

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS**



**“DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y PLAN DE MANTENIMIENTO  
POR SEDIMENTACIÓN EN EL SISTEMA DE ADUCCIÓN DE  
TRASVASE DE LA PRESA CALDERAS”**

**Por:**

**DANIEL CHAIRA CRUZ**

**Semestre I de 2024**

**TARIJA - BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS**

**DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y PLAN DE MANTENIMIENTO  
POR SEDIMENTACIÓN EN EL SISTEMA DE ADUCCIÓN DE  
TRASVASE DE LA PRESA CALDERAS**

**Por:**

**DANIEL CHAIRA CRUZ**

Modalidad de graduación Proyecto de Grado presentada a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Semestre I de 2024**

**TARIJA - BOLIVIA**

**V°B°**

.....  
MSc. Ing. Marcelo Segovia Cortez  
**DECANO FACULTAD DE CIENCIAS  
Y TECNOLOGÍA**

.....  
MSc. Lic. Clovis Gustavo Succi Aguirre  
**VICEDECANO FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**TRIBUNALES:**

.....  
**Ing. Mario Carmelo Gamarra Mendoza**

.....  
**Ing. Edson Serrudo Chilaca**

.....  
**Ing. Henry Mozón De Los Ríos**

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo estas responsabilidades del autor.

En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi guía en cada instante de mi vida.

a mi madre por su apoyo incondicional que hizo posible que concluyera mis estudios.

agradezco a mis tribunales y tutor que por sus conocimientos aportaron en la realización de esta tesis.

El presente trabajo va dedicado a dios, mi madre, madrina, familia, docentes, compañeros que siempre han estado presentes para apoyarme guiarme de manera incondicional para la culminación del presente trabajo.

# ÍNDICE

## RESUMEN

### CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1. Generalidades. ....	¡Error! Marcador no definido.
1.1. Introducción.....	¡Error! Marcador no definido.
1.2. Antecedentes. ....	¡Error! Marcador no definido.
1.3. Problema de Investigación. ....	¡Error! Marcador no definido.
1.3.1. Planteamiento del Problema. ....	¡Error! Marcador no definido.
1.3.2. Formulación del Problema. ....	¡Error! Marcador no definido.
1.4. Objetivos. ....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.1. Objetivo General.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.2. Objetivos Específicos. ....	¡Error! Marcador no definido.
1.5. Justificación.....	¡Error! Marcador no definido.
1.5.1. Técnica.....	¡Error! Marcador no definido.
1.5.2. Social. ....	¡Error! Marcador no definido.
1.5.3. Académica. ....	¡Error! Marcador no definido.
1.5.4. Institucional. ....	¡Error! Marcador no definido.
1.6. Hipótesis de Investigación.....	¡Error! Marcador no definido.

### CAPÍTULO II. FUNDAMENTO TEÓRICO

2. Marco conceptual. ....	¡Error! Marcador no definido.
2.1. Canales. ....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1. Secciones cerradas. ....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.2. Secciones abiertas. ....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.3. Elementos de un canal. ....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.4. Geometría del canal. ....	¡Error! Marcador no definido.
2.2. Fórmula de Manning. ....	¡Error! Marcador no definido.
2.3. Flujo en canales con rugosidades compuestas..	¡Error! Marcador no definido.
2.4. Fuerza tractiva. ....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.1. Fuerza tractiva permisible.....	¡Error! Marcador no definido.

