Froude del canal:

$$F_1 = \frac{Q_1}{A_c\sqrt{h_1 g}}$$

$$C_Q = \alpha(F_1) \cdot \beta(F_1) \cdot C_Q(0,1,0)$$

Donde:

F_1 : Número de Froude del canal.
A_1 : Área de escurrimiento, igual a $b_1 h_1$ para sección rectangular (m^2).
Q_1 : Caudal en canal matriz, después de la sección de la compuerta ($Q_1 = Q_0 - Q_s$), con Q_0 caudal aguas arriba del canal (m^3/s).
α, β : Coeficientes experimentales, dependientes del número de Froude.
$C_Q(0,1,0)$: Coeficiente de gasto para $F_1 = 0, \frac{b_s}{a} = 1$ y $\frac{b_s}{b} = 0$.

Los valores experimentales α, β y $C_Q(0,1,0)$ se estiman con la Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Estimación de valores experimentales

F_1	α
0	1
0,1	0,998
0,2	0,993
0,3	0,983
0,4	0,967
0,5	0,943
0,6	0,907
0,7	0,84
0,8	-
0,9	-

h_1/a	$C_Q(0,1,0)$
1,5	0,43
2	0,502
2,5	0,532
3	0,55
3,5	0,562
4	0,572
4,5	0,58
5	0,585
5,5	0,589
6	0,593
6,5	0,596
7	0,598
7,5	0,6
8	0,602
9	0,604
10	0,606

b_s/a	β
0	1,007
0,5	1,006
1	0,999
1,5	0,989
2	0,983
2,5	0,98
3	0,98
>3	0,98

Fuente: Ref. 5

3 DISEÑO SISTEMA DE MEDICIÓN DE CAUDALES MANUAL

3.1 METODOLOGÍA

3.1.1 Sistema propuesto

La Tabla 3-1 presenta el diagnóstico de la situación actual de los aforadores del canal Buzeta. Se propone calibrar 4 de ellos y el diseño de 2 nuevos (eliminando el artesanal).

Tabla 3-1: Diagnóstico sistema de aforos en canal Buzeta

Sector	Lugar Aforador		Diagnóstico	Solución
	Norte (m)	Este (m)		
El Tambo	6.480.233,7	314.539,4	Mal Calibrado	Calibrar
Colliguay	6.478.207,4	309.774,2	Mal Calibrado y rebasa	Calibrar y aumentar revancha
Tahuinco	6.479.306,3	307.695,8	Mal Calibrado	Calibrar
Limáhuida	6.482.504,2	303.854,0	Mal Calibrado	Calibrar
	(6.477.751,0)	(295.382,0)	No existe	Diseñar (Sector Socavón)
Las Cañas I y II	6.484.954,5	294.540,1	Marco Artesanal	Diseñar

En el caso del sector de riego Limáhuida, se ha propuesto diseñar un aforador adicional debido a que su longitud es mucho más extensa que los otros sectores de riego. El administrador del sector ha mencionado la inquietud existente en el control y entrega de caudal en Limáhuida, donde el celador no posee el tiempo suficiente para efectuar el control y operación de las compuertas en el día, provocando un retraso en la entrega de derechos de aprovechamiento.

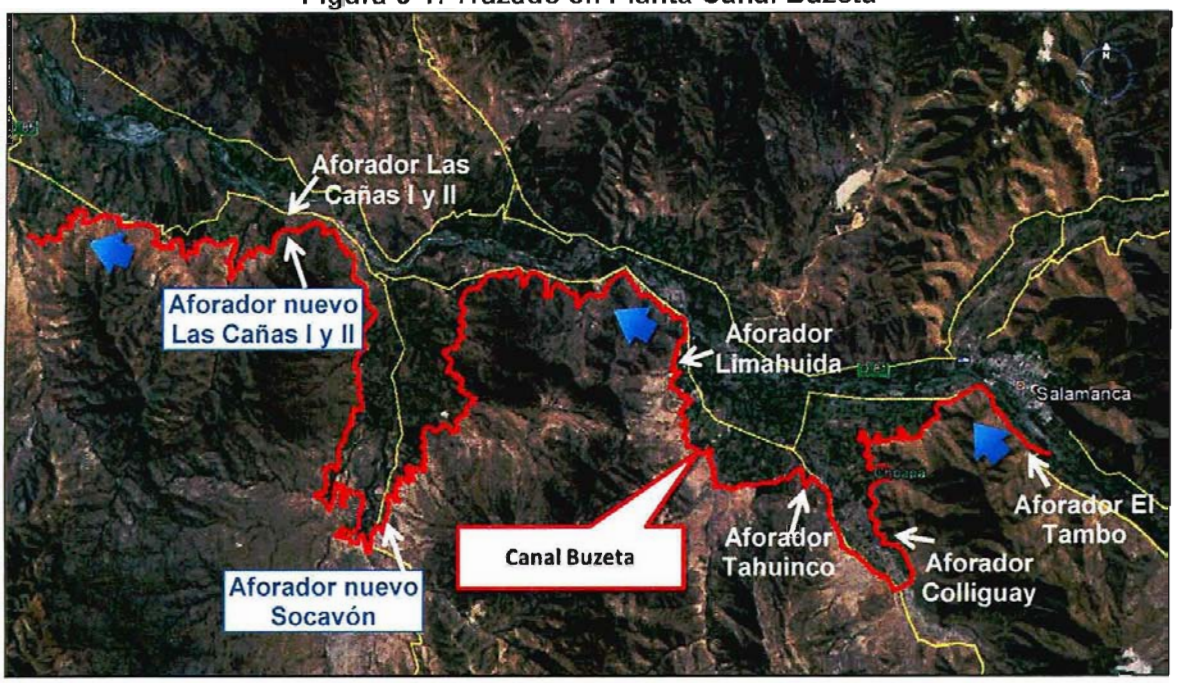
Luego, se propone un nuevo sistema de aforo con el propósito de incorporar un nuevo celador y así disminuir los tiempos de control y operación del canal; en adelante este aforador se llamará Socavón. La ubicación seleccionada se basó en el criterio de que la obra mida el caudal en un sector equivalente a la mitad del total de compuertas del lugar, considerando también que la longitud de los sectores divididos sea similar. La Tabla 3-2 muestra el criterio de decisión mencionado anteriormente.

Tabla 3-2: Criterio de selección - Ubicación de aforador en Socavón

Aforador	Compuerta Aguas Abajo del Aforador	Número de compuertas que abarca	Longitud (m)
Limáhuida (Actual)	107CP	56	26171
Socavón (Propuesto)	164CP	56	20944

En la Figura 3-1 se muestra el sistema de aforos actual y propuesto del canal.

Figura 3-1: Trazado en Planta Canal Buzeta



3.1.2 Tipo de Aforador

Aunque las canaletas Parshall a lo largo de los años han sido ampliamente utilizadas en muchos proyectos de riego, ya no se recomiendan generalmente a causa de las grandes implicancias de medir en flujo en base a un resalto ahogado, donde se sacrifica en precisión de medición, y además se requiere de dos puntos de medición, haciendo necesario el uso de dos pozos aquietadores, resultando en una obra más cara y difícil de operar.

Es por ello que la U.S. Bureau of Reclamation (USBR) recomienda el uso de aforadores de garganta larga o de tipo vertedero, que son fáciles de construir y operar, además de poder ser diseñadas al 90% del límite de sumergencia, con una sola medición aguas arriba de la obra (Ref. iv). Entre estos dos tipos, se descarta el de tipo vertedero, pues por lo general peraltan demasiado el flujo aguas arriba de la obra, aumentando las pérdidas de carga. Es por ello que el aforador seleccionado corresponde al de garganta larga.

Un aforador de garganta larga es básicamente una estructura que genera un control hidráulico sobre una grada o contracción del flujo, generando una crisis hidráulica en su garganta y peraltando el flujo aguas arriba de éste, provocando una zona de escurrimiento estable e independiente de las condiciones aguas arriba y aguas abajo de la obra, donde es posible colocar un limnígrafo o un único pozo aquietador conectado con un vaso comunicante, para registrar el nivel de la superficie libre. La Fotografía 3-1 muestra un aforador de garganta larga de sección rectangular.

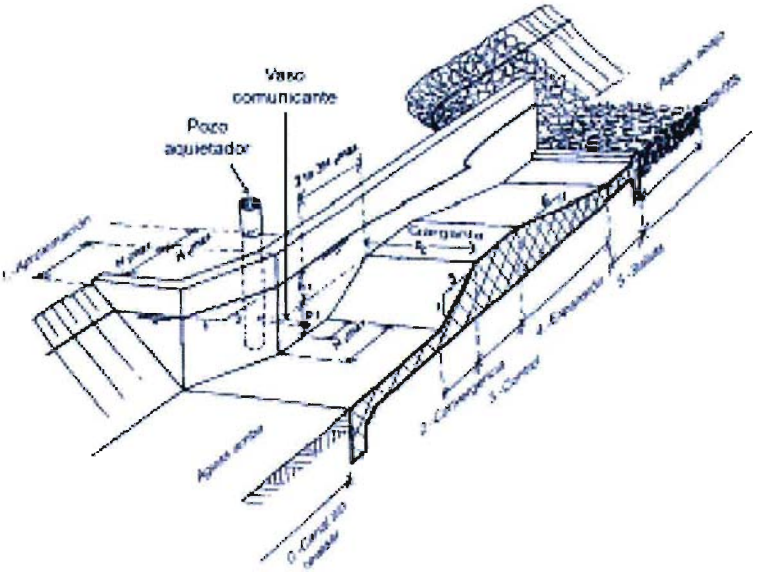
Fotografía 3-1: Aforador de sección de control rectangular



Fuente: Ref. 2

El aforador de garganta larga puede dividirse en 5 zonas: Aproximación, Transición de convergencia, Garganta o zona de control, Transición de Expansión, y Salida. La Figura 3-2 muestra un aforador de control rectangular, y su división por zonas.

Figura 3-2: Zonas características de un aforador de garganta larga



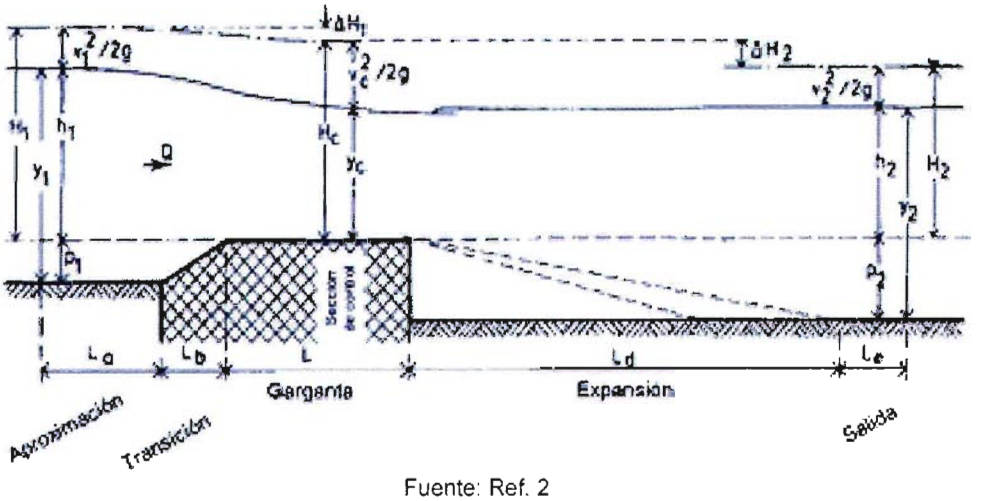
Fuente: Ref. 2

3.1.3 Software WinFlume

WinFlume es un programa computacional gratuito, utilizado para diseñar y/o calibrar aforadores de garganta larga y aforadores tipo vertedero. El software ha sido desarrollado en cooperación con el U.S.B.R., Agricultural Research Service (A.R.S.) y el International Institute for Land Reclamation & Improvement (I.L.R.I.).

La terminología utilizada en el programa se presenta en la Figura 3-3.

Figura 3-3: Terminología del programa WinFlume



Fuente: Ref. 2

Los diseños geométricos de las obras de este documento han sido generadas con el programa WinFlume. Éste utiliza los siguientes criterios de diseño de (Ref ii):

- **Número de Froude en aproximación al control debe ser menor o igual a 0.5**, sobre una distancia 3 veces la altura de escurrimiento desde el control hidráulico.

- **Advertencia de sobrepaso de revancha**, la cual es definida por el usuario.

- **Crisis hidráulica en zona de control, para caudales de diseño mínimo $Q_{mín}$ y máximo $Q_{máx}$,**, esto significa que las alturas de escurrimiento aguas abajo en cada caso deben ser tal que no ahoguen la crisis en la garganta de la obra. El cálculo se realiza comparando el límite modular mínimo, correspondiente a la razón de cargas hidráulicas aguas arriba y aguas abajo del sistema, y que la pérdida de carga ($\Delta H_{máx}$) en la condición más desfavorable sea como se indica en la Tabla 3-3:

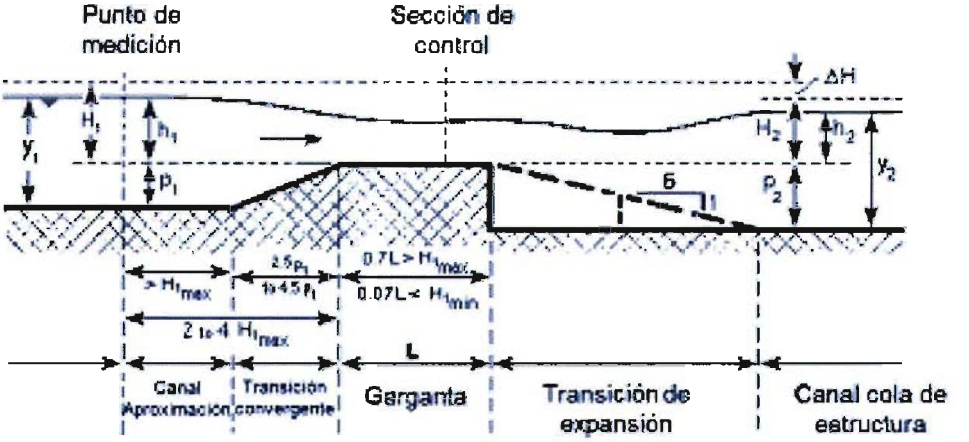
Tabla 3-3: Pérdida de carga requerida bajo la condición más desfavorable: sin transición de expansión y velocidad = 0 m/s

Forma Sección de control	Límite modular mínimo H_2/H_1	Pérdida de carga $\Delta H_{máx}$
Rectangular	0,60	$0,40H_1$
Trapecial	0,70	$0,30H_1$
Triangular	0,76	$0,24H_1$

Fuente: Ref. ii.

Si la pérdida de carga $\Delta H_{máx}$ no se logra con la geometría dada, el programa ajustará la geometría en la zona de control con tal de que ocurra escurrimiento crítico. Básicamente utiliza los criterios presentados en la Figura 3-4.

Figura 3-4: Criterio de diseño geométrico WinFlume



Fuente: Ref. 3

- **Precisión de medición de caudal de diseño mínimo y máximo**. Esto se define en función de la precisión de los datos de curva de descarga que genera automáticamente WinFlume con la geometría del aforador y las condiciones del flujo. Experimentalmente se tiene:

$$X_c = \pm\left(1{,}9 + 742\left(0{,}07 - \frac{H_1}{L}\right)^{1.5}\right) \quad Si\ H_1/L < 0{,}07$$

$$X_c = \pm\left(1{,}9 + 12{,}78\left(\frac{H_1}{L} - 0{,}7\right)^{1.5}\right) \quad Si\ H_1/L > 0{,}7$$

Donde:

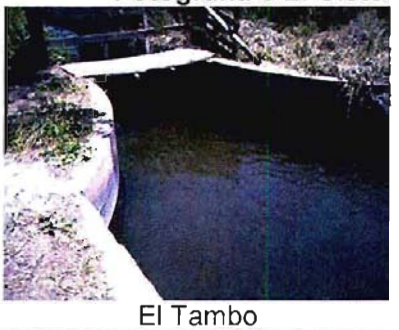
X_c : Precisión de la altura de escurrimiento (%).
H_1 : Carga hidráulica aguas arriba de la garganta (m).
L : Largo de la garganta (m).

Estos valores indican que dentro del rango $0{,}7 < H_1/L < 0{,}07$, la precisión de la medición de la altura de escurrimiento se mantiene en un valor igual o menor al 1,9%. Luego, el programa estima con estos valores la precisión del caudal mediante propagación del error sobre la curva de descarga, donde el usuario debe ingresar valores de precisión máximos admisibles para el caudal mínimo y máximo.

3.2 CALIBRACIÓN DE AFORADORES EXISTENTES

Del catastro en terreno se identificaron 4 aforadores que se encuentran en buenas condiciones pero que actualmente no están siendo utilizados, producto que no se tiene la curva de descarga asociada a su regla de aforos. Estos aforadores son del tipo control hidráulico por angostamiento. A continuación se muestra una serie de fotografías de los aforadores actualmente instalados.

Fotografía 3-2: Sistema actual de aforadores de hormigón



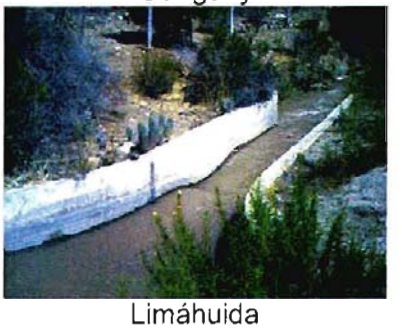
El Tambo



Colliguay



Tahuinco



Limáhuida

La información con que se dispone de estos aforadores es insuficiente para realizar un calibrado teórico, puesto que es necesario conocer la sección de fondo a lo largo de toda la obra.

En ausencia de lo anterior, se propone realizar una calibración por medio del método de área-velocidad en la zona revestida, utilizando un molinete. Para este método es necesario controlar el flujo que ingresa a la obra, ya sea con un canal de desvío o disminuyendo el caudal desde la bocatoma, a objeto de controlar el flujo pasante por la obra y con ello aforar con el molinete a distintas alturas de escurrimiento.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Controlar el flujo de entrada al aforador, comenzando con un mínimo razonable.
2. Medir con el limnígrafo instalado (o instalar uno en mejores condiciones) la altura de escurrimiento del flujo.
3. Medir con el molinete la velocidad del flujo, siguiendo las recomendaciones de aforo del manual ITC-09 Instructivo de aforo en canales no revestidos (Ref.).

4. Estimar por medio del método de área-velocidad, el caudal pasante por la obra.
5. Repetir el procedimiento para distintas alturas de escurrimiento.

Una vez que se tenga una cantidad de valores de altura y caudal suficientes, se podrá crear en una planilla de cálculo la curva de descarga del aforador.

Se recomienda utilizar el manual ITC-09 Instructivo de aforo en canales no revestidos, disponible en la página web de la Comisión Nacional de Riego.

3.3 CRITERIOS DE DISEÑO AFORADORES

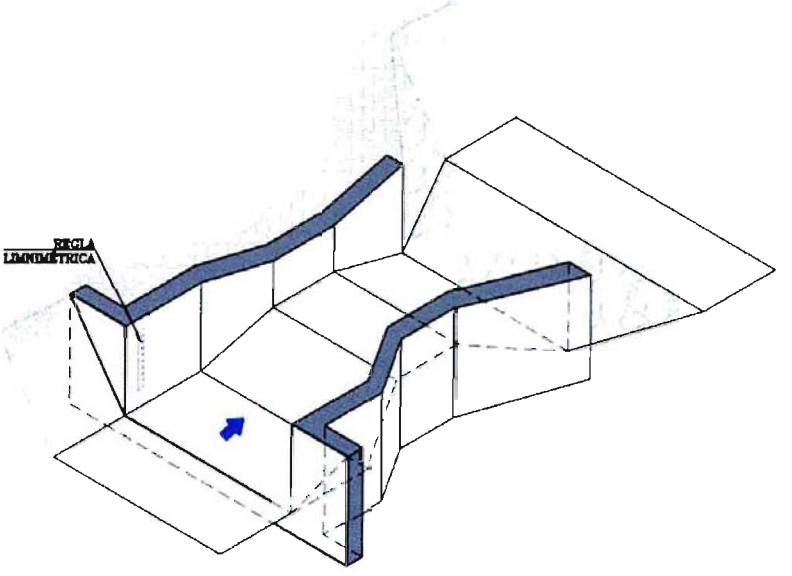
Para el diseño de los nuevos aforadores se utiliza el programa computacional WinFlume. Como datos de entrada al modelo se adopta la siguiente información:

- Caudal mínimo de diseño=10% del Caudal de diseño.
- Caudal máximo de diseño=130% del Caudal de diseño.
- Caudal de diseño = Caudal de derecho que fluye en el lugar donde se ha propuesto instalar el aforador.
- Estimación de las alturas de escurrimiento aguas abajo del sistema: Eje hidráulico del canal (Ref ii).
- Revancha máxima admisible en toda la obra según recomendaciones de la DOH, correspondiente al 15% de la altura normal de escurrimiento, con un mínimo de 0,2 m.
- Longitud de aproximación del aforador (La) será 3 veces la longitud dada por el programa, para efectos de dar estabilidad al flujo entrante.
- Longitud entre zona de convergencia y regla limnimétrica (o vaso comunicante) será 2 veces la longitud recomendada por el programa.
- Precisión máxima admisible a caudal mínimo de diseño $\pm$8%.
- Precisión máxima admisible a caudal máximo de diseño $\pm$4%.

Como se ha mencionado, las condiciones del flujo estarán dadas por el eje hidráulico estimado en HEC-RAS, donde se utilizarán los parámetros de las secciones colindantes.

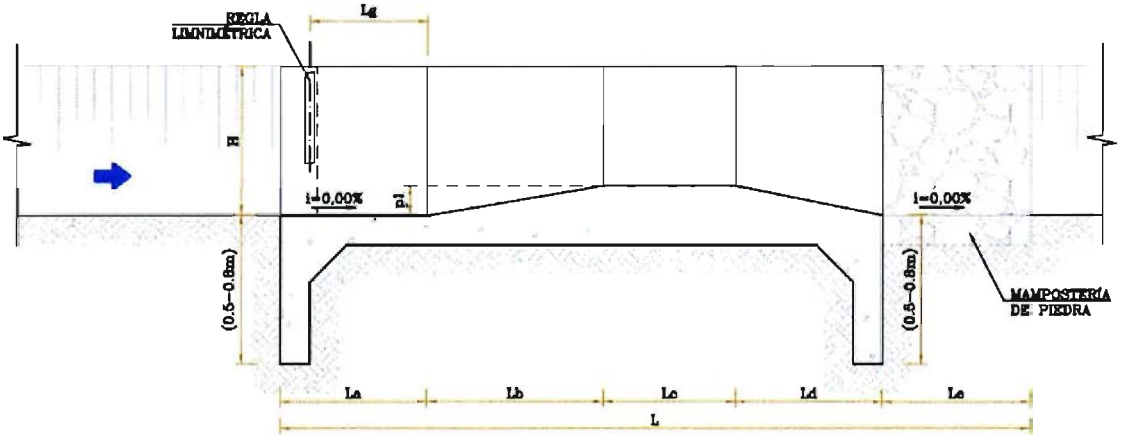
Se propone el diseño de aforador de garganta de sección rectangular. La Figura 3-5 muestra un esquema del aforador tipo rectangular.

Figura 3-5: Aforador tipo rectangular



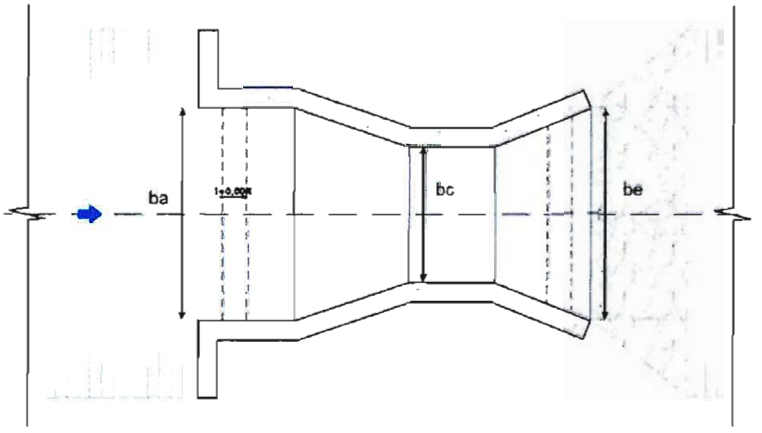
Para mostrar los resultados se adopta la nomenclatura que se muestra en la Figura 3-6 para el perfil longitudinal, y la Figura 3-7 para los perfiles transversales.

Figura 3-6: Perfil longitudinal aforador



Es importante señalar que Lg corresponde a la mínima distancia que puede ubicarse el limnímetro o vaso comunicante respecto a la zona de convergencia, esto con el objetivo de evitar perturbaciones de medición producto de la contracción de la garganta.

Figura 3-7: Vista en planta aforador



3.4 DISEÑO AFORADOR SOCAVÓN

Los perfiles topográficos utilizados del eje hidráulico se presentan en la Figura 3-8 y la Tabla 3-4 muestra los datos a usar en el aforador. La distancia entre las dos secciones es de 59,5 m, lo que da una pendiente de 0,0016 m/m. El coeficiente de rugosidad adoptado para el cálculo del programa de la altura de escurrimiento mediante la ecuación de Manning es de n=0,025.

Figura 3-8: Perfiles topográficos aguas arriba y aguas abajo de aforador Socavón

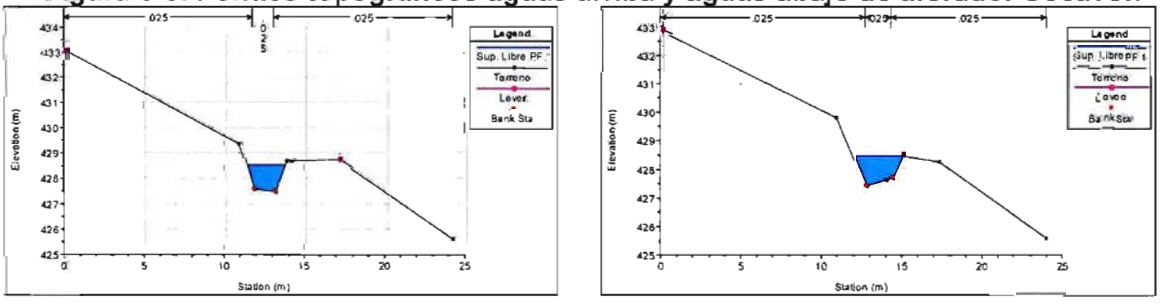


Tabla 3-4 Datos secciones HEC-RAS colindantes Aforador Socavón

Sección	Velocidad media	Área escurrimiento	Ancho pelo de agua	Número de Froude	Altura Escurrimiento	Ancho base	Pendiente talud	Alto talud
	(m/s)	(m2)	(m)	(-)	(m)	(m)	(H:V)	(m)
Aguas Arriba	1,42	1,86	2,36	0,45	1,07	1,40	0,57	1,20
Aguas Abajo	1,25	2,07	2,99	0,42	1,04	1,50	0,84	1,05

Se escoge una base de 1,5 m. La Figura 3-9 muestra las secciones de la obra, mientras que la Figura 3-10 muestra el perfil longitudinal entregada por el programa.

Figura 3-9 Secciones transversales Aforador Socavón

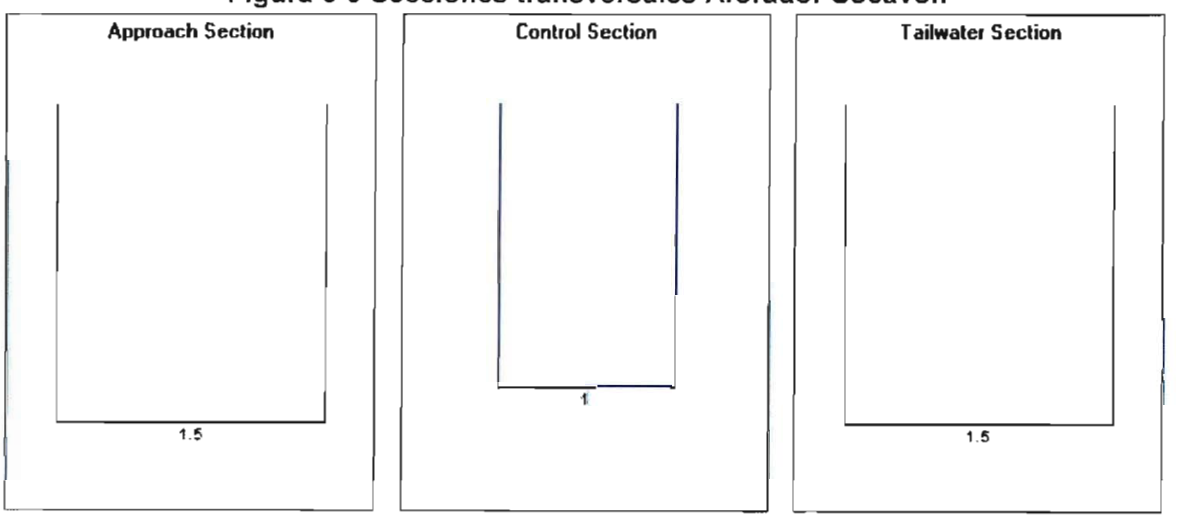
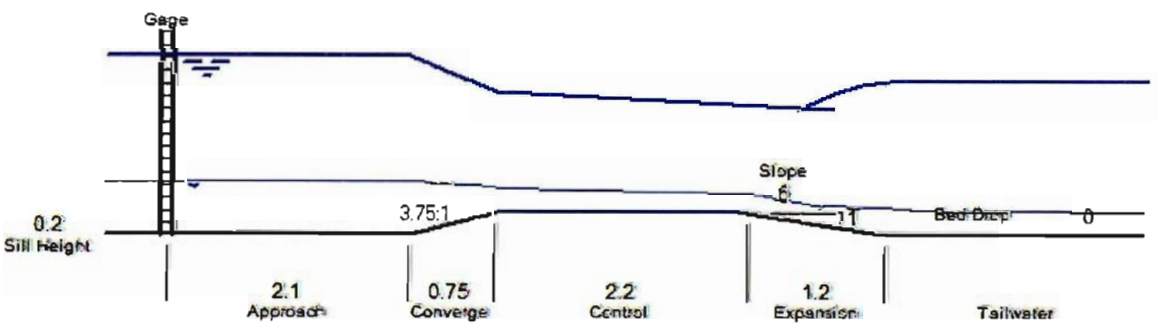


Figura 3-10 Perfil longitudinal Aforador Socavón



La Tabla 3-5 da cuenta de los valores geométricos de la obra y los criterios de diseño adoptados.

Tabla 3-5 Dimensiones geométricas Aforador Socavón

Parámetro	Valor (m)
p1	0,20
La	6,30
Lb	0,75
Lc	2,20
Ld	1,20
Le	1,00
L	11,45
H	1,76
Lg	3,40
ba	1,50
bc	1,00
be	1,50

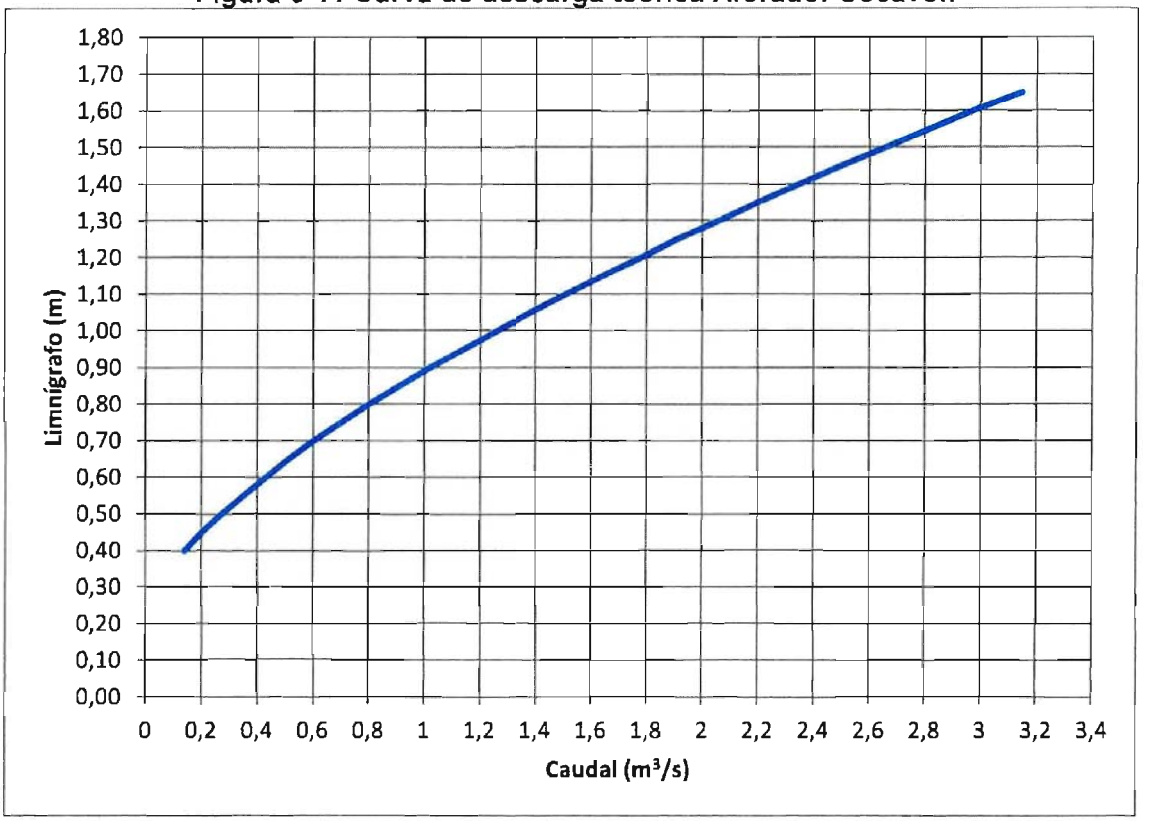
La curva de descarga para el limnígrafo se presenta en la Tabla 3-6. La Figura 3-11 muestra dicha curva.

Tabla 3-6 Curva de descarga Socavón

Limnígrafo (m)	Caudal (m^3/s)
0,40	0,14
0,45	0,2
0,50	0,27
0,55	0,35
0,60	0,43
0,65	0,51
0,70	0,6
0,75	0,7
0,80	0,8
0,85	0,91
0,90	1,02
0,95	1,14
1,00	1,26
1,05	1,38
1,10	1,51
1,15	1,64
1,20	1,78
1,25	1,91
1,30	2,06
1,35	2,2

Limnígrafo	Caudal
1,40	2,35
1,45	2,5
1,50	2,66
1,55	2,82
1,60	2,98
1,65	3,15

Figura 3-11 Curva de descarga teórica Aforador Socavón



3.5 DISEÑO AFORADOR LAS CAÑAS I Y II

Los perfiles topográficos utilizados del eje hidráulico se presentan en la Figura 3-12. La distancia entre las dos secciones es de 59,5 m, lo que da una pendiente de 0,0016 m/m. El coeficiente de rugosidad adoptado para el cálculo del programa de la altura de escurrimiento mediante la ecuación de Manning es de n=0,025. La Tabla 3-7 muestra las características del flujo en base a los resultados de HEC-RAS.

Figura 3-12: Perfiles topográficos aguas arriba y aguas Aforador Las Cañas I y II

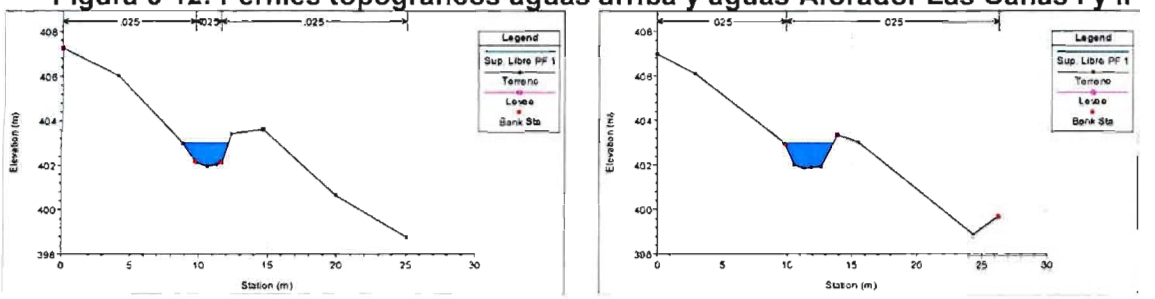


Tabla 3-7: Características del flujo cercano al aforador Las Cañas I y II

Sección	Elevación de fondo	Ancho basal	Alto talud	Pendiente inversa Talud	Altura Escurrimiento	Velocidad	Número de Froude
	(msnm)	(m)	(m)	(-)	(m)	(m/s)	(-)
Aguas Arriba	403,05	1,70	1,42	0,55	1,049	0,51	0,19
Aguas Abajo	403,04	1,50	1,5	0,66	1,136	0,44	0,15

Para la sección se adopta un ancho basal de 2 m tanto para aguas arriba como aguas abajo. La Figura 3-13 muestra las secciones de la obra, mientras que la Figura 3-14 muestra el perfil longitudinal entregado por el programa. La Tabla 3-8 da cuenta de las dimensiones geométricas de la obra según los criterios de diseño.

Figura 3-13: Secciones transversales Aforador Las Cañas I y II

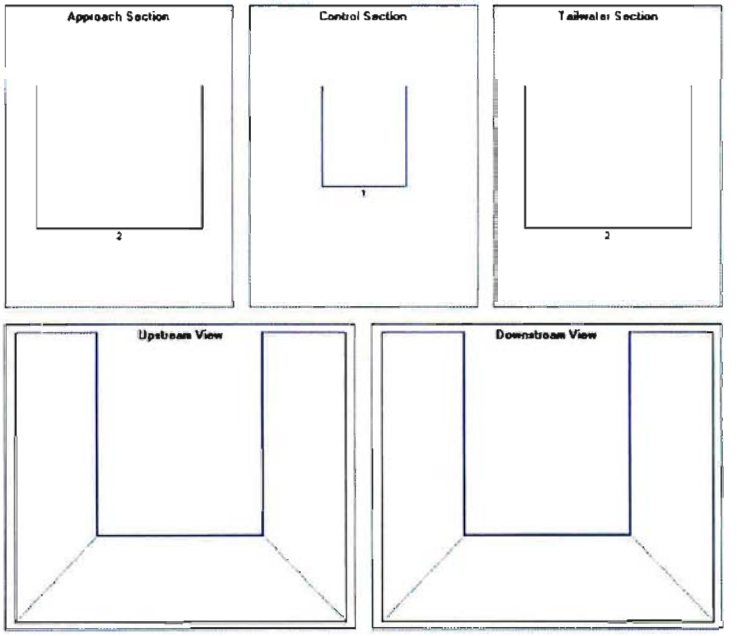


Figura 3-14: Perfil longitudinal Aforador Las Cañas I y II

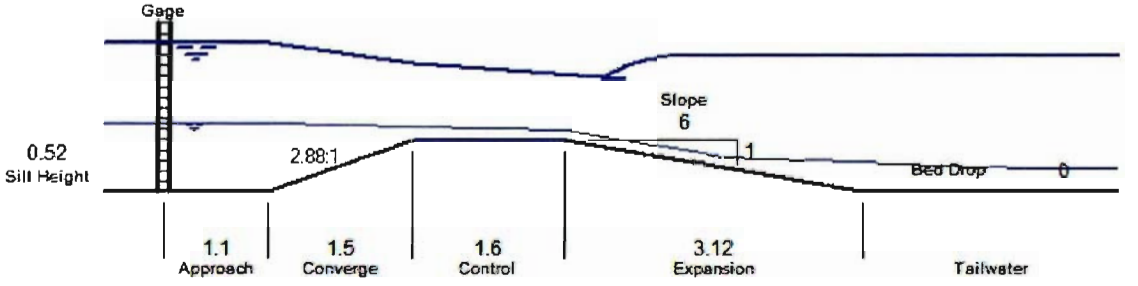


Tabla 3-8: Dimensiones geométricas Aforador Las Cañas I y II

Parámetro	Valor (m)
p1	0,52
La	3,30
Lb	1,50
Lc	1,60
Ld	3,12
Le	1,00
L	10,52
H	1,74
Lg	2,20
ba	2,00
bc	1,00
be	2,00

La curva de descarga para el limnígrafo se presenta la Tabla 3-9. La Figura 3-15 muestra dicha curva.

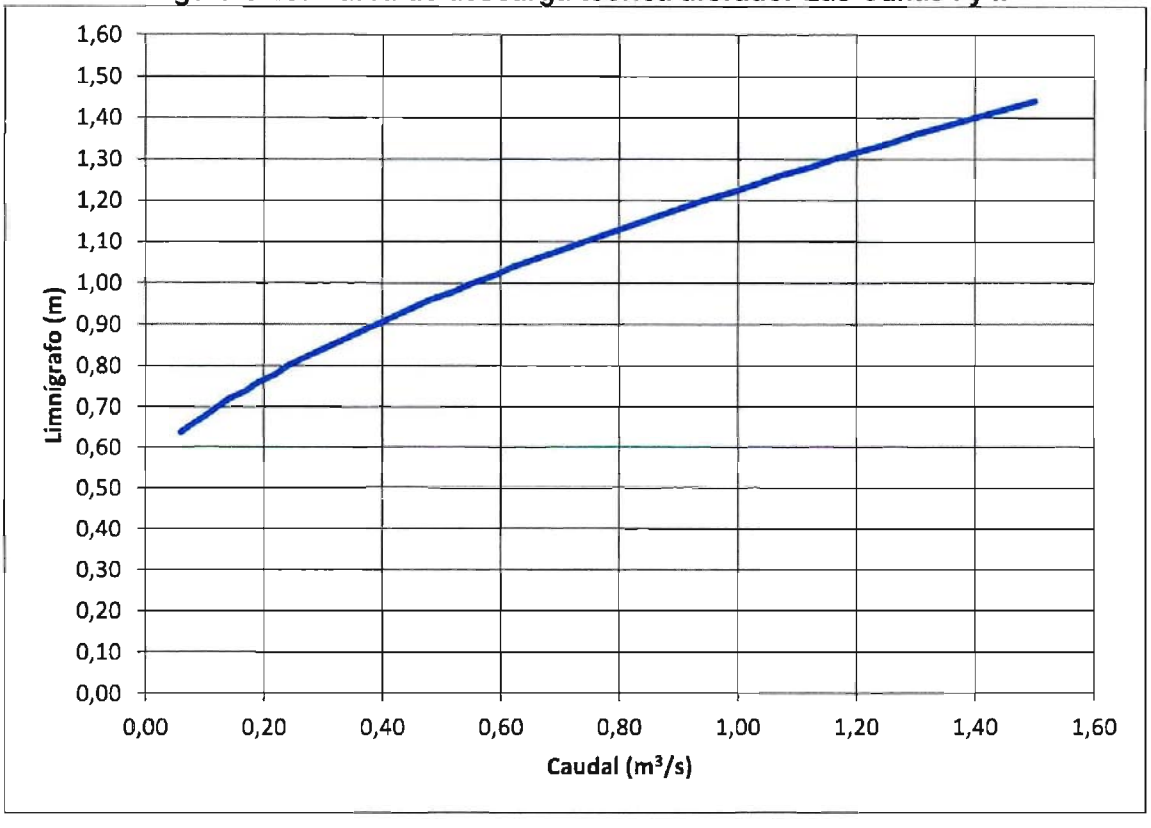
Tabla 3-9: Curva de descarga Las Cañas I y II

Limnígrafo (m)	Caudal (m^3/s)	Limnígrafo (m)	Caudal (m^3/s)
0,64	0,06	1,06	0,66
0,66	0,08	1,08	0,70
0,68	0,10	1,10	0,74
0,70	0,12	1,12	0,78
0,72	0,14	1,14	0,82
0,74	0,17	1,16	0,86
0,76	0,19	1,18	0,90
0,78	0,22	1,20	0,94
0,80	0,24	1,22	0,99
0,82	0,27	1,24	1,03

Limnígrafo	Caudal
0,84	0,30
0,86	0,33
0,88	0,36
0,90	0,39
0,92	0,42
0,94	0,45
0,96	0,48
0,98	0,52
1,00	0,55
1,02	0,59
1,04	0,62

Limnígrafo	Caudal
1,26	1,07
1,28	1,12
1,30	1,16
1,32	1,21
1,34	1,26
1,36	1,30
1,38	1,35
1,40	1,40
1,42	1,45
1,44	1,50
1,46	1,55

Figura 3-15: Curva de descarga teórica aforador Las Cañas I y II



3.6 CUBICACIONES

Para cubicar se ha adoptado los espesores que se muestran en la Tabla 3-10. Si bien en este canal la socavación es casi nula, dada sus bajas velocidades de escurrimiento, se impone un revestimiento de mampostería de 1 m de largo aguas abajo de la obra para efectos de seguridad. Para efectos de prediseño también se ha adoptado dientes de hormigón aguas al inicio y fin de la obra de 0,8 m.

