

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial



**“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE OBRAS CIVILES QUE MITIGUEN EL  
IMPACTO SOBRE LA ICTIOFAUNA DEL ESTERO NONGUÉN”**

**ALEJANDRO IGNACIO MORALES GÓMEZ**

**INFORME DE PROYECTO DE TÍTULO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

**Profesor guía:**

Catterina Sobenes V.

**Profesor informante:**

Patricio Cea E.

Concepción, marzo 2016



## Resumen

El Estero Nonguén constituye uno de los sistemas naturales que presenta mayor biodiversidad en la VIII región del Biobío el que ha sido intervenido mediante el encauzamiento de su curso natural provocando modificaciones a la naturalidad del estero. Estas intervenciones civiles pueden afectar la conectividad fluvial. Por esta razón, es necesario identificar zonas en el Estero Nonguén que constituyan factores de riesgo para el natural desplazamiento de la ictiofauna y proponer dispositivos de paso que ayuden a las especies y disminuyan los impactos producidos por este proyecto.

Para diagnosticar el estado del estero en la zona de canalización e identificar los puntos de conectividad crítica, se utilizó dos puntos del protocolo español HIDRI, que son el nivel de encauzamiento del cauce y el índice de conectividad fluvial (ICF). Además se revisaron antecedentes y se evaluó la sinuosidad del canal mediante el Sistema de Información Geográfico. Finalmente, para tomar una decisión respecto de la alternativa que se recomendó se utilizó el método de decisión multicriterio ponderación lineal.

Los resultados muestran que el canal del estero es sinuoso y que la calidad para este sector es moderada, lo que significa que el estero (cauce y ribera) se encuentra altamente intervenido, con una pobre cobertura vegetal y contaminado. Dentro del estero se encontró una tubería transversal de transporte de aguas servidas y en donde la conectividad es deficiente en el margen derecho (aguas abajo), lo que significa que este obstáculo es infranqueable para algunas especies. Es así que para recuperar la conectividad perdida se propone la construcción de una rampa de piedras, que debe ser diseñada de acuerdo a los requerimientos de la fauna íctica existente.

Se puede concluir que en Chile el uso de dispositivos de paso, en ríos con problemas de conectividad, es una necesidad de suma urgencia para conservar la fauna íctica existente. Debido a que como se pudo ver, las medidas que se tomaron en este proyecto fueron insuficientes y las consecuencias que esto puede traer en la ictiofauna son devastadoras. Es así como se propone replicar lo que se realizó, como un método de gestión de ríos intervenidos, con el fin analizar otros cuerpos de agua.

## **Abstract**

The Nonguén stream is one of the natural systems that presents major biodiversity in the Bio-Bío region. This stream has been intervened by channeling its course, causing changes to the naturalness of the stream. These civil interventions can affect river connectivity. For this reason it is necessary to identify areas in the Nonguén stream that constitute risk factors for the natural movement of the octogeny fauna and propose fish passages that could help species and this way, reduce the impacts of this project.

Two points of the Spanish protocol HIDRI were used to diagnose the state of the stream in the channeled area and to identify critical points of conectivity. These are the channeling level and the index of river connectivity. Also records were reviewed and channel sinuosity were evaluated (by Geographic Information System). Finally to make a decision on recommending alternative the scoring method was used.

The results show that the channel is sinuous and the quality for this sector is moderate, which means that the stream is highly intervened, the vegetation cover in the riverside is poor and it's polluted. Within the estuary a cross pipeline sewage was found and in its right side (downstream) the connectivity is poor, which means that this obstacle is insurmountable for some species. Thus, to recover lost connectivity it is proposed the building of a rock ramp, which must be designed according to the requirements of the existing fish fauna.

Finally, it can be said that in Chile the use of fish passage in rivers with conectivity problems is a very urgent need to conserve the existing octogeny fish. As was seen, the actions taken in this project were inadequate and the consequences that this can bring to the fish fauna are devastating. According to this study, it is proposed to replicate what was done as a management method of intervened rivers, with the objective of analyzing other bodies of water.

