

3 DE DICIEMBRE DE 2025

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA  
INGENIERÍA CIVIL ORIENTACIÓN HIDRÁULICA  
“SISTEMA DE MONITOREO DE CAUDALES DE AGUA DE RIEGO EN EL  
CANAL COMUNERO THOMAS – BRYN GWYN”



Apellido y Nombres del Alumno: Dallasta, Carlo Patricio

DNI: 33.345.267

Legajo N°: 34-33-5144

Lugar de realización de la PPS:

“Canal comunero Thomas – VIRCh – Laboratorio de hidráulica UNPSJB”.

Fecha de inicio y finalización de la actividad:

Inicio: 12/09/2023 – Finalización: 24/10/2025

Distribución horaria:

De 4 Horas a 6 Horas por semana.

Tutor Académico: Ing. Carlos, Díaz Farías

Tutor Externo: Dra. Bär Lamas, Marlene



## ÍNDICE

RESUMEN DE LA PPS .....	2
CRONOGRAMA DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS .....	3
VALORACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS.....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
1. OBJETIVOS.....	7
1.1. Objetivo principal .....	7
1.2. Objetivo secundario.....	7
2. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO .....	7
2.1. Análisis de datos.....	7
2.2. Conclusiones de la tabla resumen.....	16
2.3. Diseño, construcción y colocación de aforadores .....	17
2.4. Modelado de Aforadores N°1 y N°2.....	19
2.5. Comportamiento hidráulico del canal Thomas antes de las mejoras con las obras .....	21
2.6. Control de Erosión en la cabecera del tramo del canal Thomas analizado .....	23
3. BIBLIOGRAFÍA .....	25
4. ANEXOS .....	26
4.1. Construcción de aforadores .....	26
4.2. Colocación de aforadores y equipos de medición.....	29
4.3. Puesta en funcionamiento de los aforadores .....	30



## RESUMEN DE LA PPS

El contenido de este informe ofrece una descripción de las tareas realizadas durante el periodo de esta práctica profesional supervisada.

La misma se enmarca en un proyecto de investigación del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, sobre evaluaciones del desempeño del riego en el Valle inferior del río Chubut (VIRCh). En el que participa la UNPSJB a través de varios departamentos, como el de Hidráulica, sumado a otros organismos involucrados, destacándose al Conicet y The Nature Conservancy Argentina (TNC).

Este trabajo se centra en evaluar el funcionamiento del canal comunero Thomas, respecto a su uso del agua para riego, en las hectáreas que sirve, antes y después de las mejoras realizadas, para luego obtener las conclusiones correspondientes.

Para poder realizar las tareas que conforman la realización de este proyecto, se contó con la asistencia y asesoramiento de:

- Ing. Diaz Farias, Carlos
- Ing. Malnero, Hector Andrés.
- Dra. Bär Lamas Marlene

Y la colaboración de personal de INTA y del Departamento de hidráulica (Dihc), F.I de la UNPSJB – Trelew.



## CRONOGRAMA DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS

A continuación, en la tabla N°1, se presentan las actividades desarrolladas para llevar a lograr los objetivos planteados en esta PPS.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	
Actividad	Obra de mejora en Comparto del canal comunero Thomas.
	Descripción.
1	Procesamiento de datos correspondiente a los tirantes de ingreso y salida en compuertas planas en el compartó Thomas y cálculo de caudales, antes de las obras de mejora.
2	Visita de campo al compartó del canal comunero Thomas para observar obras de mejora del mismo.
3	Procesamiento de datos de caudales en compuertas de tipo máscara, que reemplazaron a las compuertas planas, en el compartó Thomas, con las obras de mejora.
4	Confección de planilla resumen y conclusiones sobre el uso de agua para riego a partir de las obras de mejora en el compartó del canal Thomas.
5	Ejecución del plano conforme a obra de la mejora en el compartó del canal Thomas.
Actividad	Diseño y construcción de aforadores para la toma de datos en canal comunero Thomas.
	Descripción.
1	Visita de campo y recorrido por el canal comunero Thomas, elección de secciones donde se ubicarían los aforadores.
2	Diseño de aforadores N°1 y N°2 en madera.
3	Computo y presupuesto, para la posterior compra de materiales necesarios para su construcción.
4	Modelación, con software WinFlume de los aforadores N°1 y N°2 para predecir su comportamiento.
5	Preparación de las piezas necesarias para la construcción de los aforadores N°1 y N°2. Cortes de maderas, tratamientos con aceite y pintura, presentación de las partes.
6	Construcción de aforadores N°1 y N°2.
7	Transporte y colocación del aforador N°1 en la sección correspondiente.
8	Transporte y colocación del aforador N°2 en la sección correspondiente.

Tabla N°1: Cronograma de actividades PPS.



## **VALORACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS**

Con el desarrollo de esta PPS fortalecí conceptos hidráulicos vistos y trabajados a lo largo de la carrera, además aprendí a diseñar y construir aforadores, como así también que dispositivos se pueden utilizar para tomar datos de interés y como procesarlos.

Así mismo, puede visualizar la importancia de realizar obras y mejoras en los canales, como ser la colocación de compuertas automáticas y de tipo máscara para proporcionar caudales constantes, y su revestimiento, para disminuir las pérdidas por infiltración y lograr mayor eficiencia en el transporte del agua.

Comprendí la importancia del uso racional del agua para riego, y la necesidad de realizar obras que ayuden a que esto sea posible.

Si bien con estas obras se logra un control más eficiente sobre el uso de agua para riego, también debe concientizarse a los regantes para que realicen un uso adecuado del recurso que es tan necesario para sus actividades agrícolas y ganaderas.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha evidenciado la necesidad de hacer un uso adecuado y sustentable de los recursos naturales, siendo el agua uno de los principales.

El agua es un elemento insustituible para el sostenimiento de la vida humana y el resto de los seres vivos, siendo al mismo tiempo un insumo imprescindible en muchos procesos productivos.

A pesar de ser un recurso renovable, la creciente demanda y su uso irresponsable sostenido en el tiempo pueden desencadenar en una disminución del mismo.

Siguiendo y en concordancia con lo expresado, se describe el valle, en el cual está ubicado el canal de estudio. Dicho valle se lo denomina VIRCh, está ubicado en el noreste de la provincia homónima, entre el dique Florentino Ameghino y el Océano Atlántico (Pascual et al., 2020). El área irrigada de este valle está habitada por más de 160.000 personas distribuidas entre las localidades de 28 de Julio, Dolavon, Gaiman, Trelew y Rawson, y se cultivan alrededor de 18.000 ha, concentrando el 50 % de la actividad agropecuaria provincial (Figura 1, HCA, 2013).

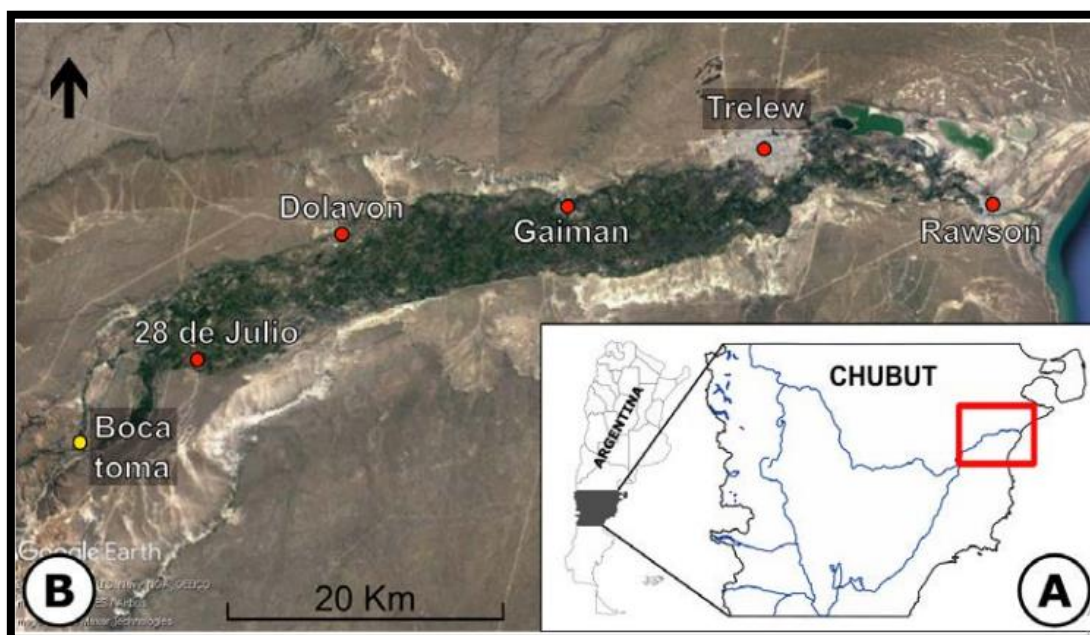


Figura 1: Ubicación geográfica del área irrigada del Valle Inferior del Río Chubut (VIRCH). La figura B es la ampliación del recuadro rojo en la figura A.