Tabla 3-10: Espesores material aforadores

Espesores		
Hormigón H-25 Pared	0,15	(m)
Hormigón H-25 Fondo	0,20	(m)
Emplantillado H-5	0,05	(m)
Mampostería	0,20	(m)

Luego, se estiman las siguientes partidas para ambos aforadores.

3.6.1 Aforador Socavón

La Tabla 3-11 muestra las cubicaciones para el aforador Socavón.

Tabla 3-11: Cubicación Aforador Socavón

Itemizado	Valor	Unidad
Excavación	7,30	(m^3)
Mampostería	0,30	(m^3)
Hormigón H-25	7,11	(m^3)
Emplantillado H-5	0,39	(m^3)
Enfierradura 50 kg/m^3	355,70	(kg)

3.6.2 Aforador Las Cañas I y II

Análogo al aforador Socavón, la Tabla 3-12 muestra las cubicaciones para el aforador Las Cañas I y II.

Tabla 3-12: Cubicación Aforador Las Cañas I y II

Itemizado	Valor	Unidad
Excavación	10,82	(m^3)
Mampostería	0,30	(m^3)
Hormigón H-25	9,02	(m^3)
Emplantillado H-5	0,45	(m^3)
Enfierradura 50 kg/m^3	451,11	(kg)

Contrastando ambas tablas, se observa que el aforador Las Cañas I y II posee una cuantía de hormigón mayor que el de Socavón. Esto se debe principalmente al ancho del canal, que en el caso de Las Cañas es de 2 m, produciendo una obra con un perímetro mojado mayor.

4 SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTO DE CAUDALES

En el presente acápite se describe el sistema de medición remoto de caudales, el cual se propone instalar en cada sistema de medición manual de caudales en el canal matriz, con el objetivo de optimizar la operación y control de los derechos de agua, facilitando las labores del celador al momento de decidir el cierre o apertura de compuertas para las entregas de derechos de aprovechamiento, o mejorando los tiempos de respuesta ante eventualidades como el robo del recurso

4.1 DESCRIPCIÓN

Para el sistema de medición remoto de caudales, se ha adoptado la solución WiseFlow, el cual es un sistema que combina hardware y software dedicado para la provisión de una solución integral para la gestión del recurso hídrico en grandes sistemas hidráulicos en el que pueden interactuar embalses, canales matrices, derivados, trasvases, etc. y las comunidades de aguas. El sistema se compone de sensores electrónicos, equipos de monitoreo y comunicación WiseFlow, y la aplicación web WiseFlow para el manejo de la información muestreada.

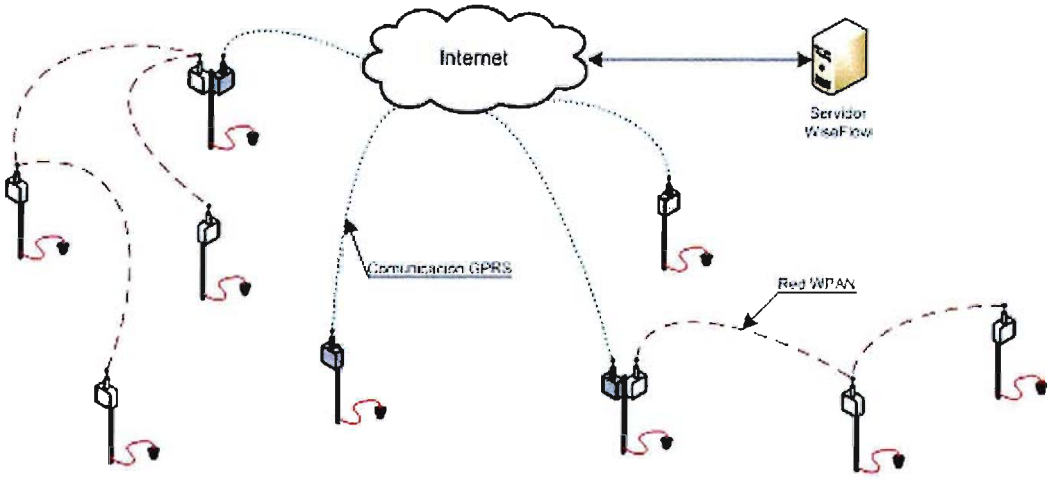
WiseFlow opera por medio de equipos de monitoreo con capacidad de comunicación inalámbrica local y GPRS (en el caso de los concentradores). Los sensores que se consideran miden la variable correspondiente conforme se requiera:

1. Altura de agua; nivel en el afluente o en un repositorio de agua, por medio de sensores electrónicos.
2. Altura de columna de agua: presión de agua.
3. Diseño doppler: sensores que monitorean velocidad y altura de columna generando una lectura directa de caudal en una sección conocida.

La solución se convierte en una herramienta fundamental para los usuarios de agua que quieran hacer una buena distribución del recurso hídrico. El seguimiento continuo del nivel de agua, permite conocer de manera precisa los volúmenes de agua que cada uno de las organizaciones está manejando, lo que se integra directamente con los derechos de agua de cada uno de los usuarios, simplificando el trabajo de los jueces de agua, administradores de canal/canales y los mismos celadores.

Los equipos forman redes locales de comunicación inalámbrica (redes Wireless Personal Area Network o WPAN, con el protocolo IEEE 802.15.4), operando en la banda de frecuencia ISM (Industrial, Scientific and Medical) de los 900 MHz. con un alcance máximo de 3.000 metros. La Figura 4-1 muestra el esquema de comunicación informático de WiseFlow.

Figura 4-1: Redes de comunicación inalámbrica

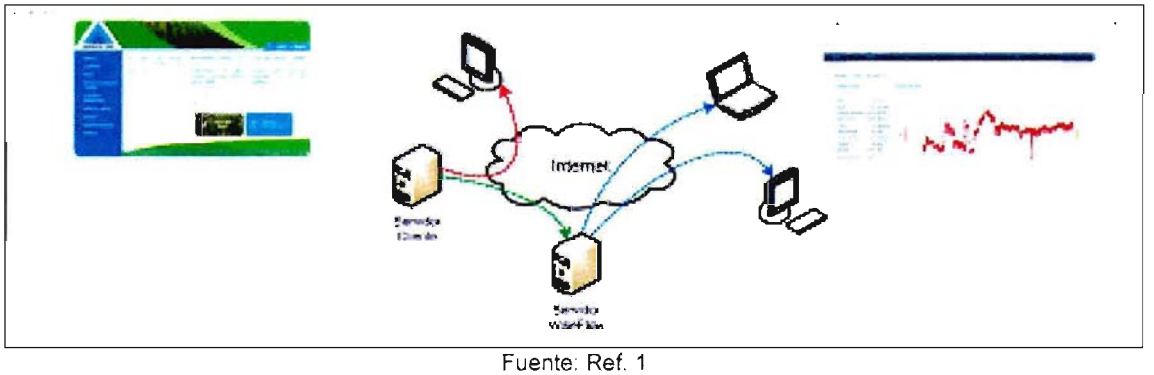


Fuente: Ref. 1

Las mediciones locales de cada equipo son transmitidas a través de la red WPAN, convergiendo en los concentradores con capacidad de enlace GPRS, permitiendo acceder directamente a Internet, enlazando con los servidores WiseFlow.

Con los registros disponibles en la base de datos WiseFlow, los usuarios pueden acceder a la aplicación WiseFlow 2.0. Esta permite hacer una revisión general y específica de cada uno de los afluentes monitoreados, los que con la respectiva curva de caudal o el algoritmo requerido permiten estimar el caudal pasante en el aforador. Asimismo, el sistema maneja datos de dotación y volumen acumulado, otra característica es la definición de alarmas de nivel, las que generan alarmas vía correo electrónico y/o mensajería SMS. La Figura 4-2 muestra la transmisión de información vía Internet, directamente del servidor del cliente, o del propio servidor WiseFlow en otros computadores.

Figura 4-2: Base de datos WiseFlow



Fuente: Ref. 1

La naturaleza web del Sistema mantiene la solución operando en tiempo real, disponibles desde cualquier lugar, en cualquier momento. Esta misma característica permite que los datos puedan ser consultados desde otras aplicaciones, por ejemplo, el sitio web del cliente. El servidor central sirve como repositorio de datos para la consulta de información en tiempo real e histórico, disponiendo de datos continuos a lo largo del tiempo, desde la fecha de implementación de la solución en adelante.

La consulta de datos se realiza por medio de cualquier browser web, permitiendo el acceso a la aplicación web WiseFlow, desarrollada para la administración de información hídrica. Al ser un software en línea, se habilita el acceso de manera libre a cualquier usuario registrado, permitiendo un acceso simple y amigable a cualquier desde cualquier lugar.

4.2 COMPONENTES DE LA SOLUCIÓN

La solución contempla elementos de Hardware, Software e Infraestructura; que son descritos en esta sección.

4.2.1 Instrumentación y equipos

En cada punto de medición se incluye los siguientes dispositivos.

1. Sensor de presión: Sensor ultrasonido.

2. Gabinete: el cual incluye,
    a. Módulo de comunicaciones GPRS.
    b. Kit de Energía Solar.
    c. Nodo Dropflow.
    d. Tarjeta de expansión.

4.2.2 Estructuras y protecciones

Las estructuras en que se instalan la instrumentación y equipos es la siguiente:

1. Pozo limnimétrico, con dimensiones adecuadas y tapa metálica para protección del sensor.
2. Tuberías de PVC para la instalación del cableado enterrado.
3. Nicho de albañilería: Para la protección del gabinete.
4. Poste: Para la instalación del panel solar y la antena de comunicaciones.
5. Cerco perimetral: Para la protección del sistema integrado.

La Figura 4-3 y Figura 4-4 presentan un esquema de los componentes necesarios para el funcionamiento del sistema remoto en un aforador, mientras que la Fotografía 4-1 muestra un ejemplo del sistema instalado en terreno.

Figura 4-3: Vista transversal del sistema de aforo remoto

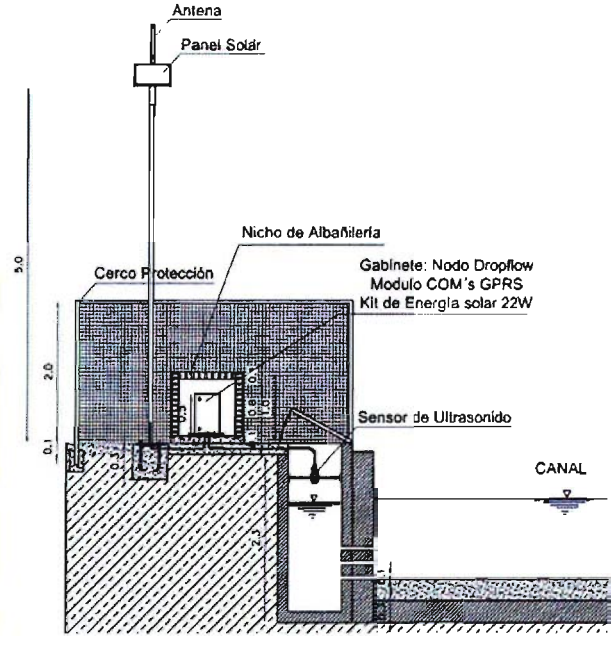
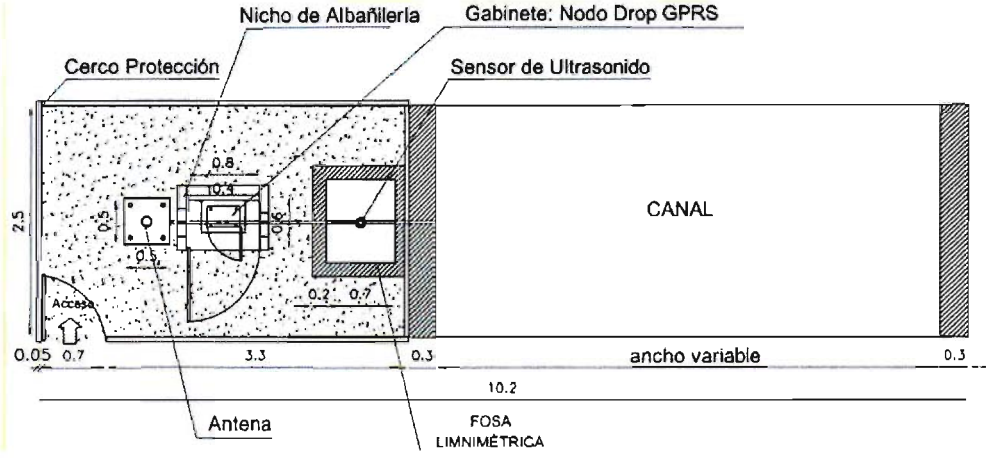


Figura 4-4: Vista en planta del sistema de aforo remoto



Fotografía 4-1: Los equipos WiseFlow en terreno



Fuente: Ref. 1

4.2.3 Servidor Wiseflow

Los equipos de monitoreo y comunicación en terreno transmiten a un sistema de servidores -WiseServer- centrales que almacenan y centralizan los datos recopilados por cada uno de los equipos WiseFlow; estos equipos operan como servidores para las aplicaciones web con que el sistema opera.

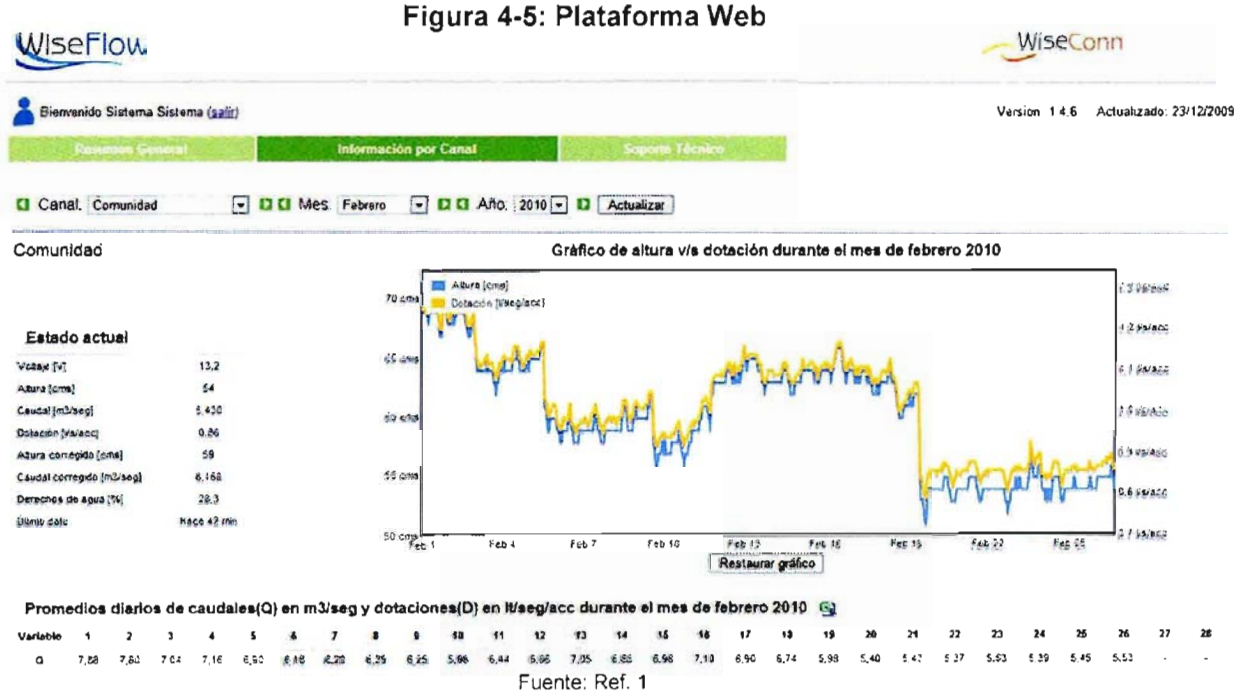
Los sistemas de servidores son alojados y mantenidos por Wiseconn en sus oficinas, y son una componente *invisible* para el usuario en el sistema. Wiseconn tiene la responsabilidad de mantener operativos estos sistemas con un nivel de disponibilidad sobre el 99%, lo que sumado a otros gastos operacionales en que la empresa incurre (por ejemplo el soporte y el trafico mensual de datos vía celular) lleva a establecer un contrato de mantención mensual del sistema por equipo, el que será detallado en la parte final del documento, junto con la cotización.

4.2.4 Plataforma Web

El software web tiene como principal objetivo proveer al administrador de aguas de las herramientas suficientes para hacer una gestión completa del manejo de las aguas que ingresan y se asignan a cada uno de los usuarios de agua de la comunidad.

Para estos efectos la aplicación web dispone de herramientas gráficas que permiten visualizar y entender el funcionamiento de cada uno de los afluentes bajo observación, presentando el nivel de agua y el caudal instantáneo en cada punto y el volumen acumulado a lo largo del tiempo, etc.

Figura 4-5: Plataforma Web



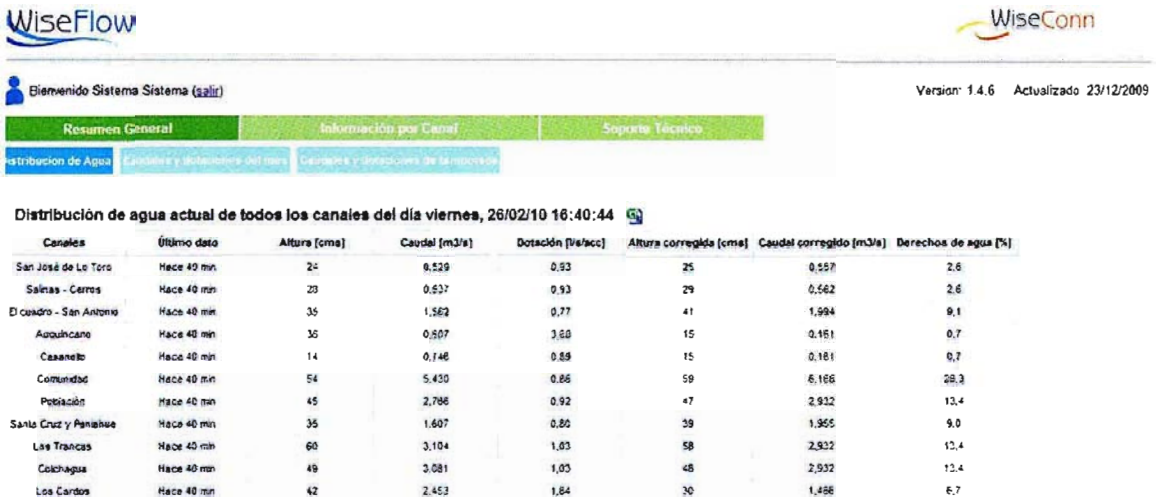
Fuente: Ref. 1

El variable tiempo es un parámetro ajustable permitiendo que los interesados puedan hacer estudios considerando distintos espacios temporales, desde datos inmediatos hasta un análisis por temporada o una revisión histórica personalizada.

Junto con el sistema gráfico para una comprensión inmediata de la realidad hídrica, se puede manejar la información en tablas, las que permiten ver la misma información de los gráficos de manera tabulada, permitiendo al usuario hacer una importación de los datos a un formato que puede ser accedido con MS Excel para que pueda procesar la información a su manera.

El sistema maneja una página de inicio que resume el actual estado de todos los puntos del sistema y un total global del sistema hídrico bajo observación:

Figura 4-6: Página de inicio del sistema WiseFlow



Distribución de agua actual de todos los canales del día viernes, 26/02/10 16:40:44

Canales	Último dato	Altura [cms]	Caudal [m3/s]	Dotación [l/s/sc]	Altura corregida [cms]	Caudal corregido [m3/s]	Derechos de agua [%]
San José de Lo Toro	Hace 40 min	24	0,539	0,93	25	0,557	2,6
Salinas - Cerros	Hace 40 min	28	0,537	0,93	29	0,562	2,6
El cuadro - San Antonio	Hace 40 min	35	1,562	0,77	41	1,994	9,1
Acquincano	Hace 40 min	36	0,607	3,68	15	0,161	0,7
Casanelo	Hace 40 min	14	0,146	0,89	15	0,161	0,7
Comunidad	Hace 40 min	54	5,430	0,86	59	6,166	28,3
Población	Hace 40 min	45	2,786	0,92	47	2,932	13,4
Santa Cruz y Panaloso	Hace 40 min	35	1,607	0,80	39	1,955	9,0
Las Trancas	Hace 40 min	60	3,104	1,03	58	2,932	13,4
Colchagua	Hace 40 min	49	3,081	1,03	48	2,932	13,4
Los Cardos	Hace 40 min	42	2,453	1,84	30	1,466	6,7

Fuente: Ref. 1

El acceso a la información está restringido a los usuarios que estén autorizados, con niveles de jerarquía que permitirían limitar el acceso y el manejo de la información, según sea el vínculo de los usuarios con la organización.

Figura 4-7: Forma de Acceso Sistema WiseFlow



Fuente: Ref. 1

De esta manera se podrá entregar información general a terceros, como pueden ser comunidades de riego aguas arriba, aguas abajo, asesores, o incluso (si la organización lo autoriza) dar acceso a la Dirección General de Aguas.

Dos instrumentos que son importantes destacar dentro de la aplicación WiseFlow son:

- Capacidad de implementar curvas de aforo paralelas para cada punto (basadas en la misma medición de nivel).
- Sistema de alarmas dinámico para la generación de acciones de control sobre cada uno de los canales bajo observación.

El último punto descrito tiene por objetivo poder definir volúmenes de control, al acercarse o sobrepasar aquellos niveles predeterminados por el administrador, la aplicación podría genera una alerta visual que lleva a que el responsable genere las acciones correspondientes para optimizar el uso del recurso o detectar problemas (extracciones ilegales, obstrucciones, etc).

4.3 CUBICACIONES

Se estima una fosa limnimétrica de similares características para ambos aforadores, donde las pequeñas diferencias corresponden al alto de la obra. La Tabla 4-1 presenta el itemizado con las cubicaciones de esta obra.

Tabla 4-1: Cubicación fosa limnimétrica

Itemizado	Unidad	Cantidad	
		Aforador Socavón	Aforador Las Cañas I y II
Excavación	m^3	1,66	1,64
Hormigón H-25	m^3	0,48	0,47
Emplantillado H-5	m^3	0,05	0,05
Enfierradura (50 kg/m^3)	kg	23,76	23,49

Los instrumentos necesarios a incorporar en el sistema de medición remoto del canal Buzeta se listan en la Tabla 4-2. Se ha considerado un cerco perimetral solo para los equipos de medición (no se consideran los nodos repetidores).

Tabla 4-2: Instrumentación equipo de medición remoto de caudales

Instrumentos	Cantidad
Equipos Electrónicos	
Nodo Dropflow	5
Nodo Repetidor	2
Módulo COMs GPRS	5
Tarjeta Exp. 4.-20mA	5
Kit de Energía Solar 22W	5
Sensor Ultrasonido 4.-20mA	5
Estructuras y protecciones	
Estructura de Montaje Sensores - Motores	5
Estructura de Montaje Nodo con Panel	7
Cerco Perimetral	5

14.3. EXPROPIACIONES Y SERVIDUMBRES

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

4184-3000-GA-INF-007_C

ANEXO 14.3 - INFORME EXPROPIACIONES Y SERVIDUMBRES

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
B	Nombre Firma	P. Zúñiga	P.Muñoz / P.Zúñiga	D. González	Coordinación Interna
	Fecha	21.10.14	04.11.14	11.11.14	
C	Nombre Firma	P. Zúñiga	P.Muñoz / P.Zúñiga	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	11.07.15	11.07.15	11.07.15	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia. Santiago
Teléfono: +56 022 381 6000
Fax: +56 022 381 6001
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

ANEXO 14.3 - INFORME EXPROPIACIONES Y SERVIDUMBRES

ÍNDICE

1 ANTECEDENTES EXPROPIACIONES 3

2 CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DE LAS ÁREAS A EXPROPIAR 3

2.1 OBRAS CANAL BUZETA 3

2.2 VARIANTE DE CAMINOS 3

3 CONCLUSION 3

1 ANTECEDENTES EXPROPIACIONES

En el presente informe se presentan los antecedentes relativos a la expropiación de los terrenos requeridos para la construcción de los mejoramientos del canal Buzeta. Los sectores a expropiar se encuentran referidos a las necesidades de las siguientes obras:

- Obras para Mejorar Optimización del Riego
- Obras para Mejorar Seguridad Física del Canal

Los antecedentes a utilizar para la elaboración se obtienen desde la bases de datos que está disponible en el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). Esta base de datos es alimentada directamente por el Servicio de Impuestos Internos (SII). La información proporcionada por el CIREN consta de un catastro de predios de la zona de interés y la información de los roles asociados a los predios. Con la información de estos roles es posible conseguir los antecedentes de los propietarios de los predios a través de la obtención del certificados de avalúo fiscal proporcionados por el SII.

2 CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DE LAS ÁREAS A EXPROPIAR

2.1 OBRAS CANAL BUZETA

Para definición de la faja a expropiar del canal alimentador se considera una distancia de 1 metro a partir de cualquier obra definida en el proyecto.

Sin embargo, dado que los mejoramientos se encuentran en zona de canal existente, no se requiere faja de expropiación respecto a estas obras.

2.2 VARIANTE DE CAMINOS

Para definición de la faja a expropiar de las variantes de caminos se consideran los criterios indicados en volumen N°2 del Manual de Carreteras en la sección Expropiaciones que considera una faja de 20 metros desde eje para caminos locales.

Sin embargo, dado que los mejoramientos se encuentran en zona de canal existente, no se requiere faja de expropiación respecto a variante de caminos.

3 CONCLUSION

No se requieren expropiaciones para la ejecución de las obras señaladas.

14.4. ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

4184-3000-GA-INF-008_B

ANEXO 14.4 - ANALISIS DE INTERFERENCIAS

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	P. Zúñiga	P.Muñoz / P.Zúñiga	D. González	Coordinación Interna
	Fecha	21.10.14	04.11.14	05.11.14	
B	Nombre Firma	P. Zúñiga	P.Muñoz / P.Zúñiga	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	21.10.14	04.11.2014	11.11.14	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia. Santiago
Teléfono: +56 022 381 6000
Fax: +56 022 381 6001
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

ANEXO 14.4 - ANALISIS DE INTERFERENCIAS

ÍNDICE

1 INTERFERENCIAS 3

1.1 INTERFERENCIAS CON LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN 3

1.2 INTERFERENCIAS CON LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN 3

1 INTERFERENCIAS

El presente informe identifica y describe las interferencias producidas por las obras de construcción de los mejoramientos del canal Buzeta, respecto a rutas viales y de transmisión eléctrica.

1.1 INTERFERENCIAS CON LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN

No se identifican interferencias con la línea eléctrica en ninguna de las obras proyectadas en el canal

1.2 INTERFERENCIAS CON LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN

No se identifican interferencias con rutas en ninguna de las obras proyectadas en el canal

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

CANAL BUZETA

Anexo 16

Santiago, mayo de 2015

CNR
Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

N° 4184-3000-GA-INF-006_0

ANEXO 16 – EVALUACIÓN ECONÓMICA CANAL BUZETA

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	D. Arce	P. Zúñiga	D. González	Coordinación Interna
	Fecha	09.01.15	28.01.15	28.01.15	
B	Nombre Firma	D. Arce	P. Zúñiga	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	28.01.15	28.01.15	28.01.15	
0	Nombre Firma	F. de la Fuente	P. Zúñiga	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	30.07.15	30.07.15	30.07.15	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia. Santiago
Teléfono: +56 022 381 6000
Fax: +56 022 381 6001
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

ANEXO 16 – EVALUACIÓN ECONÓMICA CANAL BUZETA

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4
1.1 GENERAL 4
1.2 OBJETIVOS 5
1.3 ANTECEDENTES 5
1.4 PROYECTO EN ESTUDIO 5
2 ESCENARIOS DE ESTUDIO 6
2.1 SITUACIÓN ACTUAL (SA) 6
2.2 SITUACIÓN SIN PROYECTO (SSP) 7
2.3 SITUACIÓN CON PROYECTO (SCP) 7
3 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA 8
3.1 DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS DE EVALUACIÓN 8
3.2 CRITERIOS ESPECÍFICOS 9
3.2.1 Método de la Productividad Marginal (o Método del Presupuesto) 9
3.2.2 Método del Valor Incremental de la Tierra 10
3.2.3 Método de las Transacciones de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas 10
3.3 LIMITACIONES DE LOS MÉTODOS 12
3.3.1 Método del Presupuesto 12
3.3.2 Método Valor Incremental de la Tierra 12
3.3.3 Método Valor Incremental del Agua 13
4 APLICACIÓN MÉTODO DE LA PRODUCTIVIDAD MARGINAL 14
4.1 BENEFICIOS AGRONÓMICOS 15
4.2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS 29
4.3 COSTOS DE OBRAS (CAPEX) 30
4.4 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (OPEX) 34
4.5 COSTOS AMBIENTALES 36
4.6 RENTABILIDAD DEL PROYECTO RIEGO 36
5 APLICACIÓN MÉTODO VALOR DEL AGUA 39
6 APLICACIÓN MÉTODO VALOR DE LA TIERRA 42
7 RECOMENDACIÓN SOBRE EL TAMAÑO DEL PROYECTO RIEGO 43
8 MOMÉNTO ÓPTIMO DE INVERSIÓN 43
9 ANALISIS FINANCIERO 43
9.1 DISPOSICION A PAGO 43
9.2 ANALISIS DE SENSIBILIDAD 49
9.2.1 Análisis Determinístico Riesgo 49
9.2.2 Análisis Estocastico de Riesgo 50
10 INDICADORES ADICIONALES 55

10.1 RELACIÓN BENEFICIO-COSTO 55
10.2 RENTABILIDAD POR HECTÁREA REGADA 55
10.3 INGRESO PER CÁPITA ASIGNABLE AL SECTOR AGROPECUARIO 56
10.4 GENERACIÓN DE EXPORTACIONES 56
10.5 GENERACIÓN DE IMPUESTOS 56
11 CONCLUSIONES 57

ANEXOS

Anexo 16.1_ Beneficios Agronómicos SA y SF
Anexo 16.2_ Evaluación Económica
Anexo 16.3_ Análisis Financiero
Anexo 16.4_ Precios Unitarios y Presupuesto de Obras

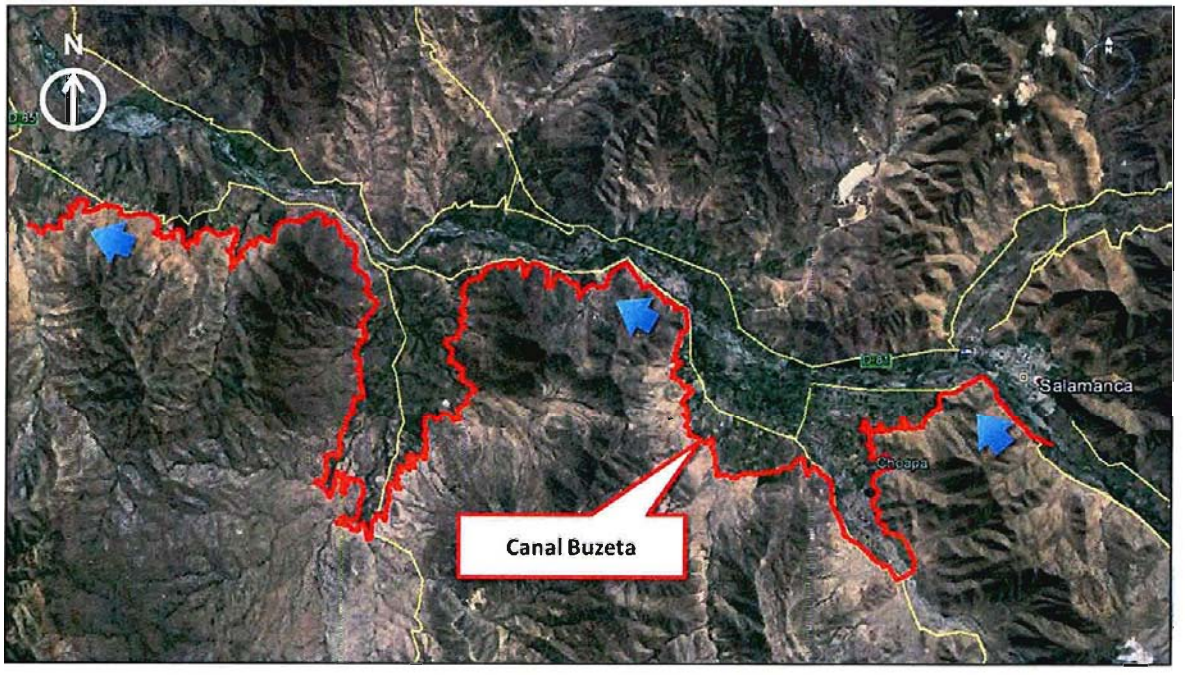
1 INTRODUCCIÓN

1.1 GENERAL

El presente informe se enmarca en el Estudio de Prefactibilidad para el Proyecto "Mejoramiento Canales de Bellavista, Villalón y Buzeta", encargado a ARCADIS Chile por la Comisión Nacional de Riego (en adelante CNR). Este estudio considera evaluar las obras requeridas para mejorar la seguridad física y operacional del canal, con énfasis en la disminución de pérdidas de caudal para mejorar el manejo del recurso hídrico en estas obras.

El canal Buzeta se localiza en la cuenca del río Choapa, en la IV región de Coquimbo. El trazado del canal se extiende por una longitud de aproximadamente 92,3 Km, como se indica en la Figura 1-1.

Figura 1-1: Trazado en Planta Canal Buzeta



En particular, este documento corresponde a la evaluación económica del proyecto de la obras de mejoramiento para el riego. Se evalúa la rentabilidad del proyecto en base a los beneficios agrícolas y costos asociados a las obras.

1.2 OBJETIVOS

La evaluación económica del proyecto tiene como fundamento analizar las inversiones de obras de mejoramiento en el canal versus los beneficios asociados a reducción de pérdidas por infiltración y mayor seguridad física y operativa del canal.

En este estudio se incluyen los siguientes objetivos específicos:

- Evaluación de beneficios privados y sociales mediante el método de la productividad marginal o método del presupuesto.
- Evaluación de los costos iniciales de inversión de las obras, los costos operacionales y mantenimiento.
- Análisis comparativo de costos y beneficios, situación sin proyecto (SSP) y situación con proyecto (SCP).
- Análisis de sensibilidad de la rentabilidad del proyecto.
- Desarrollo del estudio financiero, disposición a pago y análisis de riesgo
- Recomendaciones sobre el tamaño del proyecto y momento óptimo de inversión.

1.3 ANTECEDENTES

Ref 1 Estudio de Precios Unitarios y presupuestos canal Buzeta, Noviembre 2014. Arcadis, codificación 4184-3000-CO-INF-001.

Ref 2 Informe agronómico de Avance, Noviembre 2014. Arcadis

1.4 PROYECTO EN ESTUDIO

Para el análisis económico del proyecto de mejoramiento de riego, se ha considerado como base la situación sin proyecto, definida como aquella resultante de un conjunto de acciones tendientes a efectuar cambios en la actividad agropecuaria del área, sin la realización de las obras planteadas en el proyecto de riego

2 ESCENARIOS DE ESTUDIO

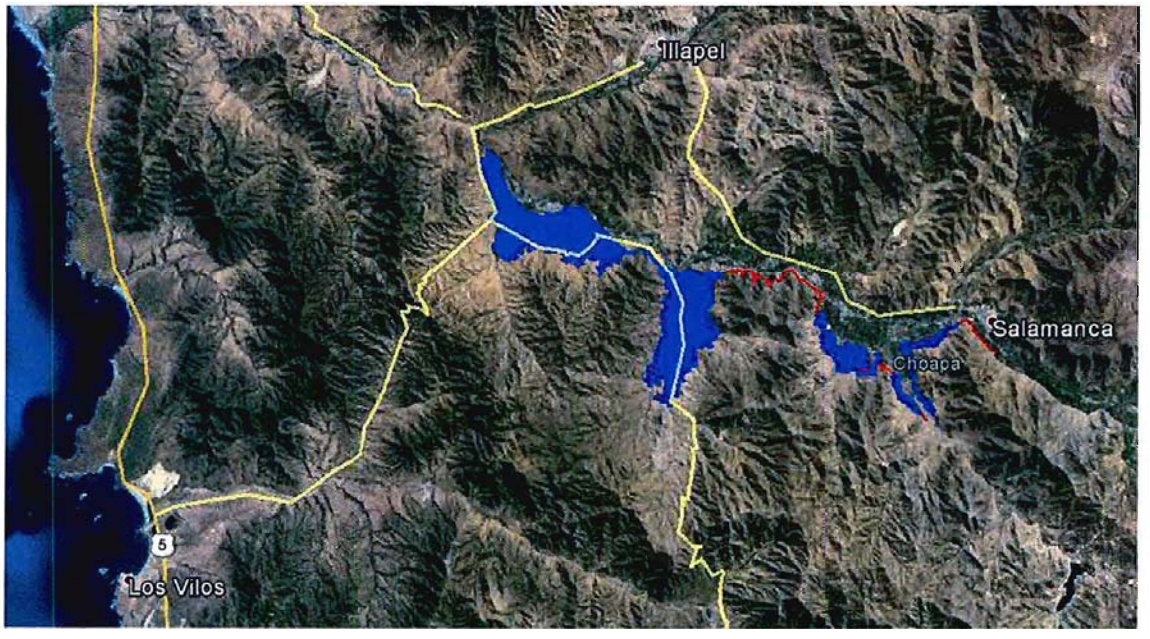
2.1 SITUACIÓN ACTUAL (SA)

Las superficies de riego actual y de secano de cada sector, fueron establecidas como parte del estudio de agronomía para la caracterización de la situación actual (SA) del área influenciada por los mejoramientos del canal Buzeta. Conforme a lo establecido en dicho análisis las superficies de riego actual corresponden a las detalladas en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Superficies Prediales Según Uso en Situación Actual (ha)

Cultivos	Superficie (ha)
Cultivos y Hortalizas	66
Frutales y Vides	1,209
Praderas y Forrajes	864
Total	**2,139**

Figura 2-1: Área de riego canal Buzeta



2.2 SITUACIÓN SIN PROYECTO (SSP)

Situación actual optimizada (SAO), en este escenario se considera la situación actual sin proyecto incorporando modificaciones que permitan mejorar los resultados., considerando como monto máximo de inversión un 5% del monto total del proyecto.

2.3 SITUACIÓN CON PROYECTO (SCP)

Situación actual optimizada (SAO), en este escenario se considera la situación actual sin proyecto incorporando todas las modificaciones de infraestructura que permitan mejorar los resultados, tanto en el aspecto de la Optimización del Riego como las Obras tendientes a la Seguridad Física del Canal.

3 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA

3.1 DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS DE EVALUACIÓN

Conforme a lo solicitado por la CNR la evaluación económica del proyecto se recomienda realizar con base a la aplicación de tres métodos cuya diferencia fundamental, es el procedimiento utilizado para cuantificar los beneficios del proyecto.

En efecto, tal como se encuentra establecido en el documento denominado "Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego (Consejo de Ministros, 2011) los beneficios atribuibles a los efectos del riego se relacionan con la mayor disponibilidad del agua en la cantidad y oportunidad requerida por los cultivos, la liberación de los recursos hídricos y el aumento de la eficiencia de riego. Esto permite la incorporación de nuevas tierras para actividades productivas y mejorar los ingresos de aquellos que ya son regadas, pero que presentan baja seguridad de aplicación del agua para el riego, lo que permite incorporar cambios hacia cultivos más rentables.

En términos generales, es posible señalar las siguientes definiciones para los métodos que se recomienda aplicar.

- **Método de la Productividad Marginal (o Método del Presupuesto):** en donde el agua es considerada un insumo de la producción de los bienes asociados a los cultivos agrícolas regados. El beneficio del agua se mide a través de las diferencias que se generan en la producción agrícola, en términos de los márgenes netos económicos, que se estiman a raíz de la utilización del agua en situaciones son y sin proyecto, entendiendo este último caso en la disposición del agua en la cantidad y oportunidad requerida por los cultivos.

- **Método del Valor Incremental de la Tierra:** que corresponde a un enfoque de los Precios Hedónicos, en el cual el precio de un bien se debe a una serie de tributos de dicho bien, entre los que se encuentran la disponibilidad de agua, el tipo de suelo, la aptitud de uso y los cultivos que en la práctica se desarrollan. En un escenario con proyecto cada una de las características mencionadas debe incrementar el valor de la tierra, por lo que se asume que este correspondería a su beneficio.

- **Método de las Transacciones de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas:** En este caso se considera el mercado del agua para determinar el valor económico del agua asociada al proyecto, en cuanto a un mayor volumen disponible o el costo evitado para la compra de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas.

3.2 CRITERIOS ESPECÍFICOS

3.2.1 Método de la Productividad Marginal (o Método del Presupuesto)

Para la aplicación de este método al sistema de canales, se han debido hacer algunos supuestos que tienen relación con la disponibilidad de aguas y tipos de obras que se propone realizar en los canales matrices. En efecto, algunas consideraciones iniciales son las siguientes:

- Las obras de mejoramiento de los canales no tienen por objetivo hacer modificaciones en la seguridad hidrológica de los caudales disponibles en bocatoma, en tanto estos últimos seguirán operando en la misma forma que lo hacen hasta le fecha. En este contexto, no existen aumentos en la disponibilidad del recurso hídrico en bocatoma.

- Los registros de caudales en cada canal matriz son limitados y de muy corta existencia, lo que impide disponer de registros históricos del comportamiento de los caudales en bocatoma. En los 3 canales en estudio se cuenta con registros de los últimos 3 a 5 años, que en todos los casos corresponden a un período de restricción de recursos hídricos, siendo el último año el más crítico.

- Las únicas obras de mejoramiento que permiten generar un cambio en la disponibilidad del recurso para riego, corresponden a los revestimientos que buscan reducir las pérdidas por filtraciones en el canal. Este mayor recurso permite disponer de una mayor cantidad de recurso en la cantidad que corresponde a cada usuario de acuerdo a derecho.

- Las limitaciones más importantes para el recurso del riego están dadas por la oportunidad de disponer del agua de riego, en tanto ello depende de la hidrología del recurso hídrico en bocatoma, y como ya se ha dicho antes, esta no cambia con el proyecto.

- Atendiendo a lo señalado, para aplicar este método y estimar los beneficios asociados al proyecto, se han considerado los siguientes supuestos básicos:
    - Las obras de mejoramiento, que permiten reducir el riesgo de colapso del canal, así como le mejora del sistema de distribución del agua de riego, generarán en los usuarios una sensación de mayor seguridad de disponer del agua de riego, lo que permitiría suponer un cambio de patrones de cultivos a otros de mayor ingreso
    - El revestimiento del canal permite reducir las pérdidas por filtraciones, generando un aumento en la disponibilidad del agua de riego para cada usuario en la proporción de sus derechos. Dicho aumento permite suponer un relativo aumento de superficie de riego, respecto de la superficie de riego seguro de la situación actual
    - No es posible considerar cambios en la disponibilidad de recurso hídrico en bocatoma, por lo que con un criterio conservador se ha

supuesto un análisis basado en los caudales en bocatoma igual a los registrados en el período de riego 2013-2014, es decir un año seco.

- Para determinar las superficies de riego actual y futura, se ha considerado el caudal medio mensual disponible en cada mes, y se determinó la superficie con 100 % de satisfacción de la demanda. La superficie con proyecto, es mayor que la actual, producto de la reducción de las pérdidas y aumento del caudal para riego.

- Se determinan los beneficios Agronómicos a la superficie actual ajustada.

- Se determina para diferentes longitudes de revestimiento y por consiguiente diferentes escenarios de pérdidas por infiltración de agua, las superficies futuras agrícolas a partir de la disponibilidad de mayor caudal para un coeficiente de satisfacción de la demanda de un 100%.

- Posteriormente se realiza la evaluación económica clásica, a partir de los ingresos agronómicos y los costos de mejoramiento a realizar.

3.2.2 Método del Valor Incremental de la Tierra

Los procedimientos adoptados para este método son los siguientes:

- Se realiza catastro de precios de venta de tierras en mercado de ciudad de Salamanca (publicaciones por internet o diario) de superficies de riego o secano entre los años 2012 y 2013.
- El beneficio del proyecto consiste en percibir como ingreso el precio total de la venta de los terrenos para uso agrícola en la situación óptima que se agregan superficies una vez realizados los mejoramientos al canal. Es decir corresponde a la diferencia entre el precio de la tierra agrícola y de la tierra para uso secano por la cantidad de hectáreas correspondientes.