## **Agradecimientos**

Se agradece al Proyecto de Investigación Interna DIN 10/2014 denominado: “Determinación de las capacidades de nado de peces nativos continentales presentes en la cuenca del BioBío”.

*Dedicado a mis padres, Sergio y Norma.*

## Índice

1. Introducción	1
2. Antecedentes	5
2.1 Estero Nonguén y su canalización	5
2.2 Encauzamiento o canalización de un estero	9
2.3 Fauna íctica	12
2.4 Dispositivos de paso	16
3. Metodología	23
3.1 Objetivo específico 1	23
3.2 Objetivo específico 2	27
3.3 Objetivo específico 3	33
4. Resultados	37
4.1 Objetivo específico 1	37
4.2 Objetivo específico 2	56
4.3 Objetivo específico 3	64
5. Discusión	71
6. Conclusiones	74
7. Referencias bibliográficas	76
8. Anexos	87
8.1 Anexo 1	88
8.1.1 Anexo 1.1	89
8.1.2 Anexo 1.2	90

8.1.3 Anexo 1.3	91
8.1.4 Anexo 1.4	92
8.1.5 Anexo 1.5	93
8.2 Anexo 2	94
8.2.1 Anexo 2.1	95
8.2.2 Anexo 2.2	96
8.2.3 Anexo 2.3	97
8.3 Anexo 3	99
8.3.1 Anexo 3.1	100
8.3.2 Anexo 3.2	101
8.3.3 Anexo 3.3	102
8.3.4 Anexo 3.4	103
8.3.5 Anexo 3.5	105
8.3.6 Anexo 3.6	106
8.4 Anexo 4	107

## **1. Introducción**

Una serie de intervenciones mediante obras civiles se han realizado en el Estero Nonguén, específicamente en los lugares en los que el cauce del estero coincide con la zona urbana de Concepción. Los efectos que dichas obras podrían producir sobre la ictiofauna nativa son desconocidos, ya que es posible que sus diseños no respondan a los requerimientos de las poblaciones naturales en lo que se relaciona a la conectividad, las migraciones, la reproducción, el uso de hábitat y lo que podría afectar el equilibrio trófico de este ecosistema ribereño. Una identificación, caracterización de las obras civiles y su evaluación es necesaria para establecer si éstas afectan la vida de los peces nativos que habitan el Estero Nonguén.

Las obras civiles efectuadas en el Estero Nonguén forman parte del proyecto “Obras Fluviales Río Andalién, Esteros Nonguén y Palomares, VIII Región del BíoBío”. Este proyecto, propone una serie de obras de defensa y regulación de cauces, el cual fue licitado por el Ministerio de Obras Públicas con el objeto de “evitar los cuantiosos daños que ocasionan las inundaciones que tradicionalmente han ocurrido con el paso de las crecidas durante la época de lluvias” (Fuente: Declaración de Impacto Ambiental, "Diseño de Obras Fluviales Río Andalién, Esteros Nonguén y Palomares, VIII Región del Bío Bío").

Debido a que este proyecto impacta de forma directa al medio ambiente, al modificar cuerpos o cursos naturales de agua y según la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y sus modificaciones, ésta señala en su artículo 10 que las obras deben enfrentar una investigación ambiental antes de su puesta en marcha. Por ello, el proyecto fue ingresado al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA). En la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) del proyecto, y según lo que dice la Ley N° 18.892 General de Pesca y Acuicultura, se propone para el cuidado de la ictiofauna presente un monitoreo de ésta, durante la construcción y operación del proyecto, con el objetivo de conocer la distribución y abundancia de la flora y fauna acuática en el estero; y otro posteriormente para controlar la misma en cuestión. No obstante, en el blog que realizó la empresa (SICOMAQ LTDA., 2011: s/n) para informar a la ciudadanía acerca del proyecto, también proponen dentro de sus medidas ambientales la reubicación de la fauna íctica presente en zonas de intervención, específicamente en los

hábitat críticos y/o zonas sin conexión con el cauce principal, posterior al monitoreo respectivo. En la RCA no se refiere a potenciales daños podrían provocar las obras en el desplazamiento natural de la ictiofauna dentro de la zona de estudio; por ende, tampoco se presenta ninguna solución para esta problemática.