El valle bajo riego se inicia en la obra de Boca Toma, azud nivelador desde donde se originan los dos canales principales del sistema de riego y que recorren las márgenes norte y sur del valle (Figura 2). A partir de estos canales se desprenden 10 canales secundarios, desde los que se derivan 4 canales terciarios. Una particularidad de este sistema de riego es que los canales comuneros (aproximadamente 500 unidades) nacen a partir de estos 3 tipos de canales previamente descritos y que las usuarias y usuarios acceden al agua desde cualquiera de estas estructuras.



Figura 2: azud nivelador sobre el Río Chubut, desde donde se originan los canales principales del sistema de riego.

En cuanto a la gestión de la infraestructura y del recurso, si bien todo el sistema de riego representa un mismo «cuerpo», se divide de hecho en canales de la red, que contiene a los principales, secundarios y terciarios y que son gestionados por la Compañía de Riego del Valle Inferior del Río Chubut (Compañía de Riego), y canales comuneros, gestionados directamente por usuarias y usuarios (Figura 3). En la actualidad, la suma de los canales de la red de riego tiene una longitud aproximada de 350 km, mientras que los canales comuneros representan más del doble de este valor.

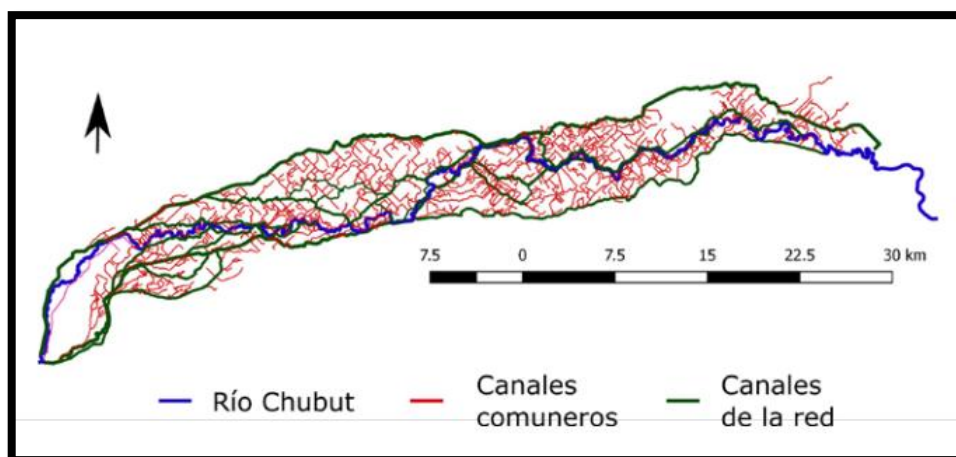


Figura.3: sistema de riego del VIRCH.

En este sistema de riego no se controlan las dotaciones asignadas a los usuarios y usuarias y se busca que tengan el recurso disponible en todo momento (PROSAP, 2008). Sumado a esto, en algunos sectores de la red es necesaria la circulación de un flujo superior al requerido para el riego con el objeto de aumentar el nivel de agua y obtener dominio sobre algunas áreas del valle (Sainz Trapaga, 2018). Estas condiciones determinan que en el mes de máxima demanda se derive al sistema de riego un caudal aproximado de  $31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Sainz Trapaga, 2018) desde un río que tiene un módulo de  $47 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Pascual et al., 2020). En este contexto, los tomeros, quienes trabajan en la Compañía de Riego, tienen la tarea específica de manejar la distribución del agua en los canales principales, secundarios y terciarios y son los actores que tienen relación directa con las y los regantes. En este caso por tratarse de un canal comunero, son los propios regantes quienes deben operar su canal.



## 1. OBJETIVOS

### 1.1. Objetivo principal

El objetivo principal, en el canal de estudio, comunero Thomas, es la de evaluar su funcionamiento respecto a su uso del agua para riego, en las hectáreas que sirve.

### 1.2. Objetivo secundario

Objetivo secundario, contribuir y acompañar en organización social para lograr mejorar su operación y gestión del mismo.

## 2. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

Para analizar el uso de agua para riego, se realizaron diferentes tareas, referidas al procesamiento de datos recogidos sobre el mismo canal.

### 2.1. Análisis de datos

Primeramente, se instrumentó la obra existente para conocer su funcionamiento a través de la medición de sus caudales en forma continua para observar su operación, y trazar la línea base.

A continuación, se muestran imágenes de la ubicación del canal Thomas y obra existente correspondiente al compartó, donde el canal se bifurca para llegar a diferentes áreas a regar, excavado en terreno natural, luego de dejar el primer tramo revestido en hormigón.

En la imagen puede observarse en color celeste el tramo de canal actualmente en uso, y en color magenta el tramo del canal sin uso.

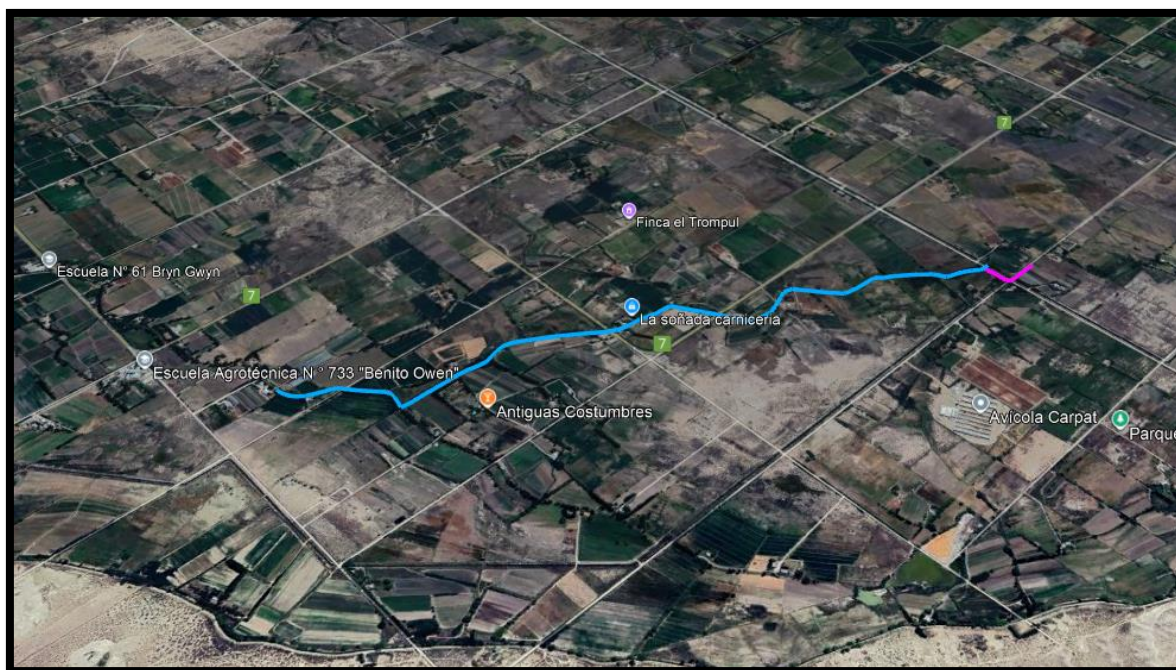


Figura.4: Traza y ubicación del canal en Thomas.



*Figura.5: Sensor de medición en compartó.*



*Figura.6: Sensor de medición y compuertas planas en compartó existente.*



Los datos registrados por el sensor fueron los siguientes:

Fecha, Hora, medida desde el sensor hasta la parte superior de la compuerta, medida de la columna de agua a la entrada de la compuerta, medida de la columna de agua a la salida de la compuerta.