3.2.3 Método de las Transacciones de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas

Los procedimientos adoptados para este método son los siguientes:

- Se recopila las transacciones en los distintos conservadores de agua IV Región de los derechos de agua del canal. Las bases de transacciones incluirán todas las transacciones realizadas entre el 1º de enero de 2012 y el 31 de diciembre de 2014.

- Cada transacción corresponde a un determinado precio de mercado, se supone establecido libremente entre las dos partes. Cada evento de definición de precio constituye una referencia igualmente válida del equilibrio entre oferta y demanda (lo que no siempre es así, ya que el valor de la transacción final muchas veces es desvirtuado con fines de reducir impuestos).

- El valor del agua en una misma sección de río presenta diferencias, por las rigideces que existen para cambiar el punto de captación y el sistema de canales mediante el cual se ejerce el derecho.

- Se considera que el estimador que mejor captura los eventos de coincidencia entre oferta y demanda, incorporando las diferencias en el valor del agua atribuibles a puntos de captación y canales asociados, será el promedio de las transacciones identificadas.
- Se determina el caudal obtenido de los mejoramientos del canal, ello a partir de los porcentajes de pérdida evitados por cada tramo, los cuales han sido determinados en la campaña de aforos de este estudio.
- El beneficio por este método se estimará como el ingreso por concepto de vender en un año el caudal obtenido de los mejoramientos en el canal.

3.3 LIMITACIONES DE LOS MÉTODOS

3.3.1 Método del Presupuesto

El método de uso más generalizado corresponde al denominado Método del Presupuesto, basado en el supuesto de que la disponibilidad de mayor cantidad de agua permite a los agricultores aumentar su producción agrícola, midiéndose los beneficios de la obra que permite tal aumento en la disponibilidad, como la diferencia entre los excedentes agrícolas de la situación antes y después de la existencia de la obra.

Su uso requiere la rigurosidad en la inclusión de los gastos efectuados por el usuario para el usufructo del agua, incluyendo las obras de almacenamiento y regulación, captación, transporte y distribución así como otros asociados a la producción agrícola propiamente tal. Dada la mayor experticia en Chile de la aplicación del Método del Presupuesto, resultan sus resultados de mayor solidez respecto de los dos restantes, cuyas limitaciones en la aplicación en nuestro país, presenta severas limitaciones debido fundamentalmente a la escasez de antecedentes que permitan representar la realidad del mercado del agua y la tierra.

3.3.2 Método Valor Incremental de la Tierra

En el caso del Valor Incremental de la Tierra, se supone que si se incrementa la cantidad del agua disponible sin variar el resto de los atributos asociados a la tierra, el resultado esperado es el aumento del valor de la tierra, siendo este cambio atribuible al aumento del agua, lo que entrega el precio sombra de este bien. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que el valor de la tierra se presenta influenciado por múltiples factores, pudiéndose mencionar entre otros:

- Cantidad de suelo con capacidad productiva
- Aptitud del suelo para el riego
- Localización respecto de la red vial
- Tamaño del predio
- Condiciones climáticas de la zona
- Infraestructura predial
- Construcciones
- Inversiones realizadas de largo plazo
- Disponibilidad y seguridad del agua
- Salinidad de las aguas subterráneas
- Proximidad a centros de abastecimiento y mercados

Si bien se pudiera abstraer de las condiciones que se supone no pueden cambiar, como aquellas asociadas a las características del suelo y del clima, queda un conjunto de variables que sólo es posible evaluar su real efecto si la información es suficientemente detallada y completa para el análisis, lo cual no ocurre aun en nuestro mercado de tierras.

Por otro lado el tamaño de la tierra también es una variable a tener en cuenta, ya que si se trata de un paño aislado, agrupación o posibilidades de crecimiento del comprador, deben ser aspectos tratados y aislados en el análisis de los precios disponibles.

Demás está señalar que es usual que los valores de las transacciones además se vean afectados por las modificaciones no formales en las transacciones, como producto de la menor imposición que se puede obtener de esta forma de tramitar.

Finalmente es necesario comentar que entre los diversos problemas que han existidos en los estudios que han intentado abordar el tema, presenta el gran problema de su aplicabilidad final, atendiendo a que los Conservadores de Bienes Raíces no consignan la condición de riego o secano de los terrenos que se transan, limitando la posibilidad de hacer análisis con la información generada.

3.3.3 Método Valor Incremental del Agua

De forma análoga es el caso del método de las transacciones de derechos de agua, cuyos valores se incrementan explosivamente en periodos de sequía (como los últimos 8 años), no habiendo un mercado formal para contrastar dichos valores.

La evidencia indica que los precios no representan necesariamente el valor marginal del agua, porque en general los mercados del agua no han sido lo suficientemente competitivos proporcionando incentivos distorsionados para la asignación eficiente del recurso, Chile no se encuentra ajeno a este problema.

Asimismo, este tipo de análisis conlleva a incorporar un error en el procedimiento, por cuanto estos precios en su gran mayoría representan condiciones de mercado de corto plazo, que están determinados por otros factores distintos del valor marginal del agua.

Todo lo anterior, ha hecho que históricamente este tipo de evaluaciones, valor de la tierra y valor de transacciones de derechos de aprovechamiento, no se utilice en el país. Sin perjuicio de lo señalado y en atención a los requerimientos de la CNR se han establecido cifras que permiten tener alguna idea de los valores que pudieran alcanzar los beneficios a través de estas metodologías, sin embargo no se han considerado como elementos de juicio para la evaluación económica del proyecto.

4 APLICACIÓN MÉTODO DE LA PRODUCTIVIDAD MARGINAL

La evaluación social se ha realizado considerando los lineamientos entregados en el documento "Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Riego", del Ministerio de Planificación (MIDESO) así como en el documento "Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego" (Consejo Ministros para La Comisión nacional de Riego, 2011).

En base a esta metodología se ha considerado una Situación Actual (SA), una Situación Sin Proyecto (SP) y una Situación Futura o con proyecto (SF), para cada una de las cuales se han estimado sus respectivos costos y beneficios para un horizonte de evaluación de 30 años. La diferencia de costos y beneficios entre la Situación Futura o con proyecto y la situación sin proyecto permite obtener los beneficios netos atribuibles al proyecto.

Los beneficios asociados al proyecto se han estimado considerando el Método del Presupuesto, que en términos generales corresponden al aumento en la producción agrícola - ganadera, por la mayor disponibilidad de agua debido a la realización de las obras de regulación que permiten otorgar seguridad de riego a una superficie dada.

La producción agrícola, que refleja los beneficios del proyecto, depende de las cosechas de los cultivos, los cuales se han estructurado conforme a la proyección efectuada con las bases del estudio agronómico de la zona.

Para obtener estos beneficios, se han determinado los márgenes netos de cada cultivo, en la situación actual, sin proyecto, y con proyecto, para cada sector y agrupación predial de cada valle.

En tanto, los costos asociados al proyecto corresponden a los costos de inversión, de mantención y a la mayor utilización de recursos debido al proyecto.

Una vez obtenido los costos y beneficios de la habilitación del sistema de regulación se han determinado los indicadores económicos, determinando el flujo anual de beneficios durante el horizonte de evaluación, a partir de lo cual se ha calculado el Valor Actual Neto de estos flujos (VAN), y la tasa interna de retorno (TIR).

Los beneficios del sistema son determinados como la diferencia de los márgenes netos agrícolas, entre la situación con proyecto y la situación sin proyecto. La alternativa que maximice la rentabilidad del proyecto, medida como el VAN permite determinar el tamaño óptimo del mismo.

4.1 BENEFICIOS AGRONÓMICOS

Considerando los criterios planteados en el capítulo de "Criterios de Desarrollo" tanto de la Situación Sin Proyecto como de la Futura o con Proyecto, los respectivos períodos de transición y las curvas logísticas asociadas, se determinaron los flujos de márgenes netos correspondientes a la situación actual a sin proyecto y actual a futura o con proyecto para los Predios Promedio y sus correspondientes expansiones.

Se debe señalar que en el caso de las especies multianuales detectados en situación actual, la representatividad del ciclo completo de estas especies en los flujos de evaluación, tanto para frutales, como para el resto de las especies multianuales, se expresa a través de la proporcionalidad y relación directa existente entre los costos e ingresos de la ficha de situación actual, sin proyecto y la ficha de situación futura, la cual posee todo su ciclo representado en los estándares productivos.

En la determinación de la transición entre la situación actual y futura, en el caso específico de nuevas plantaciones de vides y frutales, se considerará un período de seis años en predios de nivel tecnológico bajo y medio-bajo y en cuatro años en predios de nivel medio-alto y alto.

Además del período de establecimiento y de puesta en riego, se debe considerar una curva natural de producción asociada a la edad y que contempla distintos costos e ingresos, según su entrada en producción y período de estabilización en cultivos multianuales.

Según lo anterior, a continuación se presentan la gradualidad porcentual y los valores ponderados para los ingresos y costos de frutales asignados.

Tabla 4-1: Gradualidad Porcentual Ingresos en Arándano Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	0						0,0	0,0
2	10,0	1.538.827	0					76.941,3	0,6
3	15,0	3.077.654	1.538.827	0				307.765,4	2,5
4	20,0	6.155.308	3.077.654	1.538.827	0			846.354,8	6,9
5	25,0	8.463.548	6.155.308	3.077.654	1.538.827	0		1.808.121,6	14,7
6	25,0	10.002.375	8.463.548	6.155.308	3.077.654	1.538.827	0	3.270.907,2	26,6
7		11.541.202	10.002.375	8.463.548	6.155.308	3.077.654	1.538.827	5.232.011,5	42,5
8		12.310.615	11.541.202	10.002.375	8.463.548	6.155.308	3.077.654	7.270.957,2	59,1
9		12.310.615	12.310.615	11.541.202	10.002.375	8.463.548	6.155.308	9.232.961,5	75,0
10		12.310.615	12.310.615	12.310.615	11.541.202	10.002.375	8.463.548	10.617.905,7	86,3
11		12.310.615	12.310.615	12.310.615	12.310.615	11.541.202	10.002.375	11.541.201,9	93,8
12		12.310.615	12.310.615	12.310.615	12.310.615	12.310.615	11.541.202	12.118.262,0	98,4
13		12.310.615	12.310.615	12.310.615	12.310.615	12.310.615	12.310.615	12.310.615,3	100,0

Tabla 4-2: Gradualidad Porcentual Costos en Arándano Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	10.301.902						515.095,1	5,5
2	10,0	2.890.752	10.301.902					1.174.727,8	12,6
3	15,0	3.022.452	2.890.752	10.301.902				1.985.483,2	21,3
4	20,0	5.022.760	3.022.452	2.890.752	10.301.902			3.047.376,5	32,8
5	25,0	6.552.394	5.022.760	3.022.452	2.890.752	10.301.902		4.436.889,6	47,7
6	25,0	7.623.474	6.552.394	5.022.760	3.022.452	2.890.752	10.301.902	5.692.481,2	61,2
7		8.618.375	7.623.474	6.552.394	5.022.760	3.022.452	2.890.752	4.658.978,3	50,1
8		9.302.550	8.618.375	7.623.474	6.552.394	5.022.760	3.022.452	5.792.267,9	62,3
9		9.302.550	9.302.550	8.618.375	7.623.474	6.552.394	5.022.760	7.106.621,9	76,4
10		9.302.550	9.302.550	9.302.550	8.618.375	7.623.474	6.552.394	8.058.406,8	86,6
11		9.302.550	9.302.550	9.302.550	9.302.550	8.618.375	7.623.474	8.711.737,0	93,6
12		9.302.550	9.302.550	9.302.550	9.302.550	9.302.550	8.618.375	9.131.506,0	98,2
13		9.302.550	9.302.550	9.302.550	9.302.550	9.302.550	9.302.550	9.302.549,7	100,0

Tabla 4-3: Gradualidad Porcentual Ingresos en Duraznero Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	0						0,0	0,0
2	10,0	0	0					0,0	0,0
3	15,0	1.264.345	0	0				63.217,3	0,9
4	20,0	2.809.656	1.264.345	0	0			266.917,3	3,8
5	25,0	4.776.416	2.809.656	1.264.345	0	0		709.438,2	10,1
6	25,0	5.900.278	4.776.416	2.809.656	1.264.345	0	0	1.446.973,0	20,6
7		7.024.141	5.900.278	4.776.416	2.809.656	1.264.345	0	2.535.714,8	36,1
8		7.024.141	7.024.141	5.900.278	4.776.416	2.809.656	1.264.345	3.912.446,4	55,7
9		7.024.141	7.024.141	7.024.141	5.900.278	4.776.416	2.809.656	5.183.815,8	73,8
10		7.024.141	7.024.141	7.024.141	7.024.141	5.900.278	4.776.416	6.181.243,8	88,0
11		7.024.141	7.024.141	7.024.141	7.024.141	7.024.141	5.900.278	6.743.175,1	96,0
12		7.024.141	7.024.141	7.024.141	7.024.141	7.024.141	7.024.141	7.024.140,7	100,0

Tabla 4-4: Gradualidad Porcentual Costos en Duraznero Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	4.373.576						218.678,8	7,2
2	10,0	731.850	4.373.576					473.950,1	15,6
3	15,0	1.279.784	731.850	4.373.576				793.210,6	26,2
4	20,0	1.838.531	1.279.784	731.850	4.373.576			1.204.397,6	39,8
5	25,0	2.581.343	1.838.531	1.279.784	731.850	4.373.576		1.744.651,8	57,6
6	25,0	2.884.105	2.581.343	1.838.531	1.279.784	731.850	4.373.576	2.210.432,5	73,0
7		3.028.644	2.884.105	2.581.343	1.838.531	1.279.784	731.850	1.697.658,9	56,1
8		3.028.644	3.028.644	2.884.105	2.581.343	1.838.531	1.279.784	2.182.759,8	72,1
9		3.028.644	3.028.644	3.028.644	2.884.105	2.581.343	1.838.531	2.590.382,7	85,5
10		3.028.644	3.028.644	3.028.644	3.028.644	2.884.105	2.581.343	2.880.684,0	95,1
11		3.028.644	3.028.644	3.028.644	3.028.644	3.028.644	2.884.105	2.992.509,1	98,8
12		3.028.644	3.028.644	3.028.644	3.028.644	3.028.644	3.028.644	3.028.643,8	100,0

Tabla 4-5: Gradualidad Porcentual Ingresos en Granado Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	0						0,0	0,0
2	10,0	0	0					0,0	0,0
3	15,0	1.200.000	0	0				60.000,0	0,5
4	20,0	3.200.000	1.200.000	0	0			280.000,0	2,5
5	25,0	4.800.000	3.200.000	1.200.000	0	0		740.000,0	6,6
6	25,0	7.200.000	4.800.000	3.200.000	1.200.000	0	0	1.560.000,0	13,9
7		11.200.000	7.200.000	4.800.000	3.200.000	1.200.000	0	2.940.000,0	26,3
8		11.200.000	11.200.000	7.200.000	4.800.000	3.200.000	1.200.000	4.820.000,0	43,0
9		11.200.000	11.200.000	11.200.000	7.200.000	4.800.000	3.200.000	6.800.000,0	60,7
10		11.200.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000	7.200.000	4.800.000	8.600.000,0	76,8
11		11.200.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000	7.200.000	10.200.000,0	91,1
12		11.200.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000,0	100,0

Tabla 4-6: Gradualidad Porcentual Costos en Granado Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	2.536.446						126.822,3	4,1
2	10,0	514.271	2.536.446					279.358,1	9,1
3	15,0	1.085.258	514.271	2.536.446				486.156,8	15,8
4	20,0	1.708.380	1.085.258	514.271	2.536.446			778.374,6	25,2
5	25,0	2.218.649	1.708.380	1.085.258	514.271	2.536.446		1.181.524,8	38,3
6	25,0	2.684.733	2.218.649	1.708.380	1.085.258	514.271	2.536.446	1.592.089,3	51,6
7		3.085.077	2.684.733	2.218.649	1.708.380	1.085.258	514.271	1.497.082,9	48,5
8		3.085.077	3.085.077	2.684.733	2.218.649	1.708.380	1.085.258	2.007.611,0	65,1
9		3.085.077	3.085.077	3.085.077	2.684.733	2.218.649	1.708.380	2.444.227,3	79,2
10		3.085.077	3.085.077	3.085.077	3.085.077	2.684.733	2.218.649	2.768.384,3	89,7
11		3.085.077	3.085.077	3.085.077	3.085.077	3.085.077	2.684.733	2.984.991,5	96,8
12		3.085.077	3.085.077	3.085.077	3.085.077	3.085.077	3.085.077	3.085.077,5	100,0

Tabla 4-7: Gradualidad Porcentual Ingresos en Limonero Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	0						0,0	0,0
2	10,0	0	0					0,0	0,0
3	15,0	854.160	0	0				42.708,0	0,9
4	20,0	854.160	854.160	0	0			128.124,0	2,6
5	25,0	2.847.200	854.160	854.160	0	0		355.899,9	7,1
6	25,0	3.986.079	2.847.200	854.160	854.160	0	0	782.979,9	15,7
7		4.982.599	3.986.079	2.847.200	854.160	854.160	0	1.459.189,8	29,3
8		4.982.599	4.982.599	3.986.079	2.847.200	854.160	854.160	2.341.821,6	47,0
9		4.982.599	4.982.599	4.982.599	3.986.079	2.847.200	854.160	3.217.335,5	64,6
10		4.982.599	4.982.599	4.982.599	4.982.599	3.986.079	2.847.200	4.199.619,3	84,3
11		4.982.599	4.982.599	4.982.599	4.982.599	4.982.599	3.986.079	4.733.469,2	95,0
12		4.982.599	4.982.599	4.982.599	4.982.599	4.982.599	4.982.599	4.982.599,2	100,0

Tabla 4-8: Gradualidad Porcentual Costos en Limonero Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	1.813.182						90.659,1	3,3
2	10,0	458.408	1.813.182					204.238,6	7,4
3	15,0	1.435.220	458.408	1.813.182				389.579,1	14,1
4	20,0	1.435.220	1.435.220	458.408	1.813.182			646.680,7	23,4
5	25,0	1.848.211	1.435.220	1.435.220	458.408	1.813.182		996.192,7	36,1
6	25,0	2.252.409	1.848.211	1.435.220	1.435.220	458.408	1.813.182	1.367.666,1	49,5
7		2.761.147	2.252.409	1.848.211	1.435.220	1.435.220	458.408	1.400.981,0	50,7
8		2.761.147	2.761.147	2.252.409	1.848.211	1.435.220	1.435.220	1.839.285,8	66,6
9		2.761.147	2.761.147	2.761.147	2.252.409	1.848.211	1.435.220	2.099.683,8	76,0
10		2.761.147	2.761.147	2.761.147	2.761.147	2.252.409	1.848.211	2.405.728,7	87,1
11		2.761.147	2.761.147	2.761.147	2.761.147	2.761.147	2.252.409	2.633.962,9	95,4
12		2.761.147	2.761.147	2.761.147	2.761.147	2.761.147	2.761.147	2.761.147,3	100,0

Tabla 4-9: Gradualidad Porcentual Ingresos en Mandarina Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	0						0,0	0,0
2	10,0	0	0					0,0	0,0
3	15,0	707.169	0	0				35.358,5	0,3
4	20,0	2.321.144	707.169	0	0			186.774,1	1,6
5	25,0	4.352.145	2.321.144	707.169	0	0		555.797,0	4,8
6	25,0	8.704.289	4.352.145	2.321.144	707.169	0	0	1.360.004,4	11,7
7		11.605.719	8.704.289	4.352.145	2.321.144	707.169	0	2.744.557,7	23,6
8		11.605.719	11.605.719	8.704.289	4.352.145	2.321.144	707.169	4.674.008,5	40,3
9		11.605.719	11.605.719	11.605.719	8.704.289	4.352.145	2.321.144	6.890.895,7	59,4
10		11.605.719	11.605.719	11.605.719	11.605.719	8.704.289	4.352.145	9.066.968,0	78,1
11		11.605.719	11.605.719	11.605.719	11.605.719	11.605.719	8.704.289	10.880.361,6	93,8
12		11.605.719	11.605.719	11.605.719	11.605.719	11.605.719	11.605.719	11.605.719,1	100,0

Tabla 4-10: Gradualidad Porcentual Costos en Mandarina Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	2.366.722						118.336,1	2,9
2	10,0	620.899	2.366.722					267.717,1	6,5
3	15,0	1.324.282	620.899	2.366.722				483.312,3	11,7
4	20,0	1.766.239	1.324.282	620.899	2.366.722			787.219,4	19,1
5	25,0	2.304.993	1.766.239	1.324.282	620.899	2.366.722		1.206.376,2	29,2
6	25,0	3.509.262	2.304.993	1.766.239	1.324.282	620.899	2.366.722	1.682.660,0	40,7
7		4.130.585	3.509.262	2.304.993	1.766.239	1.324.282	620.899	1.742.747,7	42,2
8		4.130.585	4.130.585	3.509.262	2.304.993	1.766.239	1.324.282	2.379.606,0	57,6
9		4.130.585	4.130.585	4.130.585	3.509.262	2.304.993	1.766.239	2.958.835,9	71,6
10		4.130.585	4.130.585	4.130.585	4.130.585	3.509.262	2.304.993	3.518.856,2	85,2
11		4.130.585	4.130.585	4.130.585	4.130.585	4.130.585	3.509.262	3.975.254,2	96,2
12		4.130.585	4.130.585	4.130.585	4.130.585	4.130.585	4.130.585	4.130.584,7	100,0

Tabla 4-11: Gradualidad Porcentual Ingresos en Naranjo Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	0						0,0	0,0
2	10,0	676.037	0					33.801,8	0,6
3	15,0	946.452	676.037	0				114.926,3	1,7
4	20,0	2.028.111	946.452	676.037	0			297.456,3	4,4
5	25,0	4.056.222	2.028.111	946.452	676.037	0		682.797,3	10,1
6	25,0	5.408.296	4.056.222	2.028.111	946.452	676.037	0	1.338.553,2	19,8
7		6.760.370	5.408.296	4.056.222	2.028.111	946.452	676.037	2.298.525,7	34,0
8		6.760.370	6.760.370	5.408.296	4.056.222	2.028.111	946.452	3.380.184,8	50,0
9		6.760.370	6.760.370	6.760.370	5.408.296	4.056.222	2.028.111	4.630.853,2	68,5
10		6.760.370	6.760.370	6.760.370	6.760.370	5.408.296	4.056.222	5.746.314,2	85,0
11		6.760.370	6.760.370	6.760.370	6.760.370	6.760.370	5.408.296	6.422.351,1	95,0
12		6.760.370	6.760.370	6.760.370	6.760.370	6.760.370	6.760.370	6.760.369,6	100,0

Tabla 4-12: Gradualidad Porcentual Costos en Naranjo Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	2.408.598						120.429,9	3,9
2	10,0	1.105.073	2.408.598					296.113,5	9,5
3	15,0	1.330.401	1.105.073	2.408.598				538.317,1	17,3
4	20,0	1.762.041	1.330.401	1.105.073	2.408.598			868.622,8	27,8
5	25,0	2.326.780	1.762.041	1.330.401	1.105.073	2.408.598		1.315.267,5	42,2
6	25,0	2.702.741	2.326.780	1.762.041	1.330.401	1.105.073	2.408.598	1.776.619,3	56,9
7		3.120.345	2.702.741	2.326.780	1.762.041	1.330.401	1.105.073	1.736.585,3	55,7
8		3.120.345	3.120.345	2.702.741	2.326.780	1.762.041	1.330.401	2.111.929,5	67,7
9		3.120.345	3.120.345	3.120.345	2.702.741	2.326.780	1.762.041	2.498.857,1	80,1
10		3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.345	2.702.741	2.326.780	2.817.552,7	90,3
11		3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.345	2.702.741	3.015.943,8	96,7
12		3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.344,7	100,0

Tabla 4-13: Gradualidad Porcentual Ingresos en Nogal Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	0						0,0	0,0
2	10,0	0	0					0,0	0,0
3	15,0	1.400.000	0	0				70.000,0	1,2
4	20,0	3.600.000	1.400.000	0	0			320.000,0	5,3
5	25,0	4.000.000	3.600.000	1.400.000	0	0		770.000,0	12,8
6	25,0	4.600.000	4.000.000	3.600.000	1.400.000	0	0	1.450.000,0	24,2
7		5.000.000	4.600.000	4.000.000	3.600.000	1.400.000	0	2.380.000,0	39,7
8		5.400.000	5.000.000	4.600.000	4.000.000	3.600.000	1.400.000	3.510.000,0	58,5
9		6.000.000	5.400.000	5.000.000	4.600.000	4.000.000	3.600.000	4.410.000,0	73,5
10		6.000.000	6.000.000	5.400.000	5.000.000	4.600.000	4.000.000	4.860.000,0	81,0
11		6.000.000	6.000.000	6.000.000	5.400.000	5.000.000	4.600.000	5.280.000,0	88,0
12		6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	5.400.000	5.000.000	5.600.000,0	93,3
13		6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	5.400.000	5.850.000,0	97,5
14		6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000,0	100,0

Tabla 4-14: Gradualidad Porcentual Costos en Nogal Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	1.983.691						99.184,5	4,9
2	10,0	668.993	1.983.691					231.818,8	11,5
3	15,0	1.064.103	668.993	1.983.691				417.658,1	20,7
4	20,0	1.443.715	1.064.103	668.993	1.983.691			675.683,2	33,5
5	25,0	1.583.559	1.443.715	1.064.103	668.993	1.983.691		1.012.886,3	50,3
6	25,0	1.626.643	1.583.559	1.443.715	1.064.103	668.993	1.983.691	1.332.236,9	66,1
7		1.716.875	1.626.643	1.583.559	1.443.715	1.064.103	668.993	1.208.059,0	60,0
8		1.857.594	1.716.875	1.626.643	1.583.559	1.443.715	1.064.103	1.452.230,0	72,1
9		2.015.037	1.857.594	1.716.875	1.626.643	1.583.559	1.443.715	1.626.189,8	80,7
10		2.015.037	2.015.037	1.857.594	1.716.875	1.626.643	1.583.559	1.726.820,3	85,7
11		2.015.037	2.015.037	2.015.037	1.857.594	1.716.875	1.626.643	1.811.909,5	89,9
12		2.015.037	2.015.037	2.015.037	2.015.037	1.857.594	1.716.875	1.901.135,9	94,3
13		2.015.037	2.015.037	2.015.037	2.015.037	2.015.037	1.857.594	1.975.676,2	98,0
14		2.015.037	2.015.037	2.015.037	2.015.037	2.015.037	2.015.037	2.015.036,8	100,0

Tabla 4-15: Gradualidad Porcentual Ingresos en Olivo Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	0						0,0	0,0
2	10,0	0	0					0,0	0,0
3	15,0	105.000	0	0				5.250,0	0,2
4	20,0	525.000	105.000	0	0			36.750,0	1,2
5	25,0	945.000	525.000	105.000	0	0		115.500,0	3,8
6	25,0	2.310.000	945.000	525.000	105.000	0	0	309.750,0	10,2
7		2.415.000	2.310.000	945.000	525.000	105.000	0	624.750,0	20,5
8		2.835.000	2.415.000	2.310.000	945.000	525.000	105.000	1.076.250,0	35,3
9		3.045.000	2.835.000	2.415.000	2.310.000	945.000	525.000	1.627.500,0	53,4
10		3.045.000	3.045.000	2.835.000	2.415.000	2.310.000	945.000	2.178.750,0	71,6
11		3.045.000	3.045.000	3.045.000	2.835.000	2.415.000	2.310.000	2.661.750,0	87,4
12		3.045.000	3.045.000	3.045.000	3.045.000	2.835.000	2.415.000	2.835.000,0	93,1
13		3.045.000	3.045.000	3.045.000	3.045.000	3.045.000	2.835.000	2.992.500,0	98,3
14		3.045.000	3.045.000	3.045.000	3.045.000	3.045.000	3.045.000	3.045.000,0	100,0

Tabla 4-16: Gradualidad Porcentual Costos en Olivo Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	2.151.569						107.578,4	8,1
2	10,0	597.774	2.151.569					245.045,6	18,4
3	15,0	1.058.621	597.774	2.151.569				435.443,8	32,7
4	20,0	1.102.826	1.058.621	597.774	2.151.569			680.983,3	51,2
5	25,0	1.125.411	1.102.826	1.058.621	597.774	2.151.569		982.793,3	73,9
6	25,0	1.236.601	1.125.411	1.102.826	1.058.621	597.774	2.151.569	1.238.855,0	93,1
7		1.254.645	1.236.601	1.125.411	1.102.826	1.058.621	597.774	989.868,0	74,4
8		1.304.531	1.254.645	1.236.601	1.125.411	1.102.826	1.058.621	1.141.625,2	85,8
9		1.330.350	1.304.531	1.254.645	1.236.601	1.125.411	1.102.826	1.189.546,9	89,4
10		1.330.350	1.330.350	1.304.531	1.254.645	1 236.601	1.125.411	1.236.664,3	93,0
11		1.330.350	1.330.350	1.330.350	1.304.531	1.254.645	1.236.601	1.282.822,9	96,4
12		1.330.350	1.330.350	1.330.350	1.330.350	1.304.531	1.254.645	1.304.969,2	98,1
13		1.330.350	1.330.350	1.330.350	1.330.350	1.330.350	1.304.531	1.323.895,4	99,5
14		1.330.350	1.330.350	1 330.350	1.330.350	1.330.350	1.330.350	1.330.350,3	100,0

Tabla 4-17: Gradualidad Porcentual Ingresos en Palto Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	0						0,0	0,0
2	10,0	856.327	0					42.816,3	0,8
3	15,0	1.284.490	856.327	0				149.857,2	2,9
4	20,0	1 712.654	1.284.490	856.327	0			342.530,8	6,7
5	25,0	2.783.063	1.712.654	1.284.490	856.327	0		674.357,5	13,1
6	25,0	3.425.308	2.783.063	1.712.654	1.284.490	856.327	0	1.177.449,6	22,9
7		4.281.635	3.425.308	2.783.063	1.712.654	1.284.490	856.327	1.851.807,1	36,0
8		4.281.635	4.281.635	3.425.308	2.783.063	1.712.654	1.284.490	2.461.940,1	47,9
9		5.137.962	4.281.635	4.281.635	3.425.308	2.783.063	1.712.654	3 136.297,6	61,0
10		5.137.962	5.137.962	4.281.635	4.281.635	3.425.308	2.783.063	3.821.359,2	74,4
11		5.137.962	5.137.962	5.137.962	4.281.635	4.281.635	3.425.308	4.324.451,3	84,2
12		5.137.962	5.137.962	5.137.962	5.137.962	4.281.635	4.281.635	4.709.798,5	91,7
13		5.137.962	5.137.962	5.137.962	5.137.962	5.137.962	4.281.635	4.923.880,2	95,8
14		5 137.962	5.137.962	5.137.962	5.137.962	5.137.962	5.137.962	5.137.961,9	100,0

Tabla 4-18: Gradualidad Porcentual Costos en Palto Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	1.773.119						88.656,0	5,2
2	10,0	878.619	1.773.119					221.242,8	13,0
3	15,0	1.030.338	878.619	1.773.119				405.346,6	23,8
4	20,0	1.111.110	1.030.338	878.619	1.773.119			645.005,9	37,8
5	25,0	1.244.249	1.111.110	1.030.338	878.619	1.773.119		946.877,7	55,5
6	25,0	1.427.435	1.244.249	1.111.110	1.030.338	878.619	1.773.119	1.231.465,3	72,2
7		1.578.646	1.427.435	1.244.249	1.111.110	1.030.338	878.619	1.107.774,4	64,9
8		1.578.646	1.578.646	1.427.435	1.244.249	1.111.110	1.030.338	1.235.124,0	72,4
9		1.706.247	1.578.646	1.578.646	1.427.435	1.244.249	1.111.110	1.354.300,7	79,4
10		1.706.247	1.706.247	1.578.646	1.578.646	1.427.435	1.244.249	1.476.384,2	86,5
11		1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.578.646	1.578.646	1.427.435	1.579.123,7	92,5
12		1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.578.646	1.578.646	1.642.446,5	96,3
13		1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.578.646	1.674.346,9	98,1
14		1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247,2	100,0

Tabla 4-19: Gradualidad Porcentual Ingresos en Pecano Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	0						0,0	0,0
2	10,0	0	0					0,0	0,0
3	15,0	0	0	0				0,0	0,0
4	20,0	0	0	0	0			0,0	0,0
5	25,0	1.020.000	0	0	0	0		51.000,0	1,2
6	25,0	1.020.000	1.020.000	0	0	0	0	153.000,0	3,6
7		1.700.000	1.020.000	1.020.000	0	0	0	340.000,0	8,0
8		1.700.000	1.700.000	1.020.000	1.020.000	0	0	612.000,0	14,4
9		3.060.000	1.700.000	1.700.000	1.020.000	1.020.000	0	1.037.000,0	24,4
10		3.060.000	3.060.000	1.700.000	1.700.000	1.020.000	1.020.000	1.564.000,0	36,8
11		4.250.000	3.060.000	3.060.000	1.700.000	1.700.000	1.020.000	1.997.500,0	47,0
12		4.250.000	4.250.000	3.060.000	3.060.000	1.700.000	1.700.000	2.558.500,0	60,2
13		4.250.000	4.250.000	4.250.000	3.060.000	3.060.000	1.700.000	3.077.000,0	72,4
14		4.250.000	4.250.000	4.250.000	4.250.000	3.060.000	3.060.000	3.655.000,0	86,0
15		4.250.000	4.250.000	4.250.000	4.250.000	4.250.000	3.060.000	3.952.500,0	93,0
16		4.250.000	4.250.000	4.250.000	4.250.000	4.250.000	4.250.000	4.250.000,0	100,0

Tabla 4-20: Gradualidad Porcentual Costos en Pecano Nivel Bajo y Medio-Bajo

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Costos						Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación	5ª Plantación	6ª Plantación		
1	5,0	2.202.058						110.102,9	6,7
2	10,0	689.260	2.202.058					254.668,8	15,6
3	15,0	579.955	689.260	2.202.058				428.232,5	26,2
4	20,0	579.955	579.955	689.260	2.202.058			630.794,0	38,6
5	25,0	895.944	579.955	579.955	689.260	2.202.058		878.152,7	53,7
6	25,0	895.944	895.944	579.955	579.955	689.260	2.202.058	1.060.205,7	64,9
7		1.076.238	895.944	895.944	579.955	579.955	689.260	711.093,0	43,5
8		1.076.238	1.076.238	895.944	895.944	579.955	579.955	764.993,9	46,8
9		1.371.830	1.076.238	1.076.238	895.944	895.944	579.955	885.814,8	54,2
10		1.371.830	1.371.830	1.076.238	1.076.238	895.944	895.944	1.030.429,9	63,1
11		1.633.793	1.371.830	1.371.830	1.076.238	1.076.238	895.944	1.132.940,2	69,3
12		1.633.793	1.633.793	1.371.830	1.371.830	1.076.238	1.076.238	1.263.328,2	77,3
13		1.633.793	1.633.793	1.633.793	1.371.830	1.371.830	1.076.238	1.376.520,7	84,3
14		1.633.793	1.633.793	1.633.793	1.633.793	1.371.830	1.371.830	1.502.811,3	92,0
15		1.633.793	1.633.793	1.633.793	1.633.793	1.633.793	1.371.830	1.568.302,2	96,0
16		1.633.793	1.633.793	1.633.793	1.633.793	1.633.793	1.633.793	1.633.793,1	100,0

Tabla 4-21: Gradualidad Porcentual Ingresos en Arándano Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	0				0,0	0,0
2	20,0	1.538.827	0			153.882,7	1,3
3	30,0	3.077.654	1.538.827	0		615.530,8	5,0
4	40,0	6.155.308	3.077.654	1.538.827	0	1.692.709,6	13,8
5		8.463.548	6.155.308	3.077.654	1.538.827	3.616.243,3	29,4
6		10.002.375	8.463.548	6.155.308	3.077.654	5.770.600,9	46,9
7		11.541.202	10.002.375	8.463.548	6 155.308	8.155.782,7	66,3
8		12.310.615	11.541.202	10.002.375	8.463.548	9.925.433,6	80,6
9		12.310.615	12.310.615	11.541.202	10.002.375	11.156.495,2	90,6
10		12.310.615	12.310.615	12.310.615	11.541.202	12.002.850,0	97,5
11		12.310.615	12.310.615	12.310.615	12.310.615	12.310.615,3	100,0

Tabla 4-22: Gradualidad Porcentual Costos en Arándano Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	10.301.902				1.030.190,2	11,1
2	20,0	2.890.752	10.301.902			2.349.455,7	25,3
3	30,0	3.022.452	2.890.752	10.301.902		3.970.966,4	42,7
4	40,0	5.022.760	3.022.452	2.890.752	10.301.902	6.094.753,1	65,5
5		6.552.394	5.022.760	3.022.452	2.890 752	3.722.827,9	40,0
6		7.623.474	6.552.394	5.022.760	3.022.452	4.788.635,1	51,5
7		8.618.375	7.623.474	6.552.394	5.022.760	6.361.354,4	68,4
8		9.302.550	8.618.375	7.623.474	6.552 394	7.561.929,6	81,3
9		9.302.550	9.302.550	8.618.375	7.623.474	8.425.666,8	90,6
10		9.302.550	9.302.550	9.302.550	8.618.375	9.028.879,8	97,1
11		9.302.550	9.302.550	9.302.550	9.302.550	9.302.549,7	100,0

Tabla 4-23: Gradualidad Porcentual Ingresos en Duraznero Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	0				0,0	**0,0**
2	20,0	0	0			0,0	**0,0**
3	30,0	1.686.000	0	0		168.600,0	**1,7**
4	40,0	3.372.000	1.686.000	0	0	674.400,0	**6,9**
5		6.744.000	3.372.000	1.686.000	0	1.854.600,0	**18,9**
6		8.430.000	6.744.000	3.372.000	1.686.000	3.877.800,0	**39,4**
7		9.833.797	8.430.000	6.744.000	3.372.000	6.041.379,7	**61,4**
8		9.833.797	9.833.797	8.430.000	6.744.000	8.176.739,1	**83,1**
9		9.833.797	9.833.797	9.833.797	8.430.000	9.272.278,2	**94,3**
10		9.833.797	9.833.797	9.833.797	9.833.797	9.833.797,0	**100,0**

Tabla 4-24: Gradualidad Porcentual Costos en Duraznero Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	4.405.832				440.583,2	**12,6**
2	20,0	759.747	4.405.832			957.141,0	**27,3**
3	30,0	1.622.195	759.747	4.405.832		1.635.918,4	**46,6**
4	40,0	2.270.812	1.622.195	759.747	4.405.832	2.541.777,0	**72,4**
5		3.213.218	2.270.812	1.622.195	759.747	1.566.041,5	**44,6**
6		3.457.826	3.213.218	2.270.812	1.622.195	2.318.547,7	**66,1**
7		3.508.436	3.457.826	3.213.218	2.270.812	2.914.698,9	**83,1**
8		3.508.436	3.508.436	3.457.826	3.213.218	3.375.165,9	**96,2**
9		3.508.436	3.508.436	3.508.436	3.457.826	3.488.192,1	**99,4**
10		3.508.436	3.508.436	3.508.436	3.508.436	3.508.436,1	**100,0**

Tabla 4-25: Gradualidad Porcentual Ingresos en Granado Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	0				0,0	**0,0**
2	20,0	0	0			0,0	**0,0**
3	30,0	1.200.000	0	0		120.000,0	**1,1**
4	40,0	3.200.000	1.200.000	0	0	560.000,0	**5,0**
5		4.800.000	3.200.000	1.200.000	0	1.480.000,0	**13,2**
6		7.200.000	4.800.000	3.200.000	1.200.000	3.120.000,0	**27,9**
7		11.200.000	7.200.000	4.800.000	3.200.000	5.280.000,0	**47,1**
8		11.200.000	11.200.000	7.200.000	4.800.000	7.440.000,0	**66,4**
9		11.200.000	11.200.000	11.200.000	7.200.000	9.600.000,0	**85,7**
10		11.200.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000,0	**100,0**

Tabla 4-26: Gradualidad Porcentual Costos en Granado Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	2.536.446				253.644,6	**8,2**
2	20,0	514.271	2.536.446			558.716,2	**18,1**
3	30,0	1.085.258	514.271	2.536.446		972.313,6	**31,5**
4	40,0	1.708.380	1.085.258	514.271	2.536.446	1.556.749,1	**50,5**
5		2.218.649	1.708.380	1.085.258	514.271	1.094.826,7	**35,5**
6		2.684.733	2.218.649	1.708.380	1.085.258	1.658.820,5	**53,8**
7		3.085.077	2.684.733	2.218.649	1.708.380	2.194.401,3	**71,1**
8		3.085.077	3.085.077	2.684.733	2.218.649	2.618.402,9	**84,9**
9		3.085.077	3.085.077	3.085.077	2.684.733	2.924.939,9	**94,8**
10		3.085.077	3.085.077	3.085.077	3.085.077	3.085.077,5	**100,0**

Tabla 4-27: Gradualidad Porcentual Ingresos en Limonero Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	0				0,0	0,0
2	20,0	0	0			0,0	0,0
3	30,0	1.108.470	0	0		110.847,0	1,7
4	40,0	1.108.470	1.108.470	0	0	332.541,1	5,1
5		3.260.207	1.108.470	1.108.470	0	860.256,0	13,5
6		4.564.290	3.260.207	1.108.470	1.108.470	1.884.399,8	28,9
7		6.520.414	4.564.290	3.260.207	1.108.470	2.986.349,8	45,8
8		6.520.414	6.520.414	4.564.290	3.260.207	4.629.494,3	71,0
9		6.520.414	6.520.414	6.520.414	4.564.290	5.737 964,7	88,0
10		6.520.414	6.520.414	6.520.414	6.520.414	6.520.414,4	100,0

Tabla 4-28: Gradualidad Porcentual Costos en Limonero Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	1.801.118				180.111,8	4,6
2	20,0	437.818	1.801.118			404.005,3	10,4
3	30,0	1.777.021	437.818	1.801.118		805.600,9	20,7
4	40,0	1.777.021	1.777.021	437.818	1.801.118	1.384.898,6	35,6
5		2.742.442	1.777.021	1.777.021	437.818	1.337.881,6	34,3
6		3.260.422	2.742.442	1.777.021	1.777.021	2.118.445,1	54,4
7		3.895.553	3.260.422	2.742.442	1.777.021	2.575.180,4	66,1
8		3.895.553	3.895.553	3.260.422	2.742.442	3.243.769,0	83,3
9		3.895.553	3.895.553	3.895.553	3.260.422	3.641.500,3	93,5
10		3.895.553	3.895.553	3.895.553	3.895.553	3.895.552,7	100,0

Tabla 4-29: Gradualidad Porcentual Ingresos en Mandarina Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	0				0,0	0,0
2	20,0	0	0			0,0	0,0
3	30,0	707.169	0	0		70.716,9	0,6
4	40,0	2.321.144	707.169	0	0	373.548,2	3,2
5		4.352.145	2.321.144	707.169	0	1.111.594,0	9,6
6		8.704.289	4.352.145	2.321.144	707.169	2.720.068,7	23,4
7		11.605.719	8.704.289	4.352.145	2.321.144	5.135.530,7	44,3
8		11.605.719	11.605.719	8.704.289	4.352.145	7.833.860,4	67,5
9		11.605.719	11.605.719	11.605.719	8.704.289	10.445.147,2	90,0
10		11.605.719	11.605.719	11.605.719	11.605.719	11.605.719,1	100,0

Tabla 4-30: Gradualidad Porcentual Costos en Mandarina Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	2.366.722				236.672,2	5,7
2	20,0	620.899	2.366.722			535.434,3	13,0
3	30,0	1.324.282	620.899	2.366.722		966.624,6	23,4
4	40,0	1.766.239	1.324.282	620.899	2.366.722	1.574.438,9	38,1
5		2.304.993	1.766.239	1.324.282	620.899	1.229.391,6	29,8
6		3.509.262	2.304.993	1.766.239	1.324.282	1.871.509,5	45,3
7		4.130.585	3.509.262	2.304.993	1.766.239	2.512.904,5	60,8
8		4.130.585	4.130.585	3.509.262	2.304.993	3.213.951,3	77,8
9		4.130.585	4.130.585	4.130.585	3.509.262	3.882.055,8	94,0
10		4.130.585	4.130.585	4.130.585	4.130.585	4.130.584,7	100,0

Tabla 4-31: Gradualidad Porcentual Ingresos en Naranjo Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	0				0,0	**0,0**
2	20,0	676.037	0			67.603,7	**1,0**
3	30,0	946.452	676.037	0		229.852,6	**3,4**
4	40,0	2.028.111	946.452	676.037	0	594.912,5	**8,8**
5		4.056.222	2.028.111	946.452	676.037	1.365.594,7	**20,2**
6		5.408.296	4.056.222	2.028.111	946.452	2.339.087,9	**34,6**
7		6.760.370	5.408.296	4.056.222	2.028.111	3.785.807,0	**56,0**
8		6.760.370	6.760.370	5.408.296	4.056.222	5.273.088,3	**78,0**
9		6.760.370	6.760.370	6.760.370	5.408.296	6.219.540,0	**92,0**
10		6.760.370	6.760.370	6.760.370	6.760.370	6.760.369,6	**100,0**

