



UNIVERSIDAD
SAN SEBASTIAN

SEDE CONCEPCIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ESTIMACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL PARA LA CENTRAL
HIDROELÉCTRICA DE PASADA QUEPE”**

Memoria para Optar el Título de Ingeniero Civil

Profesor Guía: MSc. Kai Klischies Nevermann

Alumno: Valentina Constanza Valdés Espinoza

Concepción, Enero, 2019

© Valentina Constanza Valdés Espinoza

Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra, con fines académicos, por cualquier forma, medio o procedimiento siempre y cuando se incluya cita bibliográfica del documento.

HOJA DE CALIFICACIÓN

En Concepción, el de de, los abajo firmantes dejan constancia que la alumna Valentina Constanza Valdés Espinoza, de la carrera Ingeniería Civil ha aprobado la memoria para Optar al título de Ingeniero Civil con una nota de _____.

Profesor Guía: Kai Klischies

Profesor Corrector: MSc Patricio Uarac

RESUMEN

Chile se caracteriza por poseer abundancia del recurso natural hídrico en gran parte de su territorio, lo que acompañado de su relieve, genera un ambiente propicio para la instalación de centrales hidroeléctricas, las cuales proporcionan la energía necesaria de manera rentable y amigable con el medio ambiente. Las más utilizadas son las centrales hidroeléctricas de pasada, las cuales no requieren de acumulación de agua para su funcionamiento.

Estas centrales, se rigen por normas y leyes que preservan el medio ambiente que las rodea, manteniendo los niveles de agua necesarios para garantizar el hábitat natural del río.

En la memoria de título se abordó el tema de la estimación de un caudal ambiental para una central hidroeléctrica de paso, ubicada en el río Quepe, la cual corresponde a una medida de mitigación establecida para hacerse cargo de un impacto adverso significativo de un proyecto que incorpora una visión integral del sistema fluvial.

El estudio se realizó en el tramo del río emplazado entre la bocatoma y la restitución del caudal, del proyecto emplazado en la región de la Araucanía.

Los datos recopilados fueron los encargados de determinar el método más adecuado para lograr la estimación, la cual se realizó con información supuesta sobre el accionar del caudal del río cuando el proyecto esté en curso.

En esta memoria de título se afrontaron los desafíos necesarios que se requieren en la ejecución de un proyecto de obtención de energía hidráulica, tema actualmente muy recurrente y necesario, en cual debe cumplir con los altos estándares impuestos para cuidar el medio ambiente y así reducir el impacto ambiental.

ABSTRACT

Chile is characterized for having an abundance of natural water resources in a large part of its territory, which, together with its relief, creates an environment conducive to the installation of hydroelectric power station, which provide the necessary energy in a cost-effective and environmentally friendly manner. The most used are run-of-the-river hydroelectric power station, which do not require the accumulation of water for their operation.

These hydroelectrics central are governed by norms and laws that preserve the environment that surrounds them, guarantee the water levels necessary to maintain the natural habitat of the river.

The issue of estimating an environmental flow for a step hydroelectric central located in the Quepe river was addressed in the title report, which corresponds to a mitigation measure established to take on a significant adverse impact of a project that it incorporates an integral vision of the fluvial system.

This study was carried out in the section of the river located between the intake and the restitution of the water, of the project located in La Araucanía region. The data collected were responsible for determining the most appropriate method to achieve the estimate, which was made with information about the action of the flow of the river when the project is in progress.

This title project the necessary challenges that are required in the execution of a project to obtain hydraulic energy were faced, a subject that is currently very recurrent and necessary, in which it must comply with the high standards imposed to protect the environment and thus reduce the environmental impact.

AGRADECIMIENTOS

Al llegar a esta etapa final universitaria, no puedo dejar de mencionar a quienes estuvieron conmigo y participaron, de alguna u otra manera, en mi crecimiento.

En primer lugar, agradecer a mi Josefita, quien fue, es y será mi principal razón de luchar día a día por lograr mis objetivos. Gracias por su amor eterno, apoyo incondicional y paciencia enorme en todo mi proceso universitario. De igual importancia, agradecer a mi Mamá y tía Peca, quienes jamás han dejado de confiar en mí, entendiéndome y apoyándome en cada una de mis decisiones tomadas en la vida, y entregándome todo el amor del mundo en cada paso que doy.

En segundo lugar, a mi Papá y familia en general, quienes han sido un pilar fundamental y un apoyo grandísimo en esta etapa de mi vida.

En tercer lugar, a los profesores y trabajadores UCSC y USS, quienes dejaron su marca en mí y aportaron con su granito de arena en mi desarrollo como profesional universitaria.

Por último, pero no menos importante, a todos mis amigos, por su invaluable apoyo y aguante, por su contención en los momentos difíciles, aventuras y desaventuras, historias jamás contadas y por sus “voh dale”. A mis Amigas del Colegio y de la Vida, que durante casi dos décadas han estado junto a mí, en las buenas, en las malas y en las peores. A los Ingeamigos, mis primeros amigos de la U, con quienes conocí este nuevo mundo. A los Hardcore, quienes no conocen la palabra “piola”, por las noches de (no)estudio, risas (no)piolas, y aventuras x1000. Y todos quienes pasaron por mi vida y marcaron esta etapa, aportando con su compañía y buena onda.

Y a Dios por sobre todas las cosas.

¡Gracias totales!

ÍNDICE

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación y Motivación.....	1
1.2 Descripción del Proyecto.....	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Alcances.....	3
1.5 Metodología.....	3
CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO	5
2.1 Generalidades.....	5
2.2 Métodos para la determinación del caudal ambiental	6
2.2.1 Métodos hidrológicos.....	6
2.2.2 Métodos hidráulicos	8
2.2.3 Métodos de simulación hidráulica.....	9
2.2.4 Métodos de simulación del hábitat físico.....	10
2.3 Procedimiento para la determinación del caudal ambiental	11
2.3.1 Etapa I: Descripción del sistema fluvial	12
2.3.2 Etapa II: Elección y desarrollo del método	14
2.3.3 Etapa III: Determinación y validación del régimen.....	17
2.3.4 Etapa IV: Evaluación ambiental y plan de seguimiento	18
2.4 Central hidroeléctrica	19
2.4.1 Potencial hidroeléctrico de Chile.....	19
2.4.2 Tipos de centrales hidroeléctricas	20
CAPÍTULO 3 ANTECEDENTES GENERALES	22
3.1 Ubicación	22
3.2 Topografía.....	23
3.3 Derechos de Agua.....	24
3.4 Central hidroeléctrica de Paso	25
CAPÍTULO 4 MODELACIÓN HIDRÁULICA DEL CAUCE	26
4.1 Hidrología.....	26
4.1.1 Caudales medios mensuales	26

4.1.1 Caudales de crecida	28
4.2 Caracterización Climática del área en estudio	29
4.3 Fauna Íctica	29
4.4 Flora Terrestre	31
4.5 Fauna Terrestre	32
4.6 Paisaje	33
4.7 Otros parámetros para la determinación del caudal ambiental.....	35
CAPÍTULO 5 DETERMINACIÓN DEL MÉTODO	38
5.1 Valoración de la alteración hidromorfológica	38
5.1.1 Alteración del hidrograma producto de la magnitud de captación.....	38
5.1.2 Alteración de la temporalidad del hidrograma	39
5.1.3 Alteración en el gasto sólido.....	40
5.1.4 Valoración conjunta de la alteración hidromorfológica.....	41
5.2 Valoración de la calidad del sistema en las AIA	42
5.2.1 Usos antrópicos en el AIA.....	42
5.2.2 Especies en categoría de conservación en el AIA.....	43
5.2.3 Calidad físico-química del agua del río en el AIA	44
5.2.4 Valoración conjunta de la calidad del sistema.....	46
5.3 Identificación y elección del método	47
CAPITULO 6 APLICACIÓN DEL MÉTODO EN LAS ÁREAS DE INFLUENCIA	49
6.1 Determinación del AIA	49
6.2 Determinación del régimen de caudal ambiental	52
6.2.1 Caudal mínimo.....	52
6.3 Áreas de Importancia Ambiental	56
CAPITULO 7 RESULTADOS Y CONCLUSIONES	62
7.1 Caudal Ambiental intranual	62
7.2 Propuesta de seguimiento para el régimen determinado	64
7.3 Comentarios y conclusiones	66
BIBLIOGRAFÍA.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Establecimiento de caudal ecológico mínimo y régimen de caudal ambiental	6
Figura 2.2 Procedimiento genérico para la determinación del caudal ambiental	11
Figura 2.3 Ejemplo de distribución de las AIE y las AUA detectadas para un proyecto hidroeléctrico	13
Figura 3.1 Ubicación del tramo de bocatoma y restitución, en Río Quepe	22
Figura 3.2 Levantamiento topográfico sector de ubicación de proyecto	23
Figura 4.1 Identificación área de muestreo	30
Figura 4.2 Ubicación de los puntos de observación para el estudio de paisaje en el área de estudio como proyecto de intervención	35
Figura 6.1 Vista en planta del tramo estudiado del río Quepe.....	50
Figura 6.2 Vista en corte del tramo estudiado del río Quepe	51
Figura 6.3 Salmo Trutta en estado adulto	53
Figura 6.4 Curvas de preferencia de velocidad para la trucha común.....	53
Figura 6.5 Curvas de preferencia de profundidad para la trucha común	54
Figura 6.6 Curvas de preferencia de lecho para la trucha común	54
Figura 6.7: Clasificación macroscópica de los siete estados de madurez	55
Figura 6.8 Vista frontal y corte del sector captación del proyecto.....	57
Figura 6.9 Vista frontal y corte del sector cascada n°1 del proyecto	58
Figura 6.10 Vista frontal y corte del sector cascada n°2 del proyecto	59
Figura 6.11 Vista frontal y corte del sector restitución del proyecto.....	60
Figura 7.1 Hidrograma de régimen de caudal ambiental para la especie objetivo respetando los ciclos de vida	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Lista de variables del componente de caudal ambiental	7
Tabla 2.2 Identificación del grupo de métodos a implementar en el estudio de caudales ambientales	15
Tabla 2.3 Potencial hidroeléctrico en Chile, a Diciembre del 2017	19
Tabla 2.4 Potencial hidroeléctrico por cuenca.....	20
Tabla 3.1 Coordenadas de tramo de bocatoma y restitución del proyecto	23
Tabla 3.2 Resumen de derechos de agua	24
Tabla 3.3 Derechos de agua de terceros	25
Tabla 4.1 Caudales medios mensuales en captación	27
Tabla 4.2 Caudales medios mensuales en restitución	27
Tabla 4.3 Distribución de caudales río Quepe y Lan Lan en confluencia	27
Tabla 4.4 Caudales medios mensuales	28
Tabla 4.5 Crecidas en captación y restitución.....	29
Tabla 4.6 Identificación geográfica de las estaciones de monitoreo.....	30
Tabla 4.7 Estado de conservación de la especie encontrada	31
Tabla 4.8 Listado de especies presentes en la zona de estudio	31
Tabla 4.9 Análisis microbiológico de las aguas de los ríos Cautín e Imperial en Invierno	36
Tabla 4.10 Análisis microbiológico de las aguas de los ríos Cautín e Imperial en Verano	37
Tabla 5.1 Clases de alteración de la magnitud hidrológica esperada producto de la operación de la central	39
Tabla 5.2 Valoración del impacto esperado en la temporalidad del hidrograma a nivel mensual o intranual de acuerdo al tipo de obra de captación del proyecto hidroeléctrico	40
Tabla 5.3 Valoración de la potencial alteración del gasto sólido producto de la central hidroeléctrica	41
Tabla 5.4 Valoración conjunta de la alteración hidromorfológica esperada por el proyecto.....	42
Tabla 5.5 Valoración del río y su ecosistema de acuerdo a los tipos de usos antrópicos que se desarrollan dentro del AIA.....	43

Tabla 5.6 Valoración ecológica del río en función de la presencia de especies nativas clasificadas según su estado de conservación	44
Tabla 5.7 Clasificación fisicoquímica de un cuerpo de agua según rangos de valores de parámetros seleccionados	45
Tabla 5.8 Valoración fisicoquímica del río en el AI	46
Tabla 5.9 Valoración conjunta de la calidad del sistema.....	46
Tabla 5.10 Identificación del grupo de métodos adecuados a implementar en el estudio de caudales ambientales	47
Tabla 6.1 Perfiles característicos de las AIE seleccionadas.....	51
Tabla 6.2 Determinación del caudal ambiental para los distintos estadios del Salmo Trutta, correspondiente a las AIE.....	61
Tabla 7.1 Caudal ambiental intranual estimado	62
Tabla B.1 Lista de anfibios potencialmente presentes en el área de estudio	72
Tabla B.2 Lista de reptiles potencialmente presentes en el área de estudio	73
Tabla B.3 Lista de avifauna potencialmente presentes en el área de estudio	73
Tabla C.1 Unidades de paisaje identificadas y agrupadas según los puntos de observación del área de estudio	79
Tabla D.1 Datos de las secciones estudiadas Perfil 1130.....	84
Tabla D.2 Datos de las secciones estudiadas Perfil 1080.....	85
Tabla D.3 Datos de las secciones estudiadas Perfil 620.....	86
Tabla D.4 Datos de las secciones estudiadas Perfil 362.....	87

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación y Motivación

Desde el inicio de los tiempos, el agua ha sido un recurso de vital importancia tanto para el desarrollo de la vida humana, como para el de nuestra flora y fauna, siendo nuestro principal proveedor, los lagos, ríos, lagunas y aguas subterráneas.

Con el paso del tiempo el aprovechamiento de este recurso hídrico ha ido en aumento, siendo utilizado en diversas actividades con la finalidad de mejorar la calidad de vida, llegando a posicionarse como la principal fuente de energía renovable no convencional.

Esta fuente energética es un impulso considerable al desarrollo de un país, pero genera una importante alteración al régimen hidrológico natural de los ríos, provocando cambios en la estructura y funcionalidad de los ecosistemas.

Este deterioro es de alta preocupación, por lo cual, a fin de garantizar el correcto uso de las aguas y preservar el hábitat natural, se han instaurados protocolos, normas y leyes que aseguran la correcta utilización del agua sin que ésta perjudique a su entorno, y se ha instaurado como medida preventiva el concepto de caudal ambiental, el cual obliga a mantener un flujo mínimo dentro del río, a fin de conservar poblaciones de peces, usos ambientales, fauna nativa, usos recreacionales y antrópicos. Este concepto considera una valoración de los servicios eco-sistémicos y las características del proyecto a ejecutar.

En la siguiente memoria de título se analiza el caudal ambiental para una central hidroeléctrica de pasada ubicada en el río Quepe, región de la Araucanía.

1.2 Descripción del Proyecto

El siguiente proyecto de título aborda la estimación del caudal ambiental para una pequeña central hidroeléctrica de pasada. Éste se desarrolla en el cauce del río Quepe, ubicado en la región de la Araucanía, puntualmente en el tramo que va desde la bocatoma de la central hasta la restitución del caudal a su curso natural.

Este caudal ambiental será estimado mediante el método determinado como óptimo entre varias opciones, teniendo en cuenta datos del río que influyen en su cálculo, tales como hidrología, estudios de flora, fauna, paisaje, entre otros.

Luego de esto, y con la ayuda de software CIVIL 3D, HEC-RAS y CASiMiR-Fish, se identifican áreas de importancia ambiental del tramo, para realizar los análisis necesarios a fin de determinar un caudal apropiado para la conservación de los ecosistemas del río.

Este resultado es entregado mediante una tabla e hidrograma, especificando caudales ambientales mensuales necesarios, acompañado de un plan de seguimiento adecuado a fin de asegurar su continuidad.

1.3 Objetivos

Objetivo General

Estimar el caudal ambiental para proyecto de Central Hidroeléctrica de pasada, ubicado en el río Quepe, según el marco de metodología del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

Objetivos Específicos

- Establecer una valoración del sistema fluvial.
- Identificar Áreas de Importancia Ambiental (AIA).
- Generar un hidrograma intranual de acuerdo con los requerimientos ambientales del tramo a evaluar.
- Proponer un plan de seguimiento adecuado al régimen de caudal ambiental correspondiente.

1.4 Alcances

El presente proyecto de título se centrará únicamente en el río Quepe, en el tramo comprendido entre bocatoma y restitución de la Central Hidroeléctrica de paso.

Como datos necesarios de entrada se tendrá la topografía del sector de emplazamiento de proyecto, estudio hidrológico de crecidas y caudales, diseño de obras de captación y restitución, antecedentes de flora y fauna y paisajismo del sector, entre otros.

1.5 Metodología

Para desarrollar la siguiente memoria de título, se comenzará con una descripción del sistema fluvial que será intervenido por el proyecto, para lo cual se realiza un análisis en base a la descripción del sistema intervenido y las características del proyecto hidroeléctrico. Se obtiene una valoración del sistema.

Luego se elige y desarrolla el o los métodos más apropiados en función a la valoración descrita anteriormente.

A continuación se determina el régimen del caudal ambiental, identificando AIA y especies objetivo, para lograr la generación de un hidrograma intranual de acuerdo con los requerimientos ambientales y temporales. Esto se lleva a cabo evaluando distintas alternativas que permitan determinar un régimen de caudal que optimice la habitabilidad de las especies objetivos, y el desarrollo de las actividades antrópicas relevantes.

Para finalizar se propone un plan de seguimiento para el régimen de caudal ambiental a desarrollarse en el área de influencia, con el fin de verificar que el régimen establecido sea efectivo.

CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades

El caudal ambiental tiene muchas acepciones en el mundo, dependiendo de los aspectos que son incluidos en su definición, tales como aspectos ecológicos y sociales. La definición más aceptada a nivel mundial, y que puede ser aplicada en Chile en el contexto del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), es la desarrollada en la Declaración de Brisbane realizada en el año 2007, en donde se señala que “los caudales ambientales son los flujos de agua, el momento de su aplicación y la calidad de las aguas precisos para mantener los ecosistemas de agua dulce y de los estuarios, así como los medios de subsistencia y bienestar de las personas que dependen del ecosistema”.

En el contexto del SEIA, la adopción del término ‘caudal ambiental’ tiene por objeto diferenciarlo del ‘caudal ecológico mínimo’ al que se refiere el Código de Aguas. El caudal ecológico mínimo es establecido por la Dirección General de Aguas (DGA) al otorgar derechos de aprovechamiento de aguas, considerando principalmente criterios hidrológicos.

En el SEIA el titular de un proyecto puede comprometerse a respetar un régimen de caudal ambiental distinto al caudal ecológico mínimo otorgado por la DGA, considerando criterios técnicos de carácter ecológico, social, hidrológico u otros, dependiendo del caso. La idoneidad de dicho caudal, contenido en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del proyecto, es evaluada en el proceso de evaluación ambiental, quedando establecido finalmente en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA).