La pregunta principal es ¿por qué es importante la preservación de los peces en un ecosistema ribereño? La respuesta es debido a la importancia de los peces como predadores tope en ecosistemas lacustres y lóticos, siendo esta actividad organizativa en la estructura del ecosistema (Gilinsky, 1984). Éstos transforman la energía de fuentes primarias, conducen energía a través de la trama trófica, intercambian energía con ecosistemas (importación y exportación de ella), son una forma de almacenamiento de energía y son agentes de regulación energética (Yáñez-Arancibia y Nugent, 1976; Allgeier et al., 2013). En agua dulce, mantienen el equilibrio de los ecosistemas ribereños y lacustres, los que se mantienen si es que la estructura y conectividad son mantenidas en el tiempo (Jackson et al., 2001).

La migración es un proceso natural dentro del comportamiento de los peces, entendida ésta como el movimiento sincronizado por especies que se desplazan del lugar donde frecuentemente realizan sus actividades (amplitud de hogar), y que suceden en etapas específicas del ciclo de vida (Lucas et al., 2001). Existen tres motivos por los que se lleva a cabo la migración: la reproducción, la alimentación y el refugio (Levinton, 2001). Las alteraciones o modificaciones humanas al cauce natural de un cuerpo de agua afectan la continuidad de los ecosistemas rivereños, interrumpiendo la conectividad de muchos cursos de agua (Pini Prato et al., 2011). Dentro de estas alteraciones están la fragmentación y degradación del hábitat que son unos de los mayores factores que contribuyen a la reducción de la biodiversidad y abundancia de especies en distintos ecosistemas (Castro-Santos y Haro, 2010; Vince, 2010; Gardner, 2011). Éstos impactan sobre las áreas de desove o rutas de migración, afectando a organismos acuáticos, dentro de los que se encuentran los peces; además provocan daños directos en estos últimos como el estrés, la modificación de la dieta y restringen la migración de éstos no permitiendo la movilidad a lo largo del cuerpo de agua, dejando a los peces en la parte baja del río o en zonas que no tienen los requerimientos que éstos necesitan y además afectando la reproducción de algunas especies y hasta la

colonización de éstos a otras áreas (Schilt, 2007; Jackson et al., 2001; Pini Prato et al., 2011; Larinier, 2002). Todo esto podría provocar una disminución de la población de peces o su extinción propiamente tal (Pini Prato et al., 2011).

Debido a la importancia de los peces y las funciones que cumplen dentro del ecosistema marino, es imprescindible disponer de la caracterización y evaluación de estas obras civiles para evidenciar los potenciales efectos que éstas producirían sobre las especies de peces nativos presentes en el río, efectos que no se deben subestimar. Así como también se deben proponer modificaciones o mejoras que permitan mantener la continuidad del flujo de la ictiofauna en el estero Nonguén.

El objetivo general de este estudio fue:

Implementar un método de gestión para una propuesta de dispositivos de paso que permitan restablecer el desplazamiento de la ictiofauna presente en el Estero Nonguén.

Es así como para lograrlo se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Describir la zona de canalización del Estero Nonguén.
2. Identificar los puntos con conectividad crítica para el desplazamiento de la fauna íctica, que permita tomar decisiones de gestión en el estero.
3. Determinar los dispositivos de paso y posibles soluciones más apropiadas, en los puntos de intervención identificados.