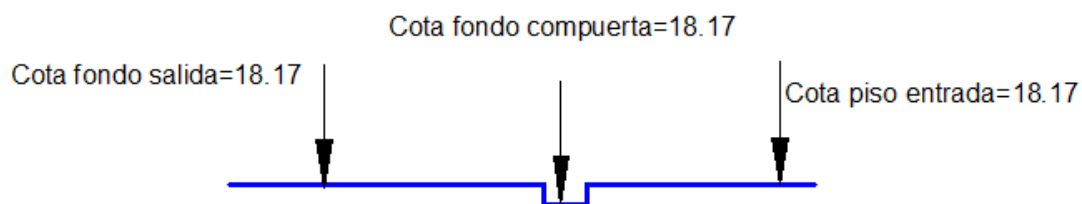
Para calcular los caudales se requerían los siguientes datos adicionales:

- La distancia desde el sensor hasta la parte superior de la compuerta cerrada es 43.5 cm.
- A partir del 03/02/2023 la distancia cerrada a considerar es 39.5 cm.
- Ancho de compuerta = 80 cm
- Cota piso = 18,17 cm

Se registraron datos desde el 25/01/23 al 17/03/23.

Se analizaron dos hipótesis de funcionamiento de la compuerta, libre y sumergido. En base a los resultados se adoptó la hipótesis de funcionamiento sumergido.

**Esquema compuerta plana:**



Cota del pelo de agua a la entrada= cota piso entrada+ medida del sensor a la entrada.

Cota del pelo de agua a la salida= cota piso salida+ 6cm+ medida del sensor a la entrada.

A continuación, se presenta una parte los resultados del cálculo de caudales. El procedimiento fue análogo para el total de los datos.

Fecha	Hora	Medida sensor hasta parte superior compuerta (cm)	Apertura (a) (cm)	h Entrada (cm)	h Salida (cm)	Cc	Hipótesis funcionamiento libre	
							Q (m³/s)	Q (l/s)
25/1/2023	11:00:11 a, m,	36	7,5	73,96	31,51	0,6067	0,134338	134,3382
25/1/2023	11:30:14 a, m,	36	7,5	74,93	32,98	0,6064	0,135201	135,2012
25/1/2023	12:00:18 p, m,	35	8,5	75,14	34,62	0,6095	0,153563	153,5631
25/1/2023	12:30:21 p, m,	35	8,5	74,72	35,4	0,6097	0,153137	153,1366
25/1/2023	1:00:24 p, m,	35	8,5	74,45	32,65	0,6098	0,152862	152,8616
25/1/2023	1:30:28 p, m,	35	8,5	74,45	33,55	0,6098	0,152862	152,8616
25/1/2023	2:00:31 p, m,	35	8,5	76,02	36,45	0,6092	0,154452	154,4522
25/1/2023	2:30:34 p, m,	35	8,5	72,9	34,98	0,6103	0,151272	151,2716
25/1/2023	3:00:38 p, m,	35	8,5	73,2	37,08	0,6102	0,151581	151,5809
25/1/2023	3:30:41 p, m,	35	8,5	72,23	34,89	0,6106	0,150578	150,5782
25/1/2023	4:00:44 p, m,	35	8,5	71,08	35,13	0,6110	0,149379	149,3789

Tabla N°2: Datos procesados y cálculo de caudales para la hipótesis de funcionamiento libre de la compuerta.

Fecha	Hora	Medida sensor hasta parte superior compuerta (cm)	Apertura (a) (cm)	h Entrada (cm)	h Salida (cm)	Cc	Hipótesis funcionamiento en sumergencia	
							Q (m <sup>3</sup> /s) Sumergido	Q (l/s) Sumergido
25/1/2023	11:00:11 a, m,	36	7,5	73,96	31,51	0,6067	0,105057886	105,06
25/1/2023	11:30:14 a, m,	36	7,5	74,93	32,98	0,6064	0,104379519	104,38
25/1/2023	12:00:18 p, m,	35	8,5	75,14	34,62	0,6095	0,116869244	116,87
25/1/2023	12:30:21 p, m,	35	8,5	74,72	35,4	0,6097	0,115153125	115,15
25/1/2023	1:00:24 p, m,	35	8,5	74,45	32,65	0,6098	0,118747352	118,75
25/1/2023	1:30:28 p, m,	35	8,5	74,45	33,55	0,6098	0,117462015	117,46
25/1/2023	2:00:31 p, m,	35	8,5	76,02	36,45	0,6092	0,11543397	115,43
25/1/2023	2:30:34 p, m,	35	8,5	72,9	34,98	0,6103	0,113203091	113,20
25/1/2023	3:00:38 p, m,	35	8,5	73,2	37,08	0,6102	0,110464363	110,46
25/1/2023	3:30:41 p, m,	35	8,5	72,23	34,89	0,6106	0,112378104	112,38
25/1/2023	4:00:44 p, m,	35	8,5	71,08	35,13	0,6110	0,110341841	110,34

Tabla N°3: Datos procesados y cálculo de caudales para la hipótesis de funcionamiento sumergido de la compuerta.

Una vez conocidos los niveles de agua y caudales producidos en el compartó, se ejecutó la mejora en el diseño y reconstrucción del compartó, y el reemplazo de las compuertas planas por compuertas de tipo mascara para el caso de las bifurcaciones. En el ingreso, la compuerta fue reemplazada por una compuerta automática de nivel constante aguas abajo, la misma era necesaria a fin de evitar desbordes y el uso desmedido de agua. El caudal máximo que podrá ingresar al compartó, por dicha compuerta, es de 500 litros/seg.

La compuerta de módulo tipo máscara ubicada en la sección del compartó, final del tramo de canal hormigonado y continuación del canal comunero, ahora escavado en terreno natural, cuenta con 5 módulos, dos de 90 litros/seg, uno de 60 litros/seg y dos más de 30 litros/seg, logrando que el caudal máximo que transporte el canal sea de 300 litros/seg.



Figura.7: Compuerta de módulo tipo máscara.



Figura.8: Sección de cabecera del tramo del canal Thomas analizado. Con la flecha se señala donde se colocó la compuerta automática de nivel constante aguas abajo.

A continuación, se presenta una imagen satelital con la ubicación de la compuerta automática y de módulos tipo máscara:

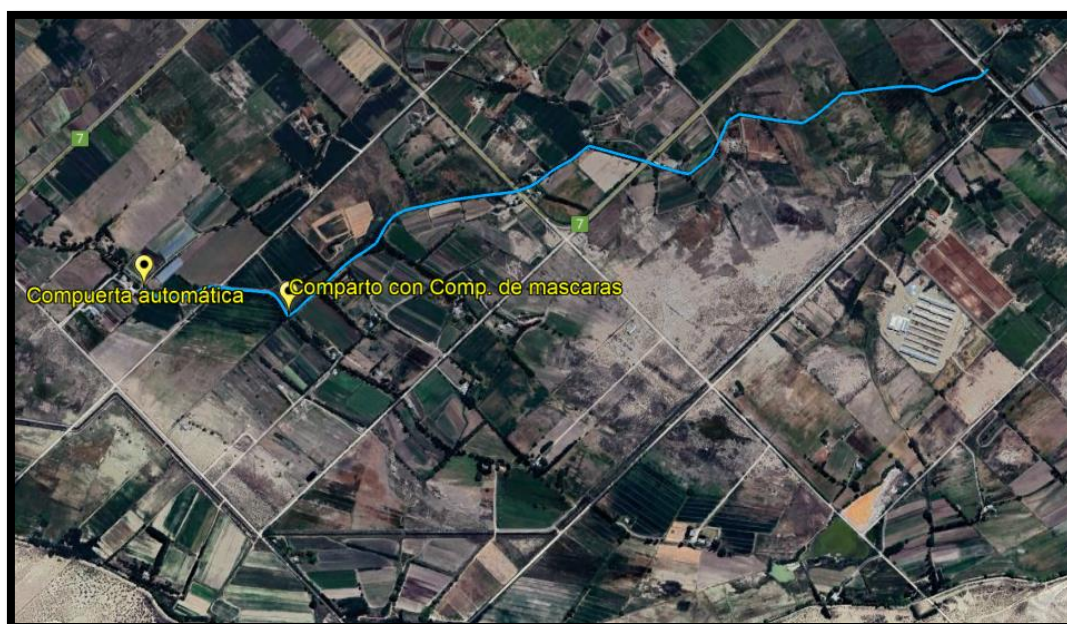


Figura 9: Ubicación de las compuertas automática y de módulo tipo máscara.