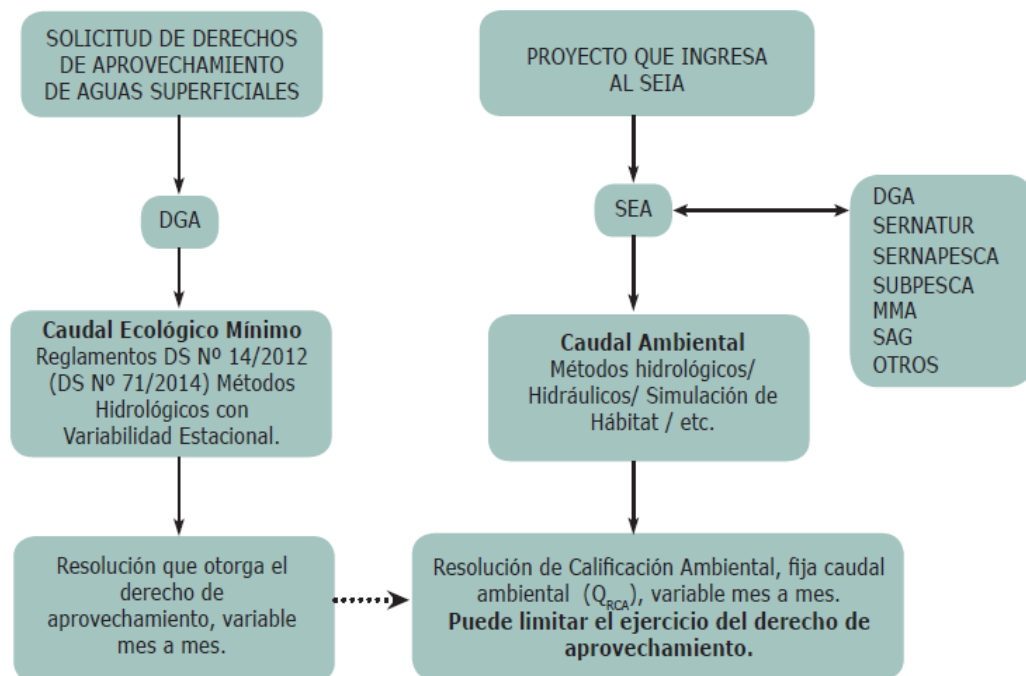


Figura 2.1 Establecimiento de caudal ecológico mínimo y régimen de caudal ambiental (EcoHyD, 2011)

2.2 Métodos para la determinación del caudal ambiental

2.2.1 Métodos hidrológicos

Método de aproximación por rangos de variabilidad (RVA): El método se basa en datos de largos registros hidrológicos diarios, donde se describe la variabilidad hidrológica en régimen actual (sin el proyecto) y después de instalada la central hidroeléctrica. Esta descripción se realiza mediante 34 variables (Tabla 2.1), las cuales son claves para la caracterización del hidrograma y su relación con el funcionamiento del ecosistema, permitiendo un máximo nivel de variación de estos parámetros bajo la situación natural y aquella modificada producto de la operación del proyecto hidroeléctrico.

Tabla 2.1

Lista de variables del componente de caudal ambiental

Componente del caudal ambiental	Definición	Parámetro	N. de variables
Caudales mínimos extremos	Percentil 10 de todos los caudales mínimos	Magnitud, frecuencia, duración y temporalidad	4
Caudales mínimos	Caudal mínimo (flujo base) de cada mes	Caudal mínimo mensual	12
Eventos de caudales altos	Caudal mayor que el caudal mínimo pero menor al caudal de cauce lleno (bankfull)	Magnitud, frecuencia, duración, temporalidad y tasa de ascenso y descenso	6
Pequeñas crecidas	Caudal mayor o igual al caudal de cauce lleno, pero menor que la crecida con período de retorno 10 años	Magnitud, frecuencia, duración, temporalidad y tasa de ascenso y descenso	6
Grandes crecidas	Caudal mayor o igual a la crecida con período de retorno 10 años	Magnitud, frecuencia, duración, temporalidad y tasa de ascenso y descenso	6

MODIFICADA DE MATHEWS & RICHTER, 2007

Consta de seis pasos, propuestos por Richter et al. (1997): caracterización del hidrograma natural, definición de los objetivos de gestión del RVA, definición del sistema de gestión, plan de seguimiento, evaluación anual y redefinición de los objetivos del RVA, los cuales se han incorporado dentro de la metodología propuesta.

Se requiere, para la caracterización del hidrograma, un registro histórico de caudales diarios de por lo menos 20 años a una escala diaria, en régimen natural o levemente modificado. En el caso de disponer de una longitud de registro menor a 20 años, se puede extender el período de registro a través del uso de técnicas hidrológicas de estimación o mediante Modelos de Simulación Hidrológica.

Método del caudal básico de mantenimiento (QBM): Consiste en establecer un régimen de caudales a partir de un caudal llamado básico, que se obtiene a partir de series de caudales medios diarios tratados con medias móviles de intervalos crecientes.

Este método, al igual que el anterior, es considerado holístico y no-incremental, y en él se distinguen las siguientes variables de importancia:

- a) Caudal básico (Q_b): corresponde al caudal mínimo a mantener en el cauce. Su cálculo está basado en el estudio de las irregularidades en las series hidrológicas de caudales medios diarios.
- b) Caudal de acondicionamiento (Q_a): se define como un posible suplemento del Q_b orientado a satisfacer los requerimientos de habitabilidad en el río en caso de que el caudal básico no sea suficiente.
- c) Caudal de mantenimiento (Q_{mt}): es el obtenido a través de la variación media mensual determinada en la serie de datos hidrológica.
- d) Caudal máximo (Q_{max}): se define como el máximo caudal admisible en un tramo de río sin que modifique la morfología del lecho del río ni de las llanuras de inundación.
- e) Caudal generador o *bankfull* (Q_g): es el que transporta la mayor cantidad de material y, por lo tanto, mantiene la forma del cauce y su estructura.
- f) Máxima tasa de cambio: se refiere a qué tan rápido el caudal cambia de una magnitud a otra. Es calculado a partir de una función exponencial aplicada a las máximas diferencias de caudal entre dos registros consecutivos.

2.2.2 Métodos hidráulicos

Estos métodos se basan en encontrar relaciones entre el caudal del río y parámetros de la geometría hidráulica del cauce, tales como la profundidad,

velocidad, ancho, perímetro mojado, siendo este último el más utilizado. Se requiere al menos un par de perfiles topobatimétricos para representar la sección crítica del AIA, o la selección de múltiples perfiles (multisección), dependiendo del número y características de las AIA identificadas en el AI, tales como el tipo de especie objetivo requerida, el tipo de actividades o usos antrópicos, entre otros. Cada par de datos que relaciona la geometría de una sección transversal con el caudal pasante, son usualmente obtenidos a través de mediciones batimétricas y aforos paralelos (geometría de la sección mojada v/s caudal).

El supuesto de este método es que si se asegura un valor umbral del parámetro hidráulico seleccionado se mantendrá la integridad de la biota o del ecosistema, en particular la producción primaria y secundaria.

Mediante estos métodos es posible, abordar varios tipos de organismos acuáticos y actividades antrópicas en el estudio de caudales ambientales. Basta con realizar una correcta elección del parámetro hidráulico que condiciona la actividad o limita la comunidad del organismo y que ésta tenga sentido al expresarla como una función del caudal.

La principal ventaja es su facilidad de implementación y bajo costo de la información a obtener en terreno. Sin embargo, la principal desventaja tiene relación con las limitaciones de su implementación, por lo que resulta conveniente no implementar este tipo de métodos en ríos con más de un brazo.

2.2.3 Métodos de simulación hidráulica

Consisten en realizar una simulación hidráulica en la cual se determina el caudal para ciertas variables hidráulicas, consideradas como críticas para la especie objetivo, obteniéndose un valor dentro de un rango aceptable para la ecología y/o para el desarrollo de actividades o usos antrópicos.

Las curvas de idoneidad son reemplazadas por rangos de variables hidráulicas, sobre el cual las especies presentes en el río no encontrarían las condiciones para su establecimiento, o bien, se limitaría el desarrollo de las actividades antrópicas asociadas al río.

En ríos que presentan una elevada pendiente y macrorrugosidad, no es recomendable la implementación de los programas hidráulicos tradicionales, ya que no se cumplen las hipótesis necesarias para la simulación. Se aconseja utilizar programas hidráulicos que determinen el eje hidráulico que no estén basados en el método del paso estándar. En ríos que presentan brazos secundarios, es conveniente considerar que las secciones transversales pueden ser abordadas en forma independiente, es decir, una sección para el cauce principal y otra sección para el cauce secundario. Con esto se permite que cada brazo pueda tener un eje hidráulico con distintas cotas, lo cual no sería posible si se aborda como una única sección transversal.

2.2.4 Métodos de simulación del hábitat físico

Son considerados como una evolución natural de los métodos hidráulicos. La diferencia radica en que la asignación de los requerimientos de caudal está basada en condiciones hidrodinámicas que cumplen con los requisitos biológicos específicos en mayor medida que los hidráulicos por sí solos, por lo que son más robustos cuando se requiere utilizar a peces como especie objetivo. Además, estos modelos permiten incorporar un mayor número de variables tales como el transporte de sedimentos.

Estos métodos consisten en la simulación del hábitat físico de especies acuáticas conectando modelos hidráulicos con curvas de idoneidad de cada especie objetivo, obteniendo una cuantificación del hábitat disponible en el tramo de estudio.

Las curvas de idoneidad buscan generar un índice que cuantifica la idoneidad del hábitat con respecto a una variable en particular.

2.3 Procedimiento para la determinación del caudal ambiental

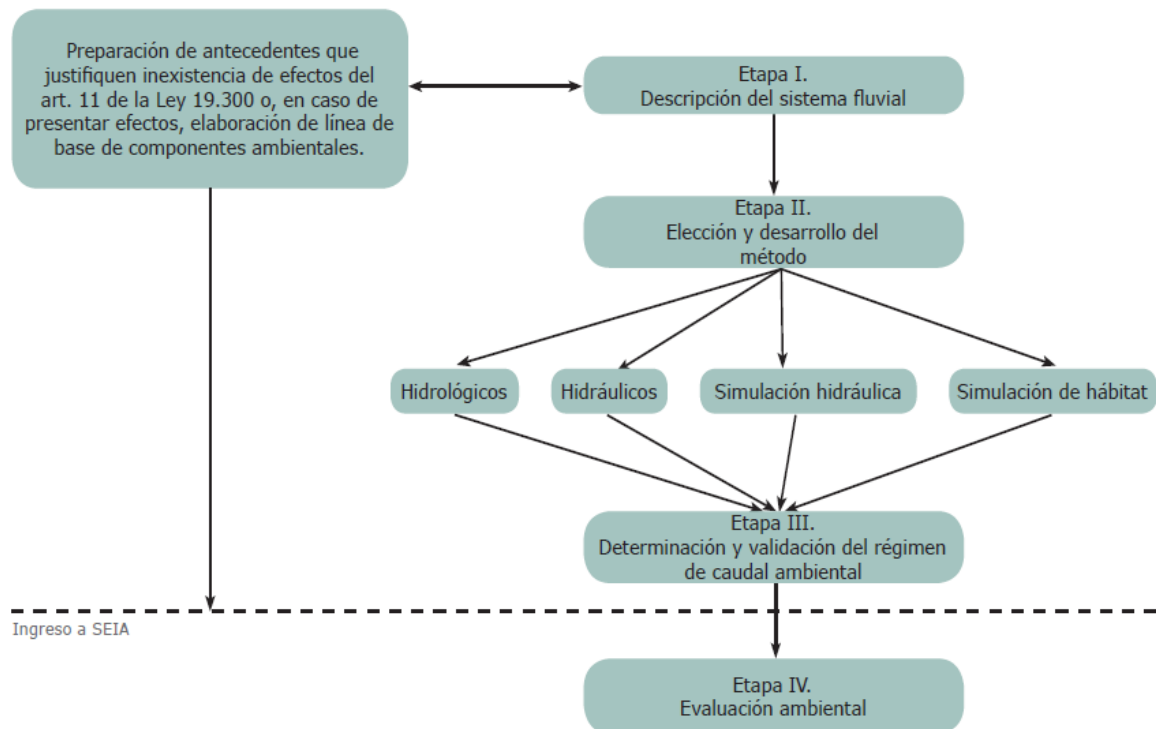


Figura 2.2 Procedimiento genérico para la determinación del caudal ambiental (EcoHyd, 2011)

El procedimiento para la determinación y aplicación de un régimen de caudal ambiental se puede resumir en:

- Etapa I: Descripción del sistema fluvial.
- Etapa II: Elección y desarrollo del método.
- Etapa III: Determinación y validación del régimen de caudal ambiental.
- Etapa IV: Evaluación ambiental

2.3.1 Etapa I: Descripción del sistema fluvial

El objetivo de esta etapa es evaluar y valorar el ecosistema fluvial que sería intervenido por el proyecto. Para esto, se debe realizar un análisis en base a la descripción del sistema que sería intervenido y las características del proyecto hidroeléctrico. Toda la información requerida para evaluar y valorar el sistema, debiera estar contenida en el capítulo de línea de base de un EIA o en los antecedentes que justifican la inexistencia de efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley N° 19.300, que prepara el titular para ingresar al SEIA, por lo tanto, no debiese ser necesario realizar un estudio adicional.

Para los casos de centrales hidroeléctricas de pasada, se considera que el AI abarca la zona de captación, que corresponde al tramo de río que se encuentra entre el punto de bocatoma y el de restitución del proyecto hidroeléctrico. La principal modificación que presenta el río en este tramo es la disminución del caudal. Además, se considera que abarca la zona de restitución, siendo el tramo de río que se encuentra aguas abajo del punto de restitución de la central hidroeléctrica, donde pueden presentarse alteraciones debido a la operación. En este sentido, establecer un régimen de caudal ambiental, en esta área, busca disminuir las alteraciones del cauce producto de las oscilaciones de caudal, asociadas a la regla de operación de la central.

En consecuencia, esta etapa se compone de los siguientes elementos:

- Caracterización del sistema: depende del método a emplear para la estimación del caudal ambiental: para proyectos a emplazarse en zonas de alto valor o que generen una alteración posiblemente significativa, la complejidad de los métodos será mayor, lo que implica una caracterización más detallada para suplir los requerimientos de estos métodos; para proyectos a emplazarse en zonas de menor sensibilidad, o con una alteración posiblemente no significativa,

la complejidad de los métodos será menor, y así también los requerimientos de los mismos.

- Descripción del proyecto hidroeléctrico: la magnitud del efecto en el ecosistema fluvial dependerá del tipo de obra asociada a: captación de agua, la obra de restitución, y la regla de operación de la central hidroeléctrica.
- Identificación de las AIA: son aquellas que proveen de bienes y servicios ecosistémicos, pudiendo ser de importancia ecológica o de usos antrópicos. Se diferencian Áreas de Importancia Ecológica (AIE) y Áreas de Uso Antrópico (AUA). (Ver ejemplo en Figura 2.3)

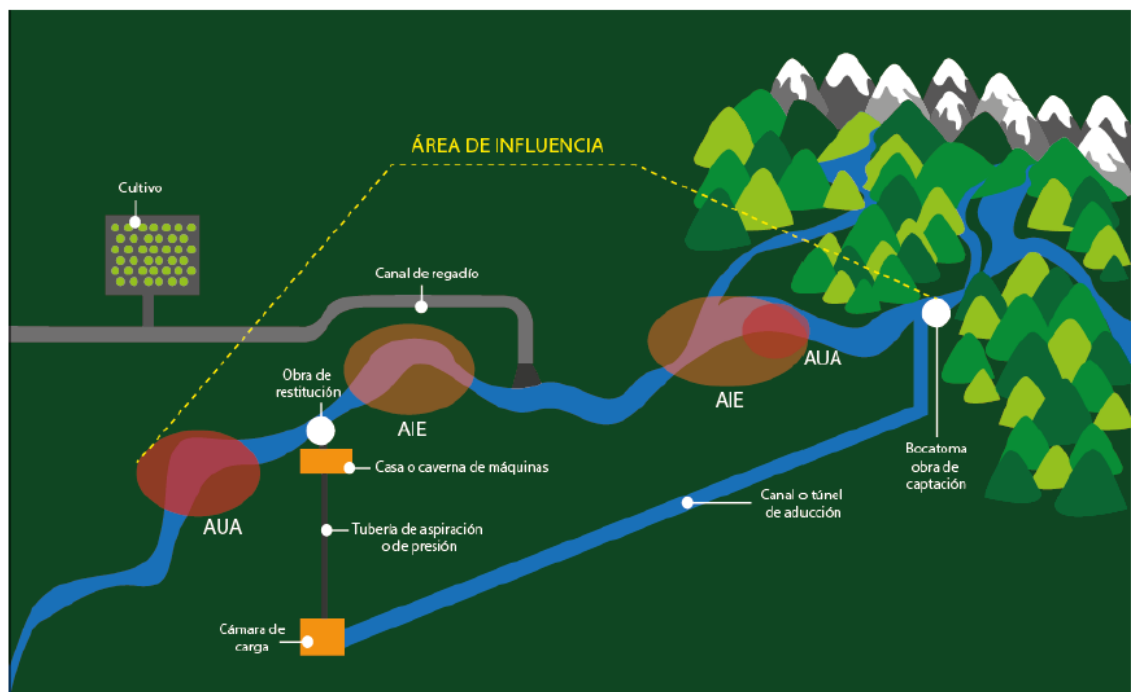


Figura 2.3 Ejemplo de distribución de las AIE y las AUA detectadas para un proyecto hidroeléctrico (Guía Metodológica para Determinar el Caudal Ambiental para Centrales Hidroeléctricas en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental)

- Valoración ambiental del sistema en el AI: se debe considerar y caracterizar tres aspectos fundamentales, que están relacionados a los servicios ecosistémicos que presta el río: a) los usos antrópicos existentes en el AIA, b)

las especies en categoría de conservación presentes en el AIA, y c) la calidad ambiental del río.

2.3.2 Etapa II: Elección y desarrollo del método

Identificación del grupo de métodos:

Se basa en la hipótesis de que a mayor valoración del sistema se requieren métodos capaces de abordar en forma más robusta la variedad de especies y las actividades antrópicas asociadas al río en estudio. De igual forma, se estima que a mayor nivel de alteración hidromorfológica esperada, es necesaria la implementación de métodos que consideren la información a menor escala espacial y que tengan una mayor conceptualización ecológica.

De esta forma se genera una matriz de doble entrada en la cual se presentan los grupos de métodos que se sugiere considerar para el estudio de regímenes de caudal ambiental, de acuerdo a la valoración de la calidad del sistema y la valoración de la alteración hidromorfológica esperada. (Tabla 2.2)

El siguiente paso es escoger el método final a aplicar, en caso de que existan dos opciones. Para lo anterior, es necesario evaluar si se requiere seleccionar una especie objetivo o una actividad antrópica.

Selección de la especie objetivo y/o actividad antrópica:

- A partir de la caracterización ecológica: se refiere a las especies que mejor representen el ecosistema fluvial y que estén en concordancia con la valoración de la calidad del sistema y la caracterización ecológica realizada. Se debe considerar como primer criterio de selección las especies de fauna íctica,

priorizando las categorizadas en grado de amenaza (en peligro crítico, peligro o vulnerables) o casi amenazadas, o en su defecto las nativas.

- A partir de la caracterización de las zonas ribereñas: puede aplicarse a una especie particular o como un conjunto de vegetación ribereña, cuando se considera que la mantención morfológica de la zona permite preservar la biota presente. Existen tres casos en que pudieran ser relevantes; el primero es cuando la vegetación ribereña presenta un alto valor ecológico; el segundo es que existan especies terrestres, anfibias o acuáticas que se encuentren en categoría de conservación; el tercer caso se relaciona con la estabilidad morfológica que presentan las riberas y su dinámica en el sistema fluvial.
- Selección de actividades antrópicas: la consideración de las actividades antrópicas en el AI aplicaría cuando estas sean relevantes para las comunidades locales y otros actores involucrados. Las actividades antrópicas de carácter *in situ* necesitan de condiciones mínimas en el río para poder realizarse. Estas condiciones pueden ser expresadas en términos de variables hidráulicas, normalmente profundidad y velocidad.