El tema abordado en este estudio es muy amplio, es por esto que se delimitó en tres dimensiones:

1. Tramo de canalización: se trabajó desde el km 0,125 esto es Puente Nonguén, hasta el km 2,400 en Puente Lautaro. Tramo que engloba la etapa 1B de canalización del Estero Nonguén. Aproximadamente 2,275 km.
2. Época de menor caudal: se evaluó en esta época ya que corresponde al momento en que los peces tienen problemas críticos para atravesar los obstáculos, y no cuando exista un caudal alto.

3. Sólo propuesta de dispositivo de paso: no se incluirá en este proyecto el diseño de los dispositivos de paso, por lo tanto tampoco las especificaciones técnicas.

## 2. Antecedentes

### 2.1 Estero Nonguén y canalización

La intervención en los cauces de los esteros es un tema que ha suscitado la atención de diferentes investigadores. Un estero es un “canal de mareas- de preferencia meándrico- que comunica o comunicaba una laguna costera con el mar, con un río, con una marisma o con otra laguna costera” (Flores et al., 2007). Otra definición dice que “es un cuerpo de agua formado en un canal natural o en antiguos brazos de un delta de río actualmente cerrado. En sus aguas se alternan periodos de estancamiento y de circulación, determinados por el ciclo diario o estacional de las mareas y por la magnitud y penetración de las corrientes de mareas, lo que origina que sus aguas presenten salinidad variable” (Cervantes, 2007). O “río pequeño o arroyo” (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile).

Debido a que la legislación chilena considera a los esteros como ríos pequeños, es que se analizó a continuación las características de los ríos, las cuales varían a lo largo de su longitud y al ser éstos sistemas lineales en su lecho pueden existen diversos tramos o subdivisiones, siendo los principales (Welcomme, 1980):

- Ritron: poseen temperaturas de agua inferiores a 20°C. Muestran una alternación entre rabiones o rápidos pendientes (poseen corriente rápida y turbulenta, fondo de rocas y poca vegetación) y hoyas (tramos más anchos, planos y profundos, corriente lenta y en el fondo existe alguna vegetación) (Welcomme, 1980).
- Potamon: “con canales anchos, planos, formando meandros, fondos de fango y mucha vegetación con raíces y flotante” (Welcomme, 1980: 2).

Los ríos en una determinada zona climática tienden a parecerse. Hay más diferencias entre las zonas de un río que entre ellos mismos como sistemas (Welcomme, 1980). Los ríos se pueden clasificar a través de distintos factores, tales como:

Clasificación genética:

- Jóvenes: ríos de montaña donde predomina claramente la erosión.

- Maduros: zonas medias de los ríos donde existe un equilibrio dinámico entre erosión y sedimentación.
- Viejos: zonas bajas de los ríos donde predominan fenómenos de sedimentación (Martínez, 2001: 25).

Clasificación por características de la cuenca y precipitaciones:

- Efímeros: el régimen hidrológico tiene una fuerte y regular estacionalidad, es decir hay un largo periodo de aguas altas.
- Perennes: solo llevan agua en episodios de fuertes precipitaciones mientras que se mantienen secos el resto del tiempo. (Vide, 2002: 25).

Según su régimen de inundaciones, los ríos tropicales se pueden dividir en:

- Embalses: tienen extensos lagos, pantanos o planicies de inundación cerca de sus aguas de cabecera con el resultado de que las aguas de las inundaciones pasan gradualmente y hay un caudal continuo.
- De banco de arena: en estos las fluctuaciones del nivel del agua son extremas desde inundación grave hasta desecación total en la época seca (Welcomme, 1980: 2).

De acuerdo al tipo de territorio que atraviesa:

- De selvas tropicales: son de agua negra, poco pH, baja conductividad y poca carga de sedimentos. Se identifican con los embalses.
- De la Sabana: pH varía de un poco ácido a un poco salino, conductividad y carga de sedimentos alta. Pueden ser del tipo banco de arena o embalse dependiendo de la forma de su cuenca.
- Del desierto: son alcalinos y conductivos. Acaban siendo pantanos o lagos salados. Se identifica con banco de arena (Welcomme, 1980).