Tabla 4-32: Gradualidad Porcentual Costos en Naranjo Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	2.408.598				240.859,8	**7,7**
2	20,0	1.105.073	2.408.598			592.226,9	**19,0**
3	30,0	1.330.401	1.105.073	2.408.598		1.076.634,2	**34,5**
4	40,0	1.762.041	1.330.401	1.105.073	2.408.598	1.737.245,5	**55,7**
5		2.326.780	1.762.041	1.330.401	1.105.073	1.426.236,0	**45,7**
6		2.702.741	2.326.780	1.762.041	1.330.401	1.796.403,0	**57,6**
7		3.120.345	2.702.741	2.326.780	1.762.041	2.255.433,4	**72,3**
8		3.120.345	3.120.345	2.702.741	2.326.780	2.677.637,9	**85,8**
9		3.120.345	3.120.345	3.120.345	2.702.741	2.953.303,3	**94,6**
10		3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.345	3.120.344,7	**100,0**

Tabla 4-33: Gradualidad Porcentual Ingresos en Nogal Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	0				0,0	**0,0**
2	20,0	0	0			0,0	**0,0**
3	30,0	2.000.000	0	0		200.000,0	**2,9**
4	40,0	4.400.000	2.000.000	0	0	840.000,0	**12,0**
5		4.400.000	4.400.000	2.000.000	0	1.920.000,0	**27,4**
6		4.800.000	4.400.000	4.400.000	2.000.000	3.480.000,0	**49,7**
7		6.200.000	4.800.000	4.400.000	4.400.000	4.660.000,0	**66,6**
8		6.800.000	6.200.000	4.800.000	4.400.000	5.120.000,0	**73,1**
9		7.000.000	6.800.000	6.200.000	4.800.000	5.840.000,0	**83,4**
10		7.000.000	7.000.000	6.800.000	6.200.000	6.620.000,0	**94,6**
11		7.000.000	7.000.000	7.000.000	6.800.000	6.920.000,0	**98,9**
12		7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000,0	**100,0**

Tabla 4-34: Gradualidad Porcentual Costos en Nogal Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	2.148.341				214.834,1	**8,2**
2	20,0	603.949	2.148.341			490.063,2	**18,7**
3	30,0	1.700.484	603.949	2.148.341		935.340,6	**35,8**
4	40,0	2.096.729	1.700.484	603.949	2.148.341	1.590.291,0	**60,8**
5		2.096.729	2.096.729	1.700.484	603.949	1.380.743,4	**52,8**
6		2.330.640	2.096.729	2.096.729	1.700.484	1.961.622,1	**75,0**
7		2.451.728	2.330.640	2.096.729	2.096.729	2.179.010,8	**83,3**
8		2.634.161	2.451.728	2.330.640	2.096.729	2.291.645,2	**87,6**
9		2.614.838	2.634.161	2.451.728	2.330.640	2.456.090,5	**93,9**
10		2.614.838	2.614.838	2.634.161	2.451.728	2.555.391,0	**97,7**
11		2.614.838	2.614.838	2.614.838	2.634.161	2.622.567,3	**100,3**
12		2.614.838	2.614.838	2.614.838	2.614.838	2.614.838,4	**100,0**

Tabla 4-35: Gradualidad Porcentual Ingresos en Olivo Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	0				0,0	0,0
2	20,0	0	0			0,0	0,0
3	30,0	105.000	0	0		10.500,0	0,3
4	40,0	525.000	105.000	0	0	73.500,0	2,4
5		945.000	525.000	105.000	0	231.000,0	7,6
6		2.310.000	945.000	525.000	105.000	619.500,0	20,3
7		2.415.000	2.310.000	945.000	525.000	1.197.000,0	39,3
8		2.835.000	2.415.000	2.310.000	945.000	1.837.500,0	60,3
9		3.045.000	2.835.000	2.415.000	2.310.000	2.520.000,0	82,8
10		3.045.000	3.045.000	2.835.000	2.415.000	2.730.000,0	89,7
11		3.045.000	3.045.000	3.045.000	2.835.000	2.961.000,0	97,2
12		3.045.000	3.045.000	3.045.000	3.045.000	3.045.000,0	100,0

Tabla 4-36: Gradualidad Porcentual Costos en Olivo Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	2.151.569				215.156,9	16,2
2	20,0	597.774	2.151.569			490.091,2	36,8
3	30,0	1.058.621	597.774	2.151.569		870.887,5	65,5
4	40,0	1.102.826	1.058.621	597.774	2.151.569	1.361.956,5	102,4
5		1.125.411	1.102.826	1.058.621	597.774	889.802,3	66,9
6		1.236.601	1.125.411	1.102.826	1.058.621	1.103.038,4	82,9
7		1.254.645	1.236.601	1.125.411	1.102.826	1.151.538,5	86,6
8		1.304.531	1.254.645	1.236.601	1.125.411	1.202.527,0	90,4
9		1.330.350	1.304.531	1.254.645	1.236.601	1.264.975,2	95,1
10		1.330.350	1.330.350	1.304.531	1.254.645	1.292.322,5	97,1
11		1.330.350	1.330.350	1.330.350	1.304.531	1.320.022,5	99,2
12		1.330.350	1.330.350	1.330.350	1.330.350	1.330.350,3	100,0

Tabla 4-37: Gradualidad Porcentual Ingresos en Palto Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	0				0,0	0,0
2	20,0	856.327	0			85.632,7	1,7
3	30,0	1.284.490	856.327	0		299.714,4	5,8
4	40,0	1.712.654	1.284.490	856.327	0	685.061,6	13,3
5		2.783.063	1.712.654	1.284.490	856.327	1.348.715,0	26,3
6		3.425.308	2.783.063	1.712.654	1.284.490	1.926.735,7	37,5
7		4.281.635	3.425.308	2.783.063	1.712.654	2.633.205,5	51,3
8		4.281.635	4.281.635	3.425.308	2.783.063	3.425.308,0	66,7
9		5.137.962	4.281.635	4.281.635	3.425.308	4.024.736,9	78,3
10		5.137.962	5.137.962	4.281.635	4.281.635	4.538.533,1	88,3
11		5.137.962	5.137.962	5.137.962	4.281.635	4.795.431,1	93,3
12		5.137.962	5.137.962	5.137.962	5.137.962	5.137.961,9	100,0

Tabla 4-38: Gradualidad Porcentual Costos en Palto Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	1.773.119				177.311,9	10,4
2	20,0	878.619	1.773.119			442.485,7	25,9
3	30,0	1.030.338	878.619	1.773.119		810.693,3	47,5
4	40,0	1.111.110	1.030.338	878.619	1.773.119	1.290.011,9	75,6
5		1.244.249	1.111.110	1.030.338	878.619	1.007.195,9	59,0
6		1.427.435	1.244.249	1.111.110	1.030.338	1.137.061,6	66,6
7		1.578.646	1.427.435	1.244.249	1.111.110	1.261.070,4	73,9
8		1.578.646	1.578.646	1.427.435	1.244.249	1.399.523,9	82,0
9		1.706.247	1.578.646	1.578.646	1.427.435	1.530.921,8	89,7
10		1.706.247	1.706.247	1.578.646	1.578.646	1.616.926,3	94,8
11		1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.578.646	1.655.206,7	97,0
12		1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247	1.706.247,2	100,0

Tabla 4-39: Gradualidad Porcentual Ingresos en Pecano Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	0				0,0	0,0
2	20,0	0	0			0,0	0,0
3	30,0	0	0	0		0,0	0,0
4	40,0	0	0	0	0	0,0	0,0
5		1.275.000	0	0	0	127.500,0	2,7
6		1.275.000	1.275.000	0	0	382.500,0	8,0
7		2.040.000	1.275.000	1.275.000	0	841.500,0	17,7
8		2.040.000	2.040.000	1.275.000	1.275.000	1.504.500,0	31,6
9		3.400.000	2.040.000	2.040.000	1.275.000	1.870.000,0	39,3
10		3.400.000	3.400.000	2.040.000	2.040.000	2.448.000,0	51,4
11		4.760.000	3.400.000	3.400.000	2.040.000	2.992.000,0	62,9
12		4.760.000	4.760.000	3.400.000	3.400.000	3.808.000,0	80,0
13		4.760.000	4.760.000	4.760.000	3.400.000	4.216.000,0	88,6
14		4.760.000	4.760.000	4.760.000	4.760.000	4.760.000,0	100,0

Tabla 4-40: Gradualidad Porcentual Costos en Pecano Nivel Alto y Medio-Alto

Años	Establecimiento Cultivos	Estabilización Ingresos				Ponderado Márgenes	Ponderación Final
		1ª Plantación	2ª Plantación	3ª Plantación	4ª Plantación		
1	10,0	2.285.449				228.544,9	10,6
2	20,0	752.575	2.285.449			532.347,4	24,7
3	30,0	801.327	752.575	2.285.449		916.282,5	42,5
4	40,0	801.327	801.327	752.575	2.285.449	1.380.350,4	64,0
5		1.513.710	801.327	801.327	752.575	853.064,5	39,6
6		1.513.710	1.513.710	801.327	801.327	1.015.041,7	47,1
7		1.677.529	1.513.710	1.513.710	801.327	1.245.138,5	57,7
8		1.677.529	1.677.529	1.513.710	1.513.710	1.562.855,5	72,5
9		2.150.541	1.677.529	1.677.529	1.513.710	1.659.302,4	77,0
10		2.150.541	2.150.541	1.677.529	1.677.529	1.819.432,4	84,4
11		2.156.211	2.150.541	2.150.541	1.677.529	1.961.903,2	91,0
12		2.156.211	2.156.211	2.150.541	2.150.541	2.152.242,1	99,8
13		2.156.211	2.156.211	2.156.211	2.150.541	2.153.943,1	99,9
14		2.156.211	2.156.211	2.156.211	2.156.211	2.156.211,1	100,0

Los márgenes brutos se han determinado a través de la multiplicación de cada superficie asignada por el margen bruto unitario resultante de las fichas técnico económicas. Posteriormente, en la situación actual se descontaron los gastos indirectos y los costos de inversión y operación de riego tecnificado. En situación sin proyecto, además de los descuentos señalados para la situación actual, se descontaron los costos del programa de transferencia tecnológica.

En situación futura se consideraron los costos por concepto de gastos indirectos, riego tecnificado, habilitación de terrenos y del programa de assitencia tecnológica.

En el caso específico de la situación actual el área máxima de riego en un año de 85% de excedencia es de 871 ha. Está superficie para efectos de evaluar el proyecto, será considerada como situación base.

Cabe señalar que debido a la imposibilidad de poder precisar a qué superficie, en un año de 50% de excedencia, corresponden las hectáreas actualmente regadas, no se consideró la utilización de la metodología del Factor de Producción propuesta por Doorenbos y Kassan 1979 (FAO 33) y Ferreyra; Selles y otros 1985 y 1991, situación por la cual, tanto la situación actual como con proyecto serán evaluadas de acuerdo a la superficie de un año 85%.

En el caso de la situación futura o con proyecto, lo cual fue abarcado en el capítulo "Situación Agropecuaria con Proyecto o Futura", se determinó una superficie total a regar de 4.169,3 sin considerar el riego con aguas subterráneas, la cual se ajustó para la presente evaluación en 2.065 ha correspondiente a un año de 85% de excedencia

Al respecto, para poder ajustar las superficies consideradas tanto en la Situación Actual como en la Situación Futura o Con Proyecto, se consideraron los factores incluidos en la Tabla 4.41.

Tabla 4-41: Factores de Ajuste

Situación	Superficies		Factor Ajuste
	Real	85%	
Actual	2.138,727	871,000	0,407
Futura	4.169,311	2.065,000	0,495

Nota: No considera uso de aguas subterráneas

Los flujos para la situación actual a actual sin proyecto se presentan en el Anexo 10.5-1 y para la situación futura a precios de mercado por Predio Promedio y Predio Promedio Expandido se incluyen en el Anexos 10.5-2 del Capítulo 10.5 Análisis Financiero. Los flujos a precios sociales de la situación actual se presenta en el Anexo 10.1-1 y para la situación futura en el Anexo 10.1-2.

En las Tabla 4-42 y Tabla 4-43 se presenta un resumen de los flujos por área total en situación actual a actual sin proyecto y actual a futura, considerando los valores a precio de mercado (PM) y los valores a precio social (PS).

Tabla 4-42: Resumen de Flujos Situación Actual a Sin Proyecto

Años	Precio Mercado ($ CLP)	Precio Social ($ CLP)
0	748.945.911	926.962.883
1	827.103.684	1.009.669.570
2	983.418.384	1.175.083.010
3	1.173.345.120	1.378.656.953
4	1.488.378.841	1.711.887.537
5	1.490.515.830	1.714.007.982
6	1.492.652.923	1.716.128.476
7	1.492.652.923	1.716.128.476
8	1.492.653.067	1.716.128.079
9	1.523.136.249	1.746.084.906
10	1.528.527.245	1.751.270.170
11	1.452.262.398	1.660.098.940
12	1.505.251.308	1.713.083.970
13	1.515.220.501	1.725.509.084
14	1.347.751.775	1.541.094.283
15	1.392.157.788	1.583.949.524
16	1.392.771.277	1.593.396.077
17	1.385.820.481	1.589.830.604
18	1.425.928.783	1.635.810.852
19	1.417.101.163	1.631.057.779
20	-7.623.152	183.296.186
21	477.265.311	644.314.555
22	685.013.225	851.107.070
23	422.233.756	584.968.915
24	498.867.701	657.366.522
25	739.023.284	913.497.242
26	997.595.728	1.190.755.797
27	1.117.162.209	1.317.219.177
28	1.283.747.209	1.493.299.861
29	1.349.080.024	1.551.721.901
30	1.456.507.441	1.662.550.131
VAN	**10.899.186.360**	**20.780.195.221**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-43 Resumen de Flujos Situación Flujos Situación Futura

Años	Precio Mercado ($ CLP)	Precio Social ($ CLP)
0	748.945.911	926.962.883
1	827.103.684	1.009.669.570
2	931.209.169	1.122.873.795
3	646.153.118	881.260.870
4	353.252.113	651.764.738
5	106.902.781	497.047.465
6	59.426.828	574.874.483
7	1.160.008.874	1.719.095.068
8	1.875.381.051	2.544.450.439
9	3.288.304.909	3.971.231.023
10	4.226.058.216	4.978.770.520
11	5.061.712.261	5.870.020.564
12	5.668.963.550	6.512.606.788
13	5.983.307.649	6.844.233.461
14	6.197.276.573	7.070.428.738
15	6.270.208.150	7.149.467.709
16	6.316.458.538	7.199.079.951
17	6.316.708.936	7.199.343.417
18	6.239.992.232	7.113.437.407
19	6.163.994.886	7.029.467.340
20	5.204.616.769	6.064.572.834
21	5.974.328.733	6.831.693.447
22	5.877.506.188	6.737.401.049
23	5.493.209.842	6.317.808.373
24	5.308.707.597	6.090.643.305
25	5.018.786.666	5.787.067.873
26	4.698.894.063	5.469.732.590
27	5.158.358.698	5.925.629.028
28	4.536.831.805	5.266.641.619
29	4.092.459.565	4.804.083.074
30	3.564.311.753	4.270.024.853
VAN	**20.585.289.458**	**54.121.508.236**

Fuente: Elaboración propia.

4.2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Las bases utilizadas para la estimación de precios unitarios son las siguientes:

- **Fecha base de la estimación** Julio 2015.
- **Tasa de Cambio Dólar:** 1 Dólar = 570,51 CLP
- **Valor UF** = 25.086,58 CLP, fecha 31 julio 2015
- **Costos Indirectos =** 30 %

Los precios unitarios considerados corresponden a costos directos de construcción los que incluyen:

- Costos de mano de obra: se utilizó la mejor información disponible de proyectos similares recientes.
- Materiales principales: se usó cotizaciones referenciales recientes.
- Maquinaria y Equipos de apoyo a la construcción: se utilizó costos unitarios actualizados de obras similares.

Se usó como referencia para desarrollar los costos unitarios de las obras, los siguientes proyectos de la DOH:

- Canal Las Palmas ; Mejoramientos Canales Quebrada Arrayan; Embalse Petorca;
- Varios de estos costos actualizados sirvieron de base para desarrollar los presupuestos de estos mejoramientos.

Para la estimación del costo total de mejoramientos, se consideró un costo indirecto del 30%, el cual incluye:

- Mano de Obra Indirecta (Supervisión superior)
- Viajes (fletes, etc.)
- Camionetas, buses, minibuses.
- Comunicaciones.
- Computadores.
- Campamento y alimentación.
- Gastos generales de la Obra.
- Gastos oficina central, financieros y utilidades.

Para mayor detalle del analisis de Precios Unitarios desarrollado, se presenta en Anexo 16.4 de este informe.

4.3 COSTOS DE OBRAS (CAPEX)

Las obras de mejoramiento propuestas se estima que se requieren los siguientes montos de inversión para un revestimiento de 20 km aprox. La Tabla 4-44 da cuenta de tales estimaciones.

Tabla 4-44: Costos de mejoramiento del canal Buzeta

		Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final	Costo Unitario $	Costo Total $
1	**OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO**						**3.581.764.975**
1,1	**MANTENCIÓN DE OBRAS**						**371.466.084**
1.1.1	**Mejoramiento obras hidráulicas**						**2.821.097**
	Entrada Slfón 1						**1.253.704**
	Rejas Hidraúlicas entrada	kg	244	1,0	244	5.135	1.253.704
	Entrada Sifón 2						**341.919**
	Rejas Hidraúlicas entrada	kg	67	1,0	67	5.135	341.919
	Vertedero lateral						**1.225.473**
	Demolición hormigón existente	m³	5	1,1	5	35.200	174.240
	Hormigón H-25	m³	4	1,1	5	175.185	809.353
	Enfierradura	kg	210	1,1	231	1.047	241.880
1.1.2	**Mantención compuertas**						**14.740.236**
	Reemplazo compuerta de acero 0,2x1,10 m	un	1	1,0	1	130.408	130.408
	Reemplazo compuerta de acero 0,2x1,15 m	un	2	1,0	2	134.518	269.036
	Reemplazo compuerta de acero 0,2x1,20 m	un	1	1,0	1	138.627	138.627
	Reemplazo compuerta de acero 0,3x1,10 m	un	2	1,0	2	175.613	351.225
	Reemplazo compuerta de acero 0,3x1,20 m	un	24	1,0	24	187.941	4.510.586
	Reemplazo compuerta de acero 0,3x1,25 m	un	1	1,0	1	194.105	194.105
	Reemplazo compuerta de acero 0,3x1,40 m	un	1	1,0	1	212.598	212.598
	Reemplazo compuerta de acero 0,35x1,10 m	un	10	1,0	10	198.215	1.982.148
	Reemplazo compuerta de acero 0,35x1,20 m	un	3	1,0	3	212.598	637.794
	Reemplazo compuerta de acero 0,45x0,45 m	un	4	1,0	4	123.217	492.867
	Reemplazo compuerta de acero 0,45x1,0 m	un	1	1,0	1	224.926	224.926
	Reemplazo compuerta de acero 0,90x1,00 m	un	1	1,0	1	429.853	429.853
	Reemplazo compuerta de acero 1,00x1,00 m	un	1	1,0	1	470.948	470.948
	Reemplazo compuerta de acero con volante 0,3x1,4	un	1	1,0	1	232.598	232.598
	Reemplazo compuerta de acero con volante 0,9x1,0	un	1	1,0	1	429.853	429.853
	Mampostería de piedra	m2	156	1,2	187	21.542	4.032.662
1.1.3	Sellos de fondo						**8.955.739**
	Excavación abierta mat. Común	m3	39	1,1	42	4.013	170.436
	Hormigón H-25	m³	35	1,1	39	175.185	6.763.877

		Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final	Costo Unitario $	Costo Total $
	Enfierradura	kg	1755	1,1	1.931	1.047	2.021.426
1.1.4	**Reperfilamiento**						**344.949.013**
	Excavación abierta mat. Común	m3	30493	1,1	33.542	4.013	134.605.250
	Retiro y Transporte de Excedentes	m3	30493	1,1	33.542	6.271	210.343.763
1,2	**SISTEMA CONTROL DE CAUDALES**						**29.928.918**
1.2.1	**Sistema de medición manual**						**4.067.614**
	Aforador rectangular Socavón						**1.792.360**
	Excavación Abierta Mat. Común	m³	7,3	1,2	9	2.562	22.444
	Mampostería de piedra	m2	1,5	1,2	2	21.542	38.776
	Hormigón H-25	m³	7,1	1,0	7	175.185	1.245.562
	Emplantillado H-5	m³	0,4	1,2	0,5	119.892	56.110
	Enfierradura	kg	355,5	1,1	391	1.047	409.468
	Regla limnimétrica	un	1,0	1,0	1	20.000	20.000
	Aforador rectangular Las Cañas I y II						**2.275.253**
	Excavación Abierta Mat. Común	m³	10,8	1,2	13	4.013	52.105
	Mampostería de piedra	m³	1,5	1,2	2	21.542	38.776
	Hormigón H-25 base	m³	9,0	1,0	9	175.185	1.580.165
	Emplantillado H-5	m³	0,5	1,2	0,5	119.892	64.742
	Enfierradura	kg	451,0	1,1	496	1.047	519.466
	Regla limnimétrica	un	1,0	1,0	1	20.000	20.000
1.2.2	**Sistema de medición remoto**						**25.861.304**
	Sistema remoto						**25.614.704**
	Nodo Dropflow	un	5	1,0	5	1.093.955	5.469.775
	Nodo Repetidor	un	2	1,0	2	420.079	840.158
	Módulo COMs GPRS	un	5	1,0	5	554.271	2.771.355
	Tarjeta Exp. 4.-20mA	un	5	1,0	5	78.765	393.825
	Kit de Energía Solar 22W	un	5	1,0	5	554.271	2.771.355
	Sensor Ultrasonido 4.-20mA	un	5	1,0	5	641.787	3.208.935
	Estructura de Montaje Sensores - Motores	un	5	1,0	5	182.326	911.630
	Estructura de Montaje Nodo con Panel	un	7	1,0	7	554.271	3.879.897
	Instalación y puesta en operación Nodo	un	5	1,0	7	583.432	4.084.024
	Cerco perimetral protección equipos	kg	250	1,0	250	5.135	1.283.750
	Fosa Limnimétrica Socavón						**122.526**
	Excavación Abierta Mat. Común	m³	1,66	1,2	2,00	2.562	5.114
	Hormigón H-25	m³	0,48	1,0	0,48	175.185	83.248
	Emplantillado H-5	m³	0,05	1,2	0,06	119.892	6.798

		Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final	Costo Unitario $	Costo Total $
	Enfierradura	kg	23,76	1,1	26,14	1.047	27.367
	Fosa Limnimétrica Las Cañas I y II						**124.074**
	Excavación Abierta Mat. Común	m^3	1,64	1,2	1,97	4.013	7.918
	Hormigón H-25	m^3	0,47	1,0	0,47	175.185	82.302
	Emplantillado H-5	m^3	0,05	1,2	0,06	119.892	6.798
	Enfierradura	kg	23,49	1,1	25,84	1.047	27.056
1,3	**CAPACIDAD HIDRÁULICA**						**16.223.217**
1.3.1	Operación normal						**16.223.217**
	Peralte sección del canal						**16.223.217**
	Relleno compactado	m3	1497	1,2	1.796	9.031	16.223.217
1,4	**REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS POR INFILTRACIÓN**						**3.164.146.757**
1.4.1	Revestimientos						**3.164.146.757**
	Mampostería de piedra	m2	128733	1,1	141.607	21.542	3.050.493.159
	Excavación abierta mat. Común	m3	25747	1,1	28.321	4.013	113.653.598
2	**MEJORAR LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CANAL**						**3.255.176.589**
2,1	**DESLIZAMIENTOS SECTOR EL BATO**						**213.239.192**
2.1.1	Cubrir canal con loseta de hormigón + Revestimiento mampostería						**213.239.192**
	Losa prefabricada	m2	3000	1,1	3.300	24.500	80.850.000
	Relleno simple para protección	m^3	2000	1,3	2.600	12.285	31.941.000
	Mamposteria	m2	4239	1,1	4.663	21.542	100.448.192
2,2	**PELIGRO DE CAIDA DE ROCA Y MATERIALES DE LADERA A LO LARGO DEL TRAZADO DEL CANAL**						**699.139.867**
2.2.1	Malla estabilizadora de taludes						**699.139.867**
	Malla de alta resistencia	m^2	35373	1,1	38.911	10.698	416.270.203
	Pernos Gewi 25 m Largo 3m	un	8847	1,1	9.731	11.781	114.644.838
	Placa romboidal	un	8847	1,1	9.731	13.090	127.383.153
	Anclajes de cables 14,5mm	un	27	1,1	29	142.800	4.188.800
	Tuercas	un	8847	1,1	9.731	1.785	17.370.430
	Cable 12mm	ml	2667	1,1	2.933	4.165	12.217.333
	Sujetacables	un	21	1,1	23	3.570	83.776
	Clips T3 de unión	un	53333	1,1	58.667	119	6.981.333
2,3	**INESTABILIDAD DE TALUDES POR ROEDORES (CURUROS)**						**2.008.963.836**
2.3.1	Revestimiento mediante mampostería						**2.008.963.836**
	Mampostería de piedra	m2	84780	1,1	93.258	21.542	2.008.963.836
2,4	**DESLIZAMIENTOS POR DEBILITAMIENTO EN TALUD DEBIDO A PRECIPITACIONES INTENSAS**						**65.348.107**
2.4.1	Canalización de aguas lluvia						**65.348.107**

		Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final	Costo Unitario $	Costo Total $
	Canaleta hormigón prefabricada	un	1000	1,1	1.100	5.500	6.050.000
	Mortero juntas	m3	1	1,1	1	147.000	205.359
	Tubo corrugado acero galvanizado 50 m	un	10	1	10	4.900.000	49.000.000
	Anclaje cañería galvanizada 38mm diam. 2 m largo	un	480	1,1	528	2.450	1.293.600
	Pernos chascones A 44-28H	un	80	1,1	88	12.250	1.078.000
	Abrazadera con tuerca y golilla, de 16mm de diam.	un	480	1,1	528	12.250	6.468.000
	Hormigón H-25	m3	7	1,1	7	175.185	1.253.148
2,5	**DESLIZAMIENTO POR SOCAVACIÓN DE TALUD DEBIDO A ESCURRIMIENTO**						**10.044.819**
2.5.1	**Revestimiento mediante mampostería**						**10.044.819**
	Mampostería de piedra	m2	424	1,1	466	21.542	10.044.819
2,6	**TUNEL 1 - ESTABILIDAD DE PORTALES DE TUNELES**						**5.742.277**
2.6.1	**Transformación de los tramos en túnel en canal**						**5.742.277**
	Excavacion en suelo	m^3	97	1,3	126	4.013	503.953
	Excavacion en roca con explosivos	m^3	172	1,3	224	23.400	5.238.324
2,7	**TUNEL 2 - CAIDA DE BLOQUES DESDE LA CLAVE DEL TUNEL**						**2.189.200**
2.7.1	**Monitoreo comportamiento del túnel post-sismo**						**692.500**
	Pernos de convergencia	m^2	10	1,0	10	29.250	292.500
	Topografía escala 1/100	un	1	1,0	1	400.000	400.000
2.7.2	**Sistema de sostenimiento para bloques inestables**						**1.496.700**
	Pernos helicoidales	un	21	1,0	21	46.215	970.515
	Cinta W strap	m	20	1,0	20	17.550	351.000
	Apoyos de hormigon H-25	m^3	1	1,0	1	175.185	175.185
2,8	**CONTROL DE CRECIDAS Y CRUCE DE QUEBRADAS**						**250.509.292**
2.8.1	**Losas en hormigón**						**150.565.348**
	Excavación Abierta Mat. Común	m^3	539	1,1	593	4.013	3.889.353
	Mampostería de piedra	m2	1468	1,2	1.762	21.542	17.978.659
	Hormigón H-25	m^3	375	1,0	375	175.185	107.992.214
	Hormigón H-5	m^3	4	1,0	4	119.892	908.772
	Enfierradura	kg	18908	1,0	18.908	1.047	19.796.351
2.8.2	**Cajón atravieso Quebradas MC Q06, MC Q46 y MC Q57**						**93.612.888**
	Excavación Abierta Mat. Común	m3	184	1,1	202	4.013	810.465
	Relleno compactado	m3	635	1,1	699	9.031	6.310.287
	Mampostería de piedra	m2	103	1,1	113	21.542	2.439.496
	Hormigón H-25	m^3	14	1,0	14	175.185	2.441.723

		Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final	Costo Unitario $	Costo Total $
	Hormigón H-5	m^3	22	1,0	22	119.892	2.621.565
	Enfierradura	kg	697	1,0	697	1.047	729.654
	Cajón prefabricado	unidad	90	1	90	869.552	78.259.698
2.8.3	**Compuertas**						**4.524.254**
	Compuertas 1,2 x 1,3	un	5	1,1	6	520.000	2.860.000
	Hormigón H-25	m^3	10	1,0	10	175.185	1.664.254
2.8.4	**Vertederos**						**1.806.802**
	Mampostería de Piedra	m2	22	1,1	24	21.542	511.838
	Hormigón H-25	m3	7	1,1	7	175.185	1.294.964
						Total costos directos $	6.836.941.565
						Total costos indirectos $	2.051.082.469
						TOTAL $	**8.888.024.034**

Fuente: Elaboración propia.

4.4 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (OPEX)

Los costos anuales de operación y mantenimiento se consideraron como un 1% del total de la inversión inicial en obras. Para el revestimiento en mampostería se consideró una restitución cada 10 años, tanto para la mampostería nueva como la existente. La Tabla 4-45 muestra los costos de operación y mantenimiento anualizados, considerando un mejoramiento de 20 km aprox.

Tabla 4-45: Costos de operación y mantención canal Buzeta

	Costos de operación y mantención (M$/año)																													
	Año																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Costos operacionales																														
Administración																														
Salarios administración	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8
Salarios supervisores (celadores)	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Costos operacionales																														
Limpieza del canal																														
Desembanque del fondo (manual y maquinaria, energía)	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Limpieza del canal y bermas	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Reconstrucción de bermas	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Costos mantención																														
Mejoramiento obras de hormigón																														
Mejoramiento por desgastes, grietas, abertura de juntas. Obras hidráulicas	5,0				5,0				5,0				5,0				5,0				5,0				5,0				5,0	
Mejoramiento por desgastes, grietas. Revestimientos existentes (1,8 km)						94,7										94,7										94,7				
Costos mantención																														
Revestimientos en mampostería																														
Reemplazo mampostería existente 20,2 km							366,6										366,6										366,6			
Reemplazo mampostería nueva (20 km)										366,6										366,6										366,6
Costos mantención																														
Revestimientos en geomembrana																														
Reemplazo geomembrana existente 1,2 km por mampostería			0					0				0						0					0					0		
Costos de mantención																														
Compuertas																														
Limpieza y engrasado Vástago y engranaje	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Reemplazo compuerta de acero 20 unidades	4,3		4,3		4,3		4,3		4,3		4,3		4,3		4,3		4,3		4,3		4,3		4,3		4,3		4,3		4,3	
Subtotal costos de operación	66,1	56,8	61,1	56,8	66,1	151,5	427,7	56,8	66,1	423,4	61,1	56,8	66,1	56,8	61,1	151,5	432,7	56,8	61,1	423,4	66,1	56,8	61,1	56,8	66,1	151,5	427,7	56,8	66,1	423,4
Contingencia 10%	6,6	5,7	6,1	5,7	6,6	15,2	42,8	5,7	6,6	42,3	6,1	5,7	6,6	5,7	6,1	15,2	43,3	5,7	6,1	42,3	6,6	5,7	6,1	5,7	6,6	15,2	42,8	5,7	6,6	42,3
Total costos de operación (M$/año)	**72,7**	**62,5**	**67,2**	**62,5**	**72,7**	**166,7**	**470,4**	**62,5**	**72,7**	**465,7**	**67,2**	**62,5**	**72,7**	**62,5**	**67,2**	**166,7**	**475,9**	**62,5**	**67,2**	**465,7**	**72,7**	**62,5**	**67,2**	**62,5**	**72,7**	**166,7**	**470,4**	**62,5**	**72,7**	**465,7**

Fuente: Elaboración propia.

4.5 COSTOS AMBIENTALES

Dado que los mejoramientos del canal Buzeta se encuentran en la zona del canal existente, no se requiere faja de expropiación respecto a estas obras.

A su vez, el proyecto de obras de mejoramiento no generará externalidades económicas ni ambientales en el área de influencia en forma permanente, por lo tanto no forman parte de los flujos valorados del proyecto.

4.6 RENTABILIDAD DEL PROYECTO RIEGO

La rentabilidad del proyecto se evaluó en términos de los indicadores valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR).

En base a esta metodología se ha considerado la situación actual a sin proyecto y la situación actual a situación con proyecto, estimando sus respectivos costos y beneficios para un horizonte de evaluación de 30 años. La diferencia de costos y beneficios entre la situación futura o con proyecto y la situación sin proyecto permite obtener los beneficios netos atribuibles al proyecto.

De los casos anteriores se realizó la evaluación económica tanto de mercado como social.

Conforme a las recomendaciones del Ministerio de Desarrollo Social (MIDESO), la evaluación económica social del proyecto se realizó para una tasa de descuento del **6 %.**

A modo de obtener una curva del valor actual neto, asociada a la longitud revestida, fue necesario estimar nuevos costos de inversión (CAPEX) y costos de operación y mantenimiento (OPEX). Para los CAPEX se simplificó mediante un multiplicador, estimado como la razón entre la longitud a revestir y los 20 km aprox de revestimiento. Para el OPEX, sólo el costo de mantención asociado al revestimiento (nuevo y existente) fue ponderado con el mismo multiplicador. Con esto, se tienen valores de CAPEX y OPEX según la longitud de revestimiento.

Las Figura 4-1 y Figura 4-2 muestran de manera gráfica el comportamiento del VAN en función de la longitud a revestir.

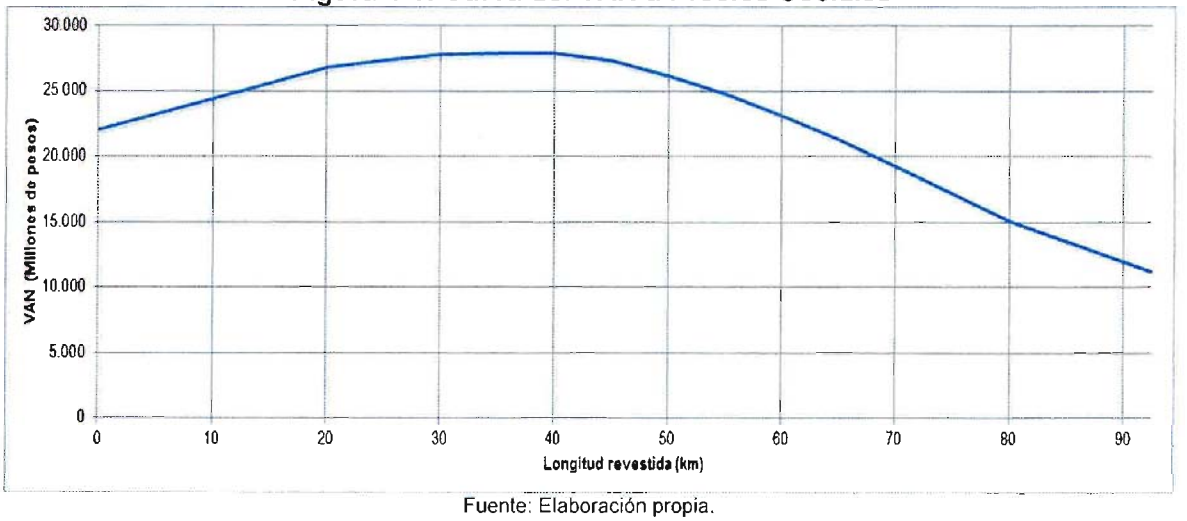
Los indicadores VAN, TIR y IVAN según precio social y privado se presentan en la Tabla 4 46 y Tabla 4 47 respectivamente. Adicionalmente se incluye la superficie futura de riego considerando mismos rendimientos actuales.

De los resultados se observa la existencia de un óptimo dado para el precio social, donde dada cierta longitud de revestimiento, el VAN comienza a decrecer, e incluso llegando a valores negativos para el caso del precio privado. Las cifras del precio social son bastante mayores, con un orden de magnitud mayor del VAN en comparación con el precio privado.

Del indicador TIR se desprende que, considerando una tasa de descuento del 12%, la inversión dejaría de ser atractiva al momento de invertir en un revestimiento con una longitud menor a 10 km.

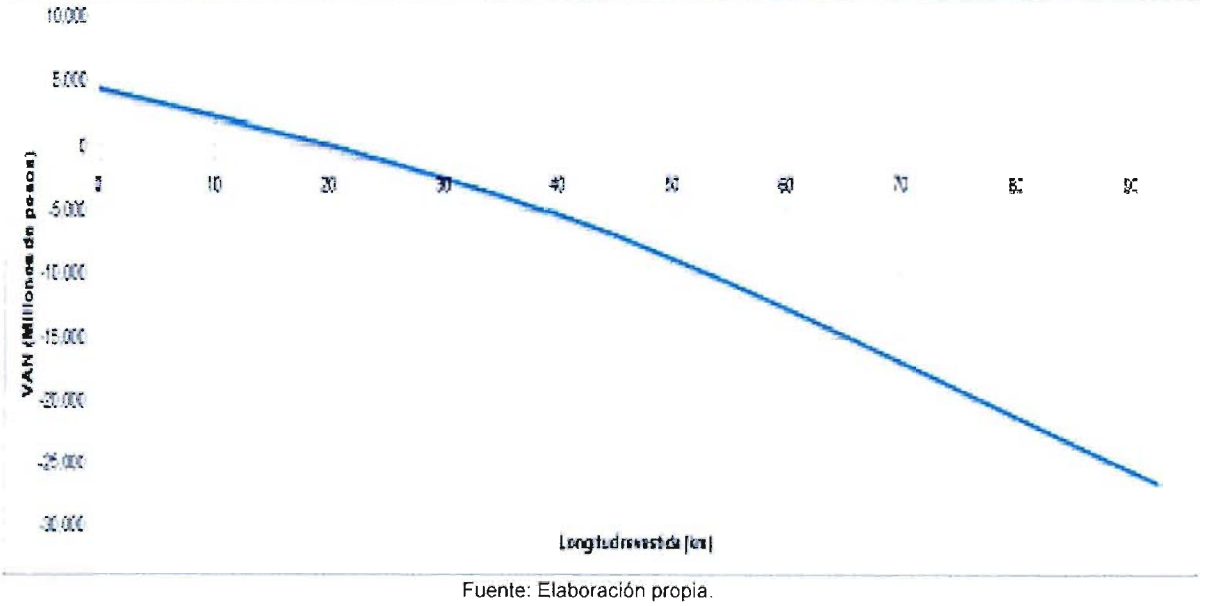
De los gráficos se puede observar que entre los 20 y los 40 km de revestimiento se encuentra el óptimo del proyecto, el cual solo se alcanzaría a tasas sociales (inversión del estado).

Figura 4-1: Curva del VAN a Precios Sociales



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-2: Curva del VAN a Precios Privados



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-46 Indicadores Sociales

Longitud de revestimiento	Superficie futura	Inversión Inicial	Valor residual de las Obras	VAN Social	TIR Social	IVAN Social
(km)	(ha)	(Millones de pesos)	(Millones de pesos)	(Millones de pesos)	(%)	(-)
10	1.017	4.375	20.827	24.466	15,0%	5,59
20	1.155	8.749	24.566	26.895	13,1%	3,07
25	1.213	10.937	25.990	27.549	12,4%	2,52
30	1.267	13.124	27.234	27.975	11,8%	2,13
35	1.317	15.311	28.296	28.173	11,3%	1,84
40	1.363	17.498	29.179	28.143	10,9%	1,61
45	1.399	19.686	29.673	27.625	10,5%	1,40
50	1.424	21.873	29.672	26.482	10,0%	1,21
55	1.446	24.060	29.550	25.187	9,6%	1,05
60	1.461	26.248	29.139	23.528	9,2%	0,90
65	1.473	28.435	28.614	21.726	8,8%	0,76
70	1.484	30.622	27.997	19.807	8,4%	0,65
80	1.498	34.997	26.486	15.620	7,7%	0,45

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-47 Indicadores Privados

Longitud de revestimiento	Superficie futura	Inversión Inicial	Valor residual de las Obras	VAN Privado	TIR Privado	IVAN Privado
(km)	(ha)	(Millones de pesos)	(Millones de pesos)	(Millones de pesos)	(%)	(-)
10	1.017	4.375	10.459	2.322	13,4%	0,53
20	1.155	8.749	12.265	290	10,9%	0,03
25	1.213	10.937	12.926	-915	9,9%	-0,08
30	1.267	13.124	13.489	-2.196	9,9%	-0,17
35	1.317	15.311	13.954	-3.554	9,1%	-0,23
40	1.363	17.498	14.320	-4.988	9,1%	-0,29
45	1.399	19.686	14.476	-6.586	8,6%	-0,33
50	1.424	21.873	14.362	-8.394	8,6%	-0,38
55	1.446	24.060	14.183	-10.253	8,2%	-0,43
60	1.461	26.248	13.846	-12.234	7,8%	-0,47
65	1.473	28.435	13.448	-14.264	7,4%	-0,50
70	1.484	30.622	12.999	-16.332	7,1%	-0,53
80	1.498	34.997	11.952	-20.586	6,4%	-0,59

Fuente: Elaboración propia.

5 APLICACIÓN MÉTODO VALOR DEL AGUA

El objetivo de este capítulo es valorizar el agua cruda del canal disponible después de realizar los mejoramientos respectivos, para ello se ha analizado la situación de las transacciones en el conservador de bienes raices.