Tabla 2.2

Identificación del grupo de métodos a implementar en el estudio de caudales ambientales

		Calidad del Sistema			
		Nivel	0 - 2	3 - 6	7 -9
Alteración Hidromorfológica	0 - 2	QDGA	Métodos hidrológicos Métodos hidráulicos	Simulación hidráulica Simulación de hábitat	
	3 – 6	Métodos hidrológicos	Simulación hidráulica Simulación de hábitat	Simulación de hábitat	
	7 – 9	Métodos hidrológicos Simulación hidráulica	Simulación hidráulica Simulación de hábitat	Simulación de hábitat y calidad de agua	

ECOHYD, 2011

Determinación del método a utilizar:

La selección del método se basará en dos aspectos fundamentales:

- a) Factibilidad de considerar la(s) especie(s) objetivo y actividad(es) antrópica(s) seleccionada(s), en consideración a la conceptualización ecológica propia del método.
- b) Factibilidad de implementar el método de acuerdo a las limitaciones técnicas de los modelos que los sustentan.

Como resultado de este análisis se obtiene un cuadro, en el cual se resume la idoneidad de un determinado método para satisfacer los requerimientos en función de las características hidromorfológicas del río, la especie objetivo seleccionada a partir de la elección de organismos, una zona ribereña o los usos antrópicos identificados en el AI.

Procedimiento para determinar el caudal ambiental:

- Definición del subtramo: Basta con elegir un subtramo de río de menor longitud que sea representativo de la heterogeneidad del mesohábitat presente en el AIA. En el caso de las AIE, es necesario que el subtramo seleccionado tenga todas las características bióticas y abióticas descritas en el AIE. En el caso de las AUA, es necesario distinguir entre las áreas que están acotadas geográficamente y aquellas que presentan zonas más extensas.
- Obtención de datos en terreno: La información requerida y la forma de obtención para cada método son diferentes, ya que deben cumplir con las necesidades de escala espacial, con la implementación de los modelos y con los requerimientos ambientales de las especies objetivo y actividades antrópicas seleccionadas.
- Determinación de requerimientos ambientales: Consiste en determinar los caudales necesarios para mantener el hábitat de las especies objetivo seleccionadas y/o para definir un umbral mínimo que asegure el desarrollo de las actividades antrópicas.

2.3.3 Etapa III: Determinación y validación del régimen

Determinación del régimen de caudal ambiental: Se determina considerando la magnitud de los caudales que satisfacen los requerimientos ambientales y la temporalidad necesaria para los estadios de desarrollo de las especies objetivo y/o de las actividades antrópicas, cuando corresponda.

Validación hidrológica: Su fin es el de asegurar que el hidrograma intranual propuesto tenga sentido físico y que éste pueda implementarse considerando el hidrograma actual existente.

Resulta conveniente realizarla considerando la serie histórica de caudales diarios ya que es necesario capturar las crecidas ordinarias. En algunos estudios, en que la alteración hidromorfológica es elevada, puede ser necesario generar series sintéticas de caudal, con el fin de asegurar para varios escenarios que el caudal ambiental es factible de implementar.

Como resultado de esta validación hidrológica puede que sea necesario reformular el caudal ambiental, o bien, generar condiciones a la regla de operación de la central hidroeléctrica. Esto último ocurrirá cuando el caudal circulante por el río sea menor al caudal ambiental o cuando el remanente entre el caudal circulante y el ambiental sea menor al caudal umbral de turbinación. Producto de esta etapa, se obtiene una propuesta de régimen de caudal ambiental.

2.3.4 Etapa IV: Evaluación ambiental y plan de seguimiento

En esta etapa, el proyecto es sometido al SEIA, con un régimen de caudal ambiental como un compromiso ambiental voluntario o una medida de mitigación, según corresponda. Algunas recomendaciones:

1. Evaluar que las AIA identificadas y los subtramos seleccionados son representativas del AI y enmarcan geográficamente a las especies objetivo y/o usos antrópicos seleccionados.
2. Evaluar que las especies objetivo y sus estadios de vida fueron adecuadamente considerados.
3. Evaluar si en tramo del AI del río existen derechos de aprovechamiento de aguas constituidos o incluso en trámite.
4. Que los datos hidrológicos utilizados o su estimación son correctos o adecuados y que se determinó el régimen hidrológico natural.
5. Que el régimen de caudal ambiental satisface los requerimientos ambientales de las especies objetivo seleccionadas, tanto en magnitud como en temporalidad.

La necesidad de incorporar un plan de seguimiento para el caudal ambiental debiera evaluarse caso a caso. En los casos de requerirse, se debe considerar que el objetivo del plan de seguimiento del régimen de caudal ambiental es asegurar que las variables ambientales relevantes que fueron consideradas en el método de cálculo evolucionan según lo proyectado.

En particular, el plan de seguimiento debe desarrollarse en las AIA, con el fin de verificar que el régimen establecido sea efectivo. Es decir, el seguimiento debe permitir verificar si se ha logrado la mantención de la comunidad ecológica, la especie objetivo relevante y/o la mantención de los usos antrópicos relevantes en el río, según sea el caso.

2.4 Central hidroeléctrica

La hidroenergía es la fuente de energía renovable más utilizada en el mundo, totalizando un 71% de la generación de energía renovable durante el 2016. Se basa en el principio de conservación de la energía, aprovechando la energía potencial del agua cuando se encuentra a una altura superior respecto a un punto de descarga. Al provenir del agua, es una fuente limpia, por lo cual no emite contaminantes a diferencia de otras fuentes que queman combustibles. Adicionalmente, es una fuente de energía local, evitando la dependencia de fuentes de energía importada.

2.4.1 Potencial hidroeléctrico de Chile

En Chile a diciembre de 2017 existen 6.643 MW de capacidad instalada hidroeléctrica, alcanzando cerca de un 29% de la capacidad instalada total.

De acuerdo al estudio de cuencas del Ministerio de Energía, en Chile existe un potencial hidroeléctrico de 15.938 MW, concentrando el mayor potencial en la cuenca del Biobío con un 18%, Baker con un 12% y Palena con un 11%.

Tabla 2.3

Potencial hidroeléctrico en Chile, a Diciembre del 2017

	Hidráulica de pasada (MW)	Hidráulica de embalse (MW)	Total hidroeléctrico (MW)	Total (MW)	Participación energía hidroeléctrica (%)
SEN	3227	3393	6621	22369	30
SEA	23	0	23	62	37
SEM	0	0	0	104	0
Total	3250	3393	6643	22974	29

GENERADORAS DE CHILE

Tabla 2.4

Potencial hidroeléctrico por cuenca

Cuenca	Potencial hidroeléctrico (MW)	Proporción
Biobío	2.902	18%
Baker	1.918	12%
Palena	1.797	11%
Pascua	1.694	11%
Yelcho	1.403	9%
Maule	1.368	9%
Toltén	1.123	7%
Valdivia	906	6%
Aysén	848	5%
Bueno	807	5%
Cisnes	619	4%
Puelo	552	3%
Total	15.937	100%

MINISTERIO DE ENERGÍA, ESTUDIO DE CUENCAS, 2016

2.4.2 Tipos de centrales hidroeléctricas

- Centrales de Embalse: Instalación que utiliza un embalse para almacenar el agua y luego liberarla para producir electricidad según requerimientos del sistema. Este tipo de central hidroeléctrica puede generar electricidad para satisfacer demanda de energía base así como también apagarse o prenderse para ajustarse a variaciones en la demanda.
- Centrales Reversibles (Pumped Storage): Instalación que además de producir energía eléctrica a partir de la energía potencial, puede realizarlo de manera inversa. Cuando la demanda es alta el agua es liberada y se genera electricidad, mientras que cuando la demanda es baja el agua se bombea a un compartimiento superior para luego liberarla de acuerdo a requerimientos de la demanda.

- Centrales de Pasada: Instalación que utiliza el flujo del agua a través de un río o canal. Este tipo de centrales proporcionan un suministro continuo de electricidad para demanda de energía base y no puede almacenar reservas para ajustar generación a la demanda. El agua captada en la bocatoma es conducida a la casa de máquinas a través de una tubería forzada o de un conjunto canal – tubería forzada, donde se genera la energía eléctrica. Posteriormente el agua es devuelta al río, quedando disponible para todo tipo de usos, ya que no se realizan modificaciones químicas ni físicas.

CAPÍTULO 3 ANTECEDENTES GENERALES

En este capítulo se entregan los antecedentes requeridos para el desarrollo del proyecto de título. Se incluyen datos y parámetros necesarios para la elección del método y posterior determinación del caudal ambiental. Se indican antecedentes generales, tales como la ubicación del río Quepe, coordenadas del tramo en estudio, topografía del terreno, entre otros.

3.1 Ubicación

El proyecto de Central Hidroeléctrica de Paso se encuentra en el Río Quepe, región de la Araucanía, en la provincia de Cautín, comuna de Vilcún. Pertenece a la cuenca del Río Imperial, sub-cuenca Río Quepe bajo en Río Calbuco.

El tramo en estudio comprende, específicamente, el segmento ubicado entre la bocatoma del proyecto y la restitución de éste.



Figura 3.1 Ubicación del tramo de bocatoma y restitución, en Río Quepe (Elaboración propia)

Tabla 3.1

Coordenadas de tramo de bocatoma y restitución del proyecto. (Datum WGS84, Huso 19s)

Sector	Norte	Este
Bocatoma	5.715.425	244.740
Restitución	5.715.209	244.004

ELABORACIÓN PROPIA

3.2 Topografía

El análisis topográfico se realizó basado en un plano de planta con escala 1:1000. Esta abarca una superficie de 32 hectáreas desde la cota 579 hasta 645 m.s.n.m., con curvas de nivel cada metro.

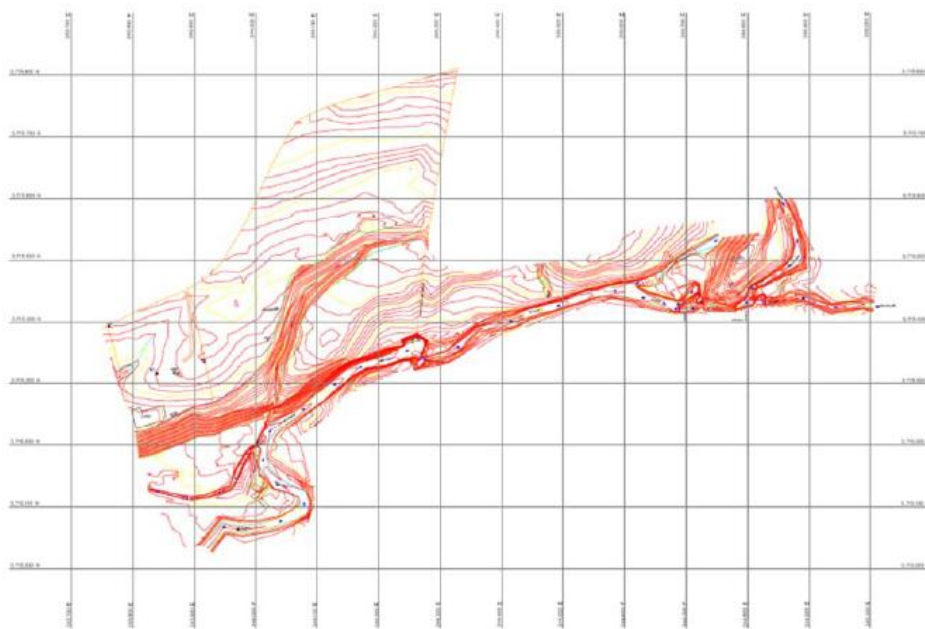


Figura 3.2 Levantamiento topográfico sector de ubicación de proyecto (Estudio hidrológico, Kai Klischies Nevermann, 2016)

3.3 Derechos de Agua

Los derechos de agua otorgados por DGA, son de tipo no consuntivo, superficial y corriente, con clasificación Río/Estero. Entre los puntos de captación y restitución existe una distancia medida en línea recta de 689 metros y un desnivel de 43 metros.

Tabla 3.2

Resumen de derechos de agua

Mes	Caudal (l/s)	
	Total captable	Ecológico total
Enero	2370	2190
Febrero	1620	2190
Marzo	1500	2221
Abril	2450	2221
Mayo	6050	2221
Junio	8070	2221
Julio	9320	2221
Agosto	6670	2221
Septiembre	4160	2190
Octubre	3820	2190
Noviembre	3000	2190
Diciembre	2990	2190

ESTUDIO HIDROLÓGICO, KAI KLISCHIES NEVERMANN, 2016

Los derechos de agua otorgados a terceros son captados aguas arriba del punto de captación del proyecto hidroeléctrico Enersur y restituidos aguas abajo del punto de restitución de este proyecto.

Tabla 3.3

Derechos de agua de terceros

Mes	Caudal (l/s)
Enero	3100
Febrero	2800
Marzo	2300
Abril	3200
Mayo	2020
Junio	0
Julio	0
Agosto	1400
Septiembre	3910
Octubre	4250
Noviembre	5070
Diciembre	4300

ESTUDIO HIDROLÓGICO, KAI KLISCHIES NEVERMANN, 2016

3.4 Central hidroeléctrica de Paso

El proyecto contempla la construcción de una minicentral hidroeléctrica de pasada, con una potencia bruta turbineable máxima de 2,9 kW, captando un caudal máximo de 8000 l/s aguas abajo de la confluencia de los ríos Quepe y Lan Lan, aprovechando un desnivel de 38,98 m. El caudal se captará mediante una bocatoma lateral y será conducido hasta la cámara de carga por un canal rectangular de hormigón. El proyecto contempla un penstock de 92,9 m que llegará de forma directa a la casa de máquinas.

CAPÍTULO 4 MODELACIÓN HIDRÁULICA DEL CAUCE

En este capítulo se detallan las principales características del área en estudio. Se incluyen datos del cauce, los cuales determinan su morfología y permiten ver directamente el comportamiento del caudal. Este ítem es de suma importancia ya que entrega la información necesaria para definir el método a utilizar para el correcto desarrollo de la memoria de título.

4.1 Hidrología

Para la realización del estudio hidrológico, se utilizó la información fluviométrica de la estación Quepe en Vilcún de la Dirección General de Aguas (DGA).

4.1.1 Caudales medios mensuales

La Tabla 4.1 detalla los caudales medios mensuales en el punto de captación para distintas probabilidades de excedencia (P.E.). Asimismo, en Tabla 4.2 se detallan para el punto de restitución.

Considerando los derechos de agua otorgados para la realización del proyecto y a terceros, se modela el río y diseñan las obras considerando una probabilidad de excedencia de un 50%.

La distribución de estos caudales antes del punto de captación para los ríos Quepe y Lan Lan, y un 50% de probabilidad de excedencia, se muestra en la Tabla 7.

Tabla 4.1

Caudales medios mensuales en captación (m³/s)

P.E.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5%	18,01	14,58	13,29	18,05	39,04	56,94	63,59	43,19	36,59	33,30	29,89	24,38
10%	15,85	12,97	11,85	15,71	33,07	49,18	54,78	38,44	32,45	29,22	26,01	21,16
20%	13,59	11,29	10,34	13,28	26,83	41,10	45,58	33,49	28,14	24,96	21,96	17,80
50%	10,18	8,76	8,06	9,60	17,42	28,88	31,70	26,03	21,63	18,54	15,85	12,72
85%	7,15	6,52	6,03	6,32	9,06	18,03	19,37	19,39	15,83	12,83	10,41	8,22
95%	5,79	5,49	5,12	4,84	5,27	13,11	13,77	16,38	13,21	10,24	7,95	6,17

ESTUDIO HIDROLÓGICO, KAI KLISCHIES NEVERMANN, 2016

Tabla 4.2

Caudales medios mensuales en restitución (m³/s)

P.E.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5%	19.15	15.50	14.13	19.19	41.51	60.54	67.61	45.92	38.90	35.40	31.79	25.92
10%	16.85	13.80	12.60	16.70	35.16	52.30	58.24	40.87	34.50	31.07	27.66	22.50
20%	14.45	12.01	10.99	14.11	28.53	43.70	48.46	35.61	29.92	26.54	23.35	18.92
50%	10.83	9.32	8.57	10.20	18.52	30.71	33.70	27.67	22.99	19.71	16.85	13.53
85%	7.61	6.93	6.41	6.72	9.63	19.17	20.59	20.61	16.84	13.64	11.07	8.73
95%	6.15	5.84	5.44	5.15	5.60	13.94	14.64	17.41	14.05	10.89	8.45	6.56

ESTUDIO HIDROLÓGICO, KAI KLISCHIES NEVERMANN, 2016

Tabla 4.3

Distribución de caudales río Quepe y Lan Lan en confluencia (m³/s)

Cauce	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Quepe	6,28	5,41	4,97	5,92	10,75	17,82	19,55	16,05	13,34	11,44	9,78	7,85
Lan Lan	3,90	3,36	3,09	3,68	6,67	11,06	12,14	9,97	8,29	7,10	6,07	4,87

ESTUDIO HIDROLÓGICO, KAI KLISCHIES NEVERMANN, 2016

Los caudales utilizados en la modelación corresponden a los presentados en la siguiente Tabla 4.4, los cuales se obtienen del ajuste entre las Tablas 4.1, 4.2, 4.3 y los Derechos de agua otorgados a terceros (Tabla 3.4).

Tabla 4.4

Caudales medios mensuales (m3/s)

Mes	Caudal Quepe después de confluencia	Caudal Quepe antes de confluencia	Caudal Lan Lan antes de confluencia	Caudal en restitución
Enero	7.08	3.18	3.90	7.73
Febrero	5.96	2.61	3.36	6.52
Marzo	5.76	2.67	3.09	6.27
Abril	6.40	2.72	3.68	7.00
Mayo	15.40	8.73	6.67	16.50
Junio	28.88	17.82	11.06	30.71
Julio	31.70	19.55	12.14	33.70
Agosto	24.63	14.65	9.97	26.27
Septiembre	17.72	9.43	8.29	19.08
Octubre	14.29	7.19	7.10	15.46
Noviembre	10.78	4.71	6.07	11.78
Diciembre	8.42	3.55	4.87	9.23

ESTUDIO HIDROLÓGICO, KAI KLISCHIES NEVERMANN, 2016

4.1.1 Caudales de crecida

Mediante métodos indirectos se estimó los caudales de crecida en base a información pluviométrica, tamaño de la cuenca, largo de la cuenca, pendiente media, etc. Estos resultados fueron comparados con el resultado para el análisis fluvimétrico en el punto de captación, encontrándose que este último se asemeja de mejor forma a la realidad esperada para el sector.

A continuación, se resumen las crecidas calculadas para diferentes periodos de retorno en el sector de captación y restitución.

Tabla 4.5

Crecidas en captación y restitución

Periodo de retorno (T)	Caudal (m ³ /s) en captación	Caudal (m ³ /s) en restitución
2	50,54	53,74
5	76,94	81,81
10	94,42	100,39
25	116,50	123,87
50	132,88	141,29
100	149,14	158,57
200	165,35	175,80

ESTUDIO HIDROLÓGICO, KAI KLISCHIES NEVERMANN, 2016

4.2 Caracterización Climática del área en estudio

La cuenca del río Quepe, se desarrolla en un sector precordillerano y el clima es templado frío lluvioso con influencia mediterránea. Este tipo climático se presenta en la zona cordillerana de las regiones del Biobío, Araucanía y sector norte de Arica y Parinacota. Se caracteriza por las bajas temperaturas durante todo el año y el aumento de las precipitaciones con la altura, las cuales llegan a los 3.000 mm anuales, sobre los 1.200 m.s.n.m.