Según la forma de ramificarse:

- De primer orden: no tienen afluentes.
- De segundo orden: se forman al unirse los de primer orden.

- De tercer orden: se forman al unirse los de segundo orden y así siguen (Welcomme, 1980).

También por la pendiente del río, existen los ríos torrenciales “que tienen una pendiente mayor del 1,5% y torrentes de curso de agua de pendiente mayor que el 6%”. (Vide, 2002: 26). Por último, están aquellos que se clasifican de acuerdo a la composición de su materia aluvial: ríos de grava y ríos de arena (Vide, 2002).

Mardones y Vidal (2001) plantean al Río Andalién y sus esteros, entre éstos el estero Nonguén, como uno de los sectores con más alto peligro de inundaciones fluviales donde las aguas podrían desbordar de su cauce habitual. Proponen evitar instalaciones permanentes o construcción de poblaciones cerca de esta zona, debido a que “la urbanización ignora la capacidad de acogida del territorio” (Mardones y Vidal, 2001: 119). Sin embargo, por el crecimiento del Gran Concepción esta cuenca fue afectada por la urbanización entre los años 1995 y 2007 (Vidal y Romero, 2010). La urbanización entendida como el “proceso por el cual las superficies ocupadas por las ciudades se instalan y crecen sobre paisajes ambientalmente sensibles de los lechos y bordes de los cauces fluviales” (Vidal y Romero, 2010: 1). Ésta puede afectar la turbidez del agua, el sistema de drenado, el carácter y la integridad de la corriente y también cambiar la cuenca afectando los procesos de escorrentía (Walters et al., 2003; Booth y Reinelt, 1993; White y Greer, 2006). Lo anterior provoca efectos negativos en el paisaje, vegetación, fauna íctica y en las personas que se ubican cerca de esta cuenca debido a las inundaciones que pueden ocurrir por los cambios en los volúmenes de agua (White y Greer, 2006; Booth y Reinelt, 1993). Debido al impacto provocado por la urbanización en el Estero Nonguén y por las intensas lluvias continuas, el 26 de junio de 2005 ocurrió el desborde del estero en cuestión afectando así a la población ubicada cerca de éste (Mardones et al., 2006).

Es por esta razón que en el año 2008 el Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas, licitó el proyecto “Obras Fluviales Río Andalién, Esteros Nonguén y Palomares, VIII Región del BioBío”. Con el objetivo de “evitar los cuantiosos daños que ocasionan las inundaciones que tradicionalmente han ocurrido con el paso de las crecidas durante la época de lluvias” (Fuente: Declaración de Impacto Ambiental, "Diseño de Obras Fluviales Río

Andalién, Esteros Nonguén y Palomares, VIII Región del BioBío"). Este proyecto engloba una serie de obras civiles tales como: construcción de defensas, excavaciones, rellenos compactados y reubicación y consolidación de descargas de aguas lluvias. Debido a que este proyecto impacta de forma directa en el medio ambiente, se debe tener en cuenta la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y sus modificaciones. En el Artículo 10 de la ley en cuestión se nombran las obras que "sólo podrán ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental" (Artículo 8, Ley N°19.300), específicamente en el inciso a) se habla del presente caso: "defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas" (Artículo 10, Ley N°19.300). Por lo que se "deberá presentar una Declaración de Impacto Ambiental o elaborar un Estudio de Impacto Ambiental, según corresponda" (Artículo 9, Ley N°19.300). Se presentó una Declaración de Impacto Ambiental, ya que respaldándose en el Artículo 11 de esta Ley, este proyecto no presentaría impactos que exigirían la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental. De acuerdo a lo que dice en el artículo 12 bis de la ley en cuestión, esta Declaración de Impacto Ambiental (DIA) debe incluir "la indicación normativa ambiental aplicable, y la forma en la que se cumplirá". Luego de los comentarios por parte de los evaluadores de la DIA, se entrega el Informe Consolidado de la Evaluación ambiental (ICE) por parte de la empresa, para llegar al último paso, la entrega de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA). Dentro de ésta, específicamente en el capítulo 3, sección 3.1.6, se habla de las Normas relativas al recurso o componente Fauna Íctica, citando la Ley N°18.892 General de Pesca y Acuicultura respecto a la "...preservación de recursos hidrobiológicos, y toda actividad pesquera extractiva, de acuicultura, de investigación y deportiva...", para lo que se realizará un monitoreo de la fauna íctica, durante la construcción y operación del proyecto, con el objetivo de conocer la distribución y abundancia de la flora y fauna acuática en el estero; y otro posteriormente para controlar la misma en cuestión.