- 2.5. Obra de toma. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.5.1. Criterios de diseño bocatoma.....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.5.2. Azud.....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.5.3. Desarenador. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.5.4. Clases de desarenadores.....; **Error! Marcador no definido.**
- 2.6. Canal de trasvase. ....; **Error! Marcador no definido.**
- 2.7. Aspectos conceptuales sobre mantenimiento. ..; **Error! Marcador no definido.**
- 2.8. Mantenimiento de la infraestructura en sistemas de riego mejorados.....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.8.1. Causas que limitan el mantenimiento en sistemas de riego. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.8.2. Condiciones del entorno. ....; **Error! Marcador no definido.**
- 2.9. Riesgos físicos de las obras. ....; **Error! Marcador no definido.**
- 2.10. Tipos de mantenimiento. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.10.1. Mantenimiento rutinario. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.10.2. Mantenimiento preventivo. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.10.3. Mantenimiento de emergencia. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.10.4. Rehabilitación y/o mantenimiento diferido.; **Error! Marcador no definido.**
- 2.11. Planificación del Mantenimiento.....; **Error! Marcador no definido.**
- 2.12. Trabajos de mantenimiento. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.12.1. Canales de riego. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.12.2. Canales revestidos.....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.12.3. Canales de tierra.....; **Error! Marcador no definido.**
- 2.13. Estado de mantenimiento de obras en sistemas de riego mejorados. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.13.1. Limpieza de sedimentos.....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.13.2. Deposición de sedimentos. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 2.13.3. Conformación de bermas. ....; **Error! Marcador no definido.**
- 2.14. El mantenimiento de la infraestructura en sistemas de riego tradicionales.....; **Error! Marcador no definido.**

- 2.15. Etapa de acompañamiento..... **¡Error! Marcador no definido.**
- 2.16. Valoración de los riesgos de la infraestructura;**¡Error! Marcador no definido.**
- 2.17. Criterios de diseño y construcción de obras de captación.**¡Error! Marcador no definido.**
  - 2.17.1. Tomas presas derivadoras..... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 2.17.2. Criterios de diseño y construcción de obras de conducción básicas..... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 2.17.3. Criterios de diseño y construcción de obras de conducción especiales. .... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 2.17.4. Criterios de diseño y construcción de obras de protección.....**¡Error! Marcador no definido.**

### **CAPÍTULO III. ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO**

- 3. Características Generales del área de estudio..... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 3.1. Descripción del área de estudio..... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 3.2. Información general de las zonas beneficiaria. **¡Error! Marcador no definido.**
  - 3.3. Características hidrológicas de la subcuenca del río Yesera.**¡Error! Marcador no definido.**
  - 3.4. Fisiografía..... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 3.5. Cobertura Vegetal..... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 3.6. Características generales de la obra de toma del río Yesera de la Presa ..**¡Error! Marcador no definido.**
  - 3.7. Azud derivador. .... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 3.8. Vertedero y cuenco amortiguador. .... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 3.9. Toma de agua. .... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 3.10. Canal despedrador. .... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 3.11. Canal derivador. .... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 3.12. Canal de trasvase. .... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 3.13. Desarenador..... **¡Error! Marcador no definido.**

### **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS**

- 4. Análisis y Resultados. .... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 4.1. Tipo de investigación. .... **¡Error! Marcador no definido.**

- 4.1.1. Investigación documental. ....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.1.2. Investigación de campo. ....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.2. Metodología.....; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.2.1. Método descriptivo. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.2.2. Método analítico. ....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.3. Recopilación y análisis de la información existente.; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.3.1. Recopilación de información de la zona de estudio.; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.3.2. Reconocimiento de campo. ....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.4. Análisis de los datos obtenidos. ....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.5. Identificación de problemas en el sistema de trasvase de la presa. ....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.6. Diagnóstico del canal de riego Tárraga y del sistema de trasvase. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.6.1. Canal de riego Tárraga.....; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.6.2. Canal principal de trasvase de la presa Calderas.; **Error! Marcador no definido.**
- 4.7. Análisis de la bocatoma del sistema de trasvase.; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.7.1. Cálculo hidráulico de la bocatoma del canal de trasvase tipo azud...; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.7.2. Evaluación de la pérdida de capacidad de captación de la bocatoma.....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.8. Análisis del canal despedrador en sistema de trasvase.; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.8.1. Cálculo hidráulico del despedrador del canal de trasvase. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.8.2. Evaluación del canal despedrador en sistema de trasvase. ....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.9. Análisis del canal derivador en sistema de trasvase.; **Error! Marcador no definido.**