4.3 Fauna Íctica

Según monitoreo realizado en las estaciones (Figura 4,1, Tabla 4.6), no se encuentra fauna íctica nativa, sólo se encuentra la especie *Salmo trutta* (trucha fario); no obstante, en la estación AADC se encuentra una mayor abundancia de ejemplares pero con magnitudes de talla y peso menores que las encontradas en la estación AACC.

Tabla 4.6

Identificación geográfica de las estaciones de monitoreo

Estación (AACC)	Latitud Sur	Longitud Oeste
E	38°40'12.51"S	71°55'47.61"O
F	38°40'11.67"S	71°55'43.36"O
Estación (AADC)	Latitud Sur	Longitud Oeste
A	38°40'35.16"S	71°56'40.25"O
B	38°40'35.34"S	71°56'44.92"O
C	38°40'32.52"S	71°56'39.93"O
D	38°40'31.48"S	71°56'50.04"O

ESTUDIO DE LA FAUNA ÍCTICA DEL RÍO QUEPE, ENESUR, 2015

La trucha fario es una especie que se encuentra plenamente adaptada y consolidada a las condiciones de las aguas del sur de Chile, se alimentan de presas bentónicas, principalmente crustáceos decápodos y larvas de insectos. Son generalmente depredadores visuales, y la presencia de una presa en su dieta depende de la disponibilidad de ésta, su detección y selección como alimento.



Figura 4.1 Identificación área de muestreo (Evaluación de la Fauna Íctica del Río Quepe, ENESUR, 2015)

Tabla 4.7

Estado de conservación de la especie encontrada

Nombre científico	Nombre común	Estado de conservación	Familia
<i>Salmo trutta</i>	Trucha Fario	No listada	<i>Salmonoidae</i>

ESTUDIO DE LA FAUNA ÍCTICA DEL RÍO QUEPE, ENESUR, 2015

4.4 Flora Terrestre

La zona de estudio considera el área entre la captación y la restitución del proyecto Central de paso, mostrada anteriormente en Figura 3.1 del tramo de bocatoma y restitución, en Río Quepe.

La siguiente tabla (Tabla 4.8), resume las especies vegetacionales encontradas, describiendo su origen geográfico (OG) y forma de vida (FV). Donde: N corresponde a origen nativo, I corresponde a introducido y AA a árbol.

Tabla 4.8

Listado de especies presentes en la zona de estudio

Especie	OG	FV	Especie	OG	FV
<i>Nothofagus oblicua</i>	N	AA	<i>Weinmannia trinchosperna</i>	N	AA
<i>Nothofagus dombeyi</i>	N	AA	<i>Aextoxicon punctatum</i>	N	AA
<i>Aristolia chilensis</i>	N	AA	<i>Drimys winteri</i>	N	AA
<i>Lomatia hirsuta</i>	N	AA	<i>Lomatia dentata</i>	N	AA
<i>Luma apiculata</i>	N	AA	<i>Myrceugenia exsucca</i>	N	AA
<i>Persea lingue</i>	N	AA	<i>Pinus radiata</i>	I	AA
<i>Caldcluvia paniculata</i>	N	AA	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	I	AA
<i>Gevuina avellana</i>	N	AA			

ESTUDIO DE FLORA TERRESTRE, ENESUR, 2015

Se determinó que la mayor parte de la superficie compromete la presencia de las especies nativas *Caldcluvia paniculata*, *Aextoxicon punctatum*, *Drimys winteri*. La presencia de especies exóticas *Pseudotsuga menziesii*, acompañados de individuo de *Lomatia dentata*, no se vería involucrada en los trabajos de Central de Paso, puesto que a pesar de estar cercanos a punto de captación, estos se encuentran sobre la cota de bocatoma de proyecto

En Anexo A se complementa esta información con fotografías del lugar en estudio y la respectiva vegetación encontrada.

4.5 Fauna Terrestre

El área de análisis para éste estudio, se divide en:

- a) Área de Influencia Directa (AID): Corresponde al área a intervenir para la implementación de la Bocatoma, Tuberías de aducción, Casa de Máquinas y punto de Restitución.
- b) Área de Influencia Indirecta (AI): Corresponde a un buffer de 50 m. a los costados de las obras asociadas al proyecto y sectores adyacentes a éste, considerando la movilidad de la fauna. Se incluyen áreas asociadas al río Quepe, de modo de caracterizar vertebrados terrestres potencial en el área de estudio del Proyecto.

Se detectó un total de 22 especies, donde fueron avistados los siguientes grupos:

- Las aves son el grupo de mayor predominancia en el sector, con 18 especies, siendo las de bosque representadas en una mayor proporción, de estas, 16 son nativas, 1 es endémica (*Scelorchilus rubecula*) y 1 es introducida (*Turdus falklandii*).

- Los mamíferos, sólo se registraron evidencias directas (avistamientos) de dos especies, *Oryctolagus cuniculus* (Conejo) y *Abrothrix olivaceus* (Ratón Oliváceo), de las cuales se registró un individuo para cada especie. Para el caso de la especie *Puma concolor* (Puma) este fue contabilizado por dos razones, porque lugareños entrevistados del sector, testificaron avistamiento recientes de esta especie en estado juvenil y además por encontrar una huella fresca durante la campaña de monitoreo.
- Los reptiles, tan sólo un colúbrido de la especie *Tachymenis chilensis* (culebra de cola corta).
- Se detectaron cinco las especies exóticas, estas son: caballo, ovejas, conejo, vacunos, y perro.

En Anexo B se especifica las especies potencialmente presentes en el área de estudio, incluyendo las registradas.

4.6 Paisaje

El valor paisajístico se basa en las siguientes descripciones:

- Puntos de observación: El análisis de paisaje se realizó desde los caminos de acceso público y vecinal a través de la ruta de acceso, además de huellas internas dentro del predio donde se localizará el proyecto.
- Calidad visual y fragilidad del paisaje: La evaluación de la calidad del paisaje se realizó a través de la valoración de atributos biofísicos, estructurales y estéticos del paisaje.

Del estudio realizado se concluye que:

- Características del paisaje: es común dentro de la región, sin embargo cuenta con elementos singulares destacados: el río y la panorámica al volcán Llaima.
- Zona geográfica: tiene fuertes pendientes debido al encajonamiento, la mala accesibilidad resta valor al paisaje, sin contar con que este elemento importante y destacado se encuentra dentro de un predio privado. El volcán Llaima, no perderá su potencial atractivo debido a que el proyecto no contempla modificar el paisaje a la escala de afectar su panorámica completa, en una zona donde ya existe alumbrado eléctrico como elemento antrópico dentro del paisaje actual.
- Calidad y fragilidad del paisaje: el paisaje tiene calidad media a alta, con una fragilidad de nivel medio. En cuanto a la calidad, en este paisaje los elementos paisajísticos evaluados son comunes en la macrozona sur, existiendo una mayor variedad vegetal sólo en la zona del río y paisajística en la visual al volcán Llaima, destacándose en este último una mayor intensidad en los colores percibidos de los elementos del paisaje.
- Factores biofísicos: son similares para los 25 puntos de observación prospectados, siendo la accesibilidad visual del paisaje baja, debido a que para ingresar al área del emplazamiento del proyecto sólo existe una ruta principal (S-277) que permite sólo observar un tramo del proyecto, siendo el otro un acceso vecinal y siendo el resto de tipo huella del dueño del predio a intervenir.
- Por lo tanto se proyecta que el valor paisajístico del área corresponde a la categoría medio. Esto significaría que este paisaje se vería alterado por las instalaciones del proyecto en el tramo desde el cual se construiría el punto de captación al punto de restitución (línea de aducción) con una distancia aproximada de 950 metros.

Anexo C muestra registro fotográfico e información sobre las unidades paisajísticas identificadas dentro del área de influencia



Figura 4.2 Ubicación de los puntos de observación para el estudio de paisaje en el área de estudio como proyecto de intervención (Estudio del recurso paisaje, ENESUR, 2015)

4.7 Otros parámetros para la determinación del caudal ambiental

La siguiente información se obtiene del informe “La calidad de las aguas en los ríos Cautín e Imperial, IX Región de Chile”.

- Tipo de régimen del río: Pluvial (la alimentación hidrológica de la subcuenca del río Quepe, en su parte intermedia y baja presenta un régimen claramente pluvial, siendo la parte alta de la cuenca influenciada por precipitación nival).
- Temperatura del agua: para el río Cautín las temperaturas más bajas en invierno con 5°C y las más altas en primavera-verano con 21°C.
- Oxígeno disuelto: Las fuentes de oxígeno en el agua son la aireación y la fotosíntesis de las algas. El oxígeno disuelto se presentó en un rango de 8.0 a 12.7 ppm estando sobre los valores mínimos que permiten sustentar la vida acuática, que de acuerdo a la norma vigente es de 5 ppm.
- pH: Varía entre 7.1 y 8.7. El requisito para la vida acuática, es de 6 a 9 unidades de pH, las aguas dulces presentan un pH entre 6.5 y 8.7 por lo cual las aguas de estos ríos no presentan problema.
- DBO₅: La demanda bioquímica de oxígeno, se presentó con un rango de 0.44 a 2.41 ppm. Si se considera que corresponde a la cantidad de oxígeno

disuelto en el agua, necesario para la oxidación bioquímica aeróbica de las sustancias orgánicas presentes en el agua, la DBO₅ es un buen indicador de la calidad general del agua y concretamente de la contaminación orgánica. Valores de la DBO₅ superiores a 10 ppm, son característicos de aguas muy contaminadas y valores menores de 3 ppm indicarían una contaminación muy débil. Por lo anterior se trata de aguas muy débilmente contaminadas.

- Conductividad eléctrica: La conductividad es una medida del grado de mineralización de las aguas, como también de la carga iónica presente, los valores encontrados fueron de 32.4 a 190 Ms/cm, que están dentro de lo estipulado por las Normas Chilenas para las aguas de riego. Los valores reportados son los esperados para este tipo de ríos.
- Coliformes fecales: En las siguientes tablas (Tabla 4.13 y 4.14) se detallan las cantidades de coliformes encontradas, dependiendo la estación del año.

Tabla 4.9

Análisis microbiológico de las aguas de los ríos Cautín e Imperial en Invierno

Muestra	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliformes fecales (NMP/100ml)
1	540	33
2	540	49
3	170	23
4	1100	680
5	180	140
6	680	450
7	27	27
8	540	130
9	3300	780
10	33	2

INFORME LA CALIDAD DE LAS AGUAS EN LOS RÍOS CAUTÍN E IMPERIAL, IX
REGIÓN DE CHILE

Tabla 4.10

Análisis microbiológico de las aguas de los ríos Cautín e Imperial en Verano

Muestra	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliformes fecales (NMP/100ml)
1	1100	20
2	1700	18
3	240	2
4	170	18
5	1100	68
6	5400	490
7	170	20
8	5400	790
9	3500	330
10	790	170

INFORME LA CALIDAD DE LAS AGUAS EN LOS RÍOS CAUTÍN E IMPERIAL, IX
REGIÓN DE CHILE

CAPÍTULO 5 DETERMINACIÓN DEL MÉTODO

En el presente capítulo se determinan las valoraciones necesarias para identificar el método óptimo a utilizar para la determinación del caudal ambiental.

5.1 Valoración de la alteración hidromorfológica

5.1.1 Alteración del hidrograma producto de la magnitud de captación

El índice de alteración de la magnitud del hidrograma se determina como la razón entre el caudal asociado a la máxima potencia instalada de la central hidroeléctrica, es decir, el máximo caudal turbinable, y el QMA del río en régimen actual.

$$IAH_M = \frac{Q_{MT}}{Q_{MA}} \times 100$$

Dónde:

IAH_M : es el índice de alteración hidromorfológica para la magnitud de captación.

Q_{MT} : es el caudal máximo turbinable por la central hidroeléctrica.

Q_{MA} : es el caudal medio anual en régimen actual en el punto de captación.

Reemplazando los valores obtenidos del se obtiene:

$$IAH_M = \frac{8000 \text{ litros/s}}{17447,5 \text{ litros/s}} \times 100 = 45,8518 \%$$

Para conocer el significado del valor anterior, se debe revisar la Tabla 5.1, la cual muestra el grado de alteración esperado del hidrograma por la captación del caudal para turbinar.

Según la Tabla 5.1, la valoración entrega una baja alteración, dando un valor 1.

Tabla 5.1

Clases de alteración de la magnitud hidrológica esperada producto de la operación de la central

Índice	Valoración	Valor
$IAH_M < 30\%$	Mínima alteración	0
$30\% \leq IAH_M \leq 50\%$	Baja alteración	1
$50\% < IAH_M < 70\%$	Media alteración	2
$IAH_M \geq 70\%$	Alta alteración	3

ECOHYD, 2011

5.1.2 Alteración de la temporalidad del hidrograma

Se determina mediante el análisis de la regla de operación del proyecto hidroeléctrico manteniendo las condiciones del río y de captación de un proyecto hidroeléctrico, las distintas obras de toma tendrán distintos niveles de alteración de la temporalidad del hidrograma de acuerdo a las características de diseño y las limitaciones y posibilidades de operación de éstas.

→ Tipo de bocatoma: Barrera fija de 3,5 metros de altura.

El valor asociado al tipo de bocatoma del proyecto hidroeléctrico, nos entrega un valor 2, indicando una alteración en laminación de crecidas; con captación de caudal en estos eventos.

Tabla 5.2

Valoración del impacto esperado en la temporalidad del hidrograma a nivel mensual o intranual de acuerdo al tipo de obra de captación del proyecto hidroeléctrico

Tipo de bocatoma	Identificación de la alteración esperada	Valor
<i>Rubber dam</i> , clapetas, fusible	Baja alteración en las ondas de crecida	0
Tirolesa	Baja laminación de eventos de crecida. Con captación de caudal en estos eventos	1
Barreras móviles o frontales menores a 10 m de altura	Alteración en laminación de crecidas. Con captación de caudal en estos eventos	2
Barreras frontales mayores a 10 m de altura	Alta laminación de eventos menores de crecida. Puede producir inversión del hidrograma anual dependiendo de la regla de operación y de la capacidad del volumen de regulación	3

ECOHYD, 2011

5.1.3 Alteración en el gasto sólido

La valoración de la alteración del régimen de sedimento se basa en el supuesto de que toda obra hidráulica produce una alteración en la movilidad del sedimento y que el nivel de alteración está dado principalmente por los niveles de gasto sólido que presenta el río, los cuales debieran en lo posible mantenerse.

→ El río es de origen pluvial con pendientes medias.

De acuerdo a la Tabla 5.3 presentada a continuación, el valor correspondiente a esta valoración es 1, con un potencial nivel de alteración leve.

Tabla 5.3

Valoración de la potencial alteración del gasto sólido producto de la central hidroeléctrica

Potencial nivel de alteración	Características Hidromorfológicas del río	Valor
Casi nula	Ríos de regulación lacustre. Debido a que estos suelen ubicarse en el sur de Chile, presentan bajas pendientes.	0
Leve	Ríos de origen pluvial. Pendientes medias y bajas. Ríos de origen nival. Bajas pendientes.	1
Media	Ríos de origen nival. Pendientes medias y altas. Ríos de origen pluvial. Pendientes altas.	2
Elevada	Ríos de origen glacial. Pendientes altas y medias, y algunos de pendiente baja.	3

ECOHYD, 2011

5.1.4 Valoración conjunta de la alteración hidromorfológica

Corresponde a la sumatoria de los valores obtenidos para cada uno de los tres aspectos descritos anteriormente: alteración del hidrograma producto de la magnitud de captación; alteración de la temporalidad del hidrograma; y alteración en el gasto sólido.

$$\text{Sumatoria} = 1 + 2 + 2 = 5$$

Tal como se describe en la Tabla 5.4, el nivel de alteración hidromorfológica conjunta, nos entrega un nivel medio.

Tabla 5.4

Valoración conjunta de la alteración hidromorfológica esperada por el proyecto

Nivel	Nivel de alteración hidromorfológica esperada
0-2	Baja
3-6	Media
7-9	Alta

ECOHYD, 2011

5.2 Valoración de la calidad del sistema en las AIA

5.2.1 Usos antrópicos en el AIA

Se evalúan las interacciones entre el componente social y el río.

La valoración se basa en la identificación de los tipos de usos en el AIA. Para cada tipo de uso identificado se debe asignar el valor 1. En caso de no existir se asignará un valor de 0. El valor final es la sumatoria de los usos identificados

En este caso, el tramo de río que corresponde evaluar, entra en la categoría estética, con presencia de cascadas, rápidos, sitios de paisaje particular, observación de flora y fauna, entre otros.

Siendo éste el único uso del tramo de río, se le asigna un valor 1. Así, finalmente, la sumatoria de esta valoración entrega un total de 1, como se indica en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5

Valoración del río y su ecosistema de acuerdo a los tipos de usos antrópicos que se desarrollan dentro del AIA

Usos	Valor
Estético	0-1
Recreación con contacto	0-1
Recreación sin contacto	0-1
Valor Final (Sumatoria)	[0-3]

EcoHyd, 2011

5.2.2 Especies en categoría de conservación en el AIA

La valoración considera distintos escenarios o combinaciones posibles, en función de la presencia de especies clasificadas según muestra la Tabla 5.6. Se fundamenta en el principio de valorar más aquellos ambientes con especies clasificadas en categorías más críticas, seleccionando el par de especies que sean más restrictivas (una para cada fila y columna).

Según lo entregado por el la evaluación de la flora y fauna presente, se puede apreciar la presencia de una especie introducida (trucha) y otra especie nativa (Persea Lingue), con categoría de conservación de preocupación menor (según el decreto supremo n°41/2011 del Ministerio del Medio Ambiente) . Esto nos entrega un valor 2, como se observa en la siguiente Tabla 5.6.

Tabla 5.6

Valoración ecológica del río en función de la presencia de especies nativas clasificadas según su estado de conservación

	Especies nativas “En peligro crítico”; “En peligro”, “Vulnerables” o “Casi amenazada”	Especies nativas de “preocupación menor”	Especies nativas sin categoría de conservación	Introducida
Especies nativas “En peligro crítico”; “En peligro”, “Vulnerables” o “Casi amenazada”	3	3	3	3
Especies nativas de “preocupación menor”	3	2	2	2
Especies nativas sin categoría de conservación	3	2	1	1
Introducida	3	2	1	0

GUÍA METODOLÓGICA PARA DETERMINAR EL CAUDAL AMBIENTAL PARA CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN EL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

5.2.3 Calidad físico-química del agua del río en el AIA

El criterio del sistema de clasificación se basa en que a mejor calidad fisicoquímica del agua del río a intervenir, mejor serán las condiciones para el desarrollo de vida acuática, por lo que tendrá un mayor valor ambiental.

En la siguiente Tabla 5.7, se destacan los valores de los parámetros entregados previamente en el ítem 4.7 del presente proyecto. En algunos casos, se aproxima el valor a su número más cercano.

Tabla 5.7

Clasificación fisicoquímica de un cuerpo de agua según rangos de valores de parámetros seleccionados

Parámetro	Unidad	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
OD	mg/l	>7,5	7,5≥OD>5,5	5,5≥OD>5	<5
CE(1)	umhos/cm a 25°C	≤750	750<CE≤1500	1500<CE≤3000	>3000
pH(1)		6,5-9	6,5-9	6,5-9	<6,5 o >9,0
Turbidez(1)	NTU	<50	<50	=50	>50
DBO5	mg/l	≤2	2< DBO5≤5	5< DBO5≤10	>10
Aceites y grasas	mg/l	Ausencia	≤5	≤5	>5
Coliformes fecales	NMP/100ml	≤10	10<Coliformes Fecales≤1000	10<Coliformes Fecales≤1000	>1000

GUÍA METODOLÓGICA PARA DETERMINAR EL CAUDAL AMBIENTAL PARA CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN EL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

En este caso, no se cumple el rango de valor en todos los parámetros al mismo tiempo en ninguna de las clases, por lo tanto se asigna la CLASE 1, ya que es quien cumple con el rango de valor de la mayor cantidad de parámetros.