No obstante, en el blog que realizó la empresa (SICOMAQ LTDA., 2011: s/n) para informar a la ciudadanía del proyecto, también proponen dentro de sus medidas ambientales la reubicación de la fauna íctica presente en zonas de intervención, específicamente en los hábitat críticos y/o zonas sin conexión con el cauce principal, posterior al monitoreo

respectivo. Dentro de los archivos del proyecto, específicamente en la RCA, en ningún momento señalan el daño que podrían provocar estas obras en el desplazamiento natural que tiene la ictiofauna dentro de la zona de estudio; por ende, tampoco se presenta ninguna solución para esta problemática inminente aquí. Lo que se contradice con lo que dice el Artículo 3 de la Ley N° 19.300: “Sin perjuicio de las sanciones que señale la ley, todo el que culposa o dolosamente cause daño al medio ambiente, estará obligado a repararlo materialmente, a su costo, si ello fuere posible, e indemnizarlo en conformidad a la ley”. Además, en Chile existe una única exigencia legal que garantiza la migración de los peces a lo largo de un cauce y se encuentra establecida en el Artículo 168 de la Ley General de Pesca y Acuicultura (Ley N° 18.892 de 1989 y sus modificaciones), la cual no fue considerada en la ejecución del proyecto.

## 2.2 Encauzamiento o canalización de un estero

Hay estudios que permiten entender por qué realizar estas obras, sus efectos y otros puntos importantes. El encauzamiento de un estero se entiende como todas las obras (protección y corrección de cauces) o intervenciones que toma un tramo del estero como su principal objetivo (Martínez, 2001; Vide, 2002).

Estas obras tienen distintos objetivos, ya sea para proteger de inundaciones a la población ribereña, proteger los márgenes de los esteros, fijar de manera estable el cauce de un estero, aumentar la capacidad de desagüe del cauce, formación o fijación de un canal navegable y recuperación de valores naturales del estero (Martínez, 2001; Vide, 2002).

El encauzamiento trae una variedad de efectos tales como: disminución de área inundable en aguas altas, aumento de la sedimentación en aguas bajas, aumento de la erosión debido al aumento de la velocidad en la parte media del estero y la variación de la pendiente del tramo, la reducción de hábitat y estabilidad ambiental, pérdida de vegetación acuática, despeje de vegetación ribereña, modificación de condiciones del sustrato, régimen del flujo de agua y calidad de agua, entre otros (Martínez, 2001; Swales 1989). Martínez (2001) explica que los encauzamientos urbanos se realizan por dos razones: para la protección de inundaciones o por la presión urbanística. Alguno de los impactos ambientales que conllevan la ejecución de

un encauzamiento urbano puede ser el descenso de la llanura, crecimiento anormal de vegetación acuática, depósito de materia orgánica, entre otros (Martínez, 2001; Vide, 2002). Por esto, en otros países han comenzado el proceso de “naturalizar los ríos de manera compatible con las nuevas circunstancias” (Vide, 2002: 138), no se usa el concepto de “renaturalizar”, ya que implicaría volver al estado inicial, el cual no se conoce y además pudiendo haber cambios irreversibles que no la permitan (Vide, 2002).