- 4.9.1. Cálculo hidráulico del canal derivador del canal de trasvase. ....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.10. Análisis del desarenador del sistema de trasvase.; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.10.1. Cálculo hidráulico del desarenador del sistema de trasvase. ....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.11. Análisis del canal secundario Tárraga del margen izquierdo. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.11.1. Cálculo hidráulico del Canal Tárraga. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.11.2. Evaluación del canal Tárraga. ....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.12. Análisis del canal de trasvase del margen derecho del río Yesera. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.12.1. Cálculo hidráulico del canal de trasvase sin sedimentos. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.12.2. Cálculo hidráulico del canal de trasvase con sedimentos. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.12.3. Evaluación del canal de trasvase. ....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.13. Análisis de la Fuerza tractiva. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.13.1. Fuerza tractiva en el canal de Tárraga. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.13.2. Evaluación de la fuerza tractiva en el canal de riego Tárraga. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.13.3. Fuerza tractiva en el canal de trasvase. ....; **Error! Marcador no definido.**
  - 4.13.4. Evaluación de la fuerza tractiva en el canal de trasvase.; **Error! Marcador no definido.**

## **CAPÍTULO V. PLAN DE MANTENIMIENTO DE OBRAS HIDRÁULICAS**

- 5. Plan de mantenimiento del sistema de trasvase...; **Error! Marcador no definido.**
  - 5.1. Propuesta de mantenimiento y solución a problemas.; **Error! Marcador no definido.**
    - 5.1.1. Propuesta para el mantenimiento del canal de riego Tárraga. ....; **Error! Marcador no definido.**
    - 5.1.2. Propuesta para el mantenimiento del canal principal de trasvase.....; **Error! Marcador no definido.**

5.2. Propuesta de rejilla de entrada en el canal de riego Tárraga. **¡Error! Marcador no definido.**

5.2.1. Cálculo del caudal captado de la bocatoma del canal de riego Tárraga. .... **¡Error! Marcador no definido.**

5.3. Cálculo hidráulico de vertedero de excedencias en el canal de riego ..... **¡Error! Marcador no definido.**

5.4.- Propuesta de desarenador en el canal de riego Tárraga. **¡Error! Marcador no definido.**

5.4.1.- Cálculo hidráulico del desarenador del canal de riego Tárraga. .... **¡Error! Marcador no definido.**

5.5. Propuesta de compuerta de purga en el canal de riego Tárraga. .... **¡Error! Marcador no definido.**

5.6. Propuesta de muros de gaviones para la protección de los taludes. .... **¡Error! Marcador no definido.**

5.6.1. Muros de gaviones para protección de taludes en el canal de riego .. **¡Error! Marcador no definido.**

5.6.2. Muros de gaviones para protección de taludes en el canal de trasvase. .... **¡Error! Marcador no definido.**

5.6.3. Diseño de muro de gavión del canal de riego Tárraga. **¡Error! Marcador no definido.**

5.7. Propuesta de compuerta de limpieza en los desarenadores. **¡Error! Marcador no definido.**

5.7.1. Cálculo de las dimensiones de la compuerta de lavado. **¡Error! Marcador no definido.**

5.8. Propuesta de zanjas de coronación. .... **¡Error! Marcador no definido.**

5.8.1. Diseño de Zanjas de corona o Canales de drenaje. **¡Error! Marcador no definido.**

5.8.2. Propuesta de zanjas de coronación en el canal de trasvase. .... **¡Error! Marcador no definido.**

5.9. Mecanismo para asumir el mantenimiento. .... **¡Error! Marcador no definido.**

5.9.1. Diagnóstico y priorización. .... **¡Error! Marcador no definido.**

5.9.2. Cuantificación de recursos por obra. .... **¡Error! Marcador no definido.**

## **CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6. Conclusiones y recomendaciones. .... **¡Error! Marcador no definido.**