Tabla 5.8

Valoración fisicoquímica del río en el AI

Características del cuerpo de agua	Valor
Posee NSCA o es de clase 1	3
Clase 2	2
Clase 3	1
Clase 4	0

GUÍA METODOLÓGICA PARA DETERMINAR EL CAUDAL AMBIENTAL PARA CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN EL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

5.2.4 Valoración conjunta de la calidad del sistema

Corresponde a la sumatoria de los valores obtenidos para cada uno de los tres aspectos descritos anteriormente: usos antrópicos; especies en categoría de conservación; calidad físico química del agua del río.

$$\text{Sumatoria} = 1 + 2 + 3 = 6$$

La valoración conjunta de la calidad del sistema se expresa en la Tabla 5.9 expuesta a continuación, la cual entrega un nivel de valoración MEDIA.

Tabla 5.9

Valoración conjunta de la calidad del sistema

Valor	Nivel de valoración del sistema
0-2	Baja
3-6	Media
7-9	Alta

ECOHYD, 2011

5.3 Identificación y elección del método

Para las valoraciones anteriormente obtenidas, se obtiene la siguiente identificación metodológica.

→ Valoración conjunta de la alteración hidromorfológica = 4

→ Valoración conjunta de la calidad del sistema = 6

Introduciendo los valores en la tabla 5.10, se obtiene el o los métodos óptimos a utilizar en la determinación del caudal ambiental.

Tabla 5.10

Identificación del grupo de métodos adecuados a implementar en el estudio de caudales ambientales

		Calidad del Sistema		
Alteración Hidromorfológica	Niveles	0-2	3-6	7-9
	0-2	QDGA	Métodos hidrológicos Métodos hidráulicos	Simulación hidráulica Simulación de hábitat
	3-6	Métodos hidrológicos	Simulación hidráulica Simulación de hábitat	Simulación de hábitat
	7-9	Métodos hidrológicos Simulación hidráulica	Simulación hidráulica Simulación de hábitat	Simulación de hábitat y calidad de agua

ECOHYD, 2011

En este caso, los métodos recomendados para realizar la estimación del caudal ambiental para la mini central hidroeléctrica de paso, son dos: Simulación Hidráulica y Simulación de Hábitat.

Para decidir cuál es el método más adecuado para determinar el caudal ambiental en este proyecto, se hace necesario evaluar si lo que predomina en el tramo de estudio es la selección de una especie objetivo o de una actividad antrópica.

De acuerdo a la información expuesta anteriormente sobre los estudios del tramo bocatoma-restitución, se demuestra que no existe la ocurrencia de actividades antrópicas ya que el lugar es de difícil acceso debido a las marcadas pendientes y caminos en mal estado desde la carretera.

Por lo tanto, se realiza una caracterización de la única especie encontrada en el caudal del tramo estudiado (*Salmo Trutta*) y a la vez, de las zonas ribereñas, debido a su importancia como transición entre los ecosistemas terrestre y acuático.

Como resultado de los parámetros del río y a las características del proyecto, se debe elegir el Método de Simulación de Hábitat Físico.

En la Simulación de Hábitat Físico se determina el caudal como aquél que cumple con los requerimientos hidráulicos mínimos definidos para la especie objetivo. Para ello, se trabaja con las curvas de idoneidad correspondientes al *Salmo Trutta*, las cuales indican, para cada estado de desarrollo, los óptimos valores para su supervivencia en cuanto a profundidad, velocidad y lecho del cauce en donde habita.

CAPITULO 6 APLICACIÓN DEL MÉTODO EN LAS ÁREAS DE INFLUENCIA

El siguiente capítulo trata sobre la determinación de las AIA del tramo del río analizado y la determinación del caudal ambiental en aquellas áreas, basándose en la especie objetivo identificada anteriormente.

6.1 Determinación del AIA

Caracterización ecológica:

El estudio de fauna íctica de Río Quepe concluye que la única especie que se observa en el tramo es *Salmo Trutta* (exótica asilvestrada), perteneciente a la familia Salmonoide, la cual no pertenece a fauna íctica y su conservación no se encuentra enlistada.

Caracterización de zonas ribereñas:

La estabilidad morfológica que presenta la ribera del Río Quepe y su dinámica en el sistema fluvial, tienen gran conexión con la cantidad y variedad de vegetación y fauna existente a su alrededor, la cual genera una alteración de importancia en la morfología, la que puede ocasionar grandes cambios en el ecosistema, alterando los hábitats de las especies que lo habitan.

Para el desarrollo de este proyecto, se descarta la influencia de la vegetación señalada ya que se encuentra a una distancia considerable de la zona de estudio y su influencia sobre el caudal ambiental requerido, es nula.

Por lo tanto, las áreas a estudiar a lo largo del tramo, serán sólo AIE, ya que no se distinguen AUA.

Para decidir las áreas a estudio, se obtiene la información del tramo analizado con la ayuda del software HEC-RAS y CIVIL 3D, los cuales nos entregan imágenes en 1, 2 y 3 dimensiones del río Quepe, permitiendo así la elección óptima de las AIA.

En el tramo comprendido entre la bocatoma del proyecto hidroeléctrico y su restitución, se distingue un total de cuatro AIA, específicamente, AIE. Estas se muestran en las siguientes figuras (Figura 6.1 y 6,2), las cuales corresponden a las distintas vistas del río, obtenidas desde HEC-RAS, simulando el tramo con la situación del proyecto de central hidroeléctrica ya instaurado.

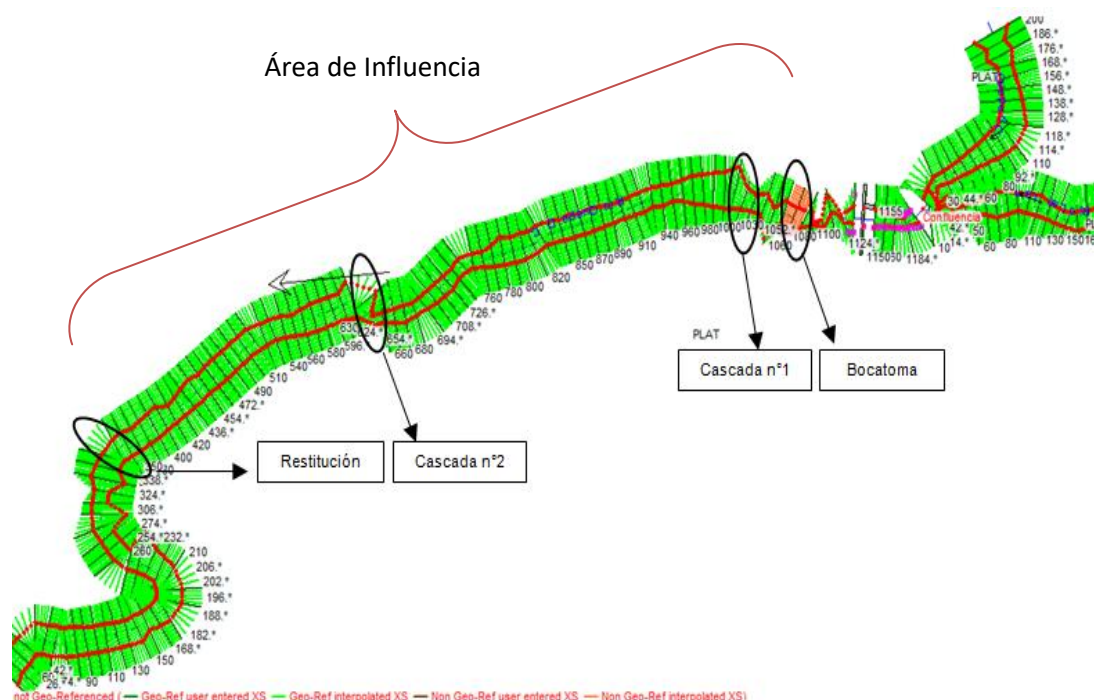


Figura 6.1 Vista en planta del tramo estudiado del río Quepe. (Software HEC-RAS)

Capítulo 6: Aplicación del Método en las Áreas de Influencia

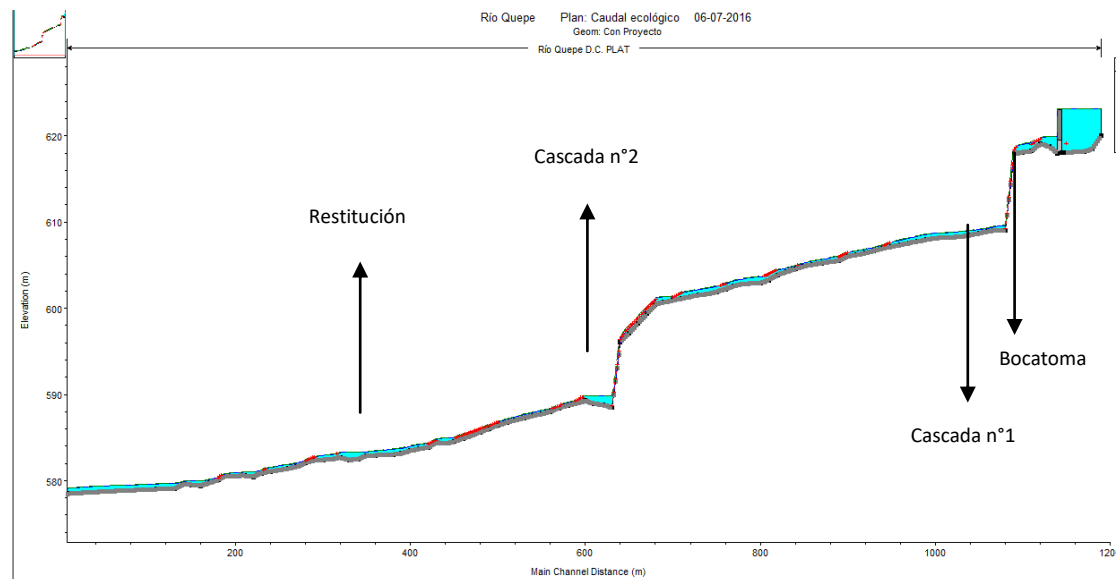


Figura 6.2 Vista en corte del tramo estudiado del río Quepe (Software HEC-RAS)

La elección de estas áreas se basa principalmente en su importancia paisajística. Se observan dos cascadas con altura de salto considerable. En el caso de las otras áreas seleccionadas, se recomienda analizar la bocatoma y la restitución de los proyectos hidroeléctricos porque son puntos en donde ocurre un significativo cambio de caudal.

Tabla 6.1

Perfiles característicos de las AIE seleccionadas

Punto	Perfil
Bocatoma	1130
Cascada n°1	1090
Cascada n°2	620
Punto de restitución	340-360

ELABORACIÓN PROPIA

En Anexo D se encuentra en detalle cada perfil analizado, con su respectiva información hidrológica.

6.2 Determinación del régimen de caudal ambiental

Para poder generar este régimen de caudal ambiental, es necesario considerar los periodos biológicamente significativos de la especie objetivo, como los estados de desarrollo y periodos de frezaderos, en este caso para la especie *Salmo Trutta*.

6.2.1 Caudal mínimo

En general, los peces de la especie *Salmo Trutta* son muy territoriales y defienden un área de alimentación individual en zonas poco profundas y en las proximidades de las orillas con corriente moderada.

Especie originaria del noreste de América del Norte, fue introducida en el año 1905 con fines deportivos a Chile. Su coloración es castaño oliváceo, el dorso marmóreo y los flancos presentan pequeñas manchas rojas con una aureola claro azulado y manchas amarillas verdosas (Figura 6.3). Es una especie no migratoria y la alimentación se basa en insectos acuáticos y terrestres, crustáceos y peces. La época de reproducción en Chile se presenta durante Otoño-Invierno (Junio- Agosto).

Hay segregación espacial de clases de edad según la profundidad, encontrándose los individuos de mayor talla a mayor profundidad. Las truchas prefieren aguas más profundas y lentas según aumentan su tamaño. El óptimo de sitios para juveniles y adultos aumenta con la presencia de pozas y con la profundidad máxima de éstas.



Figura 6.3 Salmo Trutta en estado adulto (Determinación del estado reproductivo de trucha arcoíris y trucha café en el Río Palena)

Los siguientes gráficos muestran las curvas de preferencia para la trucha común, en sus estados adulto, juvenil y alevín, junto a la presencia de la especie para la freza, para la velocidad de la corriente medida en m/s y la profundidad en metros y tipo de sustrato..

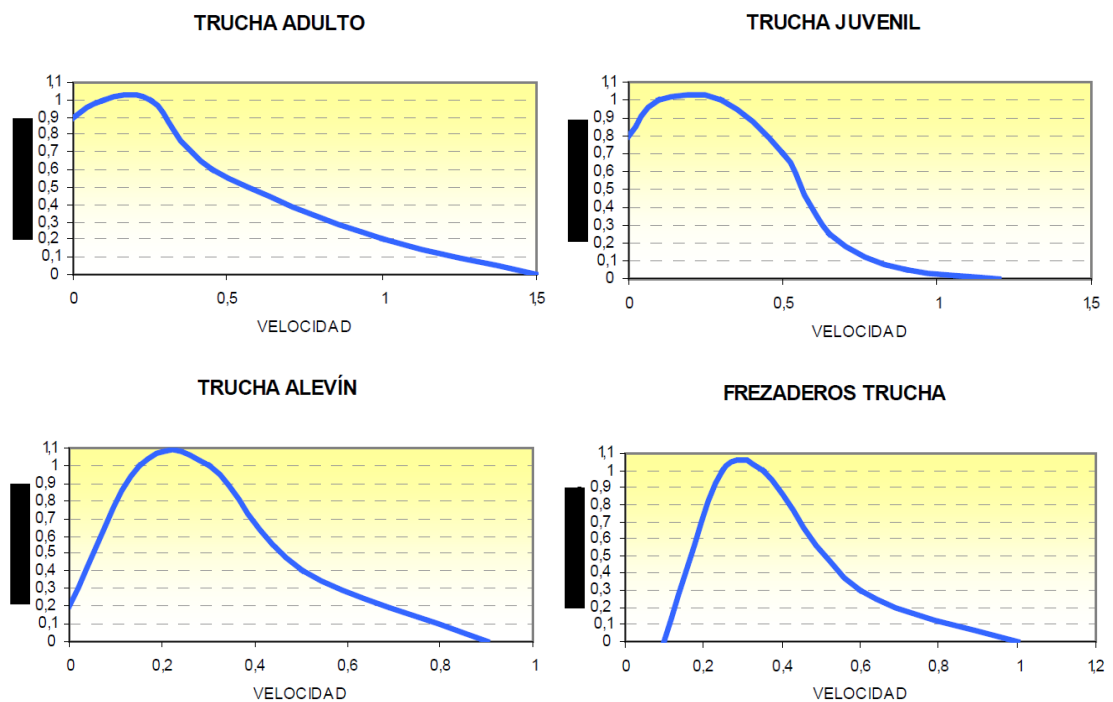


Figura 6.4 Curvas de preferencia de velocidad para la trucha común (Caudales ecológicos, Antonio Sánchez)

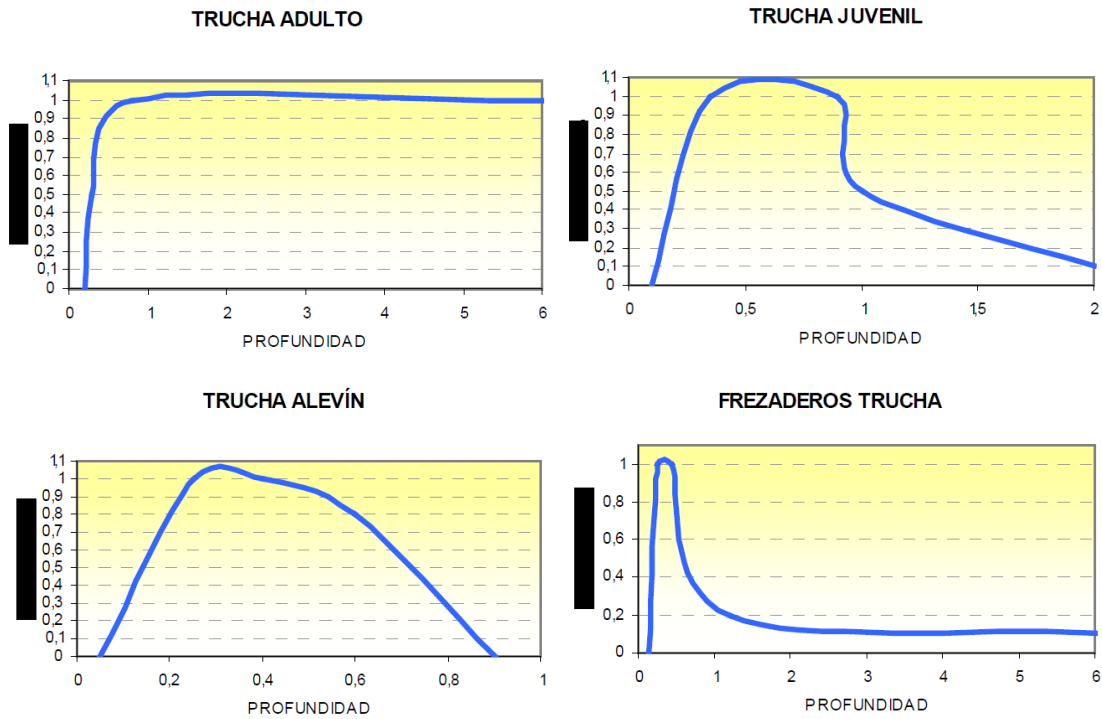


Figura 6.5 Curvas de preferencia de profundidad para la trucha común (Caudales ecológicos, Antonio Sánchez)

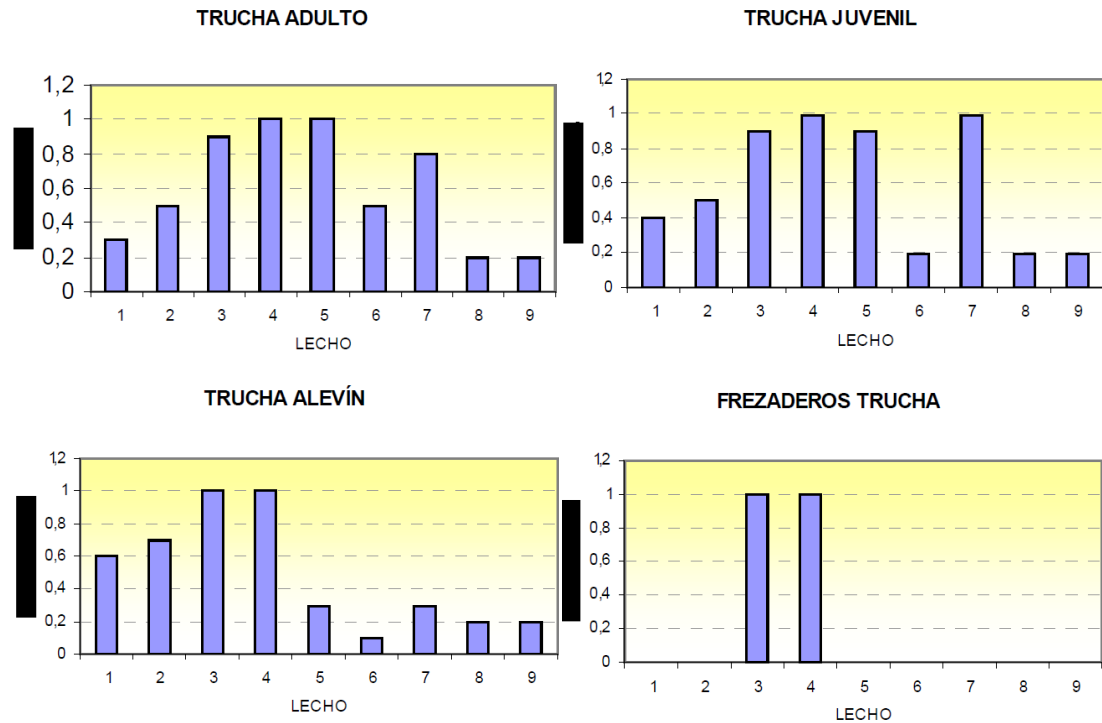


Figura 6.6 Curvas de preferencia de lecho para la trucha común (Caudales ecológicos, Antonio Sánchez)

Diversos autores describen el “estado de madurez” o “desarrollo gonadal” de especies salmónidas. Knut Dahl (1917) describe siete estados:

- I. Las gónadas se muestran sólo como dos líneas finas a lo largo de la cavidad superior. Las gónadas de la hembra se ven como dos ovarios cortos de color rosado en forma alargada hasta la altura del hígado.
- II. Los huevos muy pequeños pero visibles.
- III. Gónadas distendidas y ocupan, por lo menos, la mitad del cuerpo.
- IV. Las gónadas casi completan la cavidad del cuerpo.
- V. Las gónadas completan la cavidad del cuerpo.
- VI. El pez está desovando, los huevos completamente sueltos en la cavidad abdominal del pez.
- VII. El pez está completamente desovado. Sólo se encuentran algunos huevos sueltos en la cavidad abdominal.