Una vez realizadas las obras descriptas anteriormente, se comenzó con la medición de caudales en la compuerta de ingreso al tramo del canal Thomas excavado en terreno natural. Como se mencionó anteriormente, la compuerta tiene 5 módulos:

- 1: 90 l/s
- 2: 90 l/s
- 3: 60 l/s
- 4: 30 l/s
- 5: 30 l/s

El 1 es abierta y el 0 cerrada.

Erogando un caudal máximo de 300 litros/segundo.

Al recodificar los datos de las mediciones, se conocían que módulos estaban funcionando (abiertos) y cuales no (cerrados). Esto se indica con el número 1 (módulo abierto) y 0 (módulo cerrado). En la siguiente tabla (Tabla N°4) se presenta el procedimiento de cálculo.

Con estos datos, se obtuvieron los caudales mensuales para los meses de febrero, marzo, abril y mayo del 2024. (La tabla con los resultados se muestra más adelante).

Fecha	Hora	Comp 1	Comp 2	Comp 3	Comp 4	Comp 5	Q total (l/s)
5/12/2023	10:29:06	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	10:34:07	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	10:39:07	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	10:44:07	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	10:49:07	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	10:54:07	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	10:59:07	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	11:04:08	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	11:09:08	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	11:14:08	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	11:19:08	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	11:24:08	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	11:29:09	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	11:34:09	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	11:39:09	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	11:44:09	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	11:49:09	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	11:54:10	0	1	1	0	0	150
5/12/2023	11:59:10	0	1	1	0	0	150

Tabla N°4: Caudales en compuerta cabecera canal Thomas.

Para conocer los beneficios de estas obras, es necesario comparar los valores de caudales actuales usados para riego, con los caudales utilizados para el mismo fin en años anteriores.

Para ello, al no conocer los caudales anteriores, por ausencia de datos en toda la temporada de riego, dado que las lecturas tomadas en la compuerta plana indicada previamente, no cubrió todo el periodo., se recurrió a obtener dichos valores de caudales mediante una correlación con la evapotranspiración diaria, valores medidos y conocidos. (Tabla N°5).



Fecha	ETO Diaria	Q (l/s)	Q(m <sup>3</sup> /h)
25/01/2023	4,99	135,61	488,20
26/01/2023	5,77	124,51	448,25
06/02/2023	6,07	132,44	476,79
15/02/2023	3,58	138,04	496,94
19/02/2023	5,87	130,36	469,31
23/02/2023	5,62	119,89	431,59
24/02/2023	6,19	125,92	453,30
25/02/2023	6,60	103,37	372,13
26/02/2023	5,87	105,05	378,17
27/02/2023	5,78	108,17	389,40
02/03/2023	5,93	118,28	425,82
03/03/2023	4,60	100,09	360,31
04/03/2023	4,24	42,50	153,01
05/03/2023	5,65	73,51	264,62
06/03/2023	6,58	53,65	193,12
07/03/2023	4,28	65,93	237,35
08/03/2023	3,96	62,00	223,19
09/03/2023	4,17	73,45	264,40

Tabla N°5: Evapotranspiración diaria y caudales utilizados para la correlación.

Los resultados se presentan en el siguiente gráfico.

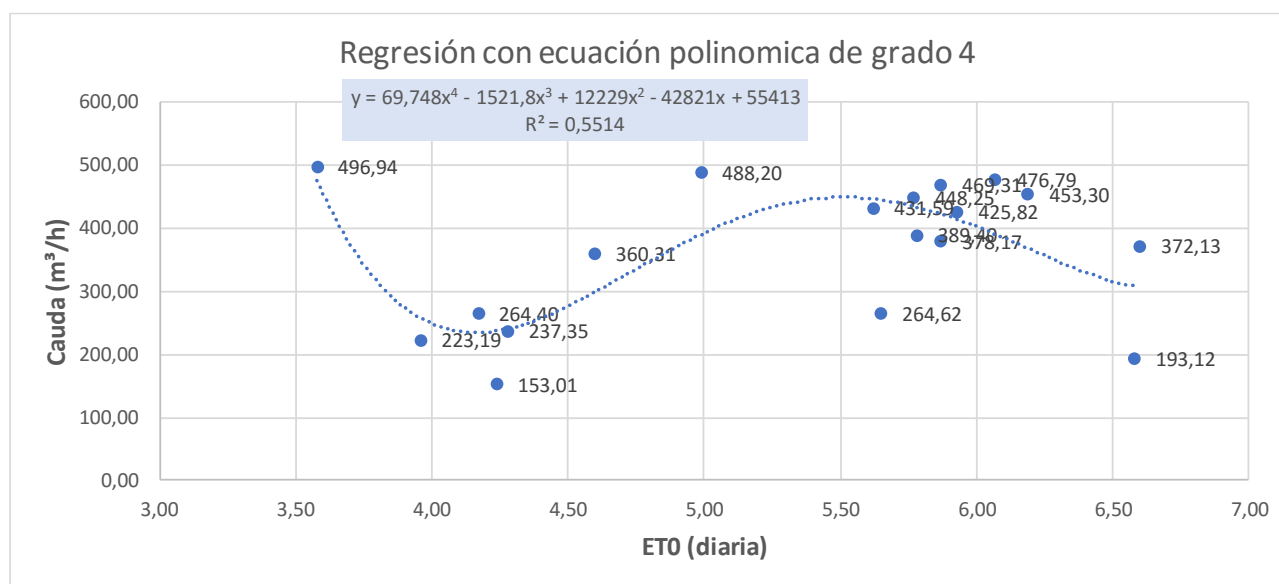


Gráfico N°1: Regresión – ETO - Caudal

**Nota:** Los datos finales usados, corresponde al filtrado de datos mayores a 500 m<sup>3</sup>/h, que se consideran poco probables, o por error de registro.

Bajo este nuevo escenario de valores, la mejor ecuación de ajuste es la polinómica indicada, con R<sup>2</sup> = 0.55 y 0.24 para el total de datos.

Observando de los pocos registros validados, que los valores de caudales de las crestas, se corresponden a los meses de enero y febrero. Los valles a últimos días de febrero y a marzo.

Concluyendo que las variables comparadas Q y ETO, no se vinculan directamente, indicando esto, no aceptables los pocos caudales medidos, pero adoptando la curva, por la correspondencia de los



caudales con los meses de mayor y menor demanda. Obteniendo de esta manera la línea base año 2022-2023.

Los resultados obtenidos para los años 2022,2023 y 2024 fueron los siguientes:

### PLANILLA RESUMEN

Temporadas de riego	Años	Mes	Registros	Caudal medio [l/s]		
				Regresión	Medido	Qm
RIEGO SIN OBRAS Línea Base	2022	sep	s/d	105,03		105,03
		oct	s/d	92,61		92,61
		nov	s/d	102,21		102,21
		dic	s/d	109,13		109,13
	2023	ene	c/d		130,00	130,00
		feb	c/d		120,40	120,40
		mar	c/d		73,67	73,67
		abr	s/d	89,00		89,00
		may	s/d	84,00		84,00
monda de canales	2023	may jun jul ago				
RIEGO CON OBRAS	2023	sep	s/d	80,27		80,27
		oct	s/d	79,52		79,52
		nov	s/d	90,13		90,13
		dic	c/d		78,24	78,24
RIEGO CON OBRAS	2024	ene	s/d	113,58		113,58
		feb	c/d		141,70	141,70
		mar	c/d		122,68	122,68
		abr	c/d		127,52	127,52
		may	c/d		85,00	85,00
monda de canales	2024	may jun jul ago				
RIEGO CON OBRAS	2024	sep				
		oct				
		nov				
		dic				

Tabla N°6: Caudales medios correlacionados y medidos 2022 – 2023 y 2024.