A continuación se presentan los datos recogidos en el CBR, los cuales corresponden a 70 transacciones entre 2012 y 2013:

Tabla 5-1: Transacciones Derechos de Agua en Canal Buzeta

RUT COMPRADOR	NOMBRE COMPRADOR	CAUDAL	UNIDAD CAUDAL	VALOR TRANSACCION	UNIDAD
78245300-9	SOCIEDAD AGRICOLA Y GANADERA ZACATECA LIMITADA	0,48	ACCIONES	85.000.000,00	PESOS
78245300-9	SOCIEDAD AGRICOLA Y GANADERA ZACATECA LIMITADA	0,58	ACCIONES	35.000.000,00	PESOS
	JAIME MARAMBIO CATALDO Y OTRO	0,58	ACCIONES	500.000,00	PESOS
	MARCELO ARACENA ARACENA	0,21	ACCIONES	5.000.000,00	PESOS
10890160-K	GABRIELA MARISOL PAYACAN ADASME Y OTROS	0,19	ACCIONES		
6320143-K	AUSTOR DEL CARMEN VEGA QUIROZ Y OTROS	0,01	ACCIONES		
	JUAN MANUEL GONZALEZ SILVA	0,01	ACCIONES	50.000,00	PESOS
	MARTA DEL TRANSITO VALENCIA VARGAS Y OTROS	0,01	ACCIONES		
	MARTA DEL TRANSITO VALENCIA VARGAS Y OTROS	0,16	ACCIONES		
6418960-3	ANA IDALIA DEL CARMEN CORTES BARRAZA	0,16	ACCIONES		
76067250-5	AGROLIGURE LIMITADA	0,2	ACCIONES	9.000.000,00	PESOS
68972480-6	SOCIEDAD INMOBILIARIA Y ASESORIAS LA CHOLITA LIMITADA	17	L/S	14.000.000,00	PESOS
4235764-2	CARLOS ALBERTO VILLARROEL CAMPOS	0,15	ACCIONES		
4235764-2	CARLOS ALBERTO VILLARROEL CAMPOS	0,59	ACCIONES		
89748900-0	INMOBILAIRIA LA REINA ALTA LIMITADA	0,3	ACCIONES	16.000.000,00	PESOS
	RAUL EDUARDO MUSA URETA	0,4	ACCIONES	15.000.000,00	PESOS
	JUAN SALVADOR SAUL DABED TOZO	0,41	ACCIONES	2.500.000,00	PESOS
	LUZ ELIANA OYANEDEL SAAVEDRA	0,01	ACCIONES	200.000,00	PESOS
6438183-0	DANIEL ANTONIO COFRE SOZA Y OTROS	0,08	ACCIONES		
	LUIS HUMBERTO APABLAZA POVEA		ACCIONES	50.000,00	PESOS
	DORA DEL CARMEN ARAYA ARAYA		ACCIONES	300.000,00	PESOS
	ADOLFO ROJAS PEREZ	0,31	ACCIONES	5.000.000,00	PESOS
	RAUL ENRIQUE FLORES TAPIA Y OTROS	0,14	ACCIONES		
	CINDA DEL CARMEN PIZARRO PIZARRO	0,01	ACCIONES	200.000,00	PESOS
78046527-4	AGRICOLA CEGEDE LIMITADA	0,34	ACCIONES	17.518.500,00	PESOS
	ORIANA DORALIZA FLORES GOMEZ	0,34	ACCIONES	5.000.000,00	PESOS
7500434-6	NELLY DEL CARMEN CUEVAS BRICENO Y OTROS	0,15	ACCIONES		
	NATALIAS CORTES TAPIA	0,05	ACCIONES	300.000,00	PESOS
	LUZ ELIANA OLIVARES MUNOZ Y OTROS	0,77	ACCIONES		
	PAMELA MAGDALENA CISTERNAS CORTES	0,03	ACCIONES	800.000,00	PESOS
78046520-4	AGRICOLA CEGEDE LIMITADA	0,24	ACCIONES	7.242.000,00	PESOS

RUT COMPRADOR	NOMBRE COMPRADOR	CAUDAL	UNIDAD CAUDAL	VALOR TRANSACCION	UNIDAD
	DARIO ANTONIO BARRAZA CAMPOS Y OTROS	0,27	ACCIONES		
8848900-4	GERMAN SEGUNDO BARRAZA MONROY Y OTROS	0,66	ACCIONES		
78468830-5	INMOBILIARIA E INVERSIONES FOPPIANO LIMITADA	0,59	ACCIONES	1.000.000,00	PESOS
	GUMERCINDO DEL CARMEN CALDERON POVEA	0,03	ACCIONES	120.000,00	PESOS
78046520-4	AGRICOLA CEGEDE LTDA	0,33	ACCIONES	17.000.000,00	PESOS
	INVERSIONES SALAMANCA LIMITADA	0,56	ACCIONES	5.000.000,00	PESOS
	ROJAS MIRANDA ISABEL DEL CARMEN	0,06	ACCIONES	4.000.000,00	PESOS
	ISABEL DEL CARMEN ROJAS MIRANDA	0,58	ACCIONES	4.000.000,00	PESOS
12428485-6	CARLOS ENRIQUE FLORES SUAREZ Y OTROS	0,14	ACCIONES		
	FRANCISCO JAVIER VILLARROEL CORTES	0,04	ACCIONES	500.000,00	PESOS
8754307-2	PASCUAL ENRIQUE TAPIA TAPIA Y OTROS	0,01	ACCIONES		
8754307-2	PASCUAL ENRIQUE TAPIA TAPIA Y OTROS	0,07	ACCIONES		
8754307-2	TAPIA TAPIA PASCUAL ENRIQUE Y OTROS	0,08	ACCIONES		
	SILVIA DEL TRANSITO IBACACHE ROMERO	0,01	ACCIONES		
	MIGUEL ANGEL VELASQUEZ CORTES	0,08	ACCIONES	2.000.000,00	PESOS
78046520-4	AGRICOLA CEGEDE LIMITADA	0,04	ACCIONES	1.700.000,00	PESOS
	ACOSTA SALINAS NOLFA DE LAS MERCEDES Y OTROS	0,03	ACCIONES		
7644232-0	ERNESTO EDGARDO PIZARRO BASUALDO Y OTROS	0,01	ACCIONES		
	NATALIAS CORTES TAPIA	0,02	ACCIONES	600.000,00	PESOS
	CORTES TAPIA NATALIAS	0,48	L/S	600.000,00	PESOS
	NATALIAS CORTES TAPIA	0,02	ACCIONES	700.000,00	PESOS
	CORTES TAPIA NATALIAS	0,51	L/S	700.000,00	PESOS
	GERMAN OSSANDON OLIVA	20,28	L/S		
	MARDONES PEREZ RICARDO	0,04	ACCIONES	2.000.000,00	PESOS
	RICARDO NICOLAS MARDONES SCLAVOS	0,04	ACCIONES	2.000.000,00	PESOS
	RICARDO NICOLAS MARDONES SCLAVOS Y OTRO	0,04	ACCIONES	2.000.000,00	PESOS
	VASQUE ZUAREZ ISMENIA ROSA	0,01	ACCIONES	500.000,00	PESOS
	GERMAN RODRIGO OSSANDON OLIVARES	0,19	ACCIONES	800.000,00	PESOS
	GERMAN RODRIGO OSSANDON OLIVARES	0,21	ACCIONES	400.000,00	PESOS
	TAPIA PEÑA RICARDO JOSE	0,08	ACCIONES	600.000,00	PESOS
8742808-7	MARIA ESTRELLA ALFARO LAZO Y OTROS	0,24	ACCIONES		
	MARTA ELENA VEGA CHAVEZ	0,01	ACCIONES	1.200.000,00	PESOS
	ERNESTO ADEMIR ALCAYAGA ROJAS	0,28	ACCIONES	12.000.000,00	PESOS
8381795-K	LEON ACOSTA ERIKA PATRICIA Y OTROS	0,01	ACCIONES		
8381795-K	ERIKA PATRICIA LEON ACOSTA Y OTROS	0,11	ACCIONES		
	SILVIA DEL CARMEN VEGA PEREZ	0,07	ACCIONES	100.000,00	PESOS
	PAREDES PEREZ, JAIME ENRIQUE	0,03	ACCIONES	800.000,00	PESOS
	HECTOR TAPIA EIRL O TECNOELECTRIC EIRL	0,03	ACCIONES	500.000,00	PESOS
	VARELA YANQUEZ, GREGORIO MIGUEL ENRIQUE	74,6	ACCIONES	12.000.000,00	PESOS
	SALAS PALUBIA, MARISOL RAQUEL Y OTROS	0,03	ACCIONES	500.000,00	PESOS

RUT COMPRADOR	NOMBRE COMPRADOR	CAUDAL	UNIDAD CAUDAL	VALOR TRANSACCION	UNIDAD
77951040-9	SOCIEDAD ODONTOLOGICA VALLE CHOAPA LTDA			6.500.000,00	PESOS
	PEÑA CRUZ, MOISES ENRIQUE	0,07	ACCIONES	1.000.000,00	PESOS
	PEÑA CRUZ, EDUARDO DEL CARMEN	0,07	ACCIONES	1.000.000,00	PESOS
11940956-K	CONTRERAS ARAYA, BELLA EDITH Y OTROS	0,01	ACCIONES		
11940956-K	CONTRERAS ARAYA, BELLA EDITH Y OTROS	0,16	ACCIONES		
11940956-K	CONTRERAS ARAYA, BELLA EDITH Y OTROS	0,26	ACCIONES		
	SOCIEDAD COMERCIAL Y SERVICIOS SANTA SARITA LTDA	0,58	ACCIONES	11.646.053,00	PESOS
78245300-9	SOCIEDAD AGRICOLA Y GANADERA ZACATECA LTDA	0,28	ACCIONES	12.000.000,00	PESOS
3771210-8	CEPEDA CEPEDA FERNANDO Y OTROS	15,95	L/S		
8551670-1	MANUEL ANDRES BARRAZA VALENCIA Y OTROS	0,45	ACCIONES		
	LOPEZ BRITO CLAUDIO MILLER	0,06	ACCIONES	3.000.000,00	PESOS
	LOPEZ BRITO JUAN ESTEFAN	0,03	ACCIONES	1.500.000,00	PESOS
77101290-6	SANTA LAURA INMOBILIARIA E INVERSIONES LTDA	0,4	ACCIONES	24.000.000,00	PESOS
	CLOTILDE DEL CARMEN VALENCIA TAPIA Y OTROS	0,01	ACCIONES		
	RICARDO LEON ALCARRAZ HERRERA	0,09	ACCIONES	10.000.000,00	PESOS
96823250-9	INMOBILIARIA LAS CAÑAS LIMITADA	17	L/S	35.000.000,00	PESOS
	VICTOR PATRICIO GUERRA RAMIREZ Y OTROS	0,01	ACCIONES		
	VICTOR PATRICIO GUERRA RAMIREZ Y OTROS	0,14	ACCIONES		
	VICTOR PATRICIO GUERRA RAMIREZ Y OTROS	0,26	ACCIONES		
	RODRIGO CALDERON LO MORO Y COMPANIA O CALDERON Y CIA	12420	ACCIONES	2.000.000,00	PESOS

Fuente CBR.

Luego, se fija un valor de 2.203 US/l/s lo que al valor de la Us a Noviembre de 2014 equivale a 1.372.549 $/l/s, que corresponde al promedio de las transacciones.

Por tanto, se estima de esta manera el ingreso por concepto de vender en un año el caudal obtenido de los mejoramientos en el canal (Q= 703 l/s para 25 km). Se presentan en la Tabla

Tabla 5-2: Beneficio de Proyecto Utilizando Método de Las Transacciones

Canal	Beneficio por venta de agua (US$)
Buzeta	1.548.799

Fuente: Elaboración propia.

6 APLICACIÓN MÉTODO VALOR DE LA TIERRA

El método incremental de la tierra se basa en el beneficio directo del proyecto asociado al incremento del valor neto de mercado del valle beneficiado por la mayor cantidad de agua producto del mejoramiento a realizar en el canal, el cual cambia su estructura de cultivos, además de un aumento en la seguridad de riego.

Para este método se utilizaron los precios de la tierra catastrados en los mercados inmobiliarios de la zona de Salamanca para precios en tierra Secano y de Riego. Los valores de la tierra perteneciente a la comuna de Salamanca, son los que se presentan en la Tabla 12.31:

Tabla 6-1: Precio de la tierra Agrícola Comuna de Salamanca

Mes	Predio	Año	Precio ($ha)
12	Agrícola	2014	2.769.902
11	Agrícola	2014	1.750.437
8	Agrícola	2013	2.166.786
6	Agrícola	2013	4.479.375
10	Agrícola	2013	3.749.565
11	Agrícola	2013	1.060.112
2	Agrícola	2013	3.677.898
		Promedio	2.807.725
12	Secano-Urbano	2014	1.045.200
10	Secano	2014	495.100
9	Secano	2014	680.000
		Promedio	740.100

Fuente: Publicaciones de Venta de Predios

Puesto que el área potencial de riego se compone de un 42 % de secano y a un 58 % de riego, se consideró que el precio de la ha de secano es de $ 740.000, mientras que el valor de una hectárea de suelo con riego sin seguridad 85% se estimó en $ 2.807.725 asociados al promedio simple de los datos presentados anteriormente. Finalmente, el precio de una ha con riego seguro se estima en $ 3.807.725

Por lo tanto el beneficio del proyecto utilizando este método de análisis consiste en percibir como ingreso en un año el precio total de la venta de los terrenos para uso agrícola en la situación óptima que se agregan ha una vez realizados los mejoramientos al canal (342 ha). Es decir corresponde a la diferencia entre el precio de la tierra agrícola y de la tierra para uso secano por la cantidad de hectáreas correspondientes. Los resultados de este método se presentan en la Tabla.

Tabla 6-2: Beneficio de proyecto utilizando Método del Valor Incremental de la Tierra

Canal	Beneficio por venta de tierra (MUS$)
Buzeta	1.689.471

Fuente: Elaboración propia.

7 RECOMENDACIÓN SOBRE EL TAMAÑO DEL PROYECTO RIEGO

El tamaño óptimo de un proyecto busca determinar, la solución que maximice el valor actual neto de las opciones en el análisis de un proyecto. Los factores determinantes en estos son, la relación precio-volumen, y la relación costo-volumen.

De la evaluación económica efectuada, se obtuvo que la máxima rentabilidad a precios sociales se logra para una longitud de revestimiento entre los 20 y 40 km. Este análisis se realizó con el fin de conocer la tendencia de la rentabilidad del proyecto frente a la incorporación de superficie de riego.

8 MOMÉNTO ÓPTIMO DE INVERSIÓN

Para determinar el momento óptimo de hacer una inversión se puede recurrir a distintos criterios, que dependen de las características específicas que presenta el proyecto.

Para medir esto se ocupa la rentabilidad inmediata, la cual mide la rentabilidad del primer año de operación respecto a la inversión realizada. La rentabilidad inmediata está fundamentada en que puede haber un proyecto con flujos de caja tan altos en los años futuros que compensaría a flujos que pudieran ser muy bajos en los años iniciales, mostrando un VAN positivo para el total del proyecto.

El proyecto debe ser implementado cuando el primer flujo sobre la inversión, de un resultado igual o superior a la tasa de retorno que exige el inversionista.

En este caso, ocupando tasa social el proyecto resulta rentable a pesar de los flujos negativos los primeros años (compensándolo casi cinco veces en el transcurso de 30 años), por tanto el momento óptimo de inversión corresponde a iniciar las obras lo mas tempranamente posible.

Si el financiamiento del proyecto es del tipo público-privado, se puede considerar la distribución de la inversión en el tiempo para disminuir la carga de inversión de los agricultores que tengan que contribuir al proyecto.

La alternativa consideraría distribuir la inversión, y por ende la construcción de las obras, en periodos de 10 años. El proyecto podría ser costeado en tres pagos cada 10 años, a diferencia de realizar la inversión en tres años consecutivos al inicio del proyecto (como fue planteado originalmente). Con ello, la carga de inversión de los agricultores asociados al canal disminuiría en los primeros años, entregando cierta holgura para distribuir los gastos de inversión al tiempo que se ejecutan las obras.

9 ANALISIS FINANCIERO

9.1 DISPOSICION A PAGO

El objetivo de esta parte del estudio fue analizar la forma en que se modifica el ingreso neto de los agricultores de la zona de influencia del estudio si se construyen las obras previstas en el proyecto.

Con este fin, se determinaron y caracterizaron productiva y económicamente, los Predios Promedio que representan las actividades agrícolas desarrolladas en los predios de estratos de tamaño más representativos del área, con el objeto de establecer las bases para la política de recuperación de costos en proyectos agrícolas del Supremo Gobierno.

Este análisis se efectuó a precios de mercado, y consideró los patrones productivos y económicos que tipifican la estructura de cultivos desarrollada en los predios de los estratos de tamaño considerados.

El análisis de la recuperación de costos se debe efectuar en base a los antecedentes presentados en el análisis financiero de los Predios Promedio, los que se han definido como representativos de las actividades agrícolas del área del estudio.

Es necesario precisar que le corresponde a la autoridad definir que fracción de la inversión se recuperaría con este excedente y además, el grado en que los agricultores caracterizados por los Predios Promedio aportarían en esta recuperación de la inversión.

La recuperación de costos de un proyecto requiere definir previamente la distribución del financiamiento entre los distintos agentes que participan o son afectados por la obra; entre los que se destacan el Estado, los beneficiarios directos y los beneficiarios indirectos. El término financiamiento se aplica en este caso en su sentido de pago final por las obras y no de crédito temporal a alguno de los agentes.

Cabe señalar que el Estado puede eventualmente participar en el financiamiento de la obra a través de subsidios, de acuerdo con los criterios que posteriormente se recomiendan.

Los beneficiarios indirectos, en general, no participan en el pago de las obras.

El procedimiento de cobro se diseñó considerando los siguientes criterios básicos:

Los costos de un proyecto abarcan solo los de construcción. Estos deben asegurarse a través de los mecanismos que se apliquen.
En general los cobros a los usuarios debieran ser iguales por unidad de superficie o acción, admitiéndose excepciones sólo para situaciones puntuales en que el beneficio o margen neto diferencial fuera marcadamente distinto entre los diferentes beneficiarios del proyecto.

Cabe señalar que el Estado otorgaría asimismo los subsidios directos que correspondan a los eventuales beneficiarios, dentro del marco de la ley de fomento de obras de riego y drenaje y de los programas de subsidios a pequeños y medianos empresarios.

Si la evaluación privada respecto de los beneficiarios directos implica que el proyecto no es viable, el Estado puede contemplar subsidiar el proyecto basado en consideraciones de externalidades positivas, de valor social o de promoción de zonas de bajos ingresos y de otras, de acuerdo a las políticas y prioridades de gobierno.

Para el pago de las obras, se propone que, en general, la cuota se calcule en forma homogénea por unidad de superficie beneficiada, independientemente de los beneficios que se estime obtendrán los distintos suelos. La posibilidad de discriminar entre dos o más tipos de suelos/mejoras se debería considerar sólo si se cumple que los distintos tipos presenten beneficios esperados marcadamente distintos, que la estimación de dicha diferencial de beneficios sea factible de establecer en forma clara, y que la incidencia de cada tipo dentro del proyecto sea significativa.

El método de cálculo de la cuota (tanto de construcción como de operación, mantención y costos del plan de mitigación de Impactos ambientales.), sería:

\+ Costo directo del proyecto
\- Subsidio

= Costo total del proyecto neto de cobro indirecto (CTNCI)

$$CUnT = \frac{CTNCI}{Ha} \times 100$$

Donde:

CUnT : Costo unitario del compromiso que deben suscribir los beneficiarios que adhieran, para financiar totalmente el proyecto.
CTNC : Costo total del proyecto neto.
Ha : Hectáreas totales beneficiadas por el proyecto.

Dicho método permitiría que el proyecto, en lo que corresponde a los beneficiarios, esté completamente financiado.

Posteriormente se debe contrastar el valor anual equivalente obtenido del análisis financiero con el costo unitario del compromiso que deben suscribir los beneficiarios del proyecto, de manera de dilucidar la conveniencia o no de otorgar subsidios del Estado para cada uno de los tipo de predios que conforman el área de interés.

De esta forma en los casos en que no es factible incurrir en el pago de la obra, necesariamente amerita estudiar algún sistema de subsidio que permita a estos agricultores participar de los beneficios que ocasiona el presente proyecto.

En cuanto al financiamiento, éste debe contemplar solo los costos de construcción de las obras de ingeniería y no los costos de operación y mantención.

El costo de las obras intraprediales será asumido por los beneficiarios, en su valor neto de los subsidios por ley de fomento a las obras de riego y drenaje y por programas de promoción a pequeños y medianos empresarios, si proceden.

De acuerdo a lo planteado, los compromisos de pago por adhesión voluntaria al proyecto deben obtenerse antes de la decisión definitiva de ejecutar el proyecto, y deben contemplar el pago de la construcción de todas las obras interprediales e intraprediales (excepto si los beneficiarios tienen la capacidad financiera necesaria para asumir el costo de las últimas).

Cabe señalar que en el caso que el proyecto se entregue a los usuarios, al término del pago de la construcción de las obras, el Estado deberá endosar los compromisos de pago de los usuarios correspondientes a la operación y mantención de las obras, por lo que resta de su vida útil a la asociación de usuarios encargada de dichas funciones.

El método antes indicado permite que el proyecto, en lo que corresponde a los beneficiarios, esté completamente financiado.

El valor de las obras de ingeniería del Canal Buzeta asciende a un monto total de $3.641.474.082. Según lo anterior el valor anual equivalente por hectárea beneficiada (2.065 ha totales regadas en un año de 85% de excedencia) de los costos de obras civiles es de $129.227. Estos valores por hectárea representan el compromiso unitario que deben suscribir los beneficiarios que adhieran al presente proyecto. Al respecto hay que considerar el pago del costo de las obras en 21 anualidades, con una tasa de 4,5% anual, previo 4 años de gracia durante los cuales se cancela sólo los intereses.

Posteriormente, contrastando los valores anuales equivalente, obtenidos del análisis financiero con el costo unitario del compromiso que deben suscribir los beneficiarios del proyecto, se puede dilucidar la conveniencia o no de otorgar subsidios del Estado para cada uno de los tipos de predios que conforman el área de interés.

Según lo anterior en la Tabla siguiente se puede observar por Predio Promedio la comparación entre el Valor Anual Equivalente de la utilidad obtenida del análisis financiero con el valor unitario expandido para el financiamiento de la alternativa de obras propuesta.

Tabla 9-1: Determinación de la Disposición de Pago por Predio Promedio

Predio Promedio	N° Predios	P. Promedio ha Riego	Anualidad Equivalente Utilidad Dispoponible	Costo Unitario Compromiso	Total Costo por Predio Promedio	Diferencial Útil - Costo	Necesidad Subsidio
Estrato de Tamaño 0 a 1 ha Nivel Bajo	116	0,146	29.970	129.227	18.867	11.103	0,0%
Estrato de Tamaño 0 a 1 ha Nivel Medio	53	0,228	52.828	129.227	29.464	23.364	0,0%
Estrato de Tamaño 0 a 1 ha Nivel Alto	18	0,235	30.130	129.227	30.368	-239	0,0%
Estrato de Tamaño 1,01 a 5 ha Nivel Bajo	70	1,139	355.981	129.227	147.190	208.791	0,0%
Estrato de Tamaño 1,01 a 5 ha Nivel Medio	54	1,576	565.780	129.227	203.662	362.118	0,0%
Estrato de Tamaño 1,01 a 5 ha Nivel Alto	35	1,152	1.322.127	129.227	148.870	1.173.258	0,0%
Estrato de Tamaño 5,01 a 15 ha Nivel Bajo	47	4,017	1.702.620	129.227	519.106	1.183.515	0,0%
Estrato de Tamaño 5,01 a 15 ha Nivel Medio	12	3,438	1.748.549	129.227	444.283	1.304.266	0,0%
Estrato de Tamaño 5,01 a 15 ha Nivel Alto	35	4,257	504.834	129.227	550.120	-45.286	10,0%
Estrato de Tamaño 15,01 a 50 ha Nivel Bajo	22	10,219	6.626.542	129.227	1.320.573	5.305.969	0,0%
Estrato de Tamaño 15,01 a 50 ha Nivel Medio	15	8,147	4.352.030	129.227	1.052.814	3.299.216	0,0%
Estrato de Tamaño 15,01 a 50 ha Nivel Alto	37	10,589	1.365.772	129.227	1.368.387	-2.615	0,0%
Estrato de Tamaño 50,01 a 100 ha Nivel Bajo	6	30,838	13.341.280	129.227	3.985.109	9.356.171	0,0%
Estrato de Tamaño 50,01 a 100 ha Nivel Medio	5	35,334	8.376.625	129.227	4.566.114	3.810.511	0,0%
Estrato de Tamaño 50,01 a 100 ha Nivel Alto	6	35,297	19.507.236	129.227	4.561.333	14.945.903	0,0%
Estrato de Tamaño Mayor de 100 ha Nivel Alto	3	44,564	5.881.187	129.227	5.758.882	122.305	0,0%

Como se observa en las Tabla 10.6-1 sólo un predio promedio no tiene la suficiente capacidad para el pago de las obras. De esta manera el otorgamiento de subsidios por parte del Estado sólo es necesario para este predio, calculándose un subsidio ponderado anual de $18.734 por predio y cuya suma de montos no supera el 0,6% del total de costos de obras de riego.

Ahora bien, si se consideran tres alternativas de subsidio, aunque son muy pocos los agricultores que lo requieren, la utilidad ponderada del área se incrementa. En las Tabla 9-2 a

Tabla 9-4 se presentan tres escenarios: con 25% de subsidio, con 50% de subsidio y, finalmente, con 75% de subsidio.

Tabla 9-2. Disposición de Pago por Predio Promedio 25% de Subsidio

Predio Promedio	Nº Predios	P. Promedio ha Riego	Anualidad Equivalente Utilidad Dispoponible	Costo Unitario Compromiso	Total Costo por Predio Promedio	Diferencial Util - Costo	Necesidad Subsidio
Estrato de Tamaño 0 a 1 ha Nivel Bajo	116	0,146	29.970	96.920	14.150	15.820	0,0%
Estrato de Tamaño 0 a 1 ha Nivel Medio	53	0,228	52.828	96.920	22.098	30.730	0,0%
Estrato de Tamaño 0 a 1 ha Nivel Alto	18	0,235	30.130	96.920	22.776	7.353	0,0%
Estrato de Tamaño 1,01 a 5 ha Nivel Bajo	70	1,139	355.981	96.920	110.392	245.589	0,0%
Estrato de Tamaño 1,01 a 5 ha Nivel Medio	54	1,576	565.780	96.920	152.746	413.034	0,0%
Estrato de Tamaño 1,01 a 5 ha Nivel Alto	35	1,152	1.322.127	96.920	111.652	1.210.476	0,0%
Estrato de Tamaño 5,01 a 15 ha Nivel Bajo	47	4,017	1.702.620	96.920	389.328	1.313.293	0,0%
Estrato de Tamaño 5,01 a 15 ha Nivel Medio	12	3,438	1.748.549	96.920	333.211	1.415.338	0,0%
Estrato de Tamaño 5,01 a 15 ha Nivel Alto	35	4,257	504.834	96.920	412.588	92.245	0,0%
Estrato de Tamaño 15,01 a 50 ha Nivel Bajo	22	10,219	6.626.542	96.920	990.425	5.636.116	0,0%
Estrato de Tamaño 15,01 a 50 ha Nivel Medio	15	8,147	4.352.030	96.920	789.607	3.562.423	0,0%
Estrato de Tamaño 15,01 a 50 ha Nivel Alto	37	10,589	1.365.772	96.920	1.026.286	339.486	0,0%
Estrato de Tamaño 50,01 a 100 ha Nivel Bajo	6	30,838	13.341.280	96.920	2.988.819	10.352.461	0,0%
Estrato de Tamaño 50,01 a 100 ha Nivel Medio	5	35,334	8.376.625	96.920	3.424.571	4.952.054	0,0%
Estrato de Tamaño 50,01 a 100 ha Nivel Alto	6	35,297	19.507.236	96.920	3.420.985	16.086.251	0,0%
Estrato de Tamaño Mayor de 100 ha Nivel Alto	3	44,564	5.881.187	96.920	4.319.143	1.562.044	0,0%

Tabla 9-3. Disposición de Pago por Predio Promedio 50% de Subsidio

Predio Promedio	Nº Predios	P. Promedio ha Riego	Anualidad Equivalente Utilidad Dispoponible	Costo Unitario Compromiso	Total Costo por Predio Promedio	Diferencial Util - Costo	Necesidad Subsidio
Estrato de Tamaño 0 a 1 ha Nivel Bajo	116	0,146	29.970	64.614	9.434	20.537	0,0%
Estrato de Tamaño 0 a 1 ha Nivel Medio	53	0,228	52.828	64.614	14.732	38.096	0,0%
Estrato de Tamaño 0 a 1 ha Nivel Alto	18	0,235	30.130	64.614	15.184	14.945	0,0%
Estrato de Tamaño 1,01 a 5 ha Nivel Bajo	70	1,139	355.981	64.614	73.595	282.385	0,0%
Estrato de Tamaño 1,01 a 5 ha Nivel Medio	54	1,576	565.780	64.614	101.832	463.948	0,0%
Estrato de Tamaño 1,01 a 5 ha Nivel Alto	35	1,152	1.322.127	64.614	74.435	1.247.692	0,0%
Estrato de Tamaño 5,01 a 15 ha Nivel Bajo	47	4,017	1.702.620	64.614	259.554	1.443.066	0,0%
Estrato de Tamaño 5,01 a 15 ha Nivel Medio	12	3,438	1.748.549	64.614	222.143	1.526.406	0,0%
Estrato de Tamaño 5,01 a 15 ha Nivel Alto	35	4,257	504.834	64.614	275.062	229.772	0,0%
Estrato de Tamaño 15,01 a 50 ha Nivel Bajo	22	10,219	6.626.542	64.614	660.290	5.966.251	0,0%
Estrato de Tamaño 15,01 a 50 ha Nivel Medio	15	8,147	4.352.030	64.614	526.410	3.825.620	0,0%
Estrato de Tamaño 15,01 a 50 ha Nivel Alto	37	10,589	1.365.772	64.614	684.198	681.574	0,0%
Estrato de Tamaño 50,01 a 100 ha Nivel Bajo	6	30,838	13.341.280	64.614	1.992.567	11.348.714	0,0%
Estrato de Tamaño 50,01 a 100 ha Nivel Medio	5	35,334	8.376.625	64.614	2.283.071	6.093.554	0,0%
Estrato de Tamaño 50,01 a 100 ha Nivel Alto	6	35,297	19.507.236	64.614	2.280.680	17.226.556	0,0%
Estrato de Tamaño Mayor de 100 ha Nivel Alto	3	44,564	5.881.187	64.614	2.879.458	3.001.728	0,0%

Tabla 9-4. Disposición de Pago por Predio Promedio 75% de Subsidio

Predio Promedio	N° Predios	P. Promedio ha Riego	Anualidad Equivalente Utilidad Dispoponible	Costo Unitario Compromiso	Total Costo por Predio Promedio	Diferencial Util - Costo	Necesidad Subsidio
Estrato de Tamaño 0 a 1 ha Nivel Bajo	116	0,146	29.970	32.307	4.717	25.253	0,0%
Estrato de Tamaño 0 a 1 ha Nivel Medio	53	0,228	52.828	32.307	7.366	45.462	0,0%
Estrato de Tamaño 0 a 1 ha Nivel Alto	18	0,235	30.130	32.307	7.592	22.537	0,0%
Estrato de Tamaño 1,01 a 5 ha Nivel Bajo	70	1,139	355.981	32.307	36.798	319.183	0,0%
Estrato de Tamaño 1,01 a 5 ha Nivel Medio	54	1,576	565.780	32.307	50.916	514.864	0,0%
Estrato de Tamaño 1,01 a 5 ha Nivel Alto	35	1,152	1.322.127	32.307	37.218	1.284.910	0,0%
Estrato de Tamaño 5,01 a 15 ha Nivel Bajo	47	4,017	1.702.620	32.307	129.777	1.572.843	0,0%
Estrato de Tamaño 5,01 a 15 ha Nivel Medio	12	3,438	1.748.549	32.307	111.071	1.637.477	0,0%
Estrato de Tamaño 5,01 a 15 ha Nivel Alto	35	4,257	504.834	32.307	137.531	367.303	0,0%
Estrato de Tamaño 15,01 a 50 ha Nivel Bajo	22	10,219	6.626.542	32.307	330.145	6.296.397	0,0%
Estrato de Tamaño 15,01 a 50 ha Nivel Medio	15	8,147	4.352.030	32.307	263.205	4.088.825	0,0%
Estrato de Tamaño 15,01 a 50 ha Nivel Alto	37	10,589	1.365.772	32.307	342.099	1.023.673	0,0%
Estrato de Tamaño 50,01 a 100 ha Nivel Bajo	6	30,838	13.341.280	32.307	996.283	12.344.997	0,0%
Estrato de Tamaño 50,01 a 100 ha Nivel Medio	5	35,334	8.376.625	32.307	1.141.536	7.235.090	0,0%
Estrato de Tamaño 50,01 a 100 ha Nivel Alto	6	35,297	19.507.236	32.307	1.140.340	18.366.896	0,0%
Estrato de Tamaño Mayor de 100 ha Nivel Alto	3	44,564	5.881.187	32.307	1.439.729	4.441.458	0,0%

Al subsidiar un 25% de la obra, ya no se requieren subsidios por parte del Estado. En cuanto al diferencial Utilidad-Costo total del área, éste pasa de 478,8 millones a 545,5 millones, lo que significa un incremento del 13,92%.

Con subsidio de 50% de la obra, el diferencial Utilidad-Costo total del área, pasa de 478,8 millones a 612,1 millones de pesos, lo que significa un incremento de 27,85%.

Finalmente, con un subsidio de 75% de la obra, el diferencial Utilidad-Costo total del área, pasa de 478,8 millones a 678,8 millones de pesos, lo que significa un incremento de 41,77%.

9.2 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

9.2.1 Análisis Determinístico Riesgo

Se realizó un primer análisis de la sensibilidad determinístico en torno al tamaño de mayor rentabilidad para el riego, correspondiente a la longitud de revestimiento de 10 km para precio privado y 20 km para precio social.

Se sensibilizaron las siguientes variables bajo un primer esquema:

- Costos de Mantención y Operación: ±25% del valor real.
- Inversión en obras de mejoramiento: ±30% del valor real.
- Beneficios agronómicos: ±10% del valor real.

Estas variaciones obedecen principalmente a que los costos de inversión han sido desarrollados a nivel de prefactibilidad por lo que es usual considerar una variación entre un 25% y un 30%, por otra parte, los beneficios agronómicos ajenos a la ingeniería de la infraestructura desarrollada no debería presentar variaciones significativas, por ello se ha estimado un 10%.

La Tabla 9-5 da cuenta de los resultados del análisis de sensibilidad en torno del punto óptimo social y privado.

Tabla 9-5 Análisis de sensibilidad del proyecto, primer esquema

Variable	Variación (%)	TIR PS (%)	TIR PM (%)	Variación VAN PS	Variación VAN PM
Operación y Mantención	25	14,4%	15,2%	-1,9%	-5,5%
	-25	14,7%	15,6%	1,9%	5,5%
Inversión	30	12,9%	14,0%	-8,8%	-27,1%
	-30	17,0%	17,2%	8,8%	27,1%
Beneficios	10	15,1%	15,7%	12,9%	16,8%
	-10	14,0%	15,0%	-12,9%	-16,8%

Fuente: Elaboración propia.

Tanto para un aumento en la inversión de las obras en un 30% o una disminución de los beneficios en un 10%, el proyecto sigue siendo rentable económicamente. No obstante, la inversión representa una modificación sustancial en el VAN, con una disminución del 27% para el precio de mercado (PM). Adicionalmente, los costos de operación y mantención de las obras no representan un cambio sustancial en contraste con la inversión y beneficios.

En un segundo esquema, a modo de analizar en detalle las variaciones asociadas a los costos del proyecto, se sensibilizaron las siguientes variables:

- Variación en los costos de hormigón en un 30%.

- Variación en los costos en mampostería en un 30% (incluye hormigón asociado a este ítem).
- Variación en los costos de malla de protección para el canal, en un 30%.
- Variación en los costos de mantención de la mampostería y obras de hormigón en 30%.
- Variación en los salarios de supervisión y administración del canal en un 30%.

La Tabla 9-6 da cuenta de los resultados del cálculo.

Tabla 9-6 Análisis de sensibilidad del proyecto, segundo esquema

Variable	TIR PS (%)	TIR PM (%)	Variación VAN PS	Variación VAN PM
Hormigón	14,5%	15,2%	-1,4%	-2,0%
Mampostería	13,5%	14,5%	-6,0%	-16,1%
Malla Protección	14,3%	15,2%	-2,0%	-3,7%
Salarios Admin. y supervisores	14,5%	15,3%	-1,4%	-2,1%
Mantención Mampostería	14,5%	15,3%	-2,0%	-2,6%
Mantención obras de hormigón	14,6%	15,3%	-0,9%	-0,5%

De la tabla anterior se concluye que el mayor impacto en inversión del canal se concentra en el revestimiento en mampostería, donde una variación en los costos en este ítem en un 30% provoca una sensibilidad en la rentabilidad del 16% para el PM y un 6% en el caso del PS.

Estas mismas obras conllevan a un mayor impacto en la mantención de la mampostería, donde su variación sus costos provocan una disminución en la rentabilidad de un 2% y 3% para el PS y PM respectivamente.

Otro punto importante a destacar de este segundo esquema de análisis, es el ítem de costos de la malla de protección en el canal, el cual posee un costo total mayor que el hormigón, impactando en una mayor variación de la rentabilidad.

9.2.2 Análisis Estocastico de Riesgo

Considerando el tamaño óptimo del proyecto, que corresponde a realizar un revestimiento de 20 km del canal, se simuló un análisis estocástico de riesgo utilizando las mismas variables estudiadas en el análisis de sensibilidad.

Para la simulación se utilizó un complemento de Microsoft Excel llamado @Risk en base a simulación de MonteCarlo, el cual a partir de un gran número de iteraciones para las variables de riesgo, que distribuyen dentro de una función de probabilidad designada, entrega una distribución de probabilidad asociada al VAN social y VAN privado del proyecto.

En la simulación Monte Carlo, las variables inciertas de un modelo se representan usando rangos de posibles valores denominados distribuciones de probabilidad. Mediante el uso de

distribuciones de probabilidad, las variables pueden tener diferentes probabilidades de producir diferentes resultados. Las distribuciones de probabilidad son una forma mucho más realista de describir la incertidumbre en las variables de un análisis de riesgo. Para este análisis se ha optado por la distribución de probabilidad Normal en donde se define la media o valor esperado y una desviación estándar para describir la variación con respecto a la media. Los valores intermedios cercanos a la media tienen mayor probabilidad de producirse. Es una distribución simétrica y describe muchos fenómenos naturales, como índices de inflación y precios.

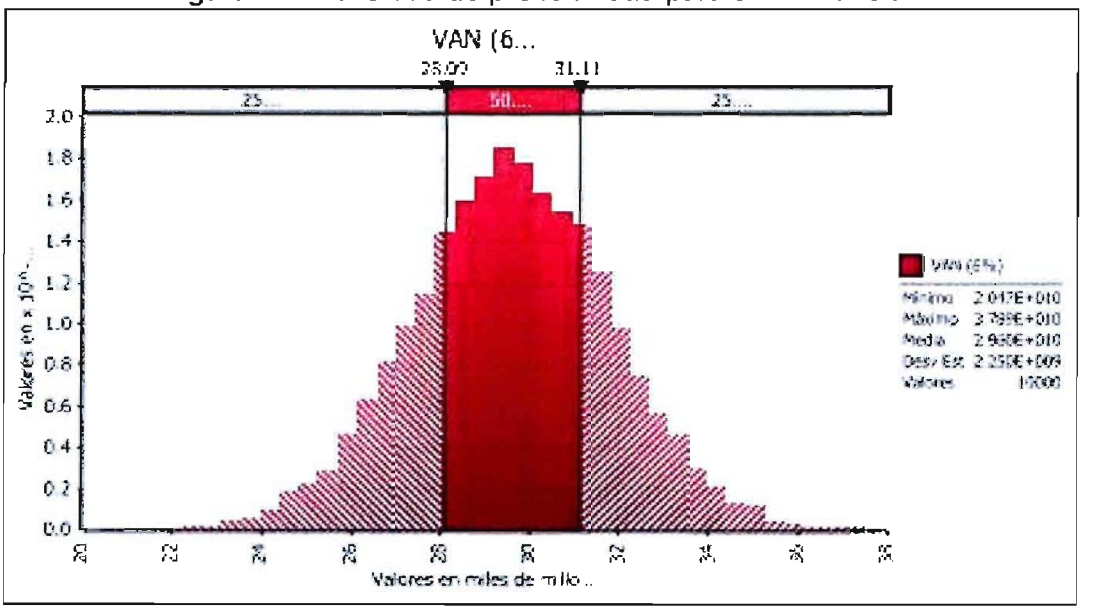
Las variables de riesgo a considerar corresponden a los costos de mantención y operación, inversión de las obras y beneficios agronómicos, cuyos valores variarán estocásticamente a través del software @Risk utilizando 10.000 iteraciones.

Para definir la distribución y rangos utilizados para las variables de riesgo anteriores, se ha adoptado como válida a nivel de prefactibilidad la distribución normal, cuya media corresponde al valor original del punto óptimo encontrado y su desviación estándar se muestra a continuación:

- Costos de Mantención y Operación: Desviación estándar de 25% del valor real.
- Inversión en obras de mejoramiento: Desviación estándar de 30% del valor real.
- Beneficios agronómicos: Desviación estándar de 10% del valor real.

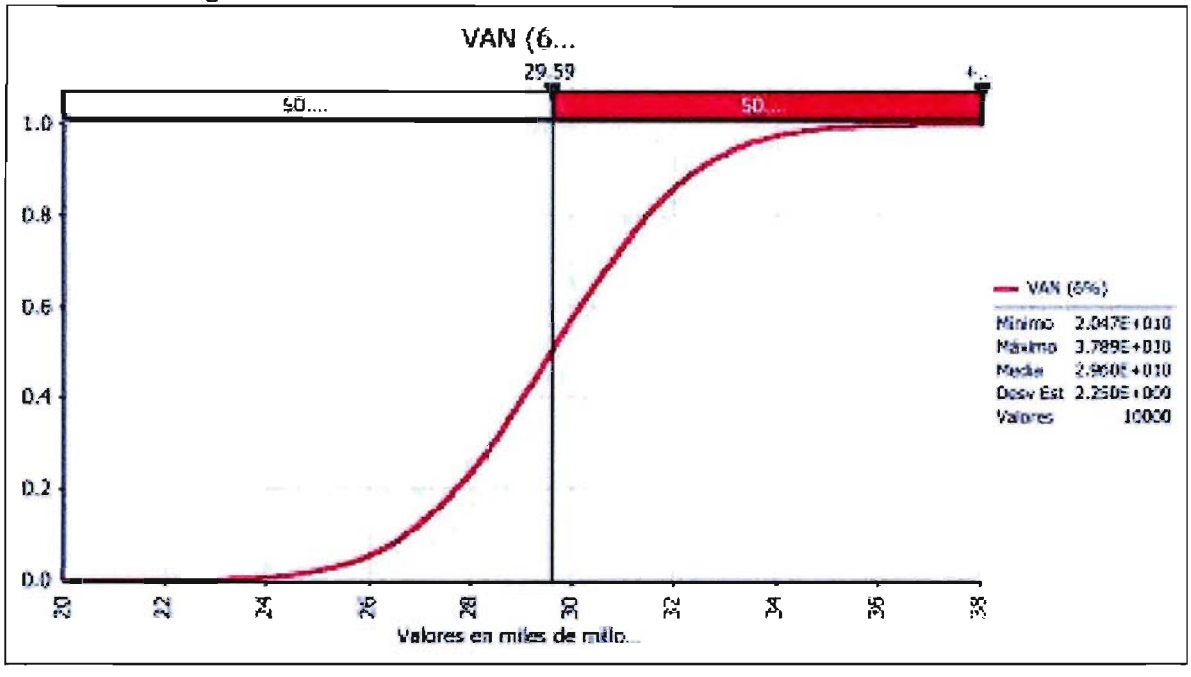
En las figuras siguientes se presentan los resultados estadísticos a partir de 10.000 iteraciones:

Figura 9-1. Densidad de probabilidad para el VAN Social.



Como se observa en la Figura 9-1 el VAN social del proyecto para un revestimiento de 20 km, tiene aproximadamente un 50% de probabilidad de encontrarse entre 29 mil y 31 mil millones de pesos. A partir de la Figura 9-2 se observa que existe aproximadamente un 50% de probabilidad de que el VAN Social del proyecto se encuentre sobre los 30 mil millones de pesos.

Figura 9-2. Curva de Probabilidad Acumulada del VAN Social.



En el caso de la simulación para precios privados, el VAN tendría un 50% de probabilidades de encontrarse entre 0 y 2 mil millones de pesos, tal como lo muestra la Figura 9-3.

Además, a partir del análisis estadístico realizado y de las respectivas figuras presentadas, se puede concluir que para las longitudes óptimas de revestimiento, el VAN Social presenta los mayores indicadores.

Figura 9-3. Densidad de probabilidad para el VAN Privado.

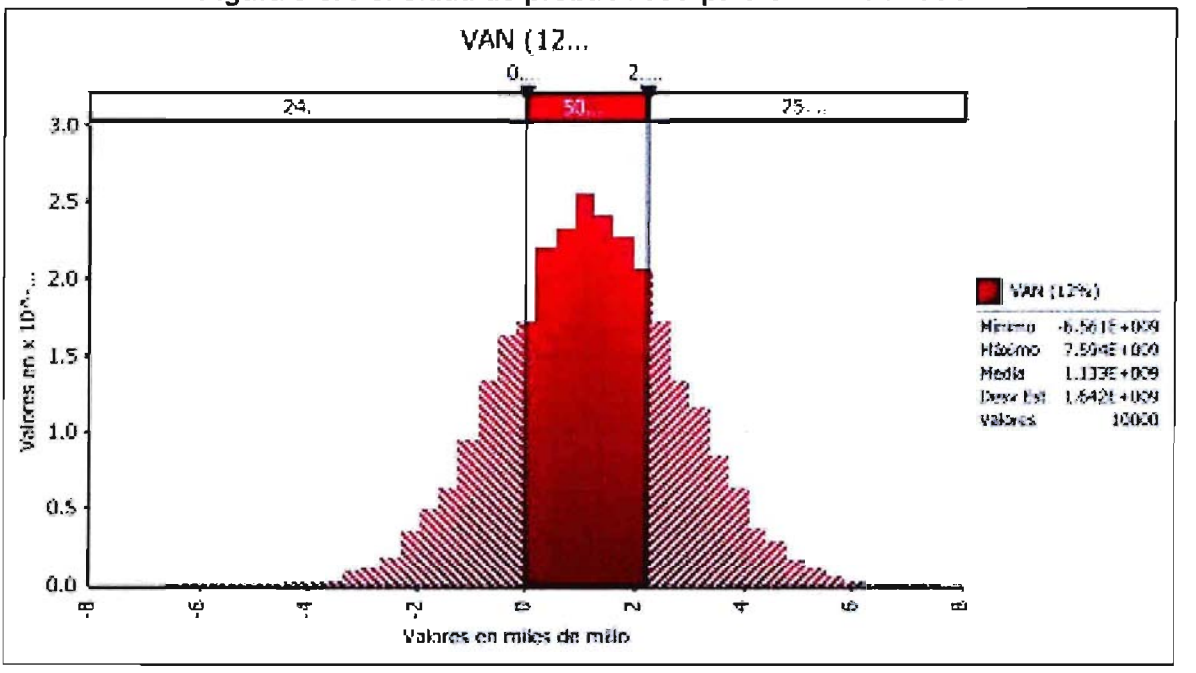


Figura 9-4. Curva de Probabilidad Acumulada del VAN Privado.