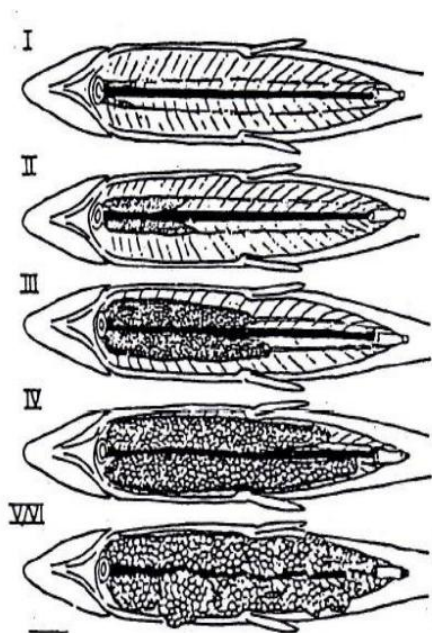


Figura 6.7: Clasificación macroscópica de los siete estados de madurez (Determinación del estado reproductivo de trucha arcoíris y trucha café en el Río Palena)

El estado I y II es el estado donde los peces son inmaduros, en el estado III se puede decir con certeza que los peces deberían tener huevos la siguiente estación si estos sobrevivieran. Desde el estado III al VI se consideran peces maduros y el estado VII desovado y/o en recuperación.

6.3 Áreas de Importancia Ambiental

Para cada una de las áreas escogidas anteriormente, se realiza un análisis riguroso a fin de modelar y determinar un caudal ambiental óptimo para la especie objetivo, en sus distintos estados.

Para esto, se selecciona un perfil dentro de estas áreas, Este perfil debe representar de la mejor manera al AIE y albergar al caudal crítico para poder compararlo de manera más sencilla con el caudal a determinar. Luego, comienza el análisis de las curvas de preferencia (Figura 6.4), correspondiente a la especie *Salma Trutta*, las cuales nos entregan la velocidad, profundidad y sustrato óptimo. Con estos datos, se calcula un nuevo caudal, el ambiental, el cual queda registrado en una tabla, y se realiza para cada uno de los estados.

A continuación se detalla caso a caso cada perfil seleccionado, con la información antes descrita.

AIE n°1: Sector Captación (Perfil 1130):

Ésta área se encuentra ubicada inmediatamente después de la captación de agua del proyecto hidroeléctrico, en donde el caudal disminuye notoriamente debido a la bocatoma que desvía un brazo de agua de 8 m³/s hacia el sistema de turbinas, para generar la energía hidroeléctrica

Capítulo 6: Aplicación del Método en las Áreas de Influencia

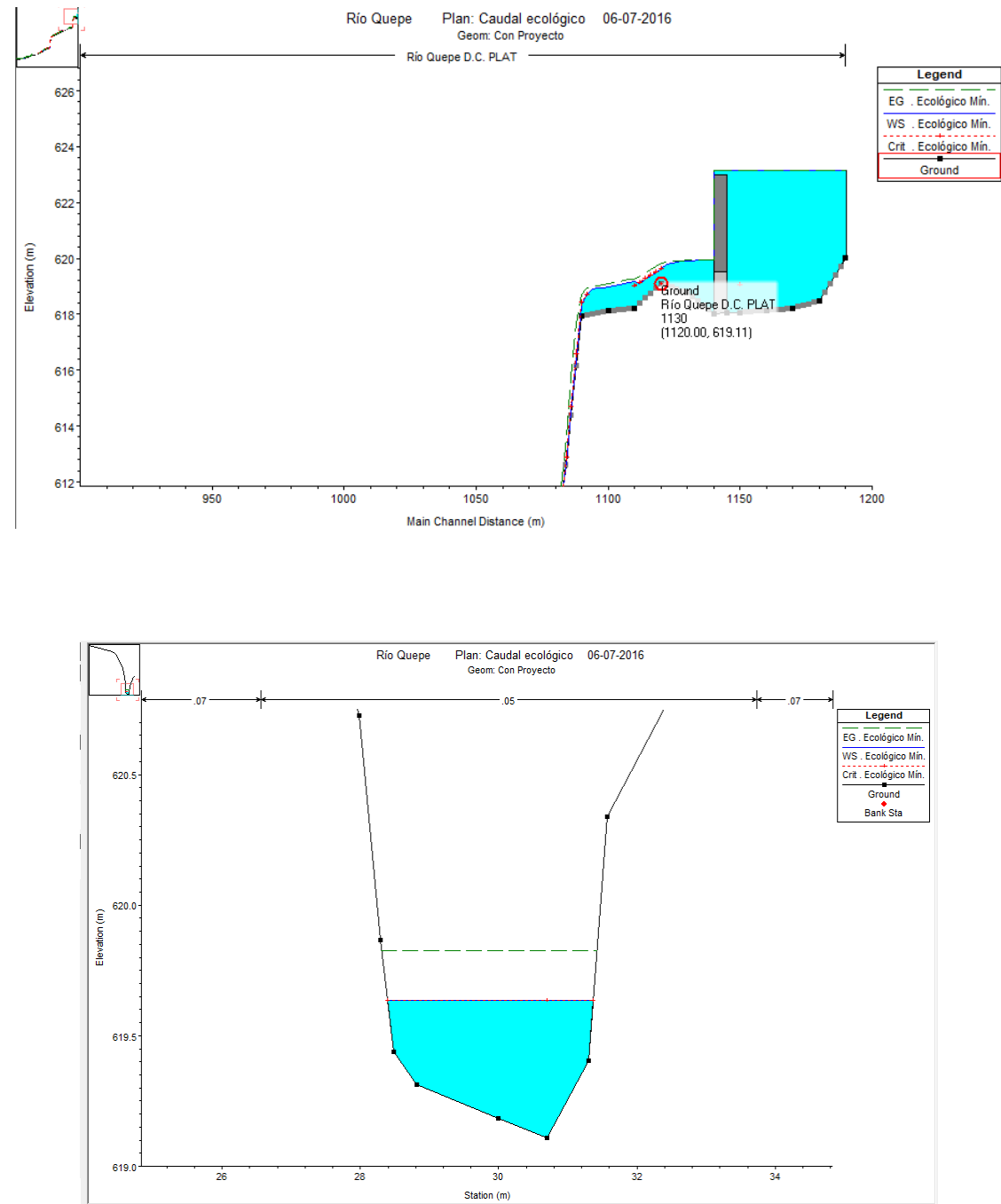


Figura 6.8 Vista frontal y corte del sector captación del proyecto (Software HEC-RAS)

Capítulo 6: Aplicación del Método en las Áreas de Influencia

AIE n°2: Sector Cascada n°1 (Perfil 1080):

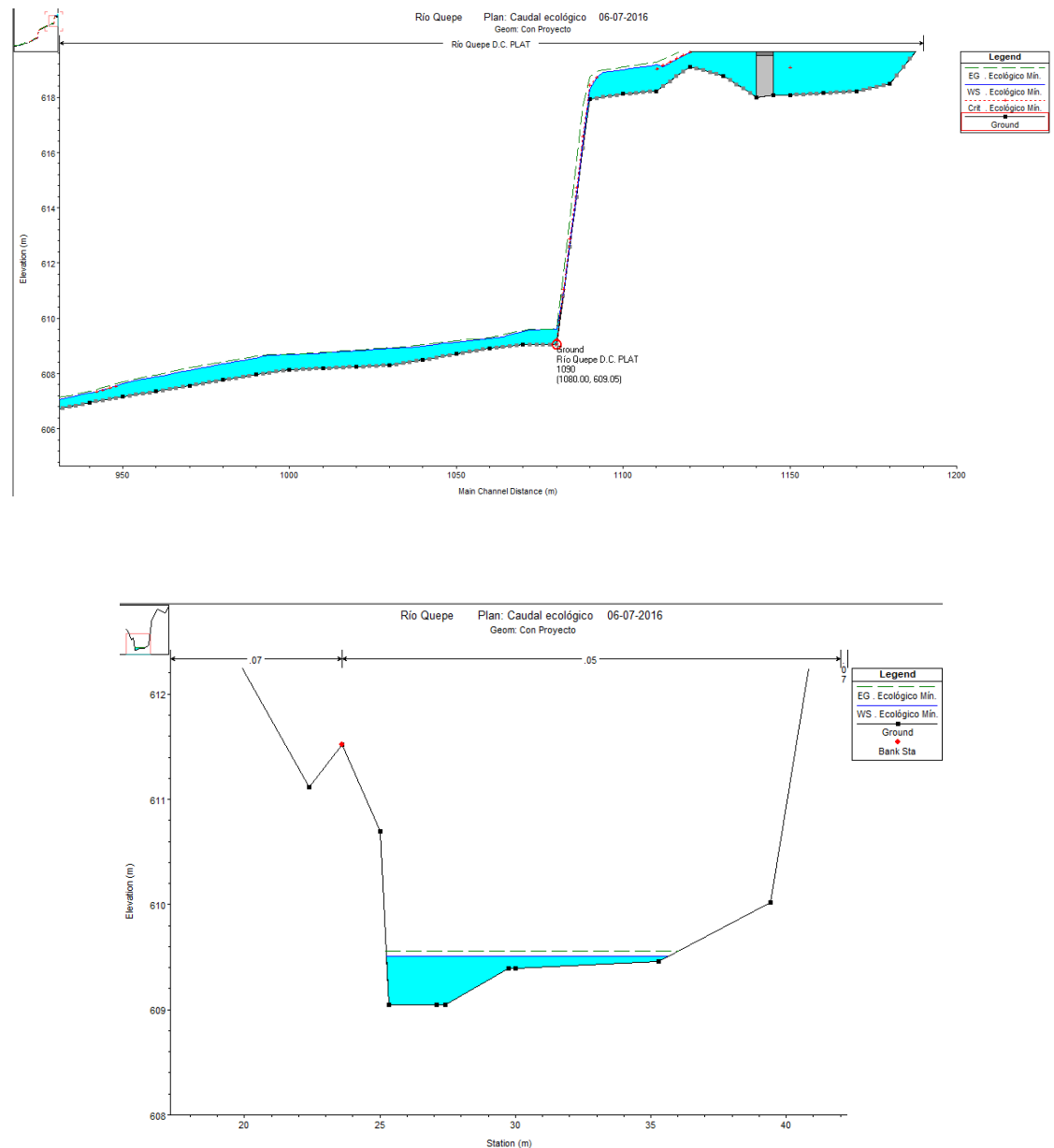


Figura 6.9 Vista frontal y corte del sector cascada n°1 del proyecto (Software HEC-RAS)

Capítulo 6: Aplicación del Método en las Áreas de Influencia

Área n°3: Sector Cascada n°2 (Perfil 620):

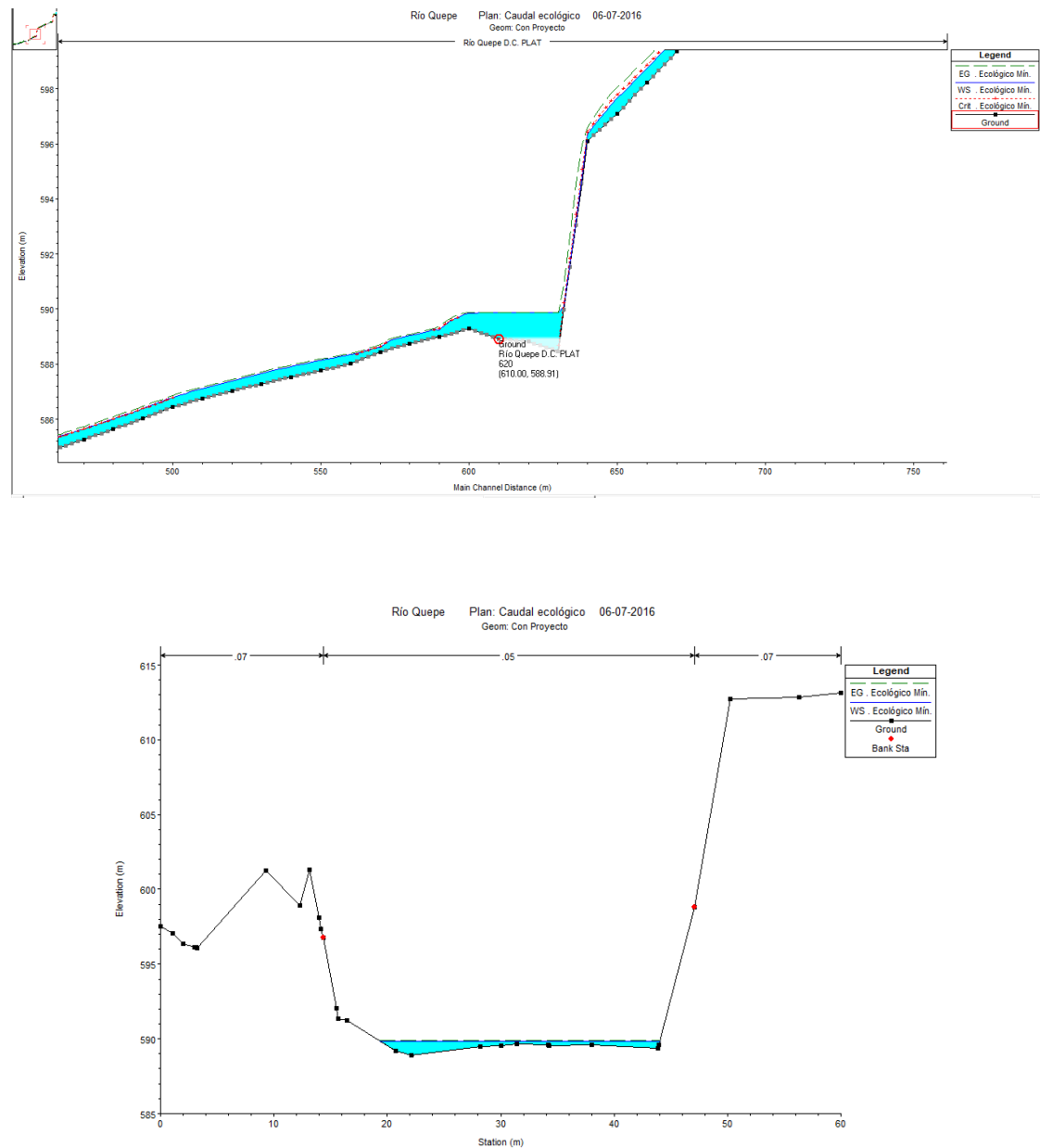


Figura 6.10 Vista frontal y corte del sector cascada n°2 del proyecto (Software HEC-RAS)

Capítulo 6: Aplicación del Método en las Áreas de Influencia

Área n°4: Sector Restitución (Perfil 362):

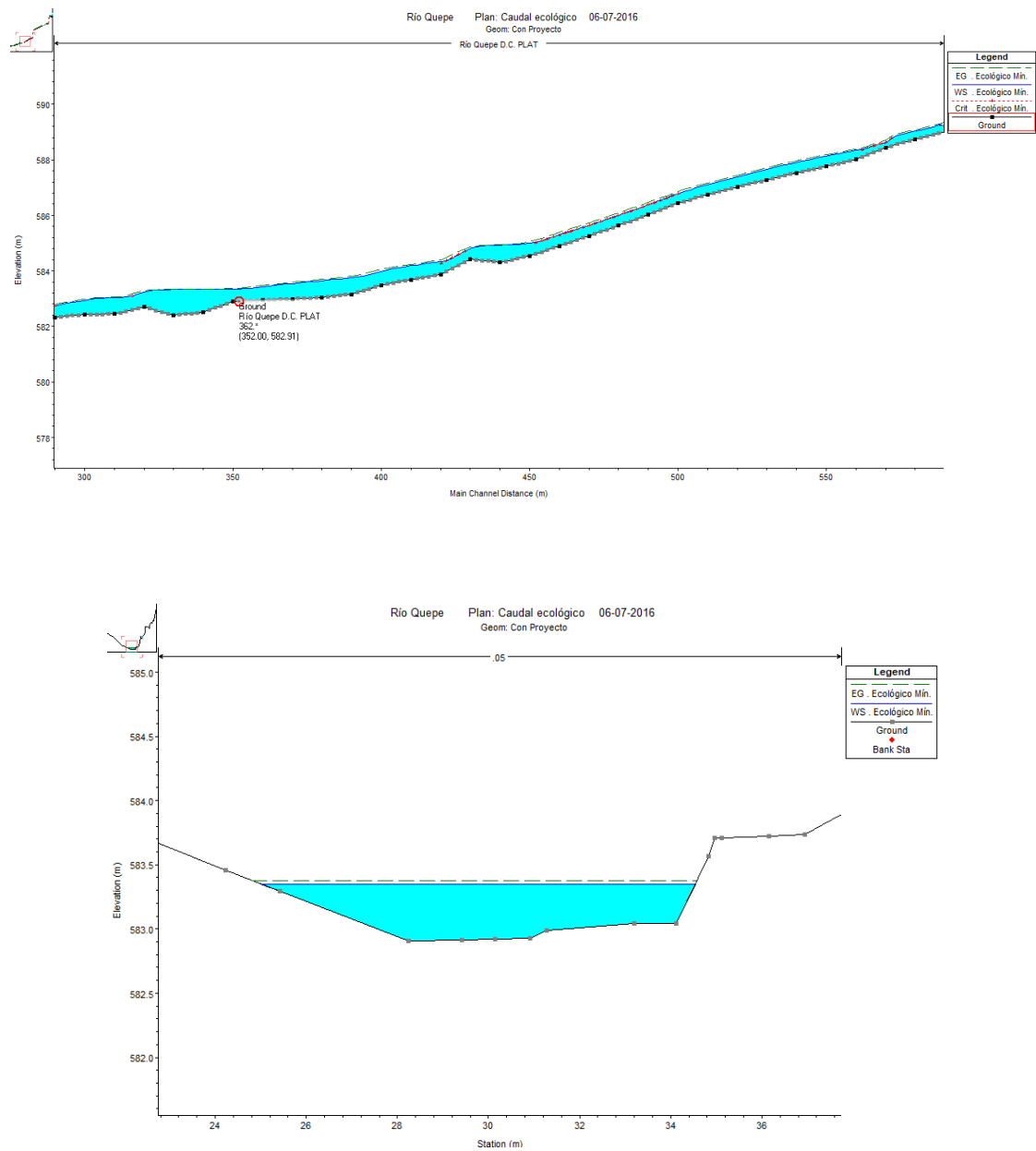


Figura 6.11 Vista frontal y corte del sector restitución del proyecto(Software HEC-RAS)

A continuación se presentan las tablas correspondientes al resumen de caudales por sector estudiado, identificando área y velocidad adecuados para los estados de desarrollo alevín, juvenil y adulto.