Mes	Evapotranspiración P. media		
	2022	2023	2024
sep	2,5		
oct	4,1		
nov	5,2		
dic	5,9		
ene		5,5	6,1
feb		5,6	5
mar		4,3	4,3
abr		2,5	2,6
may		1,9	2
jun			
jul		Monda 23	Monda 24
ago			
sep		2,5	
oct		4,2	
nov		5,9	
dic		6,0	

Tabla N°7: Evapotranspiración media mensual 2022 – 2023 y 2024.

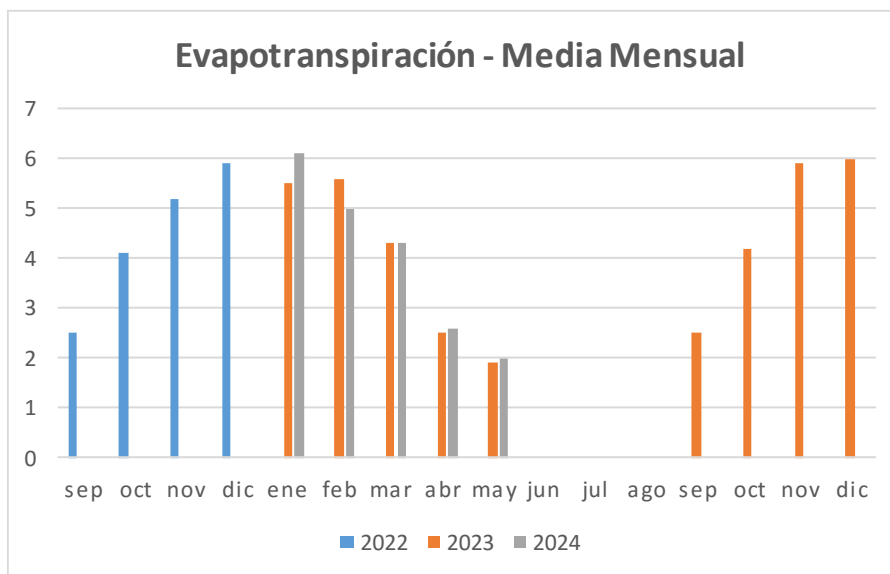


Gráfico N°2: Evapotranspiración media mensual 2022 – 2023 y 2024.



Mes	Caudales medios		
	2022	2023	2024
sep	105,03		
oct	92,61		
nov	102,21		
dic	109,13		
ene		130,00	113,58
feb		120,40	141,70
mar		73,67	122,68
abr		89,00	127,52
may		85,00	85,00
jun			
jul		Monda 23	Monda 24
ago			
sep		80,27	
oct		79,52	
nov		90,13	
dic		78,24	

Tabla N°8: Caudales medios mensuales - 2022 – 2023 y 2024.

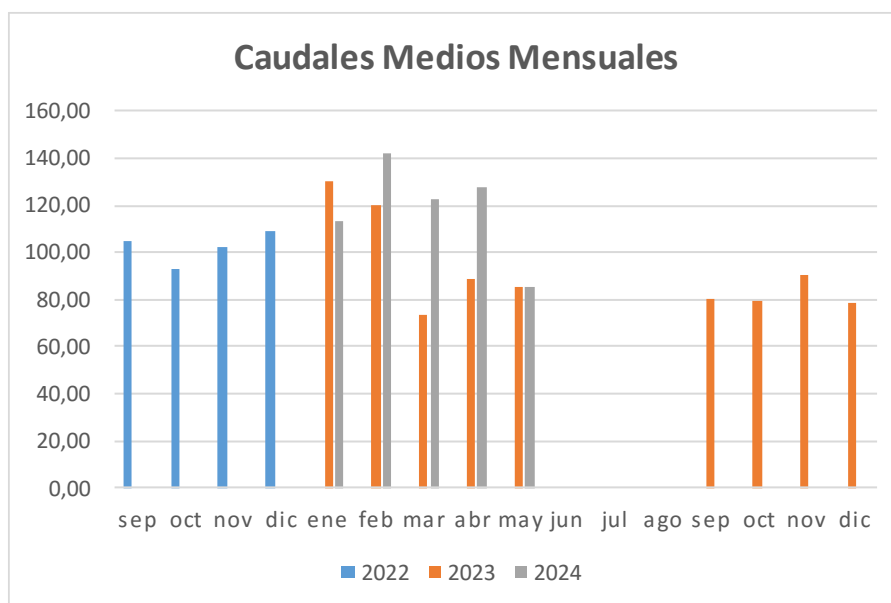


Gráfico N°3: Caudales medios mensuales - 2022 – 2023 y 2024.

## 2.2. Conclusiones de la tabla resumen

1- De la comparación de los caudales medios mensuales (Gráfico N° 3) del periodo septiembre a diciembre, de los años 2022 sin Obras y 2023 con Obras, se observa que los caudales medios mensuales usados fueron mayores en el 2022 en un porcentaje promedio del 25% respecto al 2023 con obras, evidenciado por la automatización en la distribución del agua y a la falta de desbordes en el tramo impermeabilizado. Lo antes observado queda justificando también según el Grafico N° 2, con una Evapotranspiración promedio en dicho periodo del 5% mayor en el 2023 respecto al 2022. **El beneficio por ahorro de agua es de 209.467.139,25 m<sup>3</sup> en 4 meses, sin considerar el ahorro obtenido por no desborde.**

2- De la comparación de los caudales medios mensuales (Gráfico N° 3) del periodo enero a mayo, de los años 2023 y 2024 ambos con Obras, se observa que los caudales medios mensuales usados

fueron mayores en el 2024 en un porcentaje absoluto promedio del 18.6% respecto al 2023, producto en parte por tener una Evapotranspiración en el 2024 mayor del 1%, y observado también un pequeño aumento de cultivos regados.

3- Esta temporada de riego del año 2024, permitirá terminar de evaluar los caudales, con la comparación del periodo septiembre a diciembre de los años 2023 con 2024.

### 2.3. Diseño, construcción y colocación de aforadores

Para conocer el balance de caudales al ingreso del tramo analizado del canal Thomas y a la salida del mismo, donde el agua excedente será almacenada en un drenaje ubicado al final del tramo del canal (Tramo de canal sin uso, Ver figura N°4 indicado en color magenta), se diseñaron y colocaron dos aforadores de madera en dos secciones alejadas, una más cercana del compartimento del canal y la otra al final del mismo. La ubicación de los aforadores N°1 y 2 puede verse en la Figura 10, el último aforador, el N°2, en remplace de unos aforadores sin cuello preexistentes de la primera etapa de medición.

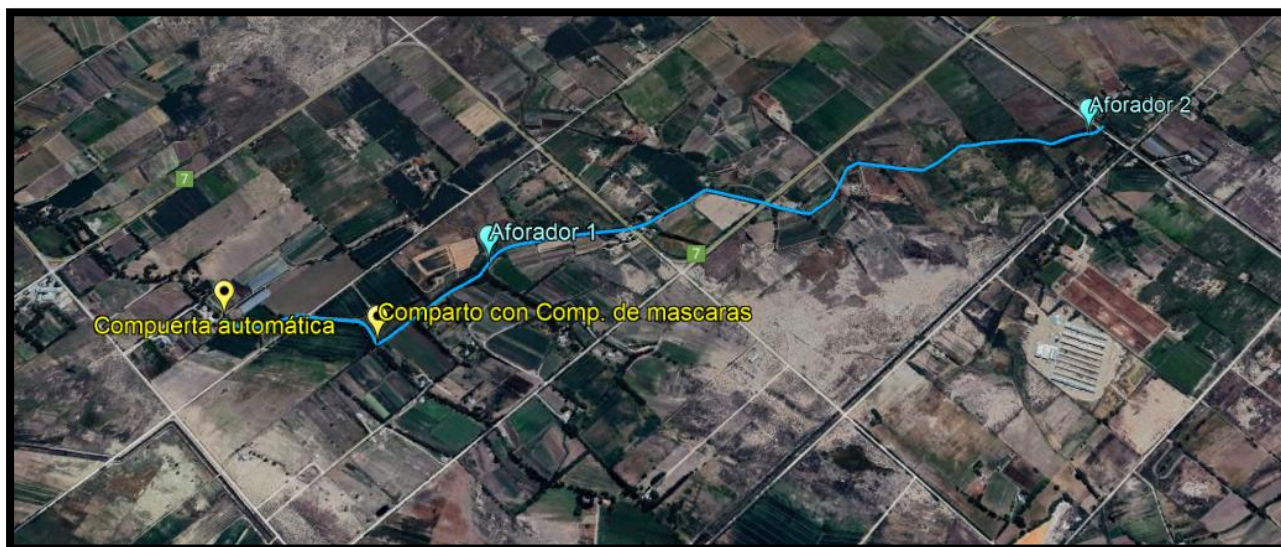


Figura 10: Ubicación de aforadores.