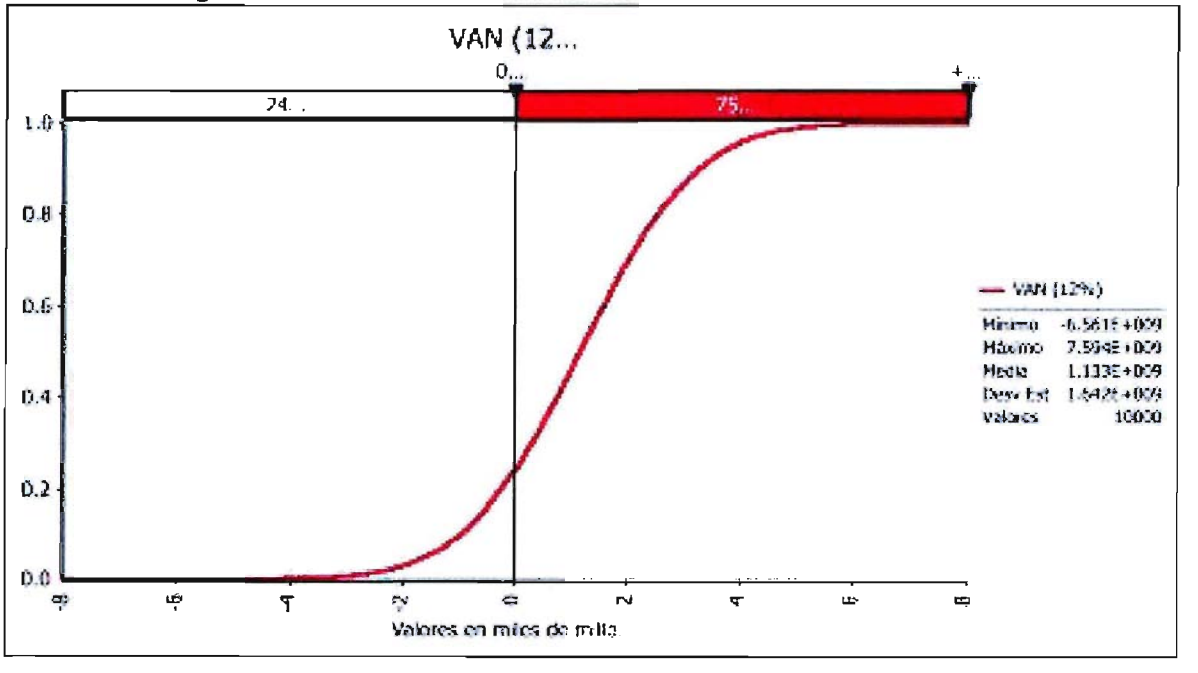


Tabla 9-7. Resumen Resultados de VAN para Precios Sociales y Privados.

Estadísticos resumen para VAN (6%)			
Estadísticos		Percentil	
Mínimo	20,468,519,458	5%	25,937,064,941
Máximo	37,890,310,741	10%	26,709,134,140
Media	29,597,199,906	15%	27,265,506,864
Desv Est	2,250,316,384	20%	27,710,879,481
Varianza	5.06392E+18	25%	28,094,004,758
Indice de sesg	0.012934042	30%	28,451,560,057
Curtosis	3.086755682	35%	28,742,524,391
Mediana	29,588,934,523	40%	29,029,686,321
Moda	29,408,503,965	45%	29,321,693,131
X izquierda	25,937,064,941	50%	29,588,934,523
P izquierda	5%	55%	29,863,866,178
X derecha	33,290,588,244	60%	30,147,044,173
P derecha	95%	65%	30,459,056,383
Diff X	7,353,523,303	70%	30,786,447,828
Diff P	90%	75%	31,114,180,944
#Errores	0	80%	31,464,336,375
Filtro mín	Apagado	85%	31,899,462,291
Filtro máx	Apagado	90%	32,452,957,613
#Filtrado	0	95%	33,290,588,244

Estadísticos resumen para VAN (12%)			
Estadísticos		Percentil	
Mínimo	-4,784,973,895	5%	-1,513,745,556
Máximo	7,345,060,711	10%	-962,273,830
Media	1,133,244,662	15%	-565,774,367
Desv Est	1,627,425,378	20%	-231,734,289
Varianza	2.64851E+18	25%	36,244,700
Indice de sesgo	-0.001982442	30%	278,137,211
Curtosis	2.97333948	35%	486,371,336
Mediana	1,142,992,617	40%	691,182,083
Moda	1,652,194,334	45%	922,502,657
X izquierda	-1,513,745,556	50%	1,142,992,617
P izquierda	5%	55%	1,335,408,650
X derecha	3,801,699,017	60%	1,542,940,507
P derecha	95%	65%	1,767,129,717
Diff X	5,315,444,573	70%	2,004,047,313
Diff P	90%	75%	2,243,766,249
#Errores	0	80%	2,505,646,628
Filtro mín	Apagado	85%	2,842,577,011
Filtro máx	Apagado	90%	3,222,725,173
#Filtrado	0	95%	3,801,699,017

En la Tabla anterior de resultados de VAN, se presentan los valores esperados (media), en riesgo (maximos y minimos), con lo cual se tiene un valor en riesgo de 17 mil millones de pesos aprox.

10 INDICADORES ADICIONALES

10.1 RELACIÓN BENEFICIO-COSTO

La relación Beneficio/Costo es el cociente de dividir el valor actualizado de los beneficios del proyecto entre el valor actualizado de los costos a una tasa de actualización igual a la tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA), a menudo también conocida como tasa de actualización o tasa de evaluación.

Tabla 10-1. Relación B/C Óptimo Precios Privados

Longitud de revestimiento	Beneficios	Costos	Relación Beneficio/Costo
(km)	($MM pesos)	($MM pesos)	(-)
10	11.120	5.254	2,11

Tabla 10-2. Relación B/C Óptimo Precios Sociales

Longitud de revestimiento	Beneficios	Costos	Relación Beneficio/Costo
(km)	($MM pesos)	($MM pesos)	(-)
20	51.892	8.888	5,83

10.2 RENTABILIDAD POR HECTÁREA REGADA

La rentabilidad por hectárea regada consiste en el cuociente entre el beneficio ocasionado por el proyecto y el número de hectáreas beneficiadas con riego.
o

La rentabilidad para cada una de las situaciones se presenta en la Tabla siguiente. Como se aprecia en la tabla indicada, en situación futura se produce un incremento del orden del 74,9% en relación a la rentabilidad de la situación sin proyecto. En esta última (optimizada) en relación a la actual sólo sufre un incrmento del 29,8%.

Tabla 10-3: Rentabilidad por Hectárea Regada

Situación	Superficie Regada (ha)	Rentabilidad por ha regada ($)	Incrementos %
Actual	871,00	1.347.124	0
Optimizada	871,00	1.748.721	29,8
Futura	1.251,00	3.058.818	74,9

10.3 INGRESO PER CÁPITA ASIGNABLE AL SECTOR AGROPECUARIO

El ingreso per cápita asignable al sector agropecuario consiste en el cuociente entre el beneficio ocasionado por el proyecto y el número de agricultores beneficiados con el mismo.

El ingreso per cápita de la situación futura se incrementa en 438,3% en relación a la situación actual. Esta información se presenta en la Tabla.

Tabla 10-4: Ingreso per cápita

Situación	Número Agricultores	Ingreso per cápita ($)	Incrementos %
Actual	534	2.197.276	0
Futura	534	11.828.574	438,3

10.4 GENERACIÓN DE EXPORTACIONES

La generación de exportaciones corresponde a la utilidad generada por producto exportable en el área de estudio.

Al respecto la generación de exportaciones producto de la construcción de obras se incrementa en un 463,5% al pasar de US$89.705 en situación actual a US$505.488 en situación futura

Tabla 10-5: Generación exportaciones ($US)

Situación	Exportaciones en $US	Incrementos %
Actual	89.705	0
Futura	505.488	463,5

10.5 GENERACIÓN DE IMPUESTOS

La generación de impuestos corresponde al impuesto generado por el incremento de la utilidad.

Al respecto la generación de impuestos producto de la construcción de obras se incrementa en un 669,3% al pasar de $9,2 millones en situación actual a más de $71,1 millones en situación futura .

Tabla 10-6: Generación Impuestos

Situación	Impuestos en $	Incrementos %
Actual	9.242.340	0
Futura	71.105.780	669,3

11 CONCLUSIONES

A partir de la evaluación económica realizada, se puede concluir que el proyecto de mejoramiento del canal Buzeta es rentable y cuenta con mínimos riegos de inversión, a nivel social.

De acuerdo a la evaluacion social se logra un máximo VAN cercano a los 30 mil millones de pesos para una inversión en revestimiento del canal de entre los 20 y 40 km. Con ello se alcanza una TIR cercana al 12%. En el caso mas desfavorable (riesgo), este VAN se reduciría a la mitad, aun siendo positivo y con tasa mayor al 6%.

Además, los indicadores económicos adicionales como la relación beneficio-costo, rentabilidad por hectárea regada o los ingresos per cápita debido al proyecto, arrojan resultados positivos como resultado de llevar a cabo las obras. Por ello, el momento óptimo de inversión sería iniciar las obras lo mas pronto posible.

Por otra parte, de los métodos alternativos de evaluación del proyecto de riego descritos en este informe, se aprecia que el método de valor incremental de la tierra entrega un mayor beneficio que el del valor de transacciones de agua. Estos resultados son discutibles dada una serie de limitaciones que existen para realizar estos análisis. En primer lugar no existen una cantidad de datos suficiente para ambos métodos de análisis que permitan tener resultados precisos. Varios de los datos que se utilizaron para el análisis dependen de factores que no aparece en los registros lo que impide que sean objetivos los resultados. Además no existe un mercado lo suficientemente grande que represente precios de compra venta reales del bien transado, como en es el caso de los derechos de agua.

Dadas las limitaciones antes descritas, se recomienda considerar los resultados del método del valor del producto marginal como representativos de la rentabilidad del proyecto.

10.5 Análisis Financiero

El análisis de producción y márgenes netos de los Predios Promedio en el paso de la situación actual a sin proyecto y de actual a futura o con proyecto se fundamentó en las siguientes premisas:

- En la situación actual sin proyecto el año 0 del flujo corresponde a la situación actual. En el año 1 comienza la transición entre la situación actual y la sin proyecto.
- En el año 3 comienza la transición entre la situación actual y con proyecto o futura.
- Las obras de mejoramiento se construyen en tres años (años 0, 1, 2).
- El establecimiento de cultivos según el estrato de tamaño se produce entre cuatro y seis años. En el caso de la ganadería, la estabilización se produce entre los seis y ocho años.
- La estabilización de márgenes brutos de cultivos anuales, hortalizas, frutales y ganadería se produce entre los cuatro y catorce años dependiendo del rubro productivo y el estrato de tamaño. Los valores se han obtenido de los respectivos patrones de situación actual, sin proyecto y futura agropecuaria, considerándose éstos según el Predio Promedio en análisis.

Con el objetivo de caracterizar productiva y económicamente los predios, se efectuó para cada uno de ellos la proyección del desarrollo de cultivos, los que llevan implícito los márgenes brutos y costos agrícolas (gastos indirectos, costos financieros, impuestos, capital de trabajo, amortización de crédito, habilitación de terrenos, asistencia técnica, riego tecnificado y rentabilidad predial de sustento).

La información de flujos correspondiente a los márgenes brutos, costos agrícolas y márgenes netos en situación actual sin proyecto para cada Predio Promedio se presenta en el Anexo 10.5-1.

La información correspondiente a los márgenes brutos, costos agrícolas y márgenes netos de situación futura o con proyecto por Predio Promedio se presenta en el Anexo 10.5-2.

A partir de la información mencionada en se efectuó el análisis financiero de cada uno de los Predios Promedio seleccionados, para lo cual se utilizaron los siguientes criterios:

- Crédito de Capital de Trabajo: Corresponde a préstamos otorgados por el 90% de la diferencia existente entre el capital de trabajo necesario para el desarrollo de la situación futura menos el capital existente en situación actual o sin proyecto.
- Costos financieros corresponde a los intereses ocasionados por concepto de créditos de capital de trabajo.
- Los intereses consideran una tasa del 10% sobre el crédito.
- Impuesto sobre las utilidades. Se ha considerado un 17% de impuestos.
- Los gastos o costos indirectos se han obtenido de las respectivas descripciones de las situaciones actual y futura agropecuaria.
- Los gastos indirectos siguen las mismas curvas de implementación indicadas para cada Predio Promedio.
- En situación sin proyecto y futura se consideraron los costos necesarios para los respectivos programas de transferencia tecnológica.

- En cuanto al los costos de inversión y mantención en riego tecnificado, además de considerar el riego tecnificado actual, se ha considerado el correspondiente a las nuevas plantaciones y siembras que incorporen nuevas superficies con riego presurizado.
- Se consideró un costo por habilitación de terrenos que en la actualidad se encuentran en condiciones de secano y/o sin producción.
- Finalmente, se incluyó un ítem denominado rentabilidad predial, el cual corresponde a una proporción de la utilidad diferencial entre las situaciones futura y actual optimizada, cuyo destino corresponde a los gastos mínimos atribuibles al sustento familiar. Para estos efectos, el monto estimado es de 10%.

El flujo de caja se realizó para un horizonte de 30 años, el cual corresponde al período de evaluación del proyecto.

En cada flujo de caja de la situación actual sin proyecto y futura, incluidos en los anexos 10.5-1 y 10.5-2, previamente mencionados, están incluidos los costos de transferencia tecnológica, inversiones intraprediales y sus costos de mantención, impuestos y los requerimientos de capital de trabajo.

Se debe señalar que la utilidad disponible corresponde a la utilidad neta resultante de la ganancia efectiva del proyecto (diferencial entre los flujos netos de situación futura y sin proyecto) una vez descontada la rentabilidad predial.

Posteriormente, el cálculo de la anualidad equivalente, corresponde al valor anual representativo del flujo total de años de evaluación del proyecto, basado en valores y tasas de interés constantes. Con este método, todos los ingresos y gastos que ocurren durante un período son convertidos a una anualidad equivalente (uniforme). Cuando la anualidad es positiva, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado. Este método tiene la ventaja que al utilizarlo la mayoría de valores están dados en unidades anuales.

El cálculo de la anualidad equivalente considera el valor presente neto de la utilidad disponible en función de la tasa interna de retorno y el número de años de la evaluación.

En las Tablas 10.5-1 a la 10.5-16 se presenta un resumen del análisis financiero efectuado a cada uno de los Predios Promedio seleccionados. En estos cuadros se incluye el flujo de márgenes netos de cada situación (actual sin proyecto y futura), la utilidad disponible y la anualidad equivalente, la que posteriormente se contrastará con el valor de las obras para determinar de esta forma la capacidad de pago de cada agricultor y el subsidio necesario para la implementación del proyecto.

Tabla 10.5-1: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño 0 a 1 ha Nivel Bajo

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	790	790	0	0	0	29.970
1	1.216	1.216	0	0	0	29.970
2	-1.627	2.067	-3.694	0	-3.694	29.970
3	-16.028	-618	-15.410	0	-15.410	29.970
4	921	1.297	-376	0	-376	29.970
5	9.901	3.426	6.475	648	5.827	29.970
6	26.040	5.553	20.487	2.049	18.438	29.970
7	42.430	5.553	36.877	3.688	33.189	29.970
8	61.766	5.553	56.213	5.621	50.592	29.970
9	78.774	7.700	71.074	7.107	63.967	29.970
10	80.971	8.486	72.485	7.249	65.236	29.970
11	81.410	5.770	75.640	7.564	68.076	29.970
12	81.896	7.864	74.032	7.403	66.629	29.970
13	82.137	8.369	73.768	7.377	66.391	29.970
14	82.241	5.307	76.934	7.693	69.241	29.970
15	82.241	6.440	75.801	7.580	68.221	29.970
16	82.241	6.552	75.689	7.569	68.120	29.970
17	82.241	4.372	77.869	7.787	70.082	29.970
18	82.241	2.037	80.204	8.020	72.184	29.970
19	82.241	4.338	77.903	7.790	70.113	29.970
20	82.241	5.312	76.929	7.693	69.236	29.970
21	82.241	5.489	76.752	7.675	69.077	29.970
22	82.241	7.592	74.649	7.465	67.184	29.970
23	81.889	8.476	73.413	7.341	66.072	29.970
24	81.557	7.465	74.092	7.409	66.683	29.970
25	81.163	8.486	72.677	7.268	65.409	29.970
26	80.788	8.643	72.145	7.215	64.930	29.970
27	80.442	8.805	71.637	7.164	64.473	29.970
28	80.192	9.006	71.186	7.119	64.067	29.970
29	80.596	6.269	74.327	7.433	66.894	29.970
30	80.971	8.361	72.610	7.261	65.349	29.970

Tabla 10.5-2: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño 0 a 1 ha Nivel Medio

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	96.036	96.036	0	0	0	52.828
1	95.745	95.745	0	0	0	52.828
2	89.390	95.159	-5.769	0	-5.769	52.828
3	69.666	81.519	-11.853	0	-11.853	52.828
4	87.959	81.039	6.920	692	6.228	52.828
5	94.192	79.574	14.618	1.462	13.156	52.828
6	109.651	78.112	31.539	3.154	28.385	52.828
7	123.553	78.112	45.441	4.544	40.897	52.828
8	143.138	78.111	65.027	6.503	58.524	52.828
9	174.767	55.056	119.711	11.971	107.740	52.828
10	191.339	72.285	119.054	11.905	107.149	52.828
11	199.003	67.988	131.015	13.102	117.913	52.828
12	204.064	76.748	127.316	12.732	114.584	52.828
13	208.102	81.982	126.120	12.612	113.508	52.828
14	210.881	76.335	134.546	13.455	121.091	52.828
15	212.482	82.476	130.006	13.001	117.005	52.828
16	213.655	82.777	130.878	13.088	117.790	52.828
17	213.655	61.459	152.196	15.220	136.976	52.828
18	212.210	68.775	143.435	14.344	129.091	52.828
19	210.782	73.281	137.501	13.750	123.751	52.828
20	208.976	77.475	131.501	13.150	118.351	52.828
21	207.223	34.116	173.107	17.311	155.796	52.828
22	205.402	47.036	158.366	15.837	142.529	52.828
23	204.100	55.979	148.121	14.812	133.309	52.828
24	207.049	32.041	175.008	17.501	157.507	52.828
25	208.580	53.817	154.763	15.476	139.287	52.828
26	210.061	67.743	142.318	14.232	128.086	52.828
27	211.233	73.735	137.498	13.750	123.748	52.828
28	205.933	80.211	125.722	12.572	113.150	52.828
29	201.389	78.924	122.465	12.247	110.218	52.828
30	194.991	87.649	107.342	10.734	96.608	52.828

Tabla 10.5-3: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño 0 a 1 ha Nivel Alto

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	319.579	319.579	0	0	0	30.130
1	332.235	332.235	0	0	0	30.130
2	351.600	357.546	-5.946	0	-5.946	30.130
3	322.992	380.140	-57.148	0	-57.148	30.130
4	319.827	431.592	-111.765	0	-111.765	30.130
5	309.407	431.592	-122.185	0	-122.185	30.130
6	311.485	431.592	-120.107	0	-120.107	30.130
7	396.335	431.592	-35.257	0	-35.257	30.130
8	428.606	431.591	-2.985	0	-2.985	30.130
9	465.677	397.102	68.575	6.858	61.717	30.130
10	495.783	417.719	78.064	7.806	70.258	30.130
11	520.095	414.414	105.681	10.568	95.113	30.130
12	543.026	422.294	120.732	12.073	108.659	30.130
13	552.772	432.670	120.102	12.010	108.092	30.130
14	563.356	430.456	132.900	13.290	119.610	30.130
15	563.356	438.999	124.357	12.436	111.921	30.130
16	563.356	439.138	124.218	12.422	111.796	30.130
17	563.356	93.874	469.482	46.948	422.534	30.130
18	558.308	177.982	380.326	38.033	342.293	30.130
19	552.870	227.582	325.288	32.529	292.759	30.130
20	203.383	-321.806	525.189	52.519	472.670	30.130
21	541.907	127.583	414.324	41.432	372.892	30.130
22	546.201	153.517	392.684	39.268	353.416	30.130
23	543.052	241.916	301.136	30.114	271.022	30.130
24	540.489	271.492	268.997	26.900	242.097	30.130
25	538.043	331.391	206.652	20.665	185.987	30.130
26	533.509	376.503	157.006	15.701	141.305	30.130
27	563.356	380.374	182.982	18.298	164.684	30.130
28	519.270	433.994	85.276	8.528	76.748	30.130
29	468.712	434.182	34.530	3.453	31.077	30.130
30	422.226	444.182	-21.956	0	-21.956	30.130

Tabla 10.5-4: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño 1,01 a 5 ha Nivel Bajo

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	7.753	7.753	0	0	0	355.981
1	10.747	10.747	0	0	0	355.981
2	-12.087	16.732	-28.819	0	-28.819	355.981
3	-276.165	11.685	-287.850	0	-287.850	355.981
4	-104.312	24.416	-128.728	0	-128.728	355.981
5	-83.985	39.380	-123.365	0	-123.365	355.981
6	6.714	54.346	-47.632	0	-47.632	355.981
7	117.756	54.346	63.410	6.341	57.069	355.981
8	314.223	54.347	259.876	25.988	233.888	355.981
9	730.772	56.772	674.000	67.400	606.600	355.981
10	947.288	62.092	885.196	88.520	796.676	355.981
11	1.104.652	43.710	1.060.942	106.094	954.848	355.981
12	1.181.218	57.883	1.123.335	112.334	1.011.001	355.981
13	1.253.956	61.302	1.192.654	119.265	1.073.389	355.981
14	1.303.498	22.089	1.281.409	128.141	1.153.268	355.981
15	1.341.243	38.824	1.302.419	130.242	1.172.177	355.981
16	1.364.575	41.390	1.323.185	132.319	1.190.866	355.981
17	1.364.575	10.430	1.354.145	135.415	1.218.730	355.981
18	1.362.096	21.283	1.340.813	134.081	1.206.732	355.981
19	1.359.679	33.642	1.326.037	132.604	1.193.433	355.981
20	1.356.742	47.009	1.309.733	130.973	1.178.760	355.981
21	1.353.986	48.787	1.305.199	130.520	1.174.679	355.981
22	1.351.258	59.103	1.292.155	129.216	1.162.939	355.981
23	1.349.707	62.296	1.287.411	128.741	1.158.670	355.981
24	1.354.306	53.786	1.300.520	130.052	1.170.468	355.981
25	1.357.262	62.092	1.295.170	129.517	1.165.653	355.981
26	1.360.097	63.154	1.296.943	129.694	1.167.249	355.981
27	1.362.390	64.252	1.298.138	129.814	1.168.324	355.981
28	1.215.413	65.616	1.149.797	114.980	1.034.817	355.981
29	1.067.703	28.598	1.039.105	103.911	935.194	355.981
30	910.681	51.829	858.852	85.885	772.967	355.981

Tabla 10.5-5: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño 1,01 a 5 ha Nivel Medio

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	764.396	764.396	0	0	0	565.780
1	767.642	767.642	0	0	0	565.780
2	734.261	774.137	-39.876	0	-39.876	565.780
3	446.866	718.572	-271.706	0	-271.706	565.780
4	601.666	735.081	-133.415	0	-133.415	565.780
5	619.069	751.317	-132.248	0	-132.248	565.780
6	726.719	767.549	-40.830	0	-40.830	565.780
7	860.899	767.549	93.350	9.335	84.015	565.780
8	1.125.541	767.548	357.993	35.799	322.194	565.780
9	1.746.146	800.980	945.166	94.517	850.649	565.780
10	1.990.656	814.884	1.175.772	117.577	1.058.195	565.780
11	2.210.947	766.839	1.444.108	144.411	1.299.697	565.780
12	2.379.719	803.883	1.575.836	157.584	1.418.252	565.780
13	2.513.234	812.821	1.700.413	170.041	1.530.372	565.780
14	2.617.123	758.653	1.858.470	185.847	1.672.623	565.780
15	2.685.414	778.694	1.906.720	190.672	1.716.048	565.780
16	2.744.904	780.666	1.964.238	196.424	1.767.814	565.780
17	2.748.752	742.091	2.006.661	200.666	1.805.995	565.780
18	2.752.600	754.966	1.997.634	199.763	1.797.871	565.780
19	2.752.600	437.383	2.315.217	231.522	2.083.695	565.780
20	2.752.600	574.255	2.178.345	217.835	1.960.510	565.780
21	2.752.600	-96.846	2.849.446	284.945	2.564.501	565.780
22	2.752.600	100.173	2.652.427	265.243	2.387.184	565.780
23	2.720.321	221.507	2.498.814	249.881	2.248.933	565.780
24	2.688.042	389.573	2.298.469	229.847	2.068.622	565.780
25	2.655.764	481.577	2.174.187	217.419	1.956.768	565.780
26	2.623.485	642.735	1.980.750	198.075	1.782.675	565.780
27	2.591.206	736.789	1.854.417	185.442	1.668.975	565.780
28	2.366.454	771.449	1.595.005	159.501	1.435.504	565.780
29	2.304.860	775.666	1.529.194	152.919	1.376.275	565.780
30	2.064.812	812.681	1.252.131	125.213	1.126.918	565.780

Tabla 10.5-6: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño 1,01 a 5 ha Nivel Alto

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	1.175.795	1.175.795	0	0	0	1.322.127
1	1.165.251	1.165.251	0	0	0	1.322.127
2	1.115.014	1.144.162	-29.148	0	-29.148	1.322.127
3	367.580	1.047.781	-680.201	0	-680.201	1.322.127
4	1.296.321	1.009.099	287.222	28.722	258.500	1.322.127
5	1.824.214	1.009.099	815.115	81.512	733.603	1.322.127
6	2.608.820	1.009.099	1.599.721	159.972	1.439.749	1.322.127
7	3.114.260	1.009.099	2.105.161	210.516	1.894.645	1.322.127
8	3.262.718	1.009.098	2.253.620	225.362	2.028.258	1.322.127
9	3.554.080	987.245	2.566.835	256.684	2.310.151	1.322.127
10	3.663.870	1.022.189	2.641.681	264.168	2.377.513	1.322.127
11	3.760.083	995.987	2.764.096	276.410	2.487.686	1.322.127
12	3.853.137	1.023.196	2.829.941	282.994	2.546.947	1.322.127
13	3.892.143	1.042.962	2.849.181	284.918	2.564.263	1.322.127
14	3.930.085	946.268	2.983.817	298.382	2.685.435	1.322.127
15	3.930.085	989.414	2.940.671	294.067	2.646.604	1.322.127
16	3.930.085	986.705	2.943.380	294.338	2.649.042	1.322.127
17	3.930.085	966.747	2.963.338	296.334	2.667.004	1.322.127
18	3.922.073	1.003.581	2.918.492	291.849	2.626.643	1.322.127
19	3.913.371	229.212	3.684.159	368.416	3.315.743	1.322.127
20	2.622.940	-841.070	3.464.010	346.401	3.117.609	1.322.127
21	3.895.559	-154.068	4.049.627	404.963	3.644.664	1.322.127
22	3.902.717	341.801	3.560.916	356.092	3.204.824	1.322.127
23	3.842.397	382.650	3.459.747	345.975	3.113.772	1.322.127
24	3.782.337	370.073	3.412.264	341.226	3.071.038	1.322.127
25	3.721.213	688.225	3.032.988	303.299	2.729.689	1.322.127
26	3.655.971	806.653	2.849.318	284.932	2.564.386	1.322.127
27	3.910.672	934.195	2.976.477	297.648	2.678.829	1.322.127
28	3.731.525	952.394	2.779.131	277.913	2.501.218	1.322.127
29	3.530.610	1.029.493	2.501.117	250.112	2.251.005	1.322.127
30	3.348.100	1.060.293	2.287.807	228.781	2.059.026	1.322.127

Tabla 10.5-7: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño 5,01 a 15 ha Nivel Bajo

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	40.352	40.352	0	0	0	1.702.620
1	45.229	45.229	0	0	0	1.702.620
2	-46.659	54.979	-101.638	0	-101.638	1.702.620
3	-1.146.147	56.370	-1.202.517	0	-1.202.517	1.702.620
4	-544.862	76.586	-621.448	0	-621.448	1.702.620
5	-521.359	100.962	-622.321	0	-622.321	1.702.620
6	-215.422	125.341	-340.763	0	-340.763	1.702.620
7	222.208	125.341	96.867	9.687	87.180	1.702.620
8	1.088.479	125.343	963.136	96.314	866.822	1.702.620
9	3.086.992	127.634	2.959.358	295.936	2.663.422	1.702.620
10	4.225.787	132.651	4.093.136	409.314	3.683.822	1.702.620
11	5.120.685	115.314	5.005.371	500.537	4.504.834	1.702.620
12	5.551.803	128.682	5.423.121	542.312	4.880.809	1.702.620
13	5.965.309	131.906	5.833.403	583.340	5.250.063	1.702.620
14	6.248.280	112.360	6.135.920	613.592	5.522.328	1.702.620
15	6.467.001	119.591	6.347.410	634.741	5.712.669	1.702.620
16	6.602.442	120.304	6.482.138	648.214	5.833.924	1.702.620
17	6.602.442	106.383	6.496.059	649.606	5.846.453	1.702.620
18	6.602.442	111.029	6.491.413	649.141	5.842.272	1.702.620
19	6.602.442	119.072	6.483.370	648.337	5.835.033	1.702.620
20	6.602.442	125.935	6.476.507	647.651	5.828.856	1.702.620
21	6.602.442	127.069	6.475.373	647.537	5.827.836	1.702.620
22	6.602.442	28.917	6.573.525	657.353	5.916.172	1.702.620
23	6.602.442	51.721	6.550.721	655.072	5.895.649	1.702.620
24	6.602.442	55.997	6.546.445	654.645	5.891.800	1.702.620
25	6.602.442	76.567	6.525.875	652.588	5.873.287	1.702.620
26	6.602.442	84.451	6.517.991	651.799	5.866.192	1.702.620
27	6.602.442	110.353	6.492.089	649.209	5.842.880	1.702.620
28	5.742.574	118.101	5.624.473	562.447	5.062.026	1.702.620
29	4.882.374	106.261	4.776.113	477.611	4.298.502	1.702.620
30	3.972.673	128.623	3.844.050	384.405	3.459.645	1.702.620

Tabla 10.5-8: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño 5,01 a 15 ha Nivel Medio

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	348.934	348.934	0	0	0	1.748.549
1	343.694	343.694	0	0	0	1.748.549
2	246.223	333.211	-86.988	0	-86.988	1.748.549
3	-721.531	252.346	-973.877	0	-973.877	1.748.549
4	-105.335	234.901	-340.236	0	-340.236	1.748.549
5	12.756	208.697	-195.941	0	-195.941	1.748.549
6	363.262	182.495	180.767	18.077	162.690	1.748.549
7	838.401	182.495	655.906	65.591	590.315	1.748.549
8	1.719.235	182.495	1.536.740	153.674	1.383.066	1.748.549
9	3.588.652	221.940	3.366.712	336.671	3.030.041	1.748.549
10	4.268.234	232.822	4.035.412	403.541	3.631.871	1.748.549
11	5.031.341	195.222	4.836.119	483.612	4.352.507	1.748.549
12	5.732.080	224.213	5.507.867	550.787	4.957.080	1.748.549
13	6.151.323	231.207	5.920.116	592.012	5.328.104	1.748.549
14	6.358.830	188.814	6.170.016	617.002	5.553.014	1.748.549
15	6.358.830	-20.908	6.379.738	637.974	5.741.764	1.748.549
16	6.358.830	93.005	6.265.825	626.583	5.639.242	1.748.549
17	6.358.830	84.516	6.274.314	627.431	5.646.883	1.748.549
18	6.331.554	117.076	6.214.478	621.448	5.593.030	1.748.549
19	6.304.969	162.419	6.142.550	614.255	5.528.295	1.748.549
20	6.272.786	195.995	6.076.791	607.679	5.469.112	1.748.549
21	6.242.676	220.715	6.021.961	602.196	5.419.765	1.748.549
22	6.213.002	233.237	5.979.765	597.977	5.381.788	1.748.549
23	5.555.810	237.776	5.318.034	531.803	4.786.231	1.748.549
24	4.969.668	218.686	4.750.982	475.098	4.275.884	1.748.549
25	4.286.831	232.822	4.054.009	405.401	3.648.608	1.748.549
26	3.554.151	234.991	3.319.160	331.916	2.987.244	1.748.549
27	2.859.566	237.240	2.622.326	262.233	2.360.093	1.748.549
28	2.447.674	240.030	2.207.644	220.764	1.986.880	1.748.549
29	3.749.143	202.129	3.547.014	354.701	3.192.313	1.748.549
30	4.348.461	9.245	4.339.216	433.922	3.905.294	1.748.549

Tabla 10.5-9: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño 5,01 a 15 ha Nivel Alto

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	3.922.983	3.922.983	0	0	0	504.834
1	4.280.275	4.280.275	0	0	0	504.834
2	4.887.145	4.994.856	-107.711	0	-107.711	504.834
3	3.515.518	5.843.076	-2.327.558	0	-2.327.558	504.834
4	3.357.189	7.284.310	-3.927.121	0	-3.927.121	504.834
5	2.739.644	7.284.310	-4.544.666	0	-4.544.666	504.834
6	2.548.434	7.284.310	-4.735.876	0	-4.735.876	504.834
7	5.881.876	7.284.310	-1.402.434	0	-1.402.434	504.834
8	7.383.030	7.284.311	98.719	9.872	88.847	504.834
9	9.013.065	7.493.292	1.519.773	151.977	1.367.796	504.834
10	9.842.671	7.494.386	2.348.285	234.829	2.113.456	504.834
11	10.818.482	7.490.108	3.328.374	332.837	2.995.537	504.834
12	11.858.105	7.493.284	4.364.821	436.482	3.928.339	504.834
13	12.272.751	7.494.268	4.778.483	477.848	4.300.635	504.834
14	12.540.450	7.488.396	5.052.054	505.205	4.546.849	504.834
15	12.540.933	7.490.606	5.050.327	505.033	4.545.294	504.834
16	12.541.574	7.490.709	5.050.865	505.087	4.545.778	504.834
17	12.541.574	7.430.007	5.111.567	511.157	4.600.410	504.834
18	12.541.574	7.542.266	4.999.308	499.931	4.499.377	504.834
19	12.541.574	7.511.454	5.030.120	503.012	4.527.108	504.834
20	7.104.055	2.071.315	5.032.740	503.274	4.529.466	504.834
21	12.541.574	-5.427.742	17.969.316	1.796.932	16.172.384	504.834
22	12.541.574	-1.367.381	13.908.955	1.390.896	12.518.059	504.834
23	12.261.429	35.173	12.226.256	1.222.626	11.003.630	504.834
24	11.981.284	2.466.355	9.514.929	951.493	8.563.436	504.834
25	11.701.139	3.413.426	8.287.713	828.771	7.458.942	504.834
26	11.420.993	4.050.750	7.370.243	737.024	6.633.219	504.834
27	12.541.574	6.094.903	6.446.671	644.667	5.802.004	504.834
28	10.565.158	6.530.275	4.034.883	403.488	3.631.395	504.834
29	8.268.003	7.491.156	776.847	77.685	699.162	504.834
30	6.151.167	7.494.445	-1.343.278	0	-1.343.278	504.834

Tabla 10.5-10: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño 15,01 a 50 ha Nivel Bajo

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	103.210	103.210	0	0	0	6.626.542
1	100.579	100.579	0	0	0	6.626.542
2	-163.245	95.316	-258.561	0	-258.561	6.626.542
3	-4.057.445	64.199	-4.121.644	0	-4.121.644	6.626.542
4	-2.364.693	54.925	-2.419.618	0	-2.419.618	6.626.542
5	-2.531.477	41.766	-2.573.243	0	-2.573.243	6.626.542
6	-1.572.256	28.608	-1.600.864	0	-1.600.864	6.626.542
7	-117.946	28.608	-146.554	0	-146.554	6.626.542
8	3.120.618	28.607	3.092.011	309.201	2.782.810	6.626.542
9	11.226.348	49.343	11.177.005	1.117.701	10.059.304	6.626.542
10	15.936.691	49.948	15.886.743	1.588.674	14.298.069	6.626.542
11	19.941.337	47.859	19.893.478	1.989.348	17.904.130	6.626.542
12	22.236.782	49.469	22.187.313	2.218.731	19.968.582	6.626.542
13	24.149.228	49.858	24.099.370	2.409.937	21.689.433	6.626.542
14	25.376.621	47.503	25.329.118	2.532.912	22.796.206	6.626.542
15	26.084.823	48.374	26.036.449	2.603.645	23.432.804	6.626.542
16	26.522.652	48.460	26.474.192	2.647.419	23.826.773	6.626.542
17	26.522.652	1.599	26.521.053	2.652.105	23.868.948	6.626.542
18	25.578.873	11.163	25.567.710	2.556.771	23.010.939	6.626.542
19	24.647.428	17.818	24.629.610	2.462.961	22.166.649	6.626.542
20	23.471.827	29.233	23.442.594	2.344.259	21.098.335	6.626.542
21	22.333.231	30.808	22.302.423	2.230.242	20.072.181	6.626.542
22	21.154.362	41.993	21.112.369	2.111.237	19.001.132	6.626.542
23	20.450.994	44.677	20.406.317	2.040.632	18.365.685	6.626.542
24	22.492.875	45.676	22.447.199	2.244.720	20.202.479	6.626.542
25	23.630.997	49.948	23.581.049	2.358.105	21.222.944	6.626.542
26	24.735.164	50.068	24.685.096	2.468.510	22.216.586	6.626.542
27	25.636.681	50.193	25.586.488	2.558.649	23.027.839	6.626.542
28	23.426.411	50.349	23.376.062	2.337.606	21.038.456	6.626.542
29	20.952.462	48.242	20.904.220	2.090.422	18.813.798	6.626.542
30	18.005.560	49.852	17.955.708	1.795.571	16.160.137	6.626.542

Tabla 10.5-11: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño 15,01 a 50 ha Nivel Medio

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	376.228	376.228	0	0	0	4.352.030
1	362.312	362.312	0	0	0	4.352.030
2	128.345	334.480	-206.135	0	-206.135	4.352.030
3	-2.881.163	222.353	-3.103.516	0	-3.103.516	4.352.030
4	-2.174.966	170.487	-2.345.453	0	-2.345.453	4.352.030
5	-2.828.884	100.905	-2.929.789	0	-2.929.789	4.352.030
6	-2.654.860	31.324	-2.686.184	0	-2.686.184	4.352.030
7	-2.147.543	31.324	-2.178.867	0	-2.178.867	4.352.030
8	-51.073	31.324	-82.397	0	-82.397	4.352.030
9	7.280.508	91.248	7.189.260	718.926	6.470.334	4.352.030
10	11.039.828	94.513	10.945.315	1.094.532	9.850.783	4.352.030
11	14.085.820	83.232	14.002.588	1.400.259	12.602.329	4.352.030
12	15.549.694	91.929	15.457.765	1.545.777	13.911.988	4.352.030
13	16.955.391	94.027	16.861.364	1.686.136	15.175.228	4.352.030
14	17.916.662	81.309	17.835.353	1.783.535	16.051.818	4.352.030
15	18.660.417	86.015	18.574.402	1.857.440	16.716.962	4.352.030
16	19.120.222	86.479	19.033.743	1.903.374	17.130.369	4.352.030
17	19.120.222	77.422	19.042.800	1.904.280	17.138.520	4.352.030
18	19.120.222	80.444	19.039.778	1.903.978	17.135.800	4.352.030
19	19.120.222	85.677	19.034.545	1.903.455	17.131.090	4.352.030
20	19.120.222	90.142	19.030.080	1.903.008	17.127.072	4.352.030
21	19.120.222	90.880	19.029.342	1.902.934	17.126.408	4.352.030
22	19.120.222	94.637	19.025.585	1.902.559	17.123.026	4.352.030
23	18.808.643	95.999	18.712.644	1.871.264	16.841.380	4.352.030
24	18.497.064	90.272	18.406.792	1.840.679	16.566.113	4.352.030
25	18.185.484	94.513	18.090.971	1.809.097	16.281.874	4.352.030
26	17.873.905	95.163	17.778.742	1.777.874	16.000.868	4.352.030
27	17.562.326	95.838	17.466.488	1.746.649	15.719.839	4.352.030
28	14.638.360	96.674	14.541.686	1.454.169	13.087.517	4.352.030
29	13.270.399	85.304	13.185.095	1.318.510	11.866.585	4.352.030
30	10.175.622	93.995	10.081.627	1.008.163	9.073.464	4.352.030

Tabla 10.5-12: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño 15,01 a 50 ha Nivel Alto

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	5.175.333	5.175.333	0	0	0	1.365.772
1	6.289.617	6.289.617	0	0	0	1.365.772
2	8.250.265	8.518.188	-267.923	0	-267.923	1.365.772
3	4.130.663	11.422.300	-7.291.637	0	-7.291.637	1.365.772
4	3.932.976	15.903.115	-11.970.139	0	-11.970.139	1.365.772
5	2.291.215	15.903.115	-13.611.900	0	-13.611.900	1.365.772
6	1.739.215	15.903.115	-14.163.900	0	-14.163.900	1.365.772
7	11.388.259	15.903.115	-4.514.856	0	-4.514.856	1.365.772
8	15.571.979	15.903.116	-331.137	0	-331.137	1.365.772
9	20.831.586	16.318.183	4.513.403	451.340	4.062.063	1.365.772
10	24.565.768	16.318.183	8.247.585	824.759	7.422.826	1.365.772
11	27.845.123	14.804.706	13.040.417	1.304.042	11.736.375	1.365.772
12	30.868.580	15.822.408	15.046.172	1.504.617	13.541.555	1.365.772
13	31.871.075	15.982.413	15.888.662	1.588.866	14.299.796	1.365.772
14	32.709.550	16.104.918	16.604.632	1.660.463	14.944.169	1.365.772
15	32.709.550	16.193.453	16.516.097	1.651.610	14.864.487	1.365.772
16	32.709.550	16.246.640	16.462.910	1.646.291	14.816.619	1.365.772
17	32.709.550	16.308.491	16.401.059	1.640.106	14.760.953	1.365.772
18	32.709.550	16.318.183	16.391.367	1.639.137	14.752.230	1.365.772
19	32.709.550	16.318.183	16.391.367	1.639.137	14.752.230	1.365.772
20	21.604.847	-8.675.359	30.280.206	3.028.021	27.252.185	1.365.772
21	32.683.875	7.101.339	25.582.536	2.558.254	23.024.282	1.365.772
22	32.645.053	7.839.017	24.806.036	2.480.604	22.325.432	1.365.772
23	30.765.176	420.313	30.344.863	3.034.486	27.310.377	1.365.772
24	28.721.154	4.894.132	23.827.022	2.382.702	21.444.320	1.365.772
25	26.619.903	7.273.164	19.346.739	1.934.674	17.412.065	1.365.772
26	24.222.843	11.714.270	12.508.573	1.250.857	11.257.716	1.365.772
27	27.995.626	11.714.270	16.281.356	1.628.136	14.653.220	1.365.772
28	24.098.418	13.870.995	10.227.423	1.022.742	9.204.681	1.365.772
29	19.877.819	13.991.162	5.886.657	588.666	5.297.991	1.365.772
30	16.193.625	15.542.253	651.372	65.137	586.235	1.365.772

Tabla 10.5-13: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño 50,01 a 100 ha Nivel Bajo