Tabla 6.2

Determinación del caudal ambiental para los distintos estadios del Salmo Trutta, correspondiente a las AIE

Resumen Anual sector Captación			
Mes	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal ambiental (m ³ /s)
Alevín	0.45	0.2	0.09
Juvenil	1.022	0.3	0.307
Adulto	1.646	0.3	0.494

Resumen Anual sector Cascada n°1			
Mes	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal ambiental (m ³ /s)
Alevín	0.968	0.2	0.194
Juvenil	2.574	0.3	0.772
Adulto	4.953	0.3	1.486

Resumen Anual sector Cascada n°2			
Mes	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal ambiental (m ³ /s)
Alevín	0.632	0.2	0.126
Juvenil	1.96	0.3	0.588
Adulto	3.605	0.3	1.0815

Resumen Anual sector Restitución			
Mes	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal ambiental (m ³ /s)
Alevín	1.75	0.2	0.35
Juvenil	3.58	0.3	1.074
Adulto	5.76	0.3	1.728

ELABORACIÓN PROPIA

CAPITULO 7 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En el presente capítulo se exponen los resultados finales de la estimación del caudal ambiental, el cual se presenta en un tabla de régimen intranual, y basándose en la especie objetivo. A su vez, se recomienda un plan de seguimiento adecuado para el régimen de caudal ambiental estimado. Finalmente se entregan conclusiones respecto a la investigación realizada.

7.1 Caudal Ambiental intranual

Tabla 7.1

Caudal ambiental intranual estimado

	Alevin (m ³ /s)	Juvenil (m ³ /s)	Adulto (m ³ /s)	Qamb (m ³ /s)
Enero	0.35	1.074	1.728	0.35
Febrero	0.35	1.074	1.728	0.35
Marzo	0.35	1.074	1.728	0.35
Abril	0.35	1.074	1.728	1.074
Mayo	0.35	1.074	1.728	1.728
Junio	0.35	1.074	1.728	1.728
Julio	0.35	1.074	1.728	1.728
Agosto	0.35	1.074	1.728	1.728
Septiembre	0.35	1.074	1.728	1.074
Octubre	0.35	1.074	1.728	0.35
Noviembre	0.35	1.074	1.728	0.35
Diciembre	0.35	1.074	1.728	0.35

ELABORACIÓN PROPIA

Se presenta el caudal ambiental intranual estimado, basándose en los periodos significativos de la especie objetivo *Salmo Trutta*.

Esta información es el resumen de las tablas contenidas en el ítem 6.3 del presente informe en donde se expone, para cada uno de los perfiles analizados, el caudal ambiental necesario para la óptima subsistencia de la especie, en sus distintos estados de madurez.

Para crear la Tabla 7.1, se extrajo el mayor de los caudales estimados por perfil en cada caso de madurez, de manera mensual. Luego, se destaca los periodos significativos en el año para cada estado de madurez (ejemplo: meses de reproducción entre Mayo y Septiembre de suma importancia para peces en estado adulto) y finalmente, estos meses destacados predominan por sobre los demás, entregándonos una tabla con los caudales ambientales estimados mes a mes, para la especie objetivo.

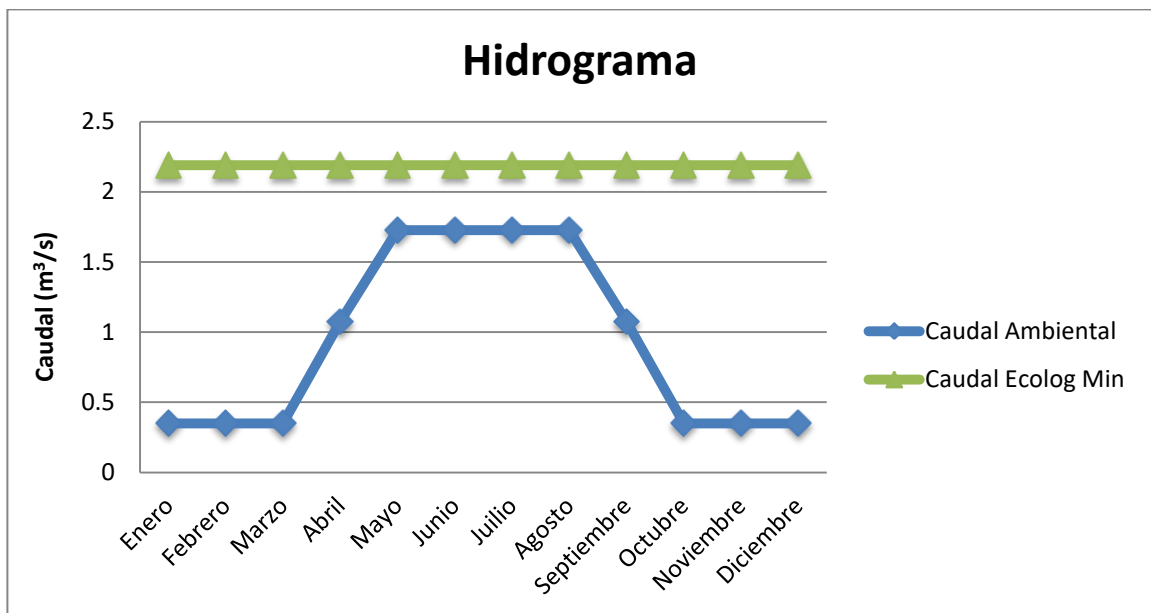


Figura 7.1 Hidrograma de régimen de caudal ambiental para la especie objetivo respetando los ciclos de vida (Elaboración propia)

7.2 Propuesta de seguimiento para el régimen determinado

El plan de seguimiento debe desarrollarse en las AIA, con el fin de verificar que el régimen establecido sea efectivo. Es decir, el seguimiento debe permitir verificar si se ha logrado la mantención de la comunidad ecológica y la especie objetivo relevante en el río.

Monitoreo de la hidrología: tiene como fin asegurar el cumplimiento del régimen de caudal ambiental en cada uno de los subtramos en donde se determinó.

- Realizar aforos en el río en la futura ubicación de la bocatoma para encontrar correlaciones entre los caudales del sitio de emplazamiento de la bocatoma y el caudal circulante por el subtramo.
- Implementar reglas limnimétricas en algunos subtramos, lo que permitirá una medición más rápida y fiable del caudal ambiental.

Monitoreo de la morfología fluvial: para verificar que el nuevo régimen al cual será sometido el río permita mantener la dinámica fluvial bajo la mayor naturalidad posible.

- Evaluar cambios morfológicos que han sufrido los subtramos, analizando si éstos son los esperados en forma natural o producto de la regulación del caudal.
- Evaluar si ha habido cambios significativos en la composición del sustrato, particularmente posibles procesos de acorazamientos del lecho.
- Realizar la evaluación una vez al año, en la época de estiaje, posterior a la ocurrencia de las crecidas.

Monitoreo de zonas ribereñas: la modificación de la temporalidad y magnitud de las crecidas ordinarias pueden limitar la regeneración natural de la

vegetación ribereña, inestabilidad en las orillas y favorecer la invasión de especies exóticas.

- Analizar si se ha favorecido la presencia y/o colonización de especies invasoras que hayan estrechado el cauce.
- Realizar un monitoreo una vez al año, en periodos posteriores al reclutamiento de los propágulos de las especies, y crecidas ordinarias.

Monitoreo de las comunidades ecológicas: debe incluir a las especies que fueron seleccionadas como especies objetivo.

- Monitorear las mismas estaciones de muestreo definidas en su caracterización inicial de EIA.
- Monitorear puntos como referencia en zonas sin intervención del proyecto, tales como aguas arriba y/o aguas abajo del punto de captación y restitución de la central hidroeléctrica.
- Realizar el seguimiento durante al menos 3 años calendario o ciclos hidrológicos.

Monitoreo de la calidad fisicoquímica: puede verse alterada en forma directa o indirecta por la regulación del caudal, ya que puede favorecer eventos de eutrofización en el río, alterar la temperatura, disminuir la cantidad de oxígeno disuelto y modificar la capacidad de aireación del río.

- Monitorear la calidad de las aguas en conjunto con el monitoreo ecológico, es decir, en los mismos subtramos seleccionados de las AIE.

7.3 Comentarios y conclusiones

De acuerdo a los objetivos y resultados obtenidos en esta tesis, se concluye que:

El tramo de estudio del río Quepe consta de una morfología propicia para el desarrollo de ecosistemas. En sus alrededores consta de fauna y flora nativa, pero en su caudal sólo presenta la existencia del *Salmo Trutta*, pez introducido artificialmente. Por lo tanto, ésta última, es la especie en la que se centran los cálculos para la determinación del caudal ambiental y su posterior cuidado.

El método óptimo para determinar el régimen de caudal ambiental para la condición anterior, es el de Simulación de Hábitat Físico, debido a que se tiene información sobre el registro hidrológico del tramo, registros topográficos y curvas de idoneidad de la especie objetivo.

Las AIA del río, específicamente las AIE, corresponden a sectores con cambios bruscos en el sistema, siendo la captación y restitución los sectores del tramo en donde se genera una variabilidad significativa del caudal en el cauce principal, provocando un cambio en la dinámica fluvial. En el caso de las cascadas, éstas representan el cambio brusco de pendiente del sector. Por lo tanto, las cuatro áreas de estudio son definidas ya que provocan la alteración en la heterogeneidad de las AIE.

Se determina que el régimen de caudal ambiental intranual determinado, el cual satisface los requerimientos ambientales tanto en magnitud como en temporalidad, es menor al caudal ecológico, por lo que se respeta este último debido a que cumple con las condiciones necesarias para la conservación del hábitat existente y asegura su continuidad.

El plan de seguimiento es el que permitirá verificar si se ha logrado la mantención de la comunidad ecológica y la especie objetivo relevante en el río, por lo que corresponde a una parte fundamental en la mitigación del impacto ambiental que el proyecto puede generar en el ecosistema del río.

BIBLIOGRAFÍA

- Antonio Sanchez. (2007). Régimen de caudales ecológicos. España.
- Campos, H., V.H. Ruiz, J.F. Gavilán & F. Alay. (1993). Peces del Río Bío-Bío. Serie Publicaciones de Divulgación EULA, Universidad de Concepción, Chile.
- Campos, H. (1984). Productividad íctica de ríos y lagos araucanos. Trabajos presentados al Taller Internacional sobre ecología y manejo de peces en lagos y embalses. Santiago, Chile.
- Campos, H., G. Dazarola, B. Dyer, L. Fuentes, J.F. Gavilán, L. Huaquín, G. Martínez, R. Meléndez, G. Pequeño, F. Ponce, V.H. Ruiz, W. Siefeld, D. Soto, R. Vega & I. Vila. (1998). Categorías de Conservación de peces nativos de aguas continentales de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago de Chile.
- Díez Hernández, Juan Manuel; Ruiz Cobo, Darío Hernán. Determinación de caudales ambientales confiables en Colombia: El ejemplo del Río Palace (Cauca). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- European Small Hydropower Association. (2006). Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica, ESHA.
- Empresa Nacional de Electricidad, ENDESA. (2011). Introducción al cálculo de caudales ecológicos. Santiago, Chile.
- Jowett I. & Davey A. (1997). A Comparison of Composite Habitat Suitability Indices and Generalized Additive Models of Invertebrate Abundance and Fish Presence–Habitat Availability. Transactions of the American Fisheries Society.
- Jowett I. (1997). Instreams flow methods: A comparison of approaches. Regulated Rivers: Research & Management.
- Leonardo S. Nanía, Emilio Molero (2007) Manual Básico de HEC-RAS 3.1.3 y HEC-GeoRAS 3.1.1. España: Universidad de Granada.
- María J. Cuevas Oyarzún. (2013). Determinación del estado reproductivo de trucha arcoíris y trucha café en el Río Palena. Puerto Montt, Chile.

Bibliografía

- Ministerio de Obras Públicas, Centro de ecología aplicada LTDA. (2008). Determinación de caudales ecológicos en cuencas con fauna íctica nativa y en estado de conservación. Santiago.
- Ministerio de obras públicas. (2017). Manual de carreteras, Volumen N°3 “Instrucciones y criterios de diseño”. Santiago.
- Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, DGA. (2013). “Certificado de registro público de derechos de aprovechamiento de aguas N°1015”. Chile.
- Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, DGA. 2014. “Informe técnico N°353: Solicitud de derecho de aprovechamiento de aguas superficiales”. Dirección General de Aguas, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, DGA. (2013). Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica. Santiago, Chile.
- Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC.(2017). Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Madrid, España.
- Servicio de Evaluación Ambiental, SEA. (2016). Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el SEIA. Chile.
- Muñoz-Pedreros A. (2004) La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. Revista Chilena de Historia Natural. Chile.
- N.R. Rivera, F. Encina, A. Muñoz-Pedreros, P. Mejías. La Calidad de las Aguas en los Ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile. Universidad Católica de Temuco. Temuco, Chile.
- World Energy Resources - Hydroelectric (2016). The Institution of Engineering and Technology, Hydroelectric Power.

Anexo A: Registro fotográfico de flora encontrada

La formación arbustiva en general presenta una estructura irregular multietáneo de estrato medio por renovales, donde *Nothofagus dombeyi* (Coigüe) es el principal especie dominante.



Weinmannia trichosperma (Palo santo, Tineo)



Caldcluvia paniculata (Tiaca)



Aextoxicon punctatum (Olivillo)



Formación de *Drimys winteri* (Canelo)





Formación de *Pseudotsuga menziesii* (Pino Oregón)



Formación de *Luma apiculata*
(Arrayán)



Lomatia dentata (Avellanillo)

Anexo B: Detalle de fauna potencialmente encontrada en área de estudio

Tabla B.1

Lista de anfibios potencialmente presentes en el área de estudio

N	Especies	Nombre común	Distribución	Origen	Estado de conservación
1	<i>Rhinoderma darwini</i>	Ranita de Darwin	VIII-XI	Nativa	En Peligro (SAG, 2008); Inad. Conocida (D.S. N°50/08 MINSEGPRES); En Peligro (D.S. N°42/12 MMA)
2	<i>Eupsophus roseus</i>	Sapo rojo	IX-XIV	Endémica	Inad. Conocida (SAG, 2008); Vulnerable (D.S. N°41/12 MMA)
3	<i>Batrachyla antartandica</i>	Rana jaspeada	IX-XII	Nativa	Fuera de Peligro (SAG, 2008); Preocupación Menor (D.S. N°42/12 MMA)
4	<i>Batrachyla leptopus</i>	Rana moteada	VIII-XI	Nativa	Fuera de Peligro (SAG, 2008); Preocupación Menor (D.S. N°42/12 MMA)
5	<i>Batrachyla taeniata</i>	Ranita de antifaz	V-XII	Nativa	Vulnerable (SAG, 2008); Casi Amenazada (D.S. N°42/12 MMA)
6	<i>Calyptocephalella gayi</i>	Rana chilena	IV-X	Endémica	En Peligro (SAG, 2008); Vulnerable (D.S. N°50/08 MINSEGPRES)
7	<i>Hylorina sylvatica</i>	Rana arbórea	VIII-XII	Nativa	Inad. Conocida (SAG, 2008); Inad. Conocida (D.S. N°50/08 MINSEGPRES); Preocupación Menor (D.S. N°42/12 MMA)
8	<i>Nannophryne variegata</i>	Sapo de tres rayas	IX-XII	Nativa	Preocupación Menor (D.S. N°41/12 MMA)
9	<i>Pleurodema bufonina</i>	Sapo de cuatro ojos del sur	VII-XII	Nativa	Inad. Conocida (SAG, 2008); Casi Amenazada (D.S. N°41/12 MMA)
10	<i>Pleurodema thaul</i>	Sapo de cuatro ojos	II-XI	Nativa	Fuera de Peligro (SAG, 2008); Casi Amenazada (D.S. N°41/12 MMA)
11	<i>Rhinella rubropunctata</i>	Sapo de manchas rojas	IX-X	Nativa	En Peligro (SAG, 2008); Vulnerable (D.S. N°41/12 MMA)

ESTUDIO DE FAUNA TERRESTRE ENESUR, 2015

Tabla B.2

Lista de reptiles potencialmente presentes en el área de estudio

Nº	Especies	Nombre común	Distribución	Origen	Estado de conservación
12	<i>Liolaemus chilensis</i>	Lagarto chileno	IV-XIV	Nativa	Inad. Conocida (SAG, 2008); Preocupación Menor (D.S. Nº19/13 MMA)
13	<i>Liolaemus cyanogaster</i>	Lagartija de vientre azul	VII-X	Nativa	Fuera de Peligro (SAG, 2008)
14	<i>Liolaemus lemniscatus</i>	Lagartija lemniscata	IV-IX	Nativa	Fuera de Peligro (SAG, 2008); Preocupación Menor (D.S. Nº19/13 MMA)
15	<i>Liolaemus pictus</i>	Lagartija pintada	VII-XI	Nativa	Vulnerable (SAG, 2008); Preocupación Menor (D.S. Nº19/13 MMA)
16	<i>Liolaemus tenuis</i>	Lagartija esbelta	IV-X	Endémica	Vulnerable (SAG, 2008); Preocupación Menor (D.S. Nº19/13 MMA)
17	<i>Pristidactylus torquatus</i>	Gruñidor del Sur	VI-XIV	Endémica	En Peligro (SAG, 2008)
18	<i>Philodryas chamissonis</i>	Culebra de cola larga	III-XIV	Endémica	Vulnerable (SAG, 2008)
19	<i>Tachymenis chilensis</i>	Culebra de cola corta	II-X	Endémica	Vulnerable (SAG, 2008)

ESTUDIO DE FAUNA TERRESTRE ENESUR, 2015

Tabla B.3

Lista de avifauna potencialmente presentes en el área de estudio

Nº	Especies	Nombre común	Distribución	Origen	Estado de conservación
20	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Águila	III-XII	Nativa	No citada
21	<i>Geranoaetus</i>	Aguilucho	XV-XII	Nativa	No citada