6.1. Conclusiones. ....;Error! Marcador no definido.

6.2. Recomendaciones. ....;Error! Marcador no definido.

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Sección Transversal Cerrada.....	6
<b>Figura 2.</b> Sección Transversal Abierta .....	7
<b>Figura 3.</b> Elementos geométricos de la sección transversal de un canal .....	8
<b>Figura 4.</b> Canal con rugosidades compuestas.....	11
<b>Figura 5.</b> Partes de una toma derivadora de agua .....	13
<b>Figura 6.</b> Esquema de un desarenador de lavado intermitente .....	14
<b>Figura 7.</b> Crecimiento de hierbas en el canal.....	26
<b>Figura 8.</b> Sedimentos en obra de toma.....	27
<b>Figura 9.</b> Conformación de bermas.....	27
<b>Figura 10.</b> Limpieza tradicional de obra de toma.....	28
<b>Figura 11.</b> Canal con riesgo de derrumbe.....	29
<b>Figura 12.</b> Área de estudio en Bolivia, en Tarija .....	34
<b>Figura 13.</b> Vista satelital de la obra de toma del río Yesera de la Presa Calderas.....	37
<b>Figura 14.</b> Azud del sistema de trasvase en el río Yesera .....	38
<b>Figura 15.</b> Vista axonométrica del azud y de los muros de protección.....	39

<b>Figura 16.</b> Bocatoma en muro lateral del sistema de trasvase.....	40
<b>Figura 17.</b> Bocatoma en muro lateral.....	40
<b>Figura 18.</b> Canal despedrador del sistema de trasvase.....	41
<b>Figura 19.</b> Vista en corte y perfil del canal despedrador.....	42
<b>Figura 20.</b> Canal derivador del sistema de trasvase.....	43
<b>Figura 21.</b> Vista en perfil del canal derivador.....	44
<b>Figura 22.</b> Vista satelital del Canal de trasvase y Tárraga.....	45
<b>Figura 23.</b> Puente paso de quebrada tipo del canal de trasvase.....	46
<b>Figura 24.</b> Perfil longitudinal paso de quebrada tipo.....	46
<b>Figura 25.</b> Desarenador del sistema de trasvase en la progresiva 0+076.....	47
<b>Figura 26.</b> Vista en planta y perfil del desarenador.....	48
<b>Figura 27.</b> Desarenador tipo en la entrada del sifón del sistema de trasvase.....	48
<b>Figura 28.</b> Vista en planta y perfil del desarenador de los sifones.....	49
<b>Figura 29.</b> Sección canal Tárraga progresiva 0+000 a 0+501,11.....	53
<b>Figura 30.</b> Entrada del canal Tárraga por el muro izquierdo.....	53
<b>Figura 31.</b> Plano de muestreo canal Tárraga progresiva 0+000 a 0+050.....	54
<b>Figura 32.</b> Medición de sedimentos del canal Tárraga progresiva 0+000.....	54
<b>Figura 33.</b> Daños en el canal Tárraga en la progresiva 0+000 a 0+010.....	55
<b>Figura 34.</b> Plano de muestreo canal Tárraga progresiva 0+050 a 0+150.....	55
<b>Figura 35.</b> Erosión del canal Tárraga progresiva 0+050 a 0+061.....	56
<b>Figura 36.</b> Erosión del canal Tárraga progresiva 0+050 a 0+061.....	56
<b>Figura 37.</b> Derrumbe de talud en el canal Tárraga de la progresiva 0+100 a 0+150....	57
<b>Figura 38.</b> Sedimentación por derrumbe en la progresiva 0+100 a 0+150.....	57