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	11.725	11.725	0	0	0	13.341.280
1	14.207	14.207	0	0	0	13.341.280
2	-761.091	19.172	-780.263	0	-780.263	13.341.280
3	-12.755.028	17.981	-12.773.009	0	-12.773.009	13.341.280
4	-11.323.584	28.378	-11.351.962	0	-11.351.962	13.341.280
5	-15.601.828	40.790	-15.642.618	0	-15.642.618	13.341.280
6	-17.610.719	53.202	-17.663.921	0	-17.663.921	13.341.280
7	-17.792.453	53.202	-17.845.655	0	-17.845.655	13.341.280
8	-10.377.599	53.202	-10.430.801	0	-10.430.801	13.341.280
9	18.898.183	47.941	18.850.242	1.885.024	16.965.218	13.341.280
10	35.291.919	54.530	35.237.389	3.523.739	31.713.650	13.341.280
11	50.690.344	31.760	50.658.584	5.065.858	45.592.726	13.341.280
12	61.642.202	49.316	61.592.886	6.159.289	55.433.597	13.341.280
13	69.424.967	53.552	69.371.415	6.937.142	62.434.273	13.341.280
14	73.935.743	27.880	73.907.863	7.390.786	66.517.077	13.341.280
15	75.466.699	37.378	75.429.321	7.542.932	67.886.389	13.341.280
16	76.413.168	38.313	76.374.855	7.637.486	68.737.369	13.341.280
17	76.413.168	20.032	76.393.136	7.639.314	68.753.822	13.341.280
18	72.507.873	26.133	72.481.740	7.248.174	65.233.566	13.341.280
19	68.653.615	36.695	68.616.920	6.861.692	61.755.228	13.341.280
20	63.789.064	45.710	63.743.354	6.374.335	57.369.019	13.341.280
21	59.077.628	47.199	59.030.429	5.903.043	53.127.386	13.341.280
22	54.199.554	54.781	54.144.773	5.414.477	48.730.296	13.341.280
23	47.857.807	57.529	47.800.278	4.780.028	43.020.250	13.341.280
24	52.903.135	45.970	52.857.165	5.285.717	47.571.448	13.341.280
25	53.714.631	54.530	53.660.101	5.366.010	48.294.091	13.341.280
26	54.083.619	55.843	54.027.776	5.402.778	48.624.998	13.341.280
27	53.888.502	57.205	53.831.297	5.383.130	48.448.167	13.341.280
28	47.581.728	58.894	47.522.834	4.752.283	42.770.551	13.341.280
29	48.115.571	35.943	48.079.628	4.807.963	43.271.665	13.341.280
30	45.478.495	53.486	45.425.009	4.542.501	40.882.508	13.341.280

Tabla 10.5-14: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño 50,01 a 100 ha Nivel Medio

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	505.476	505.476	0	0	0	8.376.625
1	509.785	509.785	0	0	0	8.376.625
2	-375.617	518.404	-894.021	0	-894.021	8.376.625
3	-14.358.706	509.379	-14.868.085	0	-14.868.085	8.376.625
4	-14.641.946	527.801	-15.169.747	0	-15.169.747	8.376.625
5	-20.823.403	549.347	-21.372.750	0	-21.372.750	8.376.625
6	-24.920.220	570.893	-25.491.113	0	-25.491.113	8.376.625
7	-27.521.053	570.893	-28.091.946	0	-28.091.946	8.376.625
8	-20.988.960	570.893	-21.559.853	0	-21.559.853	8.376.625
9	16.161.603	491.211	15.670.392	1.567.039	14.103.353	8.376.625
10	30.989.993	540.479	30.449.514	3.044.951	27.404.563	8.376.625
11	44.970.343	513.850	44.456.493	4.445.649	40.010.844	8.376.625
12	55.076.495	548.543	54.527.952	5.452.795	49.075.157	8.376.625
13	61.880.139	565.030	61.315.109	6.131.511	55.183.598	8.376.625
14	65.779.305	532.919	65.246.386	6.524.639	58.721.747	8.376.625
15	67.359.146	555.336	66.803.810	6.680.381	60.123.429	8.376.625
16	68.335.888	556.751	67.779.137	6.777.914	61.001.223	8.376.625
17	68.335.888	529.079	67.806.809	6.780.681	61.026.128	8.376.625
18	64.588.084	-70.026	64.658.110	6.465.811	58.192.299	8.376.625
19	60.889.255	76.726	60.812.529	6.081.253	54.731.276	8.376.625
20	56.220.861	165.424	56.055.437	5.605.544	50.449.893	8.376.625
21	51.699.397	307.437	51.391.960	5.139.196	46.252.764	8.376.625
22	47.018.000	337.916	46.680.084	4.668.008	42.012.076	8.376.625
23	40.193.595	480.532	39.713.063	3.971.306	35.741.757	8.376.625
24	44.383.269	415.025	43.968.244	4.396.824	39.571.420	8.376.625
25	44.312.656	494.458	43.818.198	4.381.820	39.436.378	8.376.625
26	44.052.583	550.306	43.502.277	4.350.228	39.152.049	8.376.625
27	42.905.841	560.485	42.345.356	4.234.536	38.110.820	8.376.625
28	36.784.233	573.117	36.211.116	3.621.112	32.590.004	8.376.625
29	44.971.967	545.125	44.426.842	4.442.684	39.984.158	8.376.625
30	40.638.700	579.719	40.058.981	4.005.898	36.053.083	8.376.625

Tabla 10.5-15: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño 50,01 a 100 ha Nivel Alto

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	29.627.232	29.627.232	0	0	0	19.507.236
1	29.218.727	29.218.727	0	0	0	19.507.236
2	27.508.630	28.401.715	-893.085	0	-893.085	19.507.236
3	2.241.126	26.318.918	-24.077.792	0	-24.077.792	19.507.236
4	1.201.176	24.731.161	-23.529.985	0	-23.529.985	19.507.236
5	-11.142.537	24.731.161	-35.873.698	0	-35.873.698	19.507.236
6	-21.311.237	24.731.161	-46.042.398	0	-46.042.398	19.507.236
7	24.648.088	24.731.161	-83.073	0	-83.073	19.507.236
8	40.061.221	24.731.161	15.330.060	1.533.006	13.797.054	19.507.236
9	65.843.096	25.542.176	40.300.920	4.030.092	36.270.828	19.507.236
10	88.236.965	25.542.176	62.694.789	6.269.479	56.425.310	19.507.236
11	108.321.284	25.542.176	82.779.108	8.277.911	74.501.197	19.507.236
12	121.004.976	25.542.176	95.462.800	9.546.280	85.916.520	19.507.236
13	122.258.027	25.542.176	96.715.851	9.671.585	87.044.266	19.507.236
14	122.713.065	3.609.994	119.103.071	11.910.307	107.192.764	19.507.236
15	122.713.065	8.777.451	113.935.614	11.393.561	102.542.053	19.507.236
16	122.713.065	8.266.728	114.446.337	11.444.634	103.001.703	19.507.236
17	122.713.065	9.730.754	112.982.311	11.298.231	101.684.080	19.507.236
18	122.713.065	14.174.378	108.538.687	10.853.869	97.684.818	19.507.236
19	122.713.065	19.816.979	102.896.086	10.289.609	92.606.477	19.507.236
20	103.908.693	6.737.804	97.170.889	9.717.089	87.453.800	19.507.236
21	122.713.065	23.844.837	98.868.228	9.886.823	88.981.405	19.507.236
22	122.713.065	24.246.054	98.467.011	9.846.701	88.620.310	19.507.236
23	99.191.071	24.480.765	74.710.306	7.471.031	67.239.275	19.507.236
24	73.433.035	25.001.321	48.431.714	4.843.171	43.588.543	19.507.236
25	44.774.986	25.001.321	19.773.665	1.977.367	17.796.298	19.507.236
26	14.651.371	25.044.470	-10.393.099	0	-10.393.099	19.507.236
27	48.549.115	25.376.718	23.172.397	2.317.240	20.855.157	19.507.236
28	51.996.027	25.485.198	26.510.829	2.651.083	23.859.746	19.507.236
29	62.296.526	25.542.176	36.754.350	3.675.435	33.078.915	19.507.236
30	75.879.668	25.542.176	50.337.492	5.033.749	45.303.743	19.507.236

Tabla 10.5-16: Resumen de Flujos Financieros por Predio Promedio ($)

Estrato de Tamaño Mayor de 100 ha Nivel Alto

Años	Flujos			Rentabilidad Predial	Utilidad Disponible	Anualidad Equivalente
	S. Futura	S. Actual	Diferencial			
0	-1.077.100	-1.077.100	0	0	0	5.881.187
1	3.381.064	3.381.064	0	0	0	5.881.187
2	11.169.832	12.297.390	-1.127.558	0	-1.127.558	5.881.187
3	-8.682.099	24.331.316	-33.013.415	0	-33.013.415	5.881.187
4	-10.650.348	42.236.313	-52.886.661	0	-52.886.661	5.881.187
5	-19.378.706	42.236.313	-61.615.019	0	-61.615.019	5.881.187
6	-23.587.565	42.236.313	-65.823.878	0	-65.823.878	5.881.187
7	23.963.702	42.236.313	-18.272.611	0	-18.272.611	5.881.187
8	42.255.346	42.236.314	19.032	1.903	17.129	5.881.187
9	64.474.079	43.504.533	20.969.546	2.096.955	18.872.591	5.881.187
10	80.705.283	43.504.533	37.200.750	3.720.075	33.480.675	5.881.187
11	95.079.329	43.504.533	51.574.796	5.157.480	46.417.316	5.881.187
12	109.686.967	43.504.533	66.182.434	6.618.243	59.564.191	5.881.187
13	116.139.827	43.504.533	72.635.294	7.263.529	65.371.765	5.881.187
14	122.787.522	43.504.533	79.282.989	7.928.299	71.354.690	5.881.187
15	122.787.522	43.504.533	79.282.989	7.928.299	71.354.690	5.881.187
16	122.787.522	43.504.533	79.282.989	7.928.299	71.354.690	5.881.187
17	122.787.522	43.504.533	79.282.989	7.928.299	71.354.690	5.881.187
18	122.787.522	43.504.533	79.282.989	7.928.299	71.354.690	5.881.187
19	122.787.522	43.504.533	79.282.989	7.928.299	71.354.690	5.881.187
20	89.939.171	10.656.182	79.282.989	7.928.299	71.354.690	5.881.187
21	122.787.522	43.504.533	79.282.989	7.928.299	71.354.690	5.881.187
22	122.787.522	43.504.533	79.282.989	7.928.299	71.354.690	5.881.187
23	119.624.998	43.504.533	76.120.465	7.612.047	68.508.418	5.881.187
24	116.462.475	-26.273.417	142.735.892	14.273.589	128.462.303	5.881.187
25	113.299.951	-3.229.545	116.529.496	11.652.950	104.876.546	5.881.187
26	110.137.427	1.199.513	108.937.914	10.893.791	98.044.123	5.881.187
27	122.787.522	5.985.923	116.801.599	11.680.160	105.121.439	5.881.187
28	93.758.062	18.704.262	75.053.800	7.505.380	67.548.420	5.881.187
29	59.805.814	24.491.172	35.314.642	3.531.464	31.783.178	5.881.187
30	28.580.368	33.454.754	-4.874.386	0	-4.874.386	5.881.187

PROYECTO Nº 4184

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

4184-3000-CO-INF-001_0

ANEXO 16.4 - PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
B	Nombre Firma	P. Zúñiga	P.Zúñiga	D. González	Coordinación Interna
	Fecha	11.11.14	11.11.2014	11.11.14	
0	Nombre Firma	P. Zúñiga	P.Zúñiga	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	31.07.15	31.07.15	31.07.15	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia. Santiago
Teléfono: +56 022 381 6000
Fax: +56 022 381 6001
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

"MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA"

ANEXO 16.4 - PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO

ÍNDICE

1 INTRODUCCION 3

2 DETERMINACION DE PRECIOS UNITARIOS 3

1.1 GENERALIDADES 3

1.2 ANTECEDENTES DISPONIBLES 4

1.3 DETERMINACIÓN DE PARTIDAS 5

1.3.1 Movimientos de Tierra 5

1.3.2 Obras Civiles 6

1.3.3 Tuberías: Suministro, transporte interno, colocación y prueba de Cañerías y Piezas Especiales 8

1.3.4 Instalaciones eléctricas, Instrumentación y Control 8

1.3.5 Suministro y Montaje de Equipos 9

1.3.6 Rotura y Reposición de Pavimentos. 9

2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PRINCIPALES 9

2.1 CAMPO DE APLICACIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS. 9

2.2 PRECIOS UNITARIOS PRINCIPALES 9

2.3 ESTUDIO DE TENDENCIAS PRECIOS TUBERIAS PERIODO 2007-2015 14

2.3.1 Análisis de precios unitarios en UF 14

2.4 ESTUDIO DE TENDENCIAS PARTIDAS RELEVANTES PERIODO 2007-2015 16

2.5 PRECIO EFICIENTE REVESTIMIENTO DEL CANAL 19

2.6 PRECIO EFICIENTE DESLIZAMIENTOS SECTOR EL BATO 20

2.7 PRECIO EFICIENTE PELIGRO CAIDA DE ROCAS 21

2.8 PRECIO EFICIENTE DEBILITAMIENTO TALUD DEBIDO A PRECIPITACIONES 21

2.9 PRECIO EFICIENTE SOCAVACION POR ESCURRIMIENTOS 21

2.10 PRECIO EFICIENTE ESTABILIDAD PORTALES DE TUNELES 22

2.11 PRECIO EFICIENTE CAIDA DE BLOQUES DESDE CLAVE DE TUNEL 22

2.12 PRECIO EFICIENTE SIFONES 23

3 PRESUPUESTO 25

1 INTRODUCCION

El presente informe presenta los precios unitarios y presupuesto desarrollado para las obras de construcción de los mejoramientos del **Canal Buzeta,** a partir de las cubicaciones desarrolladas en el capítulo de diseños hidráulicos.

2 DETERMINACION DE PRECIOS UNITARIOS

1.1 GENERALIDADES

En el presente capítulo se describirá en detalle el sistema de precios unitarios que se desarrolló para la valorización del canal en estudio.

A continuación se presenta una tabla con las principales definiciones de la terminología que se empleará en el presente estudio.

Tabla Nº 2.1: Definición de la Terminología empleada

CONCEPTO	DEFINICIÓN
OBRA	Corresponde a una determinada estructura, especificada en los documentos del proyecto, que cumple una función definida dentro de la operación normal del proyecto. También se suele hablar de faena para referirse al conjunto de actividades constructivas de un proyecto y cuando la obra se refiere a movimientos de tierra. Podrán existir obras o faenas provisionales o definitivas, según cumplan funciones temporales o permanentes.
PROYECTO	Corresponde al conjunto de documentos que definen una obra de infraestructura. Está constituido por bases administrativas, especificaciones técnicas, planos generales, presupuestos y/o cubicaciones de obras y planos de detalle oficiales.
INFRAESTRUCTURA DE CANALES	Corresponde al conjunto de obras de ingeniería relacionadas entre sí, que satisfacen una necesidad técnica específica de conducción de agua a través de canales de riego.
PRESUPUESTO DETALLADO	Corresponde al presupuesto efectuado por el oferente sobre la base de las especificaciones, cubicaciones y precios unitarios previstos por él para su propio proyecto.
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	Se entiende por Especificaciones Técnicas al conjunto de características que deberán cumplir las obras, motivo del contrato, incluyendo normas sobre procedimientos de elaboración, exigencias a que quedan sometidos los materiales y pruebas de control que deben superar las diferentes etapas de fabricación.
GASTOS GENERALES	Se entiende por Gastos Generales a aquellos gastos de obra no imputables a partidas específicas de la construcción.
UTILIDADES	Se entiende por Utilidades al beneficio económico neto que el proyecto genera a la empresa que lo materializa.
INGENIERÍA	Se entiende por Ingeniería a los gastos asociados al diseño de la obra, incluidos: memoria, planos, especificaciones y presupuesto de proyecto.
INSPECCIÓN TÉCNICA DE LA OBRA	Se entiende por Inspección Técnica de la Obra (I.T.O.) a la o las personas que, nombradas en forma competente, asumen el derecho y la obligación de fiscalizar el cumplimiento de un contrato de construcción.

CONCEPTO	DEFINICIÓN
INSUMO BÁSICO	Corresponde a cada uno de los componentes de una actividad constructiva, que conforman propiamente el suministro de: materiales, equipos, mano de obra, fletes, etc. Estos generalmente se cotizan y adquieren a través de proveedores.
ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN	Corresponde a labores específicas que ejecutan los constructores con mano de obra especializada en dicha labor, que forman parte de un proyecto que contiene su: especificación, cubicación y valorización. Las actividades se componen de varias partidas e insumos básicos.
PARTIDA	Corresponde a cada uno de los ítems o subítems considerados en las especificaciones técnicas o en el presupuesto. Estos generalmente se calculan a partir de un análisis de las actividades que lo componen.
PARTIDA RELEVANTE	Corresponde a una partida de uso habitual en obras de infraestructura de canales.

El sistema propuesto en el presente estudio consiste básicamente en determinar los precios unitarios de todas las partidas relevantes utilizadas en obras de canales, partiendo de la información contenida en presupuestos de construcción de este consultor.

En aquellos casos en que no sea posible obtener el precio eficiente de una partida a partir de presupuestos de construcción de obras, se utilizará alguna otra fuente confiable, como cotizaciones a proveedores, bases de datos, etc.

Como resultado se dispone de una base de datos con precios unitarios para diversas partidas.

1.2 ANTECEDENTES DISPONIBLES

Para la determinación de los precios unitarios de partidas se utilizaron los antecedentes

- Ingeniería de Detalles Canal Las Palmas. Dirección de Obras Hidráulicas. 2015.
- Mejoramientos Canales Quebrada Arrayan; Aguas Andinas 2007
- Ingeniera Detalle Embalse Petorca y Canales Distribución; Dirección de Obras Hidráulicas 2011.
- Canales de Distribución Embalses Niblinto. Comisión Nacional de Riego 2012.
- Canales de Distribución Embalses Cautín. Comisión Nacional de Riego 2012.
- Presupuestos de Construcción Obras Menores IV región. Arcadis Chile. Periodo 2007-2015.

Las bases utilizadas para la estimación de precios unitarios son las siguientes:

- **Fecha base de la estimación** Julio 2015.
- **Tasa de Cambio Dólar:** 1 Dólar = 570,51 CLP
- **Valor UF** = 25.086,58 CLP, fecha 31 julio 2015
- **Costos Indirectos** = 30 %

1.3 DETERMINACIÓN DE PARTIDAS

Se han analizado diversos presupuestos relacionados, con el fin de definir las partidas principales de la infraestructura; y agruparlas acorde a lo utilizado comúnmente en este tipo de contratos.

Según los antecedentes analizados, se considera la siguiente desagregación de componentes de obras:

Tabla Nº 2.2: Listado de Componentes de Obras

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
MT	Movimientos de tierra.
OC	Obras Civiles: Hormigón y obras conexas, construcciones y urbanización.
SC	Tuberías: Suministro, transporte interno, colocación y prueba de cañerías y piezas especiales.
IE	Instalaciones eléctricas.
IC	Instrumentación y control.
EQ	Suministro y montaje de equipos.
RR	Rotura y reposición de pavimentos.

1.3.1 Movimientos de Tierra

Los movimientos de tierra corresponden a todas aquellas obras que contemplan excavaciones, demoliciones, rellenos y retiro y transporte de diversos tipos de materiales. Los movimientos de tierra consideran el suministro de materiales, el suministro y transportes de áridos, el arriendo de maquinaria especializada, la mano de obra ocupada, y todos aquellos ítems involucrados en esta actividad.

Esta actividad presenta grandes variaciones al aplicarse a proyectos específicos. En el caso de maquinarias, el campo de aplicación de los precios, queda definido por los siguientes condicionantes más típicos:

- Accesibilidad y distancia de acarreo de empréstito y a botadero.
- Ubicación de la faena en relación con la libertad de movimientos de las máquinas; o posición y altura relativa de la máquina respecto al frente de excavación o relleno, en relación con el movimiento de sus partes móviles: balde, topadora, capacho; router; etc.
- Pendiente longitudinal y transversal del terreno.
- Dureza del terreno.
- Nivel de napa freática.
- Volumen a mover y estabilidad natural del suelo a excavar.
- Profundidad de excavación.
- Clima, temperatura y lluvias.
- Altura sobre el nivel de mar cuando es excesiva y afecta el rendimiento.
- Estado de saturación de los suelos y granulometría del suelo a compactar que puede exigir selección ó mejoramiento.

Clasificación de los Suelos

La clasificación de tipos de suelos se hará de la siguiente manera según lo realizado por la especialidad Geología y Geotecnia:

Tabla Nº 2.3: Tipos de terrenos

TIPO	NOMBRE	CARACTERÍSTICAS
I y II	Blando	Terreno de relleno, arena suelta, dunas, tierra vegetal, ripio suelto..
III	Semiduro	Ripio compacto, barro compacto, arcilla húmeda.
IV	Duro	Tosca, ripio arcilloso de aluvión, arcilla seca.
V	Muy Duro	Roca blanda trabajable sin explosivos, maicillo endurecido.
VI y VII	Roca	Roca trabajable con explosivos.

Se propone la siguiente división de precios unitarios de la componente Movimientos de Tierra:

Tabla Nº 2.4: Desglose de Componente Movimientos de Tierra

CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
MT.DA	Despeje del área	Consiste en la limpieza preliminar del área de la excavación, eliminando todo material desechable que interfiera con la ejecución de la obra.
MT.EX.CO.02.SA	Excavaciones en material común, con profundidad de 0 a 2 m, sin agotamiento	Corresponde a las excavaciones en suelos tipo III, con profundidad de 0 a 2 m y sin agotamiento de napa.
MT.EX.CO.02.ROC	Excavación en Roca	Excavación en Roca con Explosivos
MT.RE.EX	Relleno de zanja, con material excavación, compactado con vibrocompactador.	Corresponde al relleno de zanja, con material de la misma excavación, compactado con vibrocompactador.
MT.RT	Retiro y Transporte de Excedentes	Retiro y Transporte de Excedentes
MT.EN.200	Colocación de enrocado de 200 kg	Colocación de enrocado de 200 kg
MT.GG	Gavión Galvanizado	Gavión Galvanizado
MT.EN	Entibaciones (4 usos)	Entibaciones (4 usos).

1.3.2 Obras Civiles

Dentro de la componente obras civiles se encuentran principalmente los hormigones, obras conexas, construcciones y urbanizaciones.

Las obras de hormigón comprenden el suministro y colocación del hormigón fresco, con vibrado y curado. Además se incluyen otras obras como pavimentos, estructuras metálicas, etc.

Considerando lo señalado, se proponen los siguientes precios unitarios de actividades específicas:

Tabla Nº 2.5: Desglose de Componente de Obras Civiles

CÓDIGO	Nombre	DESCRIPCIÓN
OC.H5	Suministro y colocación de Hormigón H5. Emplantillado.	Suministro y colocación de hormigón fabricado en planta, resistencia H5
OC.H25	Suministro y colocación de Hormigón H25	Suministro y colocación de hormigón fabricado en planta , resistencia H25
OC.EN	Enfierradura para hormigón	Enfierradura para hormigón calidad A44-28H ó A63-42H.
OC.MALL	Malla de alta resistencia	Malla de alta resistencia
OC.PERG	Pernos Gewi 25 m Largo 3m	Pernos Gewi 25 m Largo 3m
OC.PROM	Placa romboidal	Placa romboidal
OC.ANC	Anclajes de cables 14,5mm	Anclajes de cables 14,5mm
OC.TU	Tuercas	Tuercas
OC.CAB	Cable 12mm	Cable 12mm
OC.SCAB	Sujetacables	Sujetacables
OC.T3	Clips T3 de unión	Clips T3 de unión
OC.CANHP	Canaleta hormigón prefabricada	Canaleta hormigón prefabricada
OC.LOP	Losa Prefabricada	Losa Prefabricada
OC.MO	Mortero juntas	Mortero juntas
OC.ANCG	Anclaje cañería galvanizada 38m m diam. 2 m largo	Anclaje cañería galvanizada 38m m diam. 2 m largo
OC.PERC	Pernos chascones A 44-28H	Pernos chascones A 44-28H
OC.ABR	Abrazadera con tuerca y golilla, de 16mm de diam.	Abrazadera con tuerca y golilla, de 16mm de diam.
OC.PERCON	Pernos de convergencia	Pernos de convergencia
OC.PERHEL	Pernos helicoidales	Pernos helicoidales
OC.CINW	Cinta W strap	Cinta W strap
OC.SH.10	Shotcrete e=10 cm	Shotcrete e=10 cm.
OC.AP	Revestimiento con Mampostería de piedras e=10 cm	Revestimiento con albañilería de piedras e=10 cm
OC.RE.PI	Pintura	Pintura
OC.MA.AN	Machones de anclaje	Machones de anclaje.
OC.GE.TE	Geotextil	Suministro e instalación de geotextil.
OC.GE.EN	Tela Geotextil enrocado	Tela Geotextil enrocado
OC.CAPRO.EN	Cajón prefabricado	Cajón de Hormigón H-25 prefabricado
OC.TE.RES	Terraplen de respaldo	Terraplen de respaldo

1.3.3 Tuberías: Suministro, transporte interno, colocación y prueba de Cañerías y Piezas Especiales

Esta actividad comprende el suministro de las tuberías y piezas especiales, su transporte interno, su colocación y prueba. Considera tanto la mano de obra como las herramientas y maquinaria de apoyo utilizada.

Se consideran los siguientes posibles precios unitarios.

Tabla Nº 2.6: Desglose de Componente Suministro, transporte interno, colocación y prueba de Cañerías y Piezas Especiales

CÓDIGO	Nombre	DESCRIPCIÓN
SC.TU.CC.GD.D	Tubo c.c. gran diámetro D	Suministro, instalación y prueba de tubos de cemento comprimido de gran diámetro, disponible en diámetros de 1.450 a 2.200 mm.
SC.TU.HD.80.04.D	Tubería HDPE PE 80 PN 4, D	Suministro, instalación y prueba de tubería de polietileno de alta densidad PE 80 PN 4 de diámetros entre 110 y 2000 mm.
SC.TUAC.PB.RE.04.D	Tubería de acero punta biselada/soldar galvanizado	Tubería I de acero, de e=4 mm, de diámetros de 12" a 24".

1.3.4 Instalaciones eléctricas, Instrumentación y Control

Las obras eléctricas, instrumentación y control considerados para el mejoramiento de canales se refieren principalmente al sistema de medición o accionamiento remoto con normalmente las siguientes partidas principales:

Tabla Nº 2.7: Desglose de Componente Instalaciones Eléctricas

CÓDIGO	Nombre	DESCRIPCIÓN
IE.TCFA	Tablero de control, fuerza y alumbrado	Suministro y montaje de tablero de 8-440 KW
IE.TG	Nodo Dropflow	Dropflow
IE.LI.GE	Nodo Repetidor	Nodo Repetidor
IE.EN.GPRS	Módulo COMs GPRS	Módulo COMs GPRS
IE.GG1	Tarjeta Exp. 4.-20mA	Tarjeta Exp. 4.-20mA
IE.GG2	Kit de Energía Solar 22W	Kit de Energía Solar 22W
IE.GG3	Sensor Ultrasonido 4.-20mA	Sensor Ultrasonido 4.-20mA
IE.GG4	Estructura de Montaje Sensores	Estructura de Montaje Sensores
IE.GG5	Estructura de Montaje Nodo con Panel	Estructura de Montaje Nodo con Panel
IE.GG6	Instalación y puesta en operación Nodo	Instalación y puesta en operación Nodo
IE.GG7	Cerco perimetral protección equipos	Cerco perimetral protección equipos

1.3.5 Suministro y Montaje de Equipos

Se proponen los siguientes precios unitarios de actividades específicas:

Tabla N° 2.8: Desglose de Componente Suministro y Montaje de Equipos

CÓDIGO	Nombre	DESCRIPCIÓN
EQ.CO.D	Rejas Hidráulicas	Rejas Hidráulicas
EQ.CO.COM	Compuertas de Acero	Compuertas de Acero dimensiones variables.
EQ.CO.COMV	Compuertas de Acero con volante	Compuertas de Acero dimensiones variables con volante
EQ.PE. REG	Regla Limnimetrica	Regla Limnimetrica

1.3.6 Rotura y Reposición de Pavimentos.

Esta actividad, comprende la rotura y posterior reposición tanto de calzadas como de veredas, de distintos tipos de materiales.

Para este tipo de proyecto de canales no se ha considerado este ítem como relevante a nivel de prefactibilidad.

2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PRINCIPALES

2.1 CAMPO DE APLICACIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS.

La base de precios unitarios eficientes determinada en el presente estudio ha sido elaborada con el objeto de valorizar la infraestructura mejoramiento de canales, por lo que lleva implícitos los siguientes supuestos:

- Obras se encuentran ubicadas dentro de la IV Región, con clima y accesibilidad propios de esta región.
- Se construyen varias obras a la vez, por lo que se consideran incluidos los descuentos por volumen.
- Obras corresponden a infraestructura de mejoramiento de canales.

El empleo de estos precios en otro tipo de infraestructura o en otros sectores del país requiere de una corrección previa.

2.2 PRECIOS UNITARIOS PRINCIPALES

Si bien la metodología planteada en este informe entrega resultados de precios unitarios eficientes de partidas de alta confiabilidad, también requiere una gran inversión de tiempo en la solicitud de cotizaciones y selección y análisis de presupuestos de construcción.

A continuación se presentan algunos de los resultados obtenidos para partidas consideradas relevantes en la construcción de obras canales. Estas son:

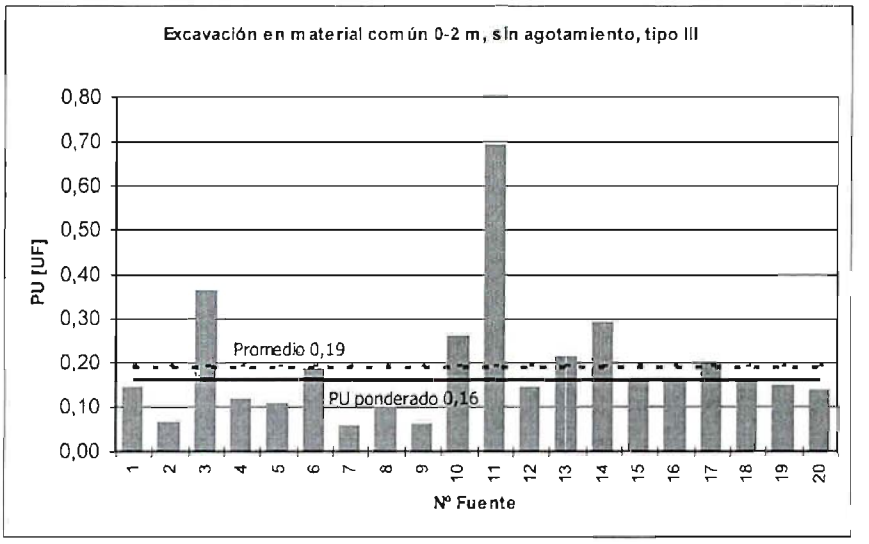
- Excavación en material común 0-2 m, sin agotamiento.
- Relleno de con material de la excavación compactado con vibrocompactador.
- Retiro y transporte de excedentes.

- Suministro y colocación de hormigón H25.
- Suministro y colocación de revestimiento a precio eficiente.

2.2.1.1 *Excavación en material común 0-2 m, sin agotamiento.*

En esta partida se contó con un total de 20 datos de este consultor, los que entregan un valor medio de 0,19 UF y un valor medio ponderado de 0,16 UF. En el gráfico que se muestra a continuación se presentan los valores obtenidos:

Figura 2.1: Excavación en material común

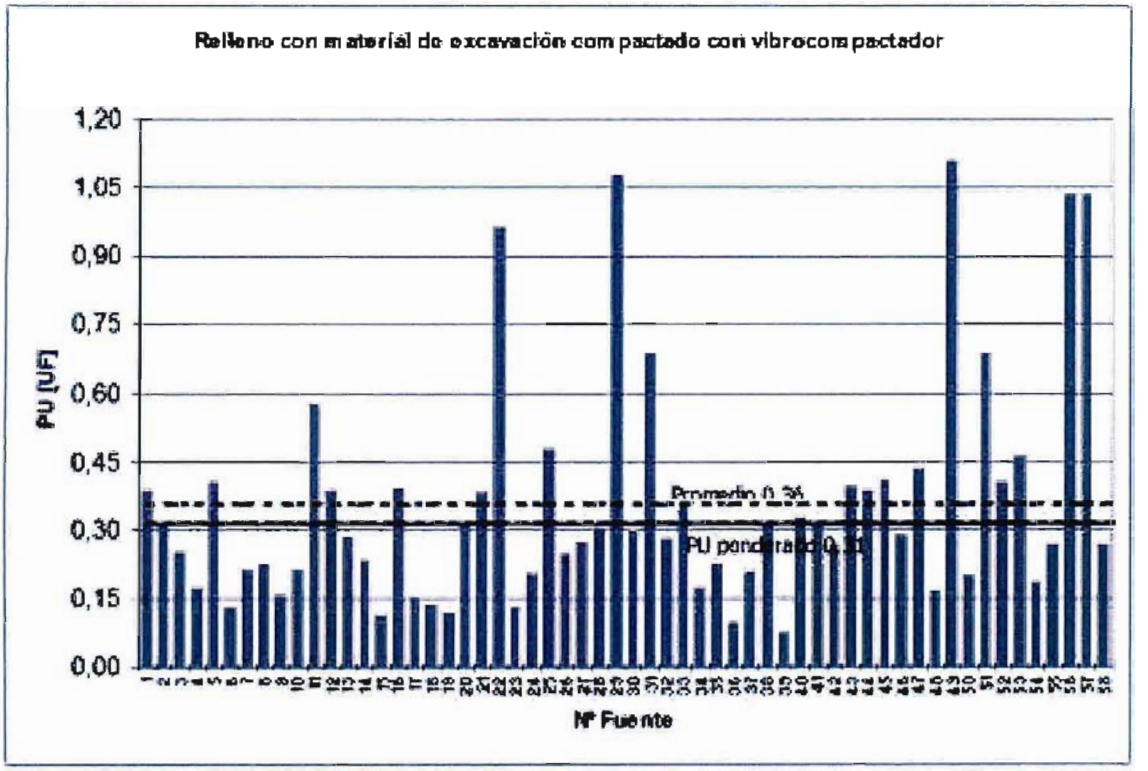


Para efecto de este estudio se ha utilizado 0,16 UF (4.016 $clp/m3), valor levemente superior al indicado por ONDAC para excavación en zanja en la IV región.

2.2.1.2 *Relleno de zanja con material de la excavación compactado con vibrocompactador.*

En esta partida se contó con un total de 58 datos de este consultor, los que entregan un valor medio de 0,36 UF y un valor medio ponderado para esta partida de 0.31 UF. En el gráfico que se muestra a continuación se presentan los valores obtenidos:

Figura 2.2: PU Relleno

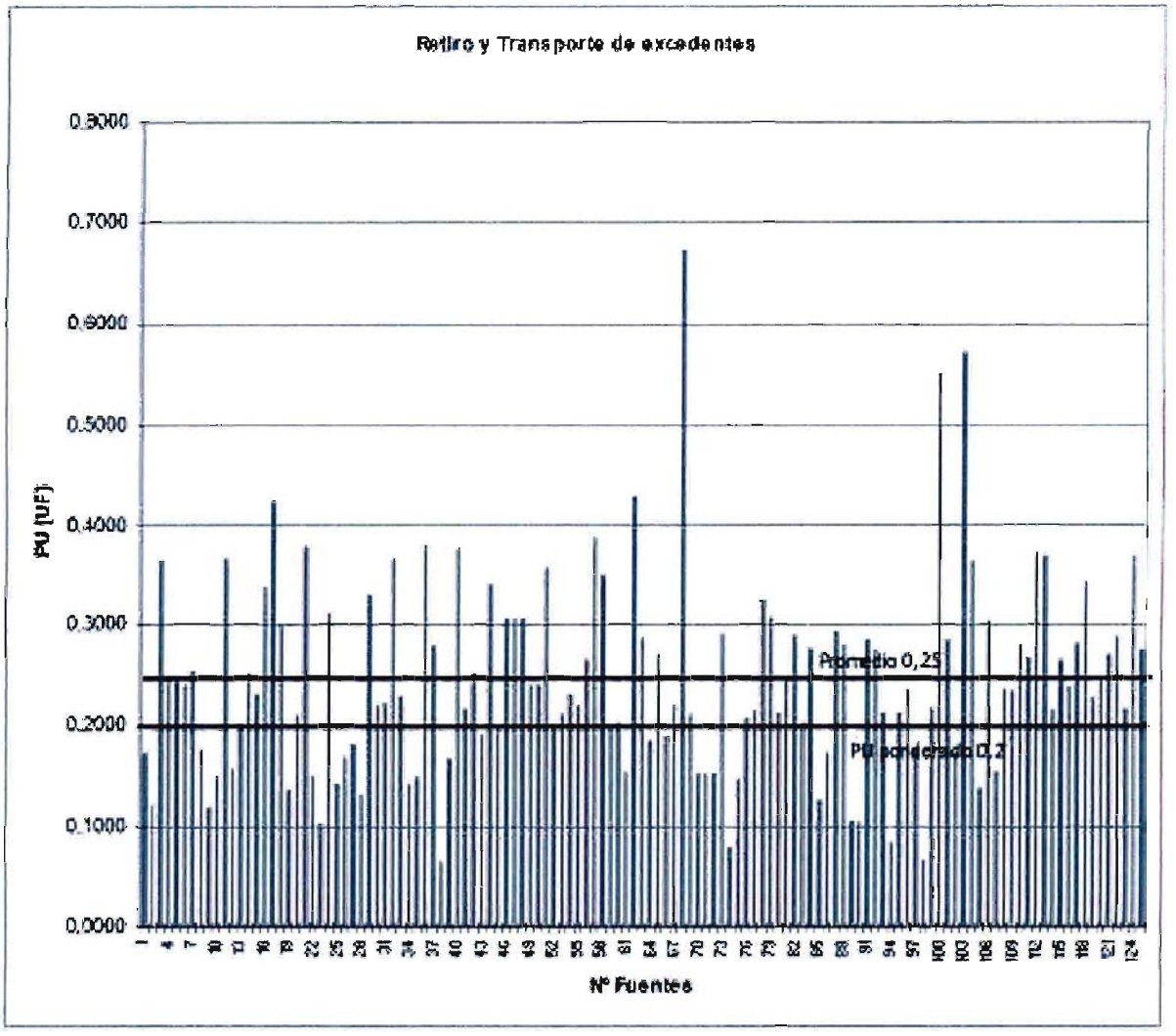


Para efecto de este estudio se ha utilizado 0,36 UF (9.031 $CLP/m3).

2.2.1.3 *Retiro y transporte de excedentes.*

En esta partida se contó con un total de 125 datos, los que entregan un valor medio de 0,25 UF y un valor medio ponderado de 0,2 UF. En el gráfico que se muestra a continuación se presentan los valores obtenidos:

Figura 2.3: PU Retiro y transporte de excedentes

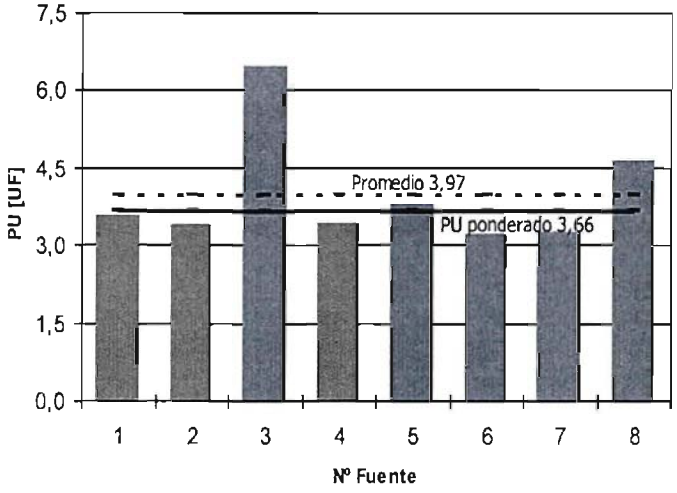


Para efecto de este estudio se ha utilizado 0,25 UF (6.271 $clp/m3), valor levemente superior al indicado por ONDAC.

2.2.1.4 *Suministro y Colocación de Hormigón H-25.*

En esta partida se contó con un total de 8 datos, los que entregan un valor medio de 3,97 UF/m3 y un valor medio ponderado de 3.66 UF. En el gráfico que se muestra a continuación se presentan los valores obtenidos:

Figura 2.4: PU Hormigón H25



De ONDAC obtenemos que el precio es de aproximadamente 3,4 UF/m3 (85.326 clp), tal como se detalla a continuación:

Cantidad: 1 Ciudad: SANTIAGO Actualizar Total: 85.326

Componente

Código	Unidad	Cantidad Unitaria	Cantidad Total	Precio Unitario	Precio Total	Incidencia
CEMENTO ESPECIAL POLPAICO 42.5KG (M_AC_01934)	uni	7.4100	7.41	4.100	30.381	35.61%
ARENA PLANTA (FLETE 15KM) (M_AE_00011)	m3	0.6000	0.60	9.500	5.700	6.68%
RIPIO (flete 15km) (M_AE_00021)	m3	0.9000	0.90	8.500	7.650	8.97%
CAMION AGUA MACK ALGIBE (M_TH_03535)	hor	0.0200	0.02	7.350	147	0.17%
BETONERAS 11p C/TOLVAS ELEC (M_TS_02280)	mes	0.0800	0.08	231.000	18.480	21.66%
CONCRETERO (M_ZA_00764)	dia	1.0000	1.00	13.334	13.334	15.63%
MAESTRO DE SEGUNDA (M_ZB_01519)	dia	0.2000	0.20	21.667	4.333	5.08%
LEYES SOCIALES (O.C.) (F__01515)	-	30.0000		-	5.300	6.21%

Sin embargo, últimas cotizaciones en el sector han arrojado incrementos significativos superiores al 300%, ello debido a derrumbes de infraestructura por eventos como terremotos que han ocasionado daños en las plantas de hormigonado.

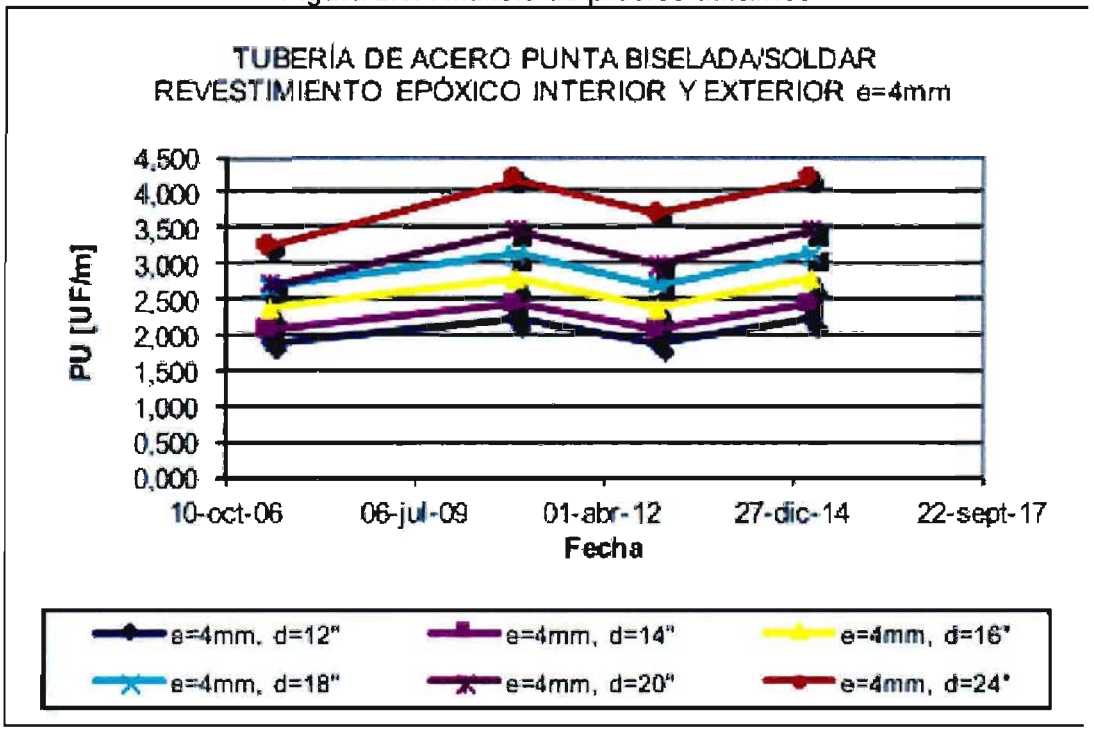
Dado lo anterior se ha establecido un precio de 6,9 UF/m3 de hormigón estructural H-25.(175.185 $CLP/m3) a nivel de prefactibilidad.

2.3 ESTUDIO DE TENDENCIAS PRECIOS TUBERIAS PERIODO 2007-2015

2.3.1 Análisis de precios unitarios en UF

A continuación se presentan gráficos de precios unitarios de partidas relevantes, ordenados en una escala creciente en el tiempo, con el fin de estudiar la variación de estas partidas en función del tiempo.