En las siguientes figuras, se puede observar al aforador sin cuello que fue reemplazado por el aforador N°2 de garganta ancha, colocados en las secciones de control indicadas anteriormente.



Figura 11: Aforador sin cuello preexistente, reemplazado.



Figura 12: Aforador N°2 de garganta ancha que reemplaza al aforador sin cuello.



Figura 13: Aforador N°1 de garganta ancha, ubicado en zona intermedia.

Para el diseño de los aforadores, se conocían previamente los caudales de ingreso al tramo del canal (300 litros/seg) y los tirantes medidos en la sección coincidente con el aforador sin cuello. A partir de los datos de tirante, se obtuvieron los caudales y se dimensionaron los aforadores de madera.

Para su diseño, se realizó una modelación con el programa WINFLUME, luego se corrigió el diseño para que no se superen los niveles máximos del canal.

## 2.4. Modelado de Aforadores N°1 y N°2

Para conocer el comportamiento de los aforadores N°1 y N°2 se realizó una modelación con el programa WINFLUME, luego se corrigió el diseño para que no se superen los niveles máximos del canal.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

### Aforador N°1:

Ancho sección de ingreso: 200 cm

Ancho sección garganta: 60 cm

Ancho sección salida: 200 cm

Q<sub>min</sub> = 60 l/s

Q<sub>máx</sub> = 390 l/s

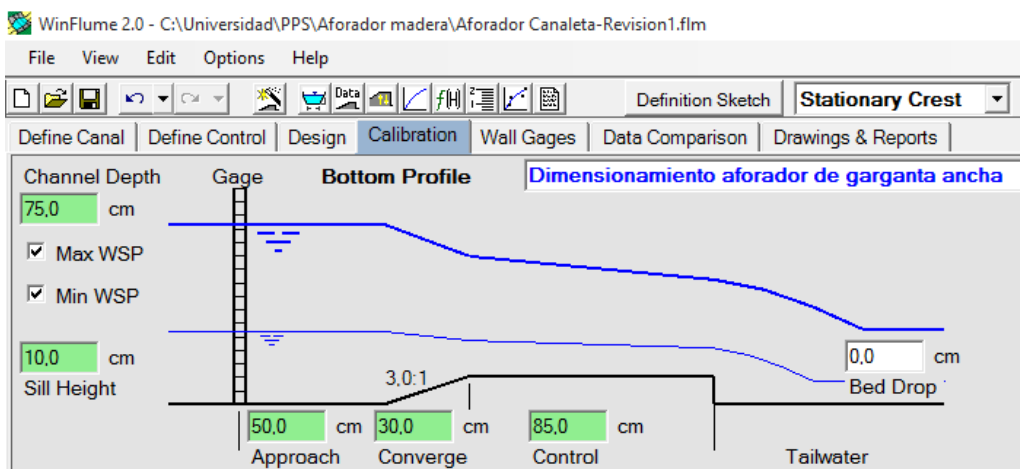


Figura 14: Modelación Aforadores de garganta ancha con Software WinFlume.

Los resultados de la modelación se visualizan en el siguiente gráfico.

La ecuación de calibración es la siguientes:

$$\text{Equation: } Q_{fit} = K1 \cdot (h1 + K2)^u$$

Sus parámetros:

$$K1 = 0,9393, K2 = 0,000, u = 1,521$$

Coefficiente de determinación = 0,99999

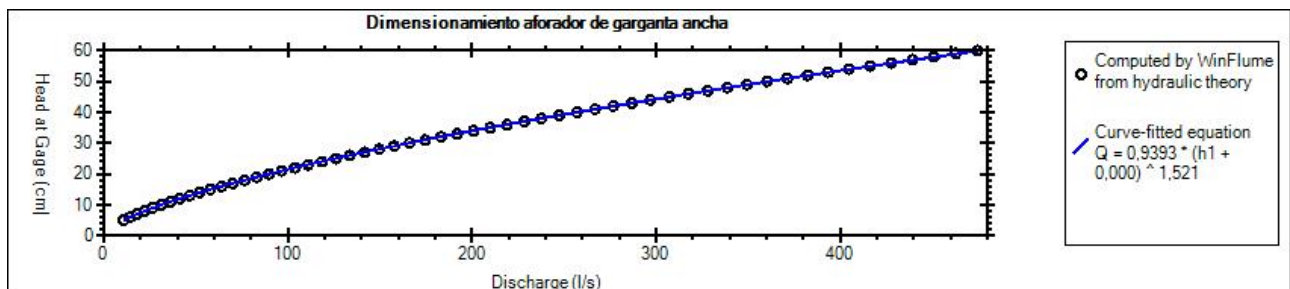


Gráfico N° 4: Relación h-Q para el aforador N°1

**Aforador N°2:**

Ancho sección de ingreso: 225 cm

Ancho sección garganta: 60 cm

Ancho sección salida: 225 cm

Q<sub>min</sub> = 60 l/s

Q<sub>máx</sub> = 300 l/s

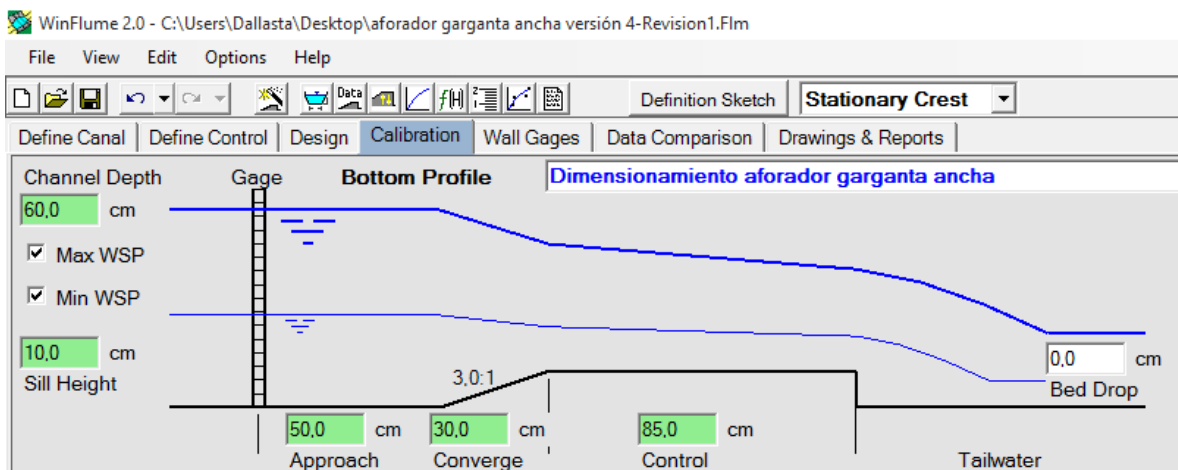


Figura 15: Modelación Aforadores de garganta ancha con Software WinFlume.

Los resultados de la modelación se visualizan en el siguiente gráfico.