<b>Figura 39.</b> Plano de muestreo canal Tárrega progresiva 0+150 a 0+250.....	58
<b>Figura 40.</b> Daños en el canal Tárrega en la progresiva 0+200.....	58
<b>Figura 41.</b> Sedimentos del canal Tárrega progresiva 0+250.....	59
<b>Figura 42.</b> Plano de muestreo del canal Tárrega progresiva 0+250 a 0+400.....	59
<b>Figura 43.</b> Sedimentos en el canal Tárrega de la progresiva 0+250 a 0+400.....	60
<b>Figura 44.</b> Riesgo de colapso y filtración en la progresiva 0+250 a 0+290.....	60
<b>Figura 45.</b> Plano de muestreo progresiva 0+400 a 0+501,11.....	61
<b>Figura 46.</b> Falta de compuerta de limpieza en la progresiva 0+410.....	61
<b>Figura 47.</b> Sedimentos del canal Tárrega progresiva 0+400 a 0+501,11.....	62
<b>Figura 48.</b> Bocatoma del sistema de trasvase (vista exterior).....	62
<b>Figura 49.</b> Bocatoma del sistema de trasvase (vista interior).....	63
<b>Figura 50.</b> Despedrador canal de trasvase progresiva 0+000.....	63
<b>Figura 51.</b> Plano de muestro en la progresiva 0+000 a 0+076.....	64
<b>Figura 52.</b> Sección canal de trasvase progresiva 0+000 a 0+076.....	64
<b>Figura 53.</b> Canal de trasvase sedimentado progresiva 0+000 a 0+076.....	65
<b>Figura 54.</b> Desarenador Colmatado del sistema de trasvase en la progresiva 0+076..	65
<b>Figura 55.</b> Desarenador Colmatado hasta la cresta del vertedero.....	66
<b>Figura 56.</b> Sección canal de trasvase progresiva 0+090,50 a 1+000.....	66
<b>Figura 57.</b> Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 0+090,50 a 0+580.....	67
<b>Figura 58.</b> Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 0+580 a 1+000.....	68
<b>Figura 59.</b> Sedimentación en el canal de trasvase progresiva 0+090,50 a 1+000.....	69
<b>Figura 60.</b> Derrumbe en el canal de trasvase en la progresiva 0+320 a +400.....	69
<b>Figura 61.</b> Inestabilidad de talud en progresiva 0+320 a +400.....	70

<b>Figura 62.</b> Derrumbe del talud en alcantarilla en progresiva 0+220.....	70
<b>Figura 63.</b> Canal de Traslase progresiva 1+000.....	71
<b>Figura 64.</b> Sección canal de trasvase progresiva 1+000 a 1+542.....	71
<b>Figura 65.</b> Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 1+000 a 1+542.....	72
<b>Figura 66.</b> Sedimentación en el canal de trasvase progresiva 1+000 a 1+542.....	73
<b>Figura 67.</b> Sedimentación en el canal de trasvase progresiva 1+500.....	73
<b>Figura 68.</b> Rejilla en la entrada del Sifón N°1 obstruida progresiva 1+542.....	74
<b>Figura 69.</b> Desarenador N°2 colmatado de la progresiva 1+542.....	74
<b>Figura 70.</b> Rejilla Sifón N°2 obstruida en la progresiva 3+061,40.....	75
<b>Figura 71.</b> Desarenador colmatado del Sifón N°2 de la progresiva 3+061,40.....	75
<b>Figura 72.</b> Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 3+180 a 3+779,95.....	76
<b>Figura 73.</b> Sección del canal de trasvase progresiva 3+180 a 3+779,95.....	77
<b>Figura 74.</b> Sedimento en el canal de trasvase progresiva 3+180 a 3+779,95.....	77
<b>Figura 75.</b> Canal de trasvase con sedimento grueso progresiva 3+180 a 3+779,95...	78
<b>Figura 76.</b> Rejilla sifón N°3 obstruida por malezas en la progresiva 3+779,95.....	78
<b>Figura 77.</b> Desarenador colmatado de la entrada Sifón N°3.....	79
<b>Figura 78.</b> Cámara de limpieza del desarenador de la entrada Sifón N°3.....	79
<b>Figura 79.</b> Desarenador colmatado de la entrada Sifón N°4.....	80
<b>Figura 80.</b> Entrada Sifón N°5 obstruida por malezas en la progresiva 5+077,10.....	80
<b>Figura 81.</b> Desarenador colmatado de la entrada Sifón N°5.....	81
<b>Figura 82.</b> Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 5+215,60 a 5+860.....	82
<b>Figura 83.</b> Sección canal de trasvase progresiva 5+215,60 a 5+860.....	83
<b>Figura 84.</b> Sedimentos en el canal de trasvase progresiva 5+215,60 a 5+860.....	83