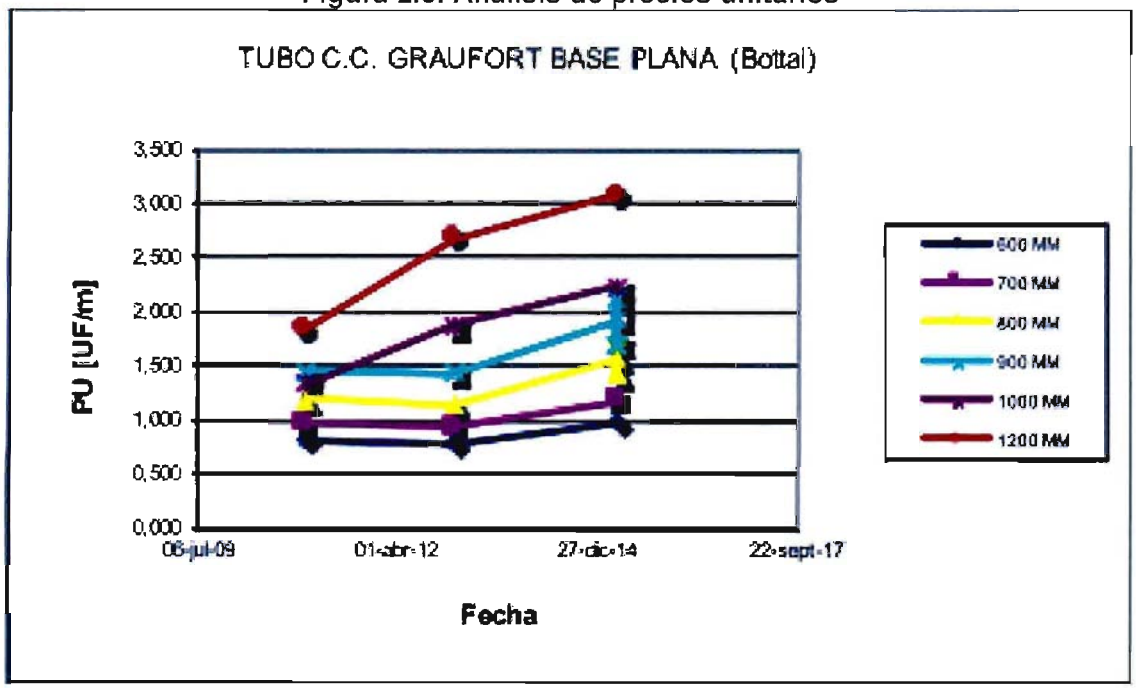
Figura 2.5: Análisis de precios unitarios



Como se observa en el grafico anterior, los precios unitarios de las tuberías de acero tienden al alza en el periodo 2013-2015.

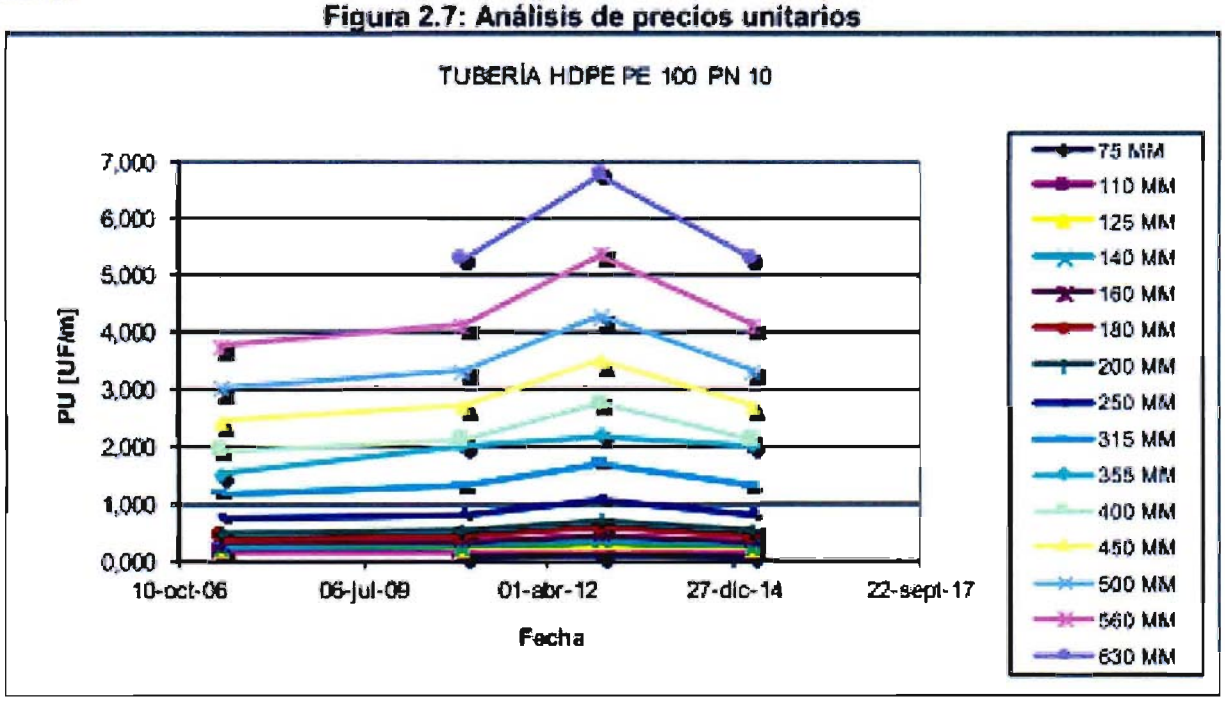
Según el gráfico siguiente, las tuberías de cemento comprimido graufort base plana presentan una tendencia al aumento en sus precios a través del tiempo.

Figura 2.6: Análisis de precios unitarios



Ahora, respecto a las tuberías de HDPE se muestra una tendencia a la disminución en los precios. Mostrando un máximo en el año 2013, luego una disminución del precio para el año 2015.

Figura 2.7: Análisis de precios unitarios



Dado que para grandes diámetros se requieren cotizaciones específicas, se puede inferir de lo anterior que también para diametros entre los D=1600 mm y 2000 mm la tendencia seria para la baja, con precios rondando entre los 17 UF/m y los 27 UF/m.

2.4 ESTUDIO DE TENDENCIAS PARTIDAS RELEVANTES PERIODO 2007-2015

En el gráfico anterior se observa una tendencia al aumento del precio en el periodo 2007-2015 con un máximo en el año 2013

.

Figura 2.8: Análisis de precios unitarios

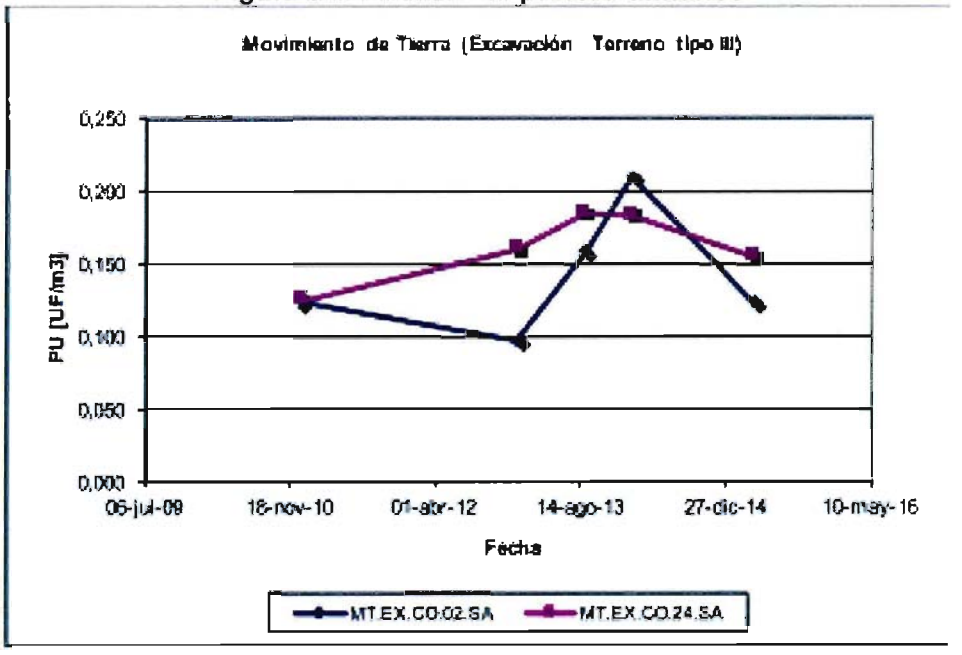


Figura 2.9: Análisis de precios unitarios

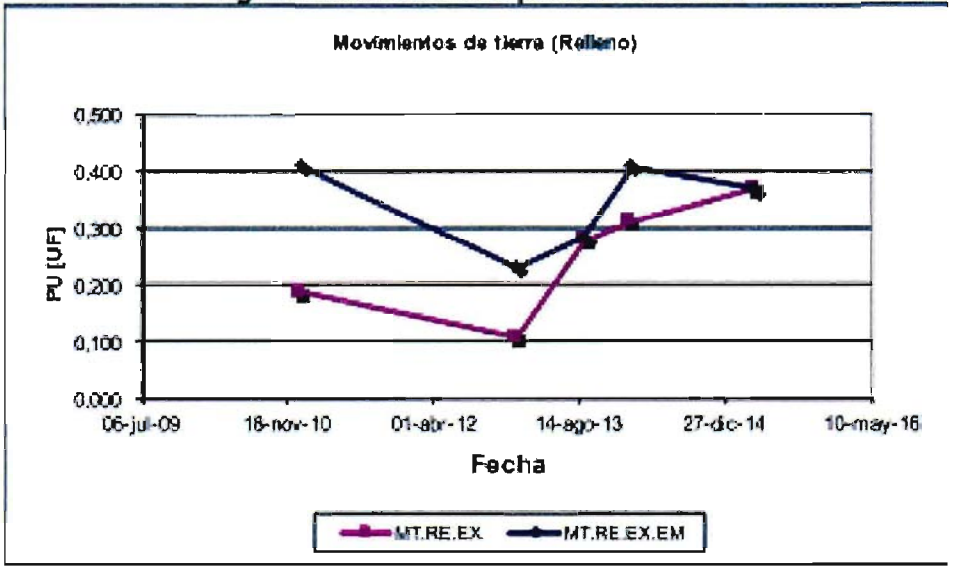
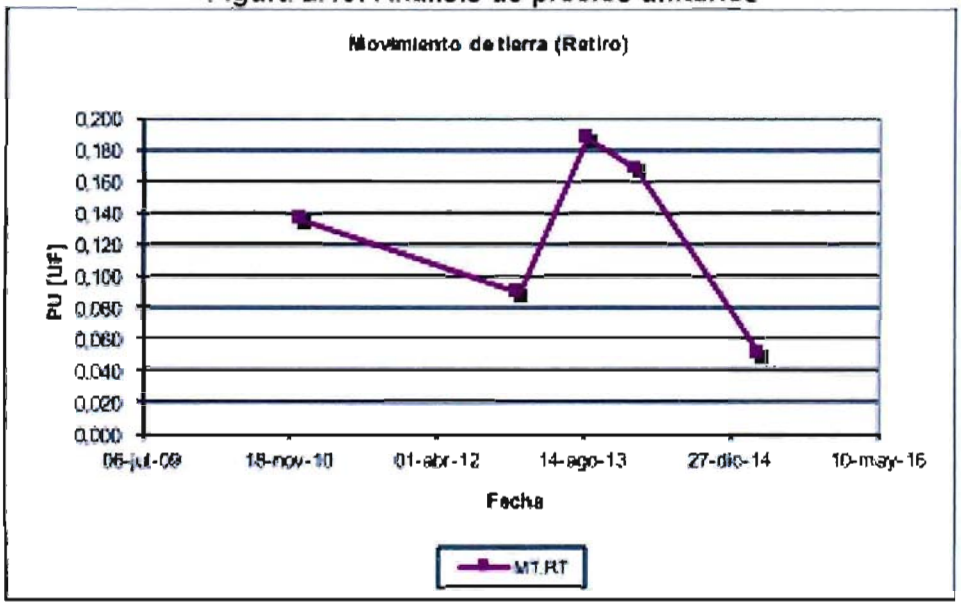
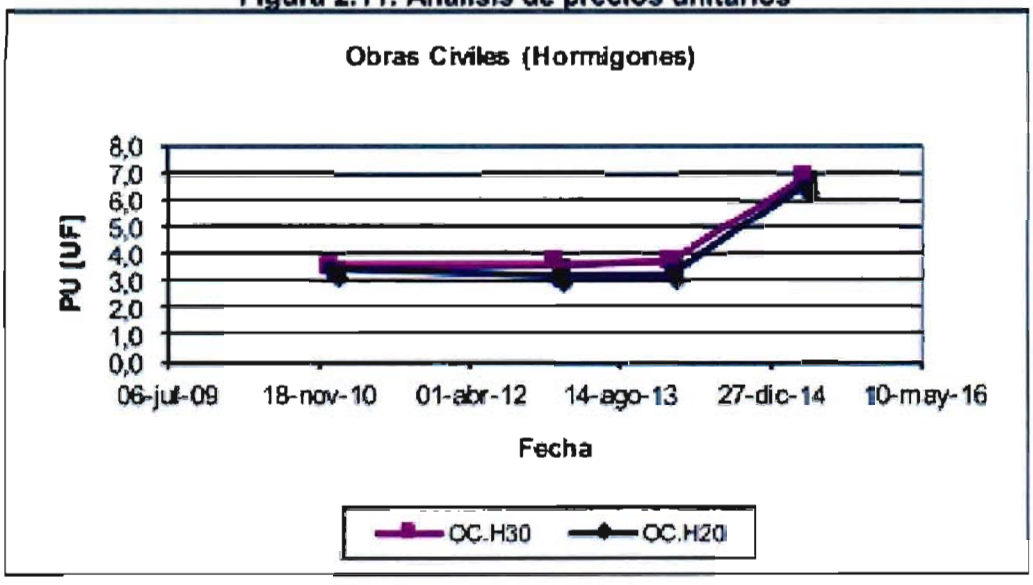


Figura 2.10: Análisis de precios unitarios



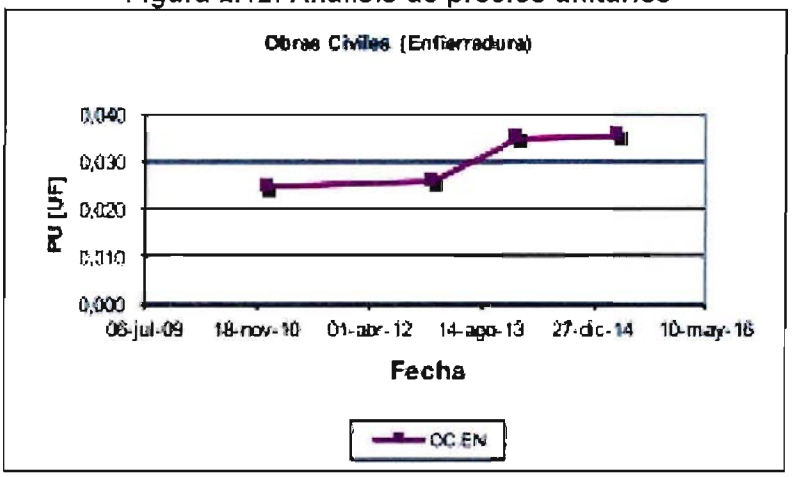
En los tres gráficos anteriores se incluye el precio estimado por Arcadis. Ahora respecto a los hormigones se tiene que:

Figura 2.11: Análisis de precios unitarios



En el gráfico anterior se observa que en el caso del Hormigón H25 el precio es mayor al histórico los últimos años.

Figura 2.12: Análisis de precios unitarios



En el caso de la enfierradura para hormigón, el precio estimado en este estudio mantienen cierta igualdad, cercano a 0,04 UF/Kg (1.047 $clp/Kg).

Dentro de las Obras Civiles un precio determinante en la evaluación se refiere a la mampostería de piedra. Este precio se ha obtenido principalmente de ONDAC, dado los múltiples precios de construcción en la región con variaciones de al menos un 200%. A continuación se presenta el desglose considerado respecto a esta partida:

Cantidad: 1 Ciudad: LA SERENA Actualizar Total: 21.542

Componente

Código	Unidad	Cantidad Unitaria	Cantidad Total	Precio Unitario	Precio Total	Incidencia
CEMENTO ESPECIAL POLPAICO 42.5KG (M_AC_01934)	uni	0.2800	0.28	3.826	1.071	4.97%
PIEDRA 10cm BOLON ESP A 15K (M_AE_02051)	m3	0.1200	0.12	7.000	840	3.90%
ARENA ESTUCO C/FLETE 15 KMS (M_AE_04466)	lit	47.0000	47.00	13	611	2.84%
ALBANIL + 1/2 AYUD (M_ZA_00828)	dia	0.5000	0.50	29.167	14.584	67.70%
LEYES SOCIALES (O.E.) (F__00935)	-	29.0000		-	4.229	19.63%
PERDIDAS (F__00937)	-	18.0000		-	207	0.96%

Con lo anterior se considera un precio de 21.542 $clp/m2 de mampostería.

2.5 PRECIO EFICIENTE REVESTIMIENTO DEL CANAL

El precio considerado para el revestimiento para solucionar múltiples problemas en el canal ha considerado los siguientes posibles alternativas de diseño:

- Mampostería de Piedra
- Revestimiento de Hormigón
- Mantas de Hormigón
- Shotcrete
- Geomembrana
- Tubería HDPE

La alternativa de menor costo, por lo tanto, representara al precio eficiente de revestimiento del canal, el cual tiene un impacto de al menos un 60% en el presupuesto final de los mejoramientos en el canal.

A continuación se presenta el análisis de precios a igualdad de condiciones para un revestimiento de 21 km:

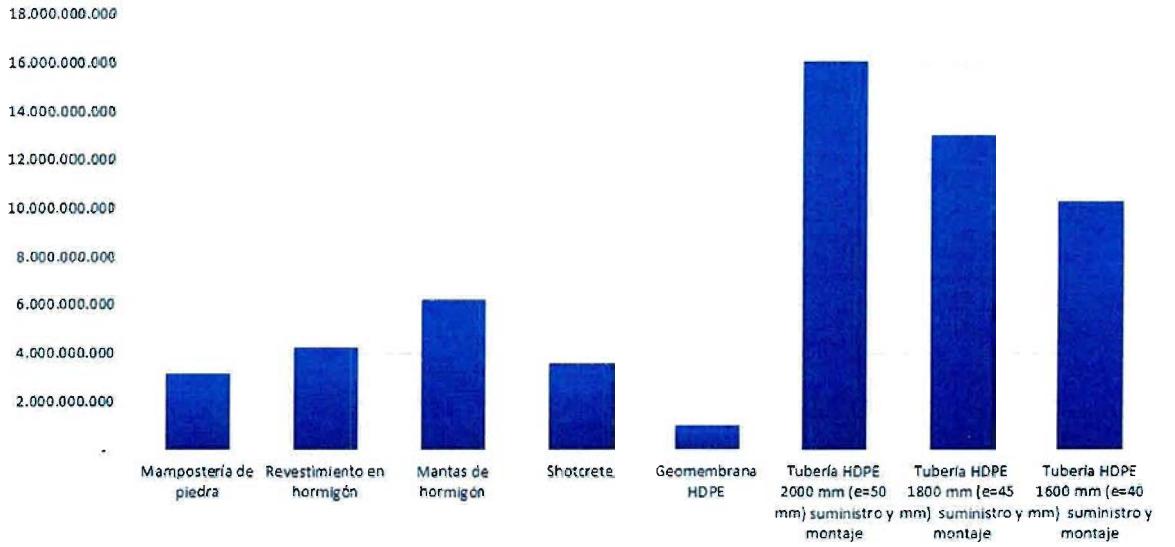
Tabla 2-1 Costos Alternativas de revestimiento para 21 km

Alternativa	Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final	Costo Unitario $	Costo Total $
Mamposteria de piedra						**3.123.056.891**
Mamposteria de piedra	m2	128733	1,1	141.607	21.542	3.050.493.159
Excavación abierta mat. Común	m^3	25747	1,1	28.321	2.562	72.563.733
Revestimiento en hormigón						**4.202.515.527**
Hormigón H-25	m^3	12873	1,1	14.161	175.185	2.480.732.497
Emplantillado H-5	m^3	6437	1,2	7.724	119.892	926.048.761
Enfierradura	kg	643667	1,1	708.034	1.047	741.311.470
Excavación abierta mat. Común	m^3	19310	1,1	21.241	2.562	54.422.800
Mantas de hormigón						**6.181.483.365**
Mantas de hormigón	m^2	120137	1,1	132.150	46.648	6.164.553.862
Excavación abierta mat. Común	m^3	6007	1,1	6.608	2.562	16.929.503
Shotcrete						**3.570.786.984**
Shotcrete e=80 mm	m2	128733	1,1	141.607	24.960	3.534.505.117
Excavación abierta mat. Común	m^3	12873	1,1	14.161	2.562	36.281.866
Geomembrana HDPE						**989.801.117**
Geomembrana	m^2	180313	1,1	198.345	4.838	959.592.003
Zanja Geomembrana	m^3	1934	1,2	2.321	13.015	30.209.114
Tubería HDPE 2000 mm (e=50 mm) suministro y montaje	m	21492	1,1	23.641	679.231	**16.057.593.946**
Tubería HDPE 1800 mm (e=45 mm) suministro y montaje	m	21492	1,1	23.641	550.177	**13.006.651.096**
Tubería HDPE 1600 mm (e=40 mm) suministro y montaje	m	21492	1,1	23.641	434.708	**10.276.860.125**

De los resultados obtenidos, se desprende que, en términos de inversión, la alternativa con geomembrana presenta los menores costos a nivel de inversión, seguido de la mampostería de piedra.

Sin embargo, este Consultor no recomienda para esta región el uso de Geomembrana dado los múltiples problemas generados y detallados en Anexo de Diseño Hidráulico (desgaste, rotura, corta vida útil, etc). Dado lo anterior, se ha considerado el precio eficiente de revestimiento la mampostería de piedra.

Figura 2.13: Costos Eficientes de Revestimiento Canal



2.6 PRECIO EFICIENTE DESLIZAMIENTOS SECTOR EL BATO

En base a los diseños realizados en Anexo 14 Tabla siguiente muestra el detalle de costeo de las alternativas propuestas asociadas a las alternativas sector El Bato.

Tabla 2-2 Costos de Alternativas Sector Bato

Número de Alternativa	Alternativa Propuesta	Costo MM$
1	Desplazamiento canal	566
2	Construcción de túnel	3.563
3	Construcción de sifón	391
4	Revestimiento mediante tuberías	639
5	Re-perfilado del talud	1.054
6	Cubrir canal con loseta de hormigón + Revestimiento mampostería	213

Se desprende que la alternativa más económica corresponde a la alternativa 6, la cual consiste en la instalación de una cubierta de losetas de hormigón sobre el canal previamente revestido mediante mampostería.

2.7 PRECIO EFICIENTE PELIGRO CAIDA DE ROCAS

A continuación se muestran los análisis económicos de las 5 alternativas propuestas anteriormente.

Tabla 2-3: Análisis económico

Número de Alternativa	Alternativa Propuesta	Costo MM$
1	Revestimiento mediante tuberías	4.932
2	Re-perfilado de talud a cerro	16.230
3	Malla de protección dinámica	38.018
4	Malla estabilizadora de taludes	699
5	Cubrir canal con loseta de hormigón + Revestimiento mampostería	868

Se desprende que la alternativa más económica corresponde a la alternativa 4, la cual consiste en la instalación de una malla estabilizadora de taludes.

2.8 PRECIO EFICIENTE DEBILITAMIENTO TALUD DEBIDO A PRECIPITACIONES

A continuación se muestran los análisis económicos de las 4 alternativas propuestas anteriormente.

Tabla 2-4: Análisis económico

Número de Alternativa	Alternativa Propuesta	Costo MM$
1	Canalización de aguas de lluvia	65
2	Revestimiento mediante tuberías	639
3	Cubierta del canal con losetas de hormigón + Revestimiento con mampostería	213

De la Tabla 2-4 se desprende que la alternativa más económica corresponde a la alternativa 1, la cual consiste en la canalización de las aguas lluvias en los taludes a cerro del canal Buzeta.

2.9 PRECIO EFICIENTE SOCAVACION POR ESCURRIMIENTOS

A continuación se muestran los análisis económicos de las 2 alternativas propuestas anteriormente.

Tabla 2-5: Análisis económico

Número de Alternativa	Alternativa Propuesta	Costo MM$
1	Revestimiento mediante tuberías	63
2	Revestimiento mediante mampostería	10

De la Tabla 2-5 se desprende que la alternativa más económica corresponde a la alternativa 2, la cual consiste en el revestimiento con mampostería del canal existente.

2.10 PRECIO EFICIENTE ESTABILIDAD PORTALES DE TUNELES

A continuación se muestran los análisis económicos de las 3 alternativas propuestas anteriormente.

Tabla 2-6: Análisis económico

Número de Alternativa	Alternativa Propuesta	Costo MM$
1	Revestimiento de portales	30
2	Transformación de túnel a canal	6
3	Monitoreo de portales	2

De la Tabla 2-6 se desprende que la alternativa más económica corresponde a la alternativa 2, la cual consiste en la transformación del túnel a un canal mediante el corte del terreno.

2.11 PRECIO EFICIENTE CAIDA DE BLOQUES DESDE CLAVE DE TUNEL

A continuación se muestran los análisis económicos de las 3 alternativas propuestas anteriormente.

Tabla 2-7: Análisis Económico

Número de Alternativa	Alternativa Propuesta	Costo MM$
1	Monitoreo túnel post sismo	0,7
2	Sostenimiento bloques inestables	1,7
3	Transformación de túnel a canal	30

De la Tabla 2-7 se desprende que la alternativa más económica corresponden a la alternativa 1, la cual consiste en el monitoreo del túnel tras la ocurrencia de un sismo. No obstante, esta alternativa se ha supuesto implementar en conjunto con el sistema de sostenimiento para los bloques inestables en la clave del túnel.

2.12 PRECIO EFICIENTE SIFONES

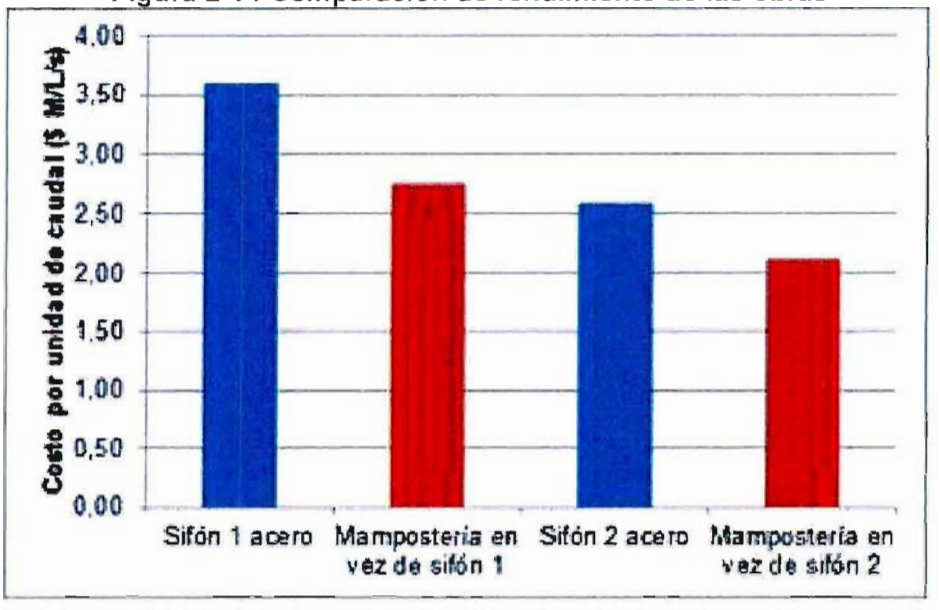
En base a los diseños realizados en Anexo 14 la Tabla 2-8 muestra el detalle de costeo de las alternativas propuestas asociadas a las alternativas de sifón en el sector Socavón de Canal Buzeta.

Tabla 2-8 Costos de Alternativas de Obras Sifón Sector Socavón

Alternativa	Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final	Costo Unitario $	Costo Total $
Sifón 1 HDPE						**1.021.696.888**
Excavación en zanja Mat. Común	m^3	8214	1,2	9.857	4.038	39.807.644
Excavación en zanja en Roca	m^3	2054	1,2	2.464	13.015	32.073.449
Relleno	m^3	10268	1,2	12.322	6.936	85.463.518
Hormigón H-25	m^3	39	1,1	42	175.185	7.434.966
Enfierradura (50 kg/m^3 machones 60 Kg/m^3	kg	2125	1,1	2.338	1.047	2.447.714
Emplantillado H-5	m^3	4	1,2	5	119.892	570.094
Tubería HDPE Din=700 mm (e= 48 mm)	m	2853	1	2.853	297.404	848.538.266
Compuerta de acero 1,0x1,2 m	un	1	1	1	553.137	553.137
Reja Hidráulica	kg	60	1	60	5.135	308.100
Cruce de camino	gl	1	1	1	4.500.000	4.500.000
Sifón 1 acero						**765.203.824**
Excavación Abierta Mat. Común	m^3	7638	1,2	9.165	4.038	37.012.938
Excavación abierta en Roca	m^3	1909	1,2	2.291	13.015	29.821.724
Relleno	m^3	9547	1,2	11.457	6.936	79.463.530
Hormigón H-25	m^3	34	1,1	38	175.185	6.629.263
Enfierradura (50 kg/m^3 machones 60 Kg/m^3	kg	1893	1,1	2.083	1.047	2.180.673
Emplantillado H-5	m^3	4	1,2	5	119.892	567.987
Tubería acero dex=711 mm (e=6,4 mm)	m	2853	1,1	3.138	192.504	604.166.472
Compuerta de acero 1,0x1,2 m	un	1	1	1	553.137	553.137
Reja Hidráulica	kg	60	1	60	5.135	308.100
Cruce de camino	gl	1	1	1	4.500.000	4.500.000
Sifón 2 HDPE						**786.754.394**
Excavación Abierta Mat. Común	m^3	5924	1,2	7.109	4.038	28.709.023
Excavación abierta en Roca	m^3	1481	1,2	1.777	13.015	23.131.170
Relleno	m^3	7405	1,2	8.886	6.936	61.635.752
Hormigón H-25	m^3	37	1,1	41	175.185	7.102.954
Enfierradura (50 kg/m^3 machones 60 Kg/m^3	kg	2039	1,1	2.243	1.047	2.348.490
Emplantillado H-5	m^3	4	1,2	5	119.892	564.579
Tubería HDPE Din=700 mm (e= 48 mm)	m	2011	1,1	2.212	297.404	657.901.190
Compuerta de acero 1,0x1,2 m	un	1	1	1	553.137	553.137
Reja Hidráulica	kg	60	1	60	5.135	308.100
Cruce de camino	gl	1	1	1	4.500.000	4.500.000
Sifón 2 acero						**549.822.548**
Excavación Abierta Mat. Común	m^3	5688	1,2	6.826	4.038	27.564.227
Excavación abierta en Roca	m^3	1422	1,2	1.706	13.015	22.208.796
Relleno	m^3	7110	1,2	8.532	6.936	59.177.976
Hormigón H-25	m^3	36	1,1	39	175.185	6.866.432
Enfierradura (50 kg/m^3 machones 60 Kg/m^3	kg	1968	1,1	2.165	1.047	2.267.087
Emplantillado H-5	m^3	4	1,2	4	119.892	530.201
Tubería acero dex=711 mm (e=6,4 mm)	m	2011	1,1	2.212	192.504	425.846.591
Compuerta de acero 1,0x1,2 m	un	1	1	1	553.137	553.137
Reja Hidráulica	kg	60	1	60	5.135	308.100
Cruce de camino	gl	1	1	1	4.500.000	4.500.000
Mampostería en vez de sifón 1	m^3	27927	1,1	30.720	51.021	**1.567.343.882**
Mampostería en vez de sifón 2	m^3	17717	1,1	19.488	51.021	**994.308.889**

Si bien las obras tipo sifón resultan en un menor costo que revestir el tramo, es conveniente analizar el rendimiento de estas obras en función de la mejora efectiva que genera. Para ello, se utilizan los resultados del caudal optimizado indicados en la Figura, por lo tanto se estima el rendimiento de la obra, calculado como el cociente entre el costo de invertir en la obra de mejoramiento por la cantidad de caudal salvado (Figura 2-14).

Figura 2-14 Comparación de rendimiento de las obras



De lo anterior se observa que la propuesta de revestimiento en ambas situaciones es más económica en función del rendimiento versus la instalación de sifón, por lo cual se ha descartado la opción de sifones en Socavón, dando paso a las alternativas de revestimiento con mampostería.

3 PRESUPUESTO

A continuación, se presenta el presupuesto de las obras de mejoramiento consideradas para el canal en base a los precios unitarios eficientes detallados en este mismo informe y las cubicaciones de la infraestructura considerada en Anexo Pre-Diseños.

Tabla 3-1 Presupuesto de Obras Canal Buzeta

		Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final	Costo Unitario $	Costo Total $
1	**OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO**						**3.581.764.975**
1,1	**MANTENCIÓN DE OBRAS**						**371.466.084**
1.1.1	**Mejoramiento obras hidráulicas**						**2.821.097**
	Entrada Sifón 1						**1.253.704**
	Rejas Hidraúlicas entrada	kg	244	1,0	244	5.135	1.253.704
	Entrada Sifón 2						**341.919**
	Rejas Hidraúlicas entrada	kg	67	1,0	67	5.135	341.919
	Vertedero lateral						**1.225.473**
	Demolición hormigón existente	m^3	5	1,1	5	35.200	174.240
	Hormigón H-25	m^3	4	1,1	5	175.185	809.353
	Enfierradura	kg	210	1,1	231	1.047	241.880
1.1.2	**Mantención compuertas**						**14.740.236**
	Reemplazo compuerta de acero 0,2x1,10 m	un	1	1,0	1	130.408	130.408
	Reemplazo compuerta de acero 0,2x1,15 m	un	2	1,0	2	134.518	269.036
	Reemplazo compuerta de acero 0,2x1,20 m	un	1	1,0	1	138.627	138.627
	Reemplazo compuerta de acero 0,3x1,10 m	un	2	1,0	2	175.613	351.225
	Reemplazo compuerta de acero 0,3x1,20 m	un	24	1,0	24	187.941	4.510.586
	Reemplazo compuerta de acero 0,3x1,25 m	un	1	1,0	1	194.105	194.105
	Reemplazo compuerta de acero 0,3x1,40 m	un	1	1,0	1	212.598	212.598
	Reemplazo compuerta de acero 0,35x1,10 m	un	10	1,0	10	198.215	1.982.148
	Reemplazo compuerta de acero 0,35x1,20 m	un	3	1,0	3	212.598	637.794
	Reemplazo compuerta de acero 0,45x0,45 m	un	4	1,0	4	123.217	492.867
	Reemplazo compuerta de acero 0,45x1,0 m	un	1	1,0	1	224.926	224.926
	Reemplazo compuerta de acero 0,90x1,00 m	un	1	1,0	1	429.853	429.853
	Reemplazo compuerta de acero 1,00x1,00 m	un	1	1,0	1	470.948	470.948
	Reemplazo compuerta de acero con volante 0,3x1,4	un	1	1,0	1	232.598	232.598
	Reemplazo compuerta de acero con volante 0,9x1,0	un	1	1,0	1	429.853	429.853
	Mampostería de piedra	m2	156	1,2	187	21.542	4.032.662
1.1.3	**Sellos de fondo**						**8.955.739**
	Excavación abierta mat. Común	m3	39	1,1	42	4.013	170.436
	Hormigón H-25	m^3	35	1,1	39	175.185	6.763.877
	Enfierradura	kg	1755	1,1	1.931	1.047	2.021.426
1.1.4	**Reperfilamiento**						**344.949.013**
	Excavación abierta mat. Común	m3	30493	1,1	33.542	4.013	134.605.250
	Retiro y Transporte de Excedentes	m3	30493	1,1	33.542	6.271	210.343.763

		Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final	Costo Unitario $	Costo Total $
1,2	**SISTEMA CONTROL DE CAUDALES**						**29.928.918**
1.2.1	**Sistema de medición manual**						**4.067.614**
	Aforador rectangular Socavón						**1.792.360**
	Excavación Abierta Mat. Común	m³	7,3	1,2	9	2.562	22.444
	Mampostería de piedra	m2	1,5	1,2	2	21.542	38.776
	Hormigón H-25	m³	7,1	1,0	7	175.185	1.245.562
	Emplantillado H-5	m³	0,4	1,2	0,5	119.892	56.110
	Enfierradura	kg	355,5	1,1	391	1.047	409.468
	Regla limnimétrica	un	1,0	1,0	1	20.000	20.000
	Aforador rectangular Las Cañas I y II						**2.275.253**
	Excavación Abierta Mat. Común	m³	10,8	1,2	13	4.013	52.105
	Mampostería de piedra	m³	1,5	1,2	2	21.542	38.776
	Hormigón H-25 base	m³	9,0	1,0	9	175.185	1.580.165
	Emplantillado H-5	m³	0,5	1,2	0,5	119.892	64.742
	Enfierradura	kg	451,0	1,1	496	1.047	519.466
	Regla limnimétrica	un	1,0	1,0	1	20.000	20.000
1.2.2	**Sistema de medición remoto**						**25.861.304**
	Sistema remoto						**25.614.704**
	Nodo Dropflow	un	5	1,0	5	1.093.955	5.469.775
	Nodo Repetidor	un	2	1,0	2	420.079	840.158
	Módulo COMs GPRS	un	5	1,0	5	554.271	2.771.355
	Tarjeta Exp. 4.-20mA	un	5	1,0	5	78.765	393.825
	Kit de Energía Solar 22W	un	5	1,0	5	554.271	2.771.355
	Sensor Ultrasonido 4.-20mA	un	5	1,0	5	641.787	3.208.935
	Estructura de Montaje Sensores - Motores	un	5	1,0	5	182.326	911.630
	Estructura de Montaje Nodo con Panel	un	7	1,0	7	554.271	3.879.897
	Instalación y puesta en operación Nodo	un	5	1,0	7	583.432	4.084.024
	Cerco perimetral protección equipos	kg	250	1,0	250	5.135	1.283.750
	Fosa Limnimétrica Socavón						**122.526**
	Excavación Abierta Mat. Común	m³	1,66	1,2	2,00	2.562	5.114
	Hormigón H-25	m³	0,48	1,0	0,48	175.185	83.248
	Emplantillado H-5	m³	0,05	1,2	0,06	119.892	6.798
	Enfierradura	kg	23,76	1,1	26,14	1.047	27.367
	Fosa Limnimétrica Las Cañas I y II						**124.074**
	Excavación Abierta Mat. Común	m³	1,64	1,2	1,97	4.013	7.918
	Hormigón H-25	m³	0,47	1,0	0,47	175.185	82.302
	Emplantillado H-5	m³	0,05	1,2	0,06	119.892	6.798
	Enfierradura	kg	23,49	1,1	25,84	1.047	27.056
1,3	**CAPACIDAD HIDRÁULICA**						**16.223.217**
1.3.1	**Operación normal**						**16.223.217**

		Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final	Costo Unitario $	Costo Total $
	Peralte sección del canal						16.223.217
	Relleno compactado	m3	1497	1,2	1.796	9.031	16.223.217
1,4	REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS POR INFILTRACIÓN						3.164.146.757
1.4.1	Revestimientos						3.164.146.757
	Mamposteria de piedra	m2	128733	1,1	141.607	21.542	3.050.493.159
	Excavación abierta mat. Común	m3	25747	1,1	28.321	4.013	113.653.598
2	MEJORAR LA SEGURIDAD FÍSICA DEL CANAL						3.255.176.589
2,1	DESLIZAMIENTOS SECTOR EL BATO						213.239.192
2.1.1	Cubrir canal con loseta de hormigón + Revestimiento mampostería						213.239.192
	Losa prefabricada	m2	3000	1,1	3.300	24.500	80.850.000
	Relleno simple para protección	m³	2000	1,3	2.600	12.285	31.941.000
	Mamposteria	m2	4239	1,1	4.663	21.542	100.448.192
2,2	PELIGRO DE CAIDA DE ROCA Y MATERIALES DE LADERA A LO LARGO DEL TRAZADO DEL CANAL						699.139.867
2.2.1	Malla estabilizadora de taludes						699.139.867
	Malla de alta resistencia	m²	35373	1,1	38.911	10.698	416.270.203
	Pernos Gewi 25 m Largo 3m	un	8847	1,1	9.731	11.781	114.644.838
	Placa romboidal	un	8847	1,1	9.731	13.090	127.383.153
	Anclajes de cables 14,5mm	un	27	1,1	29	142.800	4.188.800
	Tuercas	un	8847	1,1	9.731	1.785	17.370.430
	Cable 12mm	ml	2667	1,1	2.933	4.165	12.217.333
	Sujetacables	un	21	1,1	23	3.570	83.776
	Clips T3 de unión	un	53333	1,1	58.667	119	6.981.333
2,3	INESTABILIDAD DE TALUDES POR ROEDORES (CURUROS)						2.008.963.836
2.3.1	Revestimiento mediante mampostería						2.008.963.836
	Mamposteria de piedra	m2	84780	1,1	93.258	21.542	2.008.963.836
2,4	DESLIZAMIENTOS POR DEBILITAMIENTO EN TALUD DEBIDO A PRECIPITACIONES INTENSAS						65.348.107
2.4.1	Canalización de aguas lluvia						65.348.107
	Canaleta hormigón prefabricada	un	1000	1,1	1.100	5.500	6.050.000
	Mortero juntas	m3	1	1,1	1	147.000	205.359
	Tubo corrugado acero galvanizado 50 m	un	10	1	10	4.900.000	49.000.000
	Anclaje cañería galvanizada 38mm diam. 2 m largo	un	480	1,1	528	2.450	1.293.600
	Pernos chascones A 44-28H	un	80	1,1	88	12.250	1.078.000
	Abrazadera con tuerca y golilla, de 16mm de diam.	un	480	1,1	528	12.250	6.468.000
	Hormigón H-25	m3	7	1,1	7	175.185	1.253.148
2,5	DESLIZAMIENTO POR SOCAVACIÓN DE TALUD DEBIDO A ESCURRIMIENTO						10.044.819
2.5.1	Revestimiento mediante mampostería						10.044.819

		Unidad	Cantidad Original	FC	Cantidad Final	Costo Unitario $	Costo Total $
	Mampostería de piedra	m2	424	1,1	466	21.542	10.044.819
2,6	**TUNEL 1 - ESTABILIDAD DE PORTALES DE TUNELES**						**5.742.277**
2.6.1	**Transformación de los tramos en túnel en canal**						**5.742.277**
	Excavacion en suelo	m³	97	1,3	126	4.013	503.953
	Excavacion en roca con explosivos	m³	172	1,3	224	23.400	5.238.324
2,7	**TUNEL 2 - CAIDA DE BLOQUES DESDE LA CLAVE DEL TUNEL**						**2.189.200**
2.7.1	**Monitoreo comportamiento del túnel post-sismo**						**692.500**
	Pernos de convergencia	m²	10	1,0	10	29.250	292.500
	Topografía escala 1/100	un	1	1,0	1	400.000	400.000
2.7.2	**Sistema de sostenimiento para bloques inestables**						**1.496.700**
	Pernos helicoidales	un	21	1,0	21	46.215	970.515
	Cinta W strap	m	20	1,0	20	17.550	351.000
	Apoyos de hormigon H-25	m³	1	1,0	1	175.185	175.185
2,8	**CONTROL DE CRECIDAS Y CRUCE DE QUEBRADAS**						**250.509.292**
2.8.1	**Losas en hormigón**						**150.565.348**
	Excavación Abierta Mat. Común	m³	539	1,1	593	4.013	3.889.353
	Mampostería de piedra	m2	1468	1,2	1.762	21.542	17.978.659
	Hormigón H-25	m³	375	1,0	375	175.185	107.992.214
	Hormigón H-5	m³	4	1,0	4	119.892	908.772
	Enfierradura	kg	18908	1,0	18.908	1.047	19.796.351
2.8.2	**Cajón atravieso Quebradas MC Q06, MC Q46 y MC Q57**						**93.612.888**
	Excavación Abierta Mat. Común	m3	184	1,1	202	4.013	810.465
	Relleno compactado	m3	635	1,1	699	9.031	6.310.287
	Mampostería de piedra	m2	103	1,1	113	21.542	2.439.496
	Hormigón H-25	m³	14	1,0	14	175.185	2.441.723
	Hormigón H-5	m³	22	1,0	22	119.892	2.621.565
	Enfierradura	kg	697	1,0	697	1.047	729.654
	Cajón prefabricado	unidad	90	1	90	869.552	78.259.698
2.8.3	**Compuertas**						**4.524.254**
	Compuertas 1,2 x 1,3	un	5	1,1	6	520.000	2.860.000
	Hormigón H-25	m³	10	1,0	10	175.185	1.664.254
2.8.4	**Vertederos**						**1.806.802**
	Mampostería de Piedra	m2	22	1,1	24	21.542	511.838
	Hormigón H-25	m3	7	1,1	7	175.185	1.294.964

Total costos directos $	**6.836.941.565**
Total costos indirectos $	**2.051.082.469**
TOTAL $	**8.888.024.034**