Anexo B

	<i>polyosoma</i>				
22	<i>Buteo albigula</i>	Aguilucho chico	IV-XI	Nativa	Rara (SAG, 2008)
23	<i>Buteo ventralis</i>	Aguilucho de cola rojiza	VII-XII	Nativa	Rara (SAG, 2008)
24	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Peuco	XV-XI	Nativa	No citada
25	<i>Accipiter chilensis</i>	Peuquito	IV-XII	Nativa	Rara (SAG, 2008)
26	<i>Circus cinereus</i>	Vari	XV-XII	Nativa	No citada
27	<i>Chloëphaga picta</i>	Caiquén	VI-XII	Nativa	No citada
28	<i>Chloëphaga poliocephala</i>	Canquén	VI-XII	Nativa	No citada
29	<i>Merganetta armata</i>	Pato cortacorrientes	III-XII	Nativa	No citada
30	<i>Sephanoides sephanioides</i>	Picaflor	III-XII	Nativa	No citada
31	<i>Patagona gigas</i>	Picaflor gigante	III-XI	Nativa	No citada
32	<i>Systellura longirostris</i>	Gallina ciega	III-XI	Nativa	No citada
33	<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor de los Andes	XV-XII	Nativa	Rara (SAG, 2008)
34	<i>Cathartes aura</i>	Jote de cabeza colorada	XV-XII	Nativa	No citada
35	<i>Coragyps atratus</i>	Jote cabeza negra	XV-XII	Nativa	No citada
36	<i>Thinocorus orbignyianus</i>	Perdicita cojón	II-XII	Nativa	No citada
37	<i>Attagis gayi</i>	Perdicita cordillerana	II-XII	Nativa	Rara (SAG, 2008)
38	<i>Thinocorus rumicivorus</i>	Perdicita	III-XII	Nativa	No citada
39	<i>Vanellus chilensis</i>	Queltehue	III-XI	Nativa	No citada
40	<i>Patagioenas</i>	Torcaza	IV-XI	Nativa	En Peligro

Anexo B

	<i>araucana</i>				(SAG, 2008)
41	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola	XV-XII	Nativa	No citada
42	<i>Megaceryle torquata</i>	Martín pescador	VIII-XII	Nativa	No citada
43	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo	III-XII	Nativa	No citada
44	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	XV-XII	Nativa	Vulnerable (SAG, 2008)
45	<i>Milvago chimango temucoensis</i>	Tiuque	VIII-XII	Nativa	No citada
46	<i>Caracara plancus</i>	Traro	XV-XII	Nativa	No citada
47	<i>Pardirallus sanguinolentus</i>	Pidén	III-XI	Nativa	No citada
48	<i>Theristicus melanopsis</i>	Bandurria	II-XII	Nativa	Vulnerable (SAG, 2008)
49	<i>Veniliornis lignarius</i>	Carpinterito	IV-XII	Nativa	No citada
50	<i>Campephilus magellanicus</i>	Carpintero negro	VII-XII	Nativa	Vulnerable (SAG, 2008)
51	<i>Colaptes pitius</i>	Pitío	IV-XI	Nativa	No citada
52	<i>Enicognathus ferrugineus</i>	Cachaña	VI-XII	Nativa	No citada
53	<i>Enicognathus leptorhynchus</i>	Choroy	VI-XII	Endémica	Vulnerable (SAG, 2008)
54	<i>Glaucidium nanum</i>	Chuncho	III-XII	Nativa	No citada
55	<i>Strix rufipes</i>	Concón	RM-XII	Nativa	Inad. Conocida (SAG, 2008)
56	<i>Tyto alba</i>	Lechuza	XV-XII	Nativa	No citada
57	<i>Asio flammeus</i>	Nuco	III-XII	Nativa	Inad. Conocida (SAG, 2008)
58	<i>Athene cunicularia</i>	Pequén	XV-XIV	Nativa	No citada
59	<i>Bubo magellanicus</i>	Tucúquere	XV-XII	Nativa	No citada
60	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Yeco	XV-XII	Nativa	No citada
61	<i>Podiceps major navasi</i>	Huala	VIII-XII	Nativa	No citada

Anexo B

62	<i>Anthus correndera</i>	Bailarín chico	III-XII	Nativa	No citada
63	<i>Upucerthia saturator</i>	Bandurrilla	V-XIV	Nativa	No citada
64	<i>Anairetes parulus</i>	Cachudito	II-XI	Nativa	No citada
65	<i>Asthenes pyrrholeuca</i>	Canastero de cola larga	V-XII	Nativa	No citada
66	<i>Troglodytes aedon</i>	Chercán	III-XII	Nativa	No citada
67	<i>Cistothorus platensis</i>	Chercán de las vegas	IV-XII	Nativa	No citada
68	<i>Zonotrichia capensis</i>	Chincol	III-XII	Nativa	No citada
69	<i>Sicalis luteola</i>	Chirihue	III-XII	Nativa	No citada
70	<i>Scelorchilus rubecula</i>	Chuca	VI-XII	Endémica	No citada
71	<i>Cinclodes patagonicus</i>	Churrete	VI-XII	Nativa	No citada
72	<i>Cinclodes fuscus</i>	Churrete acanelado	III-XII	Nativa	No citada
73	<i>Cinclodes oustaleti</i>	Churrete chico	II-XII	Nativa	No citada
74	<i>Scytalopus magellanicus</i>	Churrín del Sur	VIII-XI	Nativa	No citada
75	<i>Eugralla paradoxa</i>	Churrín de la Mocha	VII-X	Nativa	No citada
76	<i>Lessonia rufa</i>	Colegial	IV-XII	Nativa	No citada
77	<i>Sylviorthorhynchus desmursii</i>	Colilarga	V-XI	Endémica	No citada
78	<i>Pygarrhichas albogularis</i>	Comesebo grande	V-XII	Nativa	No citada
79	<i>Phrygilus patagonicus</i>	Cometocino patagónico	IV-XII	Nativa	No citada
80	<i>Diuca diuca</i>	Diuca	IV-XII	Nativa	No citada
81	<i>Xolmis pyrope</i>	Diucón	IV-XII	Nativa	No citada

Anexo B

82	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona chica	XV-XII	Nativa	No citada
83	<i>Muscisaxicola flavinnucha</i>	Dormilona fraile	XV-XII	Nativa	No citada
84	<i>Muscisaxicola capistrata</i>	Dormilona rufa	II-XII	Nativa	No citada
85	<i>Muscisaxicola macloviana</i>	Dormilona tontita	XV-XII	Nativa	No citada
86	<i>Elaenia albiceps</i>	Fío fío	III-XII	Nativa	No citada
87	<i>Tachycineta meyeri</i>	Golondrina chilena	III-XII	Nativa	No citada
88	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina de dorso negro	XV-XII	Nativa	No citada
89	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión	XV-XII	Nativa	No citada
90	<i>Pteroptchos tarnii</i>	Hued-hued del Sur	VIII-XI	Nativa	No citada
91	<i>Sporagra barbata</i>	Jilguero	IV-XII	Nativa	No citada
92	<i>Sturnella loyca</i>	Loica	III-XII	Nativa	No citada
93	<i>Molothrus bonariensis</i>	Mirlo	III-XI	Nativa	No citada
94	<i>Phrygilus unicolor</i>	Pájaro plomo	XV-XII	Nativa	No citada
95	<i>Phrygilus alaudinus</i>	Platero	III-XIV	Nativa	No citada
96	<i>Phytotoma rara</i>	Rara	III-XII	Nativa	No citada
97	<i>Aphrastura spinicauda</i>	Rayadito	IV-XII	Nativa	No citada
98	<i>Hymenops perspicillatus</i>	Run-run	III-XI	Nativa	No citada
99	<i>Tachuris rubrigastra</i>	Sietecolores	III-XI	Nativa	No citada
100	<i>Mimus patagonicus</i>	Tenca patagónica	XIV-XII	Nativa	No citada

Anexo B

101	<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	Tijeral	IV-XII	Nativa	No citada
102	<i>Curaeus curaeus</i>	Tordo	III-XII	Nativa	No citada
103	<i>Phleocryptes melanops</i>	Trabajador	III-XI	Nativa	No citada
104	<i>Agelasticus thilius</i>	Trile	III-XI	Nativa	No citada
105	<i>Colorhamphus parvirostris</i>	Viudita	IV-XII	Nativa	No citada
106	<i>Phrygilus fruticeti</i>	Yal	XV-XI	Nativa	No citada
107	<i>Turdus falklandii</i>	Zorzal	III-XII	Introducida	No citada

ESTUDIO DE FAUNA TERRESTRE ENESUR, 2015

Anexo C: Paisajismo

Tabla C.1

Unidades de paisaje identificadas y agrupadas según los puntos de observación del área de estudio

N	Unidades de paisaje identificadas y agrupadas	PO
1	Río Quepe con bosque nativo y canal de regadío (Punto restitución de agua)	A (1), B (2)
2	Agroecosistema: Pradera con renoval de bosque nativo y Pino radiata.	C (3), D (4)
3	Río Quepe con bosque nativo	E (5)
4	Agroecosistema: pradera con renoval bosque nativo.	F (6), G (7), H (8), I (9)
5	Agroecosistema: pradera con vista al Volcán Llaima y cerros con fondo nativo	J (10), M (13)
6	Camino con obstrucción visual y renoval	K (11), L (12), X (24)
7	Agroecosistema: pradera con zarzamora, junco y bosque nativo	N (14), O (15), P (16)
8	Bosque nativo con Pino oregón	Q (17)
9	Obstrucción visual de renoval bosque con fondo con cascada.	R (18)
10	Obstrucción visual con renoval de bosque nativo	S (19), T (20)
11	Obstrucción visual de bosque nativo con río Quepe	U (21), V (22), W (23)
12	Obstrucción visual de bosque nativo y río Quepe	Y(25)

ESTUDIO DEL RECURSO PAISAJE ENESUR, 2015

Fotografías de las unidades de paisaje identificadas y homologadas



Río Quepe con bosque nativo y canal de regadío (Punto restitución de agua) PO: A (1), B (2).



Agroecosistema: Pradera con renoval de bosque nativo y Pino radiata. PO: C (3), D (4).

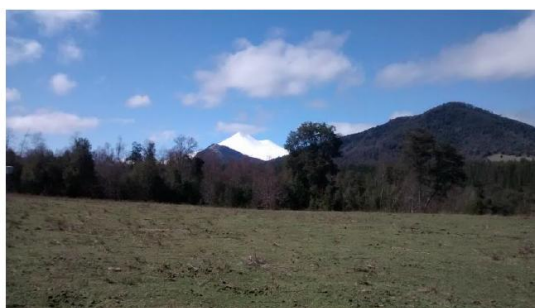


Río Quepe con bosque nativo. PO: E (5).

Anexo C



Agroecosistema: pradera con renoval bosque nativo. PO: F (6), G (7), H (8), I (9).



Agroecosistema: pradera con vista al Volcán Llaima y cerros con fondo nativo. PO: J (10), M (13).



Camino con obstrucción visual y renoval. PO: K (11), L (12), X (24).

Anexo C



Agroecosistema: pradera con zarzamora, junco y bosque nativo. PO: N (14), O (15), P (16).



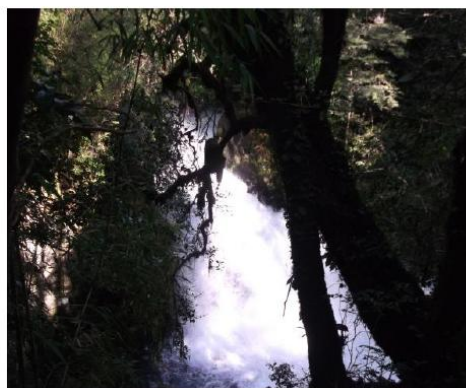
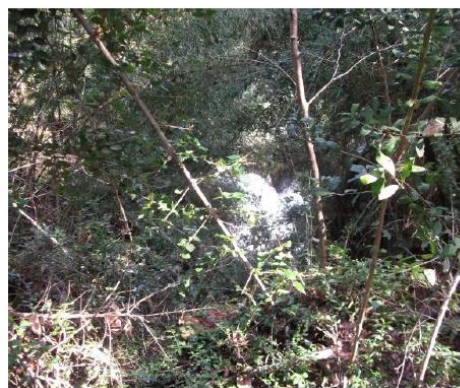
Bosque nativo con Pino Oregón. PO: Q (17).



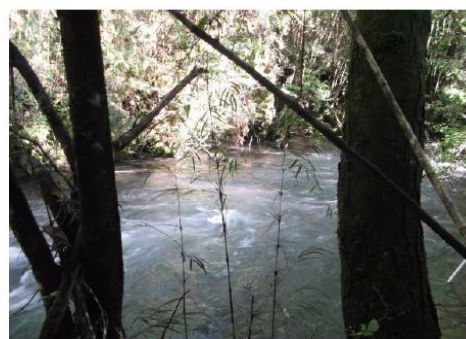
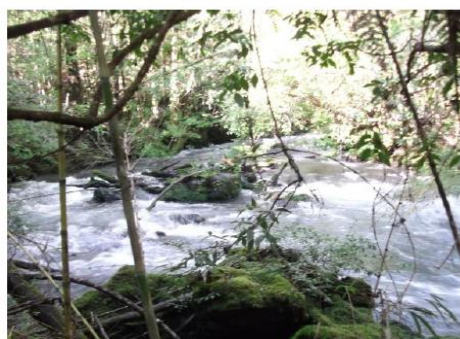
Obstrucción visual de renoval bosque con fondo con cascada. PO: R (18).



Obstrucción visual con renoval de bosque nativo. PO: S(19), T(20).



Obstrucción visual de bosque nativo con Río Quepe. PO: U (21), V (22), W (23).



Obstrucción visual de bosque nativo y río Quepe. PO: Y (25).

Anexo D: Detalle cálculo de secciones para determinar régimen

Tabla D.1

Datos de las secciones estudiadas Perfil 1130

En Captación								
Mes	QMM Sin Proyecto (m ³ /s)	QMM Con Proyecto (m ³ /s)	Área para QMM (m ²)	Velocidad para QMM (m/s)	Qeco Máx (m ³ /s)	Qeco Mín (m ³ /s)	Área para Qeco mín (m ²)	Velocidad para Qeco mín (m/s)
Enero	7.08	4.71	1.91	2.46	2.22	2.19	1.13	1.94
Febrero	5.96	4.34	1.81	2.4	2.22	2.19	1.13	1.94
Marzo	5.76	4.26	1.79	2.38	2.22	2.19	1.13	1.94
Abril	6.4	3.95	1.69	2.33	2.22	2.19	1.13	1.94
Mayo	15.4	9.35	3.11	3	2.22	2.19	1.13	1.94
Junio	28.88	20.81	6.04	3.44	2.22	2.19	1.13	1.94
Julio	31.7	22.38	6.43	3.48	2.22	2.19	1.13	1.94
Agosto	24.63	17.96	5.32	3.38	2.22	2.19	1.13	1.94
Septiembre	17.72	13.56	4.18	3.24	2.22	2.19	1.13	1.94
Octubre	14.29	10.47	3.36	3.11	2.22	2.19	1.13	1.94
Noviembre	10.78	7.78	2.73	2.85	2.22	2.19	1.13	1.94
Diciembre	8.42	5.43	2.11	2.57	2.22	2.19	1.13	1.94

ELABORACIÓN PROPIA

Tabla D.2:

Datos de las secciones estudiadas Perfil 1080

Cascada n°1								
Mes	QMM Sin Proyecto (m ³ /s)	QMM Con Proyecto (m ³ /s)	Área para QMM (m ²)	Velocidad para QMM (m/s)	Qeco Máx (m ³ /s)	Qeco Mín (m ³ /s)	Área para Qeco mín (m ²)	Velocidad para Qeco mín (m/s)
Enero	7.08	4.71	3.54	1.33	2.22	2.19	2.11	1.04
Febrero	5.96	4.34	3.34	1.3	2.22	2.19	2.11	1.04
Marzo	5.76	4.26	3.3	1.29	2.22	2.19	2.11	1.04
Abril	6.4	3.95	3.13	1.26	2.22	2.19	2.11	1.04
Mayo	15.4	9.35	5.86	1.59	2.22	2.19	2.11	1.04
Junio	28.88	20.81	10.73	1.94	2.22	2.19	2.11	1.04
Julio	31.7	22.38	11.31	1.98	2.22	2.19	2.11	1.04
Agosto	24.63	17.96	9.6	1.87	2.22	2.19	2.11	1.04
Septiembre	17.72	13.56	7.75	1.75	2.22	2.19	2.11	1.04
Octubre	14.29	10.47	6.39	1.64	2.22	2.19	2.11	1.04
Noviembre	10.78	7.78	5.09	1.53	2.22	2.19	2.11	1.04
Diciembre	8.42	5.43	3.91	1.39	2.22	2.19	2.11	1.04

ELABORACIÓN PROPIA

Tabla D.3:

Datos de las secciones estudiadas Perfil 620

Cascada n°2								
Mes	QMM Sin Proyecto (m³/s)	QMM Con Proyecto (m³/s)	Área para QMM (m²)	Velocidad para QMM (m/s)	Qeco Máx (m³/s)	Qeco Mín (m³/s)	Área para Qeco mín (m²)	Velocidad para Qeco mín (m/s)
Enero	7.08	4.71	15.27	0.31	2.22	2.19	10.72	0.2
Febrero	5.96	4.34	14.72	0.29	2.22	2.19	10.72	0.2
Marzo	5.76	4.26	14.59	0.29	2.22	2.19	10.72	0.2
Abril	6.4	3.95	14.11	0.28	2.22	2.19	10.72	0.2
Mayo	15.4	9.35	20.7	0.45	2.22	2.19	10.72	0.2
Junio	28.88	20.81	30.89	0.67	2.22	2.19	10.72	0.2
Julio	31.7	22.38	32.07	0.7	2.22	2.19	10.72	0.2
Agosto	24.63	17.96	28.64	0.63	2.22	2.19	10.72	0.2
Septiembre	17.72	13.56	24.85	0.55	2.22	2.19	10.72	0.2
Octubre	14.29	10.47	21.85	0.48	2.22	2.19	10.72	0.2
Noviembre	10.78	7.78	19.01	0.41	2.22	2.19	10.72	0.2
Diciembre	8.42	5.43	16.24	0.33	2.22	2.19	10.72	0.2

ELABORACIÓN PROPIA

Tabla D.4

Datos de las secciones estudiadas Perfil 362

Restitución								
Mes	QMM Sin Proyecto (m ³ /s)	QMM Con Proyecto (m ³ /s)	Área para QMM (m ²)	Velocidad para QMM (m/s)	Qeco Máx (m ³ /s)	Qeco Mín (m ³ /s)	Área para Qeco mín (m ²)	Velocidad para Qeco mín (m/s)
Enero	7.73	5.36	10.52	0.73	2.22	2.19	3.02	0.72
Febrero	6.52	4.9	9.86	0.66	2.22	2.19	3.02	0.72
Marzo	6.27	4.77	9.72	0.64	2.22	2.19	3.02	0.72
Abril	7	4.55	10.13	0.69	2.22	2.19	3.02	0.72
Mayo	16.5	10.45	15.34	1.08	2.22	2.19	3.02	0.72
Junio	30.71	22.64	23.37	1.32	2.22	2.19	3.02	0.72
Julio	33.7	24.38	24.95	1.36	2.22	2.19	3.02	0.72
Agosto	26.27	19.6	20.99	1.26	2.22	2.19	3.02	0.72
Septiembre	19.08	14.92	16.93	1.13	2.22	2.19	3.02	0.72
Octubre	15.46	11.64	14.71	1.05	2.22	2.19	3.02	0.72
Noviembre	11.46	8.78	12.5	0.92	2.22	2.19	3.02	0.72
Diciembre	11.78	6.24	12.67	0.93	2.22	2.19	3.02	0.72

ELABORACIÓN PROPIA