La ecuación de calibración es la siguientes:

$$\text{Equation: } Q_{fit} = K1 \cdot (h1 + K2)^u$$

Sus parámetros:

$$K1 = 0,9338, K2 = 0,000, u = 1,524$$

Coefficiente de determinación = 1

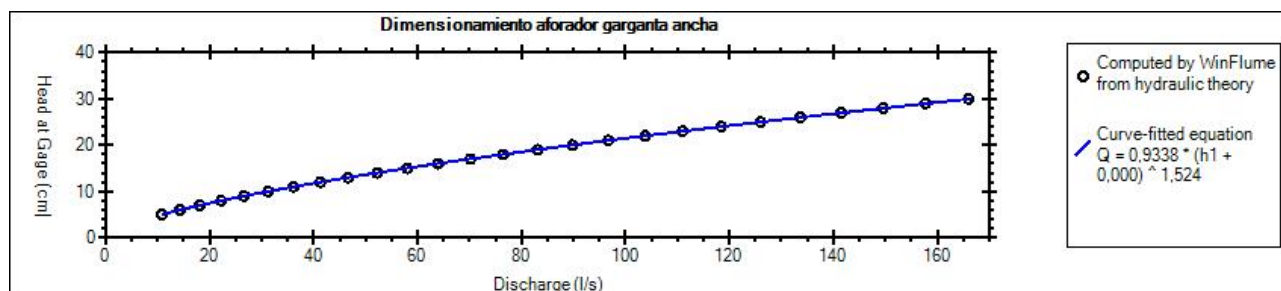


Gráfico N° 5: Relación h-Q para el aforador N°2

Con el diseño y luego puesta en obra los aforadores y su instrumentación con sensores de presión en primera instancia, pero por razones de transporte de sedimentos propio del canal de suelo natural, se los reemplazó por ultrasonidos, de mejor funcionamiento. En la actualidad los mismos siguen registrando los tirantes en sus gargantas, necesarios para obtener, con sus respectivas ecuaciones los caudales, con los que está operando el canal.



## 2.5. Comportamiento hidráulico del canal Thomas antes de las mejoras con las obras

A continuación, en la Tabla N° 9 se presenta el procedimiento de cálculo de los caudales máximos, mínimos y promedio mensuales para el mes de enero del 2023. Los datos correspondientes a los tirantes se obtuvieron en la sección donde se encontraba el aforador sin cuello, luego reemplazado por el aforador de garganta ancha N°2, por medio de un sensor de presión. (Ver figuras N°16 y N°17).

### AFORADOR SIN CUELLO

$$Q = 0,35(ha)^{0,58}$$

Datos Registrados										
d/m/a	h	tirante [cm]	m	Q	Qx3[mcs]	[l/s]	Promedio	Max	Min	
25/1/2023	11:56:10	24,72	0,2472	0,156	0,47	466,83	389,34	557,21	204,17	ENERO
25/1/2023	12:26:10	24,98	0,2498	0,157	0,47	469,67				
25/1/2023	12:56:10	25,61	0,2561	0,159	0,48	476,50				
25/1/2023	13:26:11	27,09	0,2709	0,164	0,49	492,29				
25/1/2023	13:56:11	25,17	0,2517	0,157	0,47	471,74				
25/1/2023	14:26:11	28,8	0,288	0,170	0,51	510,08				
25/1/2023	14:56:11	28,95	0,2895	0,171	0,51	511,62				
25/1/2023	15:26:12	31,06	0,3106	0,178	0,53	532,93				
25/1/2023	15:56:12	31,91	0,3191	0,180	0,54	541,34				
25/1/2023	16:26:12	32,58	0,3258	0,183	0,55	547,90				
25/1/2023	16:56:12	32,98	0,3298	0,184	0,55	551,79				
25/1/2023	17:26:12	30,58	0,3058	0,176	0,53	528,13				
25/1/2023	17:56:13	29,21	0,2921	0,171	0,51	514,28				
25/1/2023	18:26:13	28,91	0,2891	0,170	0,51	511,21				
25/1/2023	18:56:13	27,13	0,2713	0,164	0,49	492,71				
25/1/2023	19:26:13	20,98	0,2098	0,141	0,42	424,46				
25/1/2023	19:56:14	25,13	0,2513	0,157	0,47	471,30				
25/1/2023	20:26:14	17,57	0,1757	0,128	0,38	382,96				
25/1/2023	20:56:14	16,06	0,1606	0,121	0,36	363,51				
25/1/2023	21:26:14	14,46	0,1446	0,114	0,34	342,05				
25/1/2023	21:56:15	13,8	0,138	0,111	0,33	332,90				
25/1/2023	22:26:15	13,76	0,1376	0,111	0,33	332,34				
25/1/2023	22:56:15	15,61	0,1561	0,119	0,36	357,57				
25/1/2023	23:26:15	14,83	0,1483	0,116	0,35	347,10				
25/1/2023	23:56:15	14,65	0,1465	0,115	0,34	344,65				

Tabla N°9: Caudales medios, máximos y mínimo en aforador sin cuello sección (Aforador N°2)

La relación entre los tirantes y caudales mensuales, se presenta en el siguiente gráfico:

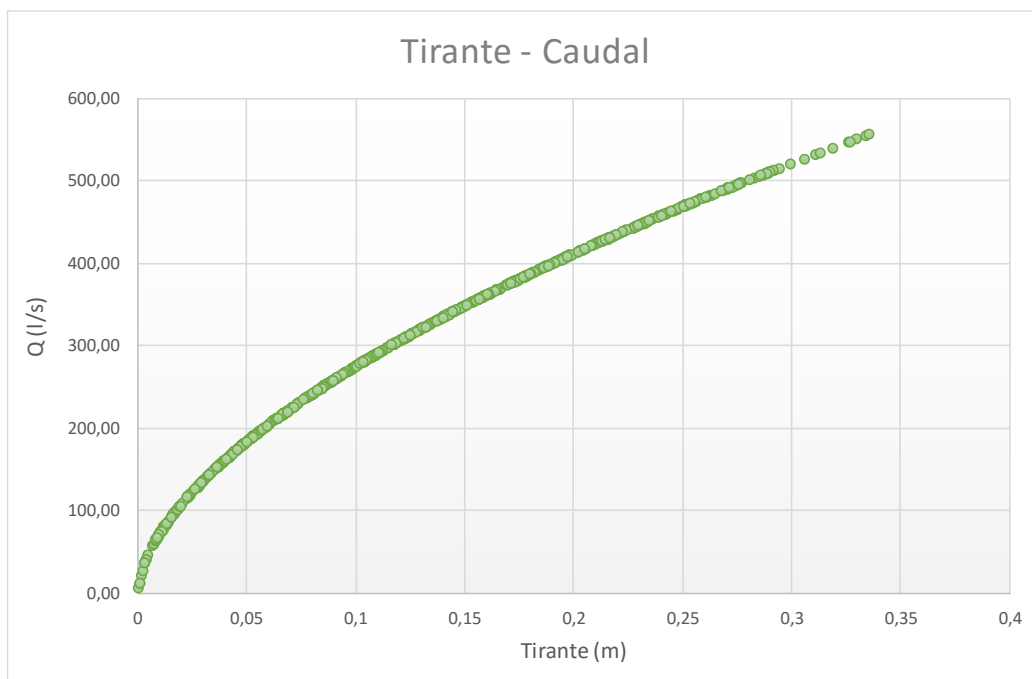


Gráfico N° 6: Relación entre los tirantes y caudales en la sección coincidente con el aforador sin cuello.

De este análisis se concluye que antes de realizarse las obras, el caudal que llegaba a la sección final del canal Thomas era superior a los 300 litros/segundo, esto se atribuye a el control deficiente en la cabecera del canal y a un aporte de agua por parte de un canal secundario en la sección correspondiente al aforador N°1.



Figura 16: Aforador sin cuello con sensor de presión que permite obtener el tirante en garganta.



Figura 17: Sistema de monitoreo, que registra y almacena en forma continua para un determinado paso de tiempo los tirantes, en una tarjeta de memoria.

## 2.6. Control de Erosión en la cabecera del tramo del canal Thomas analizado

Luego de poner en funcionamiento el sistema de Riego en el canal comunero Thomas, se observó erosión en una sección cercana al escalón existente. Para mitigar este fenómeno, se modificó dicho escalón buscando que la erosión se aleje de los bordes, para evitar el desmoronamiento de los laterales del canal. El escalón original contaba con una altura de 0,2 m, se realizó un recrecimiento llevando su altura a 0,40 m. Para llevar a cabo estas modificaciones a la obra se realizó la modelación en el software 2D Iber, la situación original con el escalón de 0,20 m y la situación con el escalón recrecido a 0,40 m. Los resultados fueron los siguientes:

- Escalón 0,20 m, sin apertura - condición actual – Q máximo = 300l/s

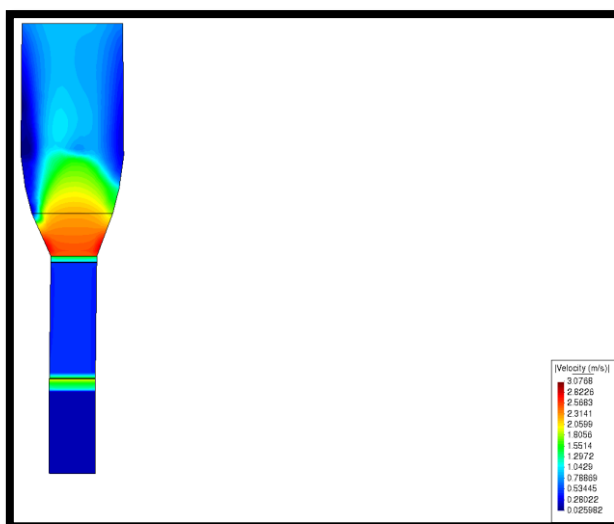


Figura 18: Modelación con Software Iber, para visualizar erosión, situación original.