<b>Figura 85.</b> Sedimentos en el canal de trasvase progresiva 5+215,60 a 5+860.....	84
<b>Figura 86.</b> Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 5+860 a 6+300.....	85
<b>Figura 87.</b> Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 6+300 a 6+738.....	86
<b>Figura 88.</b> Sección canal de trasvase progresiva 5+860 a 6+738.....	87
<b>Figura 89.</b> Sedimentos en el canal de trasvase progresiva 5+860 a 6+738.....	87
<b>Figura 90.</b> Canal de trasvase con obstrucciones progresiva 5+860 a 6+738.....	88
<b>Figura 91.</b> Canal de trasvase con obstrucciones progresiva 5+860 a 6+738.....	88
<b>Figura 92.</b> Rejilla de entrada al Sifón N°6 obstruida.....	89
<b>Figura 93.</b> Desarenador N°7 colmatado en la entrada Sifón N°6.....	89
<b>Figura 94.</b> Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 7+148 a 7+262,45.....	90
<b>Figura 95.</b> Sección canal de trasvase progresiva 7+148 a 7+262,45.....	90
<b>Figura 96.</b> Canal con sedimento progresiva 7+148 a 7+262,45.....	91
<b>Figura 97.</b> Canal de trasvase con sedimento en progresivas 7+148 a 7+262,45.....	91
<b>Figura 98.</b> Rejilla obstruida y desarenador colmatado en Sifón N°7.....	92
<b>Figura 99.</b> Plano de muestreo progresiva 7+440,10 a 7+800.....	93
<b>Figura 100.</b> Plano de muestreo progresiva 7+800 a 8+408,050.....	94
<b>Figura 101.</b> Sección canal de trasvase progresiva 7+440,10 a 8+408,050.....	94
<b>Figura 102.</b> Canal Trasvase sedimentado en la progresiva 7+440,10.....	95
<b>Figura 103.</b> Canal con sedimento progresiva 8+160 a 8+280.....	95
<b>Figura 104.</b> Canal con derrumbe en la prog. 8+160 a 8+280.....	96
<b>Figura 105.</b> Plano de muestreo canal progresiva 8+408,050 a 8+534,70.....	96
<b>Figura 106.</b> Sección canal de trasvase progresiva 8+408,050 a 8+534,70.....	97
<b>Figura 107.</b> Canal trasvase con sedimento progresiva 8+408,050 a 8+534,70.....	97

<b>Figura 108.</b> Bocatoma en muro lateral.....	98
<b>Figura 109.</b> Despedrador vista en corte y perfil.....	104
<b>Figura 110.</b> Vista en perfil del canal derivador.....	105
<b>Figura 111.</b> Desarenador vista en planta y corte.....	107
<b>Figura 112.</b> Detalle rejilla de entrada del canal Tárraga.....	136
<b>Figura 113.</b> Detalle vertedero del canal Tárraga progresiva 0+020.....	137
<b>Figura 114.</b> Detalle de desarenador en el canal Tárraga.....	141
<b>Figura 115.</b> Detalle compuerta de purga en el canal Tárraga.....	142
<b>Figura 116.</b> Detalle de muro de contención tipo gavión en el canal Tárraga.....	146
<b>Figura 117.</b> Detalle de compuerta de limpieza de sedimentos de desarenador.....	147
<b>Figura 118.</b> Compuerta de limpieza de desarenador.....	148
<b>Figura 119.</b> Detalle de zanja de coronación en el canal de trasvase.....	149
<b>Figura 120.</b> Gráfica de dimensionamiento de zanja de coronación.....	150

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Elementos geométricos de secciones de canal.....	8
<b>Tabla 2.</b> Coeficientes de rugosidad para la fórmula de Manning.....	10
<b>Tabla 3.</b> Velocidades límites por debajo de las cuales el agua cesa.....	15
<b>Tabla 4.</b> Coeficiente de forma de la barra.....	100
<b>Tabla 5.</b> Comparación de la pérdida de capacidad de las bocatomas.....	103
<b>Tabla 6.</b> Velocidad de sedimentación $w$ calculado por Arkhangelski (1935) .....	107
<b>Tabla 7.</b> Constante $a$ en función del diámetro de la partícula.....	109
<b>Tabla 8.</b> Comparación hidráulica del Canal Tárrega sin sedimento y con sedimento.	114
<b>Tabla 9.</b> Cálculo hidráulico del canal de trasvase con y sin sedimento.....	117
<b>Tabla 10.</b> Fuerza tractiva en el canal Tárrega.....	118
<b>Tabla 11.</b> Fuerza tractiva en el canal de trasvase.....	119
<b>Tabla 12.</b> Coeficiente de forma de la barra.....	133
<b>Tabla 13.</b> Velocidades de sedimentación $w$ calculado por Arkhangelski.....	137
<b>Tabla 14.</b> Constante $a$ en función del diámetro de la partícula.....	138