Se observan velocidades elevadas en los laterales y centro de la sección. La línea negra indica el final del recubrimiento de hormigón y comienzo del canal sin revestir.

- Modificación escalón a 0,40 m, sin apertura - Q máximo =300 l/s

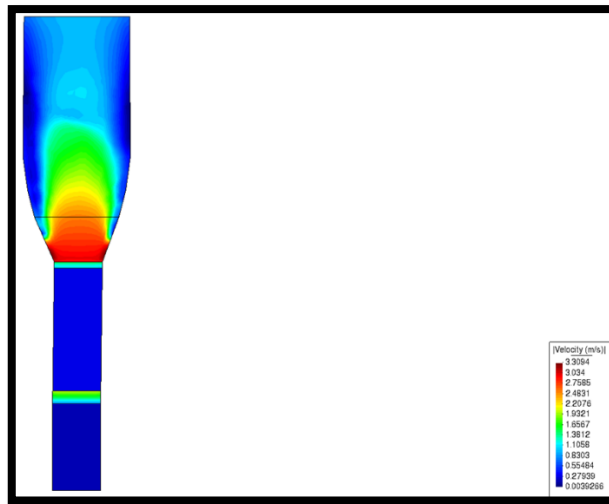


Figura 19: Modelación con Software Iber, para visualizar erosión con escalón recrecido a 0,40 m.

Al recrecer el escalón se observó que las velocidades elevadas se extendían más en la zona central de la sección. Pero cercanas a los bordes del canal.

Por esta razón se tomó la decisión de realizar una apertura de 0,25 m en el escalón, y así alejar un poco más las velocidades elevadas, de las paredes del canal, los resultados fueron los siguientes:

- Modificación escalón de 0,40 m con apertura central (0,25m) – Q máximo = 300l/s

Con esta modificación se logra disminuir las velocidades máximas. Se las mantiene en la parte central del canal y mayormente en la zona de solera revestida de hormigón.

En obra se pudo validar el funcionamiento con lo modelado, resultando una solución a la erosión que se había producido.

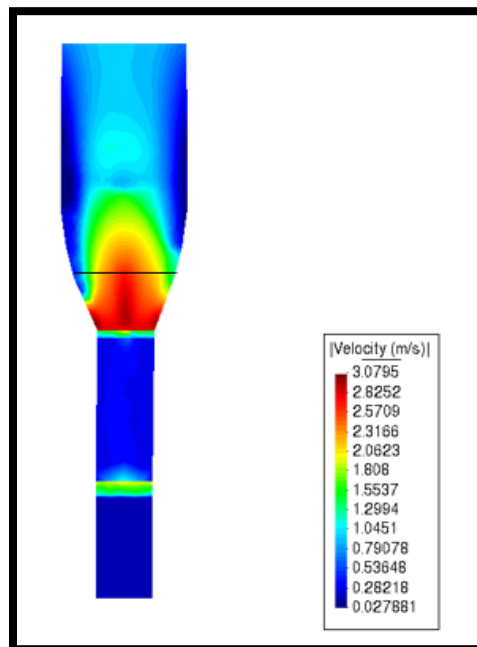


Figura 20: Modelación con Software Iber, para visualizar erosión con escalón recrecido a 0,40 m y apertura central de 0,25 m.



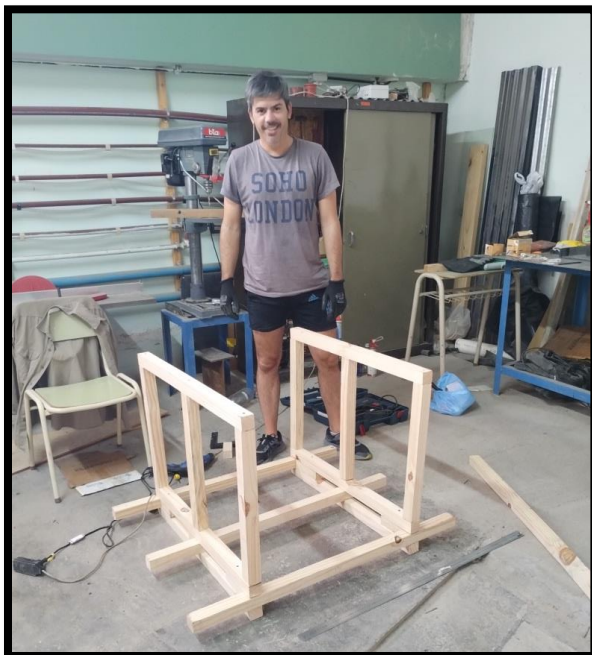
### **3. BIBLIOGRAFÍA**

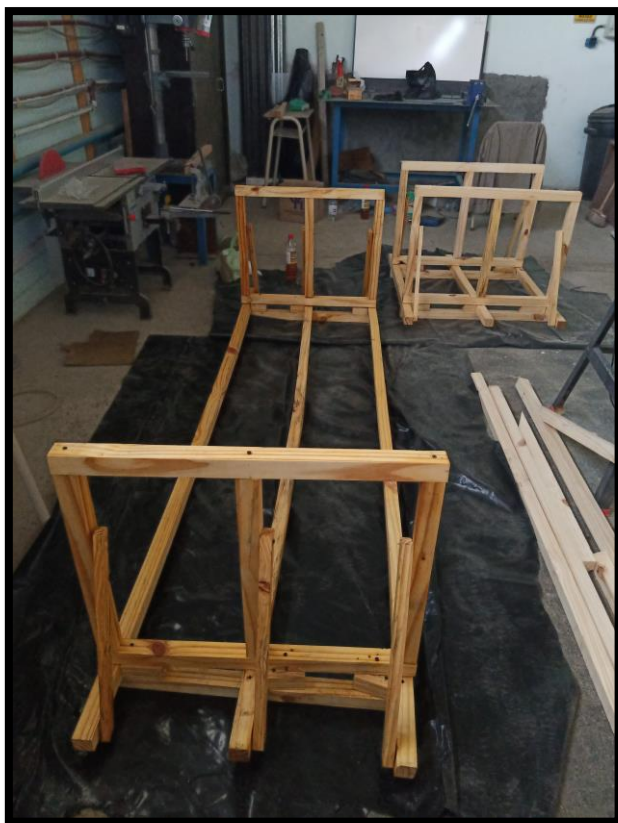
- Informe de avance de proyecto de investigación INTA, Modulo A - Obras en canal comunero Thomas. Ing. Carlos N. Díaz Farías.
- Resumen de ponencia tema: "Sistema de monitoreo de caudales de agua de riego en el comunero Thomas - para la 2da. edición de las Jornadas de Ciencia y Técnica. UNPSJB- Ing. Héctor Malnero, Ing. Carlos N. Díaz Farías.
- Manual de Usuario del software Win flume, para el diseño y calibración de aforadores de garganta larga y vertederos de cresta ancha para medición de descarga en canales abiertos. (USDA) Ing. Luis A. Apolinario Torres, Ing. Abelardo M. Arriarán Tantaleán.

## 4. ANEXOS

En esa sección se presentan imágenes del armado de los aforadores, los mismos fueron construidos en instalaciones del departamento de hidráulica, en la UNPSJB sede Trelew.

### 4.1. Construcción de aforadores









#### 4.2. Colocación de aforadores y equipos de medición





#### 4.3. Puesta en funcionamiento de los aforadores