<b>Tabla 15.</b> Formulario de diagnóstico y priorización.....	152
<b>Tabla 16.</b> Cómputos métricos del mantenimiento.....	154
<b>Tabla 17.</b> Materiales para el mantenimiento.....	161
<b>Tabla 18.</b> Mano de obra para el mantenimiento.....	162
<b>Tabla 19.</b> Equipos para el mantenimiento.....	162
<b>Tabla 20.</b> Precio unitario de limpieza de sedimentos del canal Tárraga.....	163
<b>Tabla 21.</b> Precio unitario de desarenador H°A° en el canal Tárraga.....	164
<b>Tabla 22.</b> Precio unitario colocado de rejilla en bocatoma del canal Tárraga.....	165
<b>Tabla 23.</b> Precio unitario de construcción de canal de H°C° en el canal Tárraga.....	166
<b>Tabla 24.</b> Precio unitario muro de contención tipo gavión cajón en el canal Tárraga.	167
<b>Tabla 25.</b> Precio unitario muro de contención tipo gavión colchón canal Tárraga....	168
<b>Tabla 26.</b> Precio unitario colocado de compuerta de purga en el canal Tárraga.....	169
<b>Tabla 27.</b> Precio unitario refacción con H°C° en el canal Tárraga.....	170
<b>Tabla 28.</b> Precio unitario de limpieza de obra de toma en el canal de trasvase.....	171
<b>Tabla 29.</b> Precio unitario de limpieza de desarenador en el canal de trasvase.....	172
<b>Tabla 30.</b> Precio unitario de limpieza de canal en el canal de trasvase.....	173
<b>Tabla 31.</b> Precio unitario de limpieza cámara de a sifón en el canal de trasvase.....	174
<b>Tabla 32.</b> Precio unitario deshierbe en las bermas del canal de trasvase.....	175
<b>Tabla 33.</b> Precio unitario repintado de progresivas del canal de trasvase.....	176
<b>Tabla 34.</b> Precio unitario pintura anticorrosiva en tapas y válvulas.....	177
<b>Tabla 35.</b> Precio unitario compuerta de limpieza de desarenador canal de trasvase...	178
<b>Tabla 36.</b> Precio unitario canal de limpieza de desarenador sistema de trasvase.....	179

<b>Tabla 37.</b> Precio unitario lubricado y engrasado de tapas y válvulas.....	180
<b>Tabla 38.</b> Precio unitario de zanjas de coronación en el canal de trasvase.....	181
<b>Tabla 39.</b> Precio unitario muro de contención (tipo gavión cajón).....	182
<b>Tabla 40.</b> Precio unitario muro de contención (tipo gavión colchón).....	183
<b>Tabla 41.</b> Presupuesto total del mantenimiento.....	184
<b>Tabla 42.</b> Cronograma total del mantenimiento.....	187
<b>Tabla 43.</b> Frecuencia a realizar del mantenimiento.....	191

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo 1.** Plano general del sistema de aducción del sistema de trasvase de la presa Calderas.

**Anexo 2.** Plano general del canal de riego Tárraga.

**Anexo 3.** Granulometría canal de riego Tárraga.

**Anexo 4.** Granulometría canal de trasvase.

**Anexo 5.** Granulometría del desarenador del sistema de trasvase prog. 0+076.

**Anexo 6.** Imágenes de ensayos de laboratorio de suelos.

**Anexo 7.** Cálculo hidráulico canal de riego Tárraga con el software Excel.

**Anexo 8.** Cálculo hidráulico canal de trasvase con el software Excel.