Dentro de las obras que involucra el encauzamiento de un estero se tiene: el enderezamiento del canal, el ensanchamiento del canal, la profundización del canal, el despeje del canal, protección de los márgenes, desvíos, restauración de riberas, entre otras (Swales, 1989; Martínez, 2001).

En el Estero Nonguén las obras de profundización se realizaron mediante excavaciones masivas. El material excavado, que no estaba contaminado, se utilizó para realizar rellenos compactos en ciertos bordes que requerían elevarse más.

La profundización de un cauce se puede realizar para: evitar inundaciones, actuaciones de corrección ambiental, mejoras de cauce y obtención de material de relleno (Tobar, 2002; Ortego, 2003). Landaeta (1995) explica los impactos que pueden llegar a tener en ecosistemas ribereños, causando cambios físicos y químicos en la calidad del agua, suspendiendo y distribuyendo sedimentos contaminados, impactando organismos (principalmente peces) y flora, y cambios físicos en el fondo acuático. En otra línea de investigación se nombran también impactos en las condiciones hidrodinámicas existentes y de la morfología de la zona costera (Ortego, 2003). Para mitigar estos efectos Swales (1989) propone: reemplazar el material del sustrato dragado y usar presas bajas para aumentar la estabilidad del sustrato.

Para disminuir la erosión del fondo y proteger a las orillas de la misma, se realizó el revestimiento de éstos con escollera, gaviones y hormigón. Estas obras corresponden a obras de defensa que se interpone entre la corriente hidráulica y el fondo y/o margen (Vide, 2002). La escollera se encuentra formada por una capa de rocas que se colocan sobre el cauce. Su principal función es proteger y no estabilizar la orilla (Martínez, 2001). En cambio, los gaviones son recipientes de malla a modo de cajones de alambre que se llenan de piedra o

cantos rodados. Son flexibles y logran protecciones donde no existen elementos gruesos (Martínez, 2001). Dentro de las funciones de estos tres tipos de obras se tiene: que concentran el caudal del río evitando una inundación, resisten la acción erosiva del agua y fijan el fondo y/o la orilla pero sin restarle espacio al cauce del río. Pueden ocasionar una dificultad en el desagüe y drenaje de ciertas zonas, como también la infiltración de agua en las orillas (Martínez, 2001; Vide, 2002).

Dentro del estero y en distintas ubicaciones también se encuentran muros de borde o de protección que evitan el rebose del agua a lugares que no debería ir. Existiendo de diversos materiales como el hormigón, albañilería de piedra, mampostería de pircas, entre otros (AQUATERRA INGENIEROS LTDA., 2009). Estas obras disminuyen la zona inundable de un río (Martínez, 2001).

Las obras nombradas anteriormente producen distintos impactos en el ecosistema ribereño, tanto en la continuidad del estero como en la biota. Influyendo negativamente en la continuidad del estero [concepto de river continuum de Vannote et al. (1980)]. El concepto de river continuum, indica que los sistemas fluviales presentan un gradiente continuo de condiciones físicas y de recursos, que provoca reacciones en las distintas poblaciones que habitan un estero. La biota se ajusta a este gradiente, tal como los patrones de carga, transporte, uso y almacenamiento de materia orgánica. Logrando un equilibrio de energía a lo largo del estero. Cuando se altera un curso de agua, se presenta una fragmentación de la continuidad de los ecosistemas ribereños, alterando el flujo de materia orgánica, causando un cambio en los participantes de éste. Formándose a su vez otro patrón de movimiento de la materia que se adapta al cambio. Existiendo una adaptación de las especies o un reemplazo en la secuencia que antes existía en el curso del estero. Por ejemplo, los peces de agua helada son reemplazados por los de aguas cálidas que poseen más especies y que no solo comen invertebrados, sino también otros peces. Por lo tanto, si se interrumpe la continuidad del río, también se interrumpe la circulación de materia orgánica en éste, lo que lleva a cambios en los balances de energía, desplazando el equilibrio existente (Vannote et al., 1980; FAO-DVWK, 2002). También afectan a la biota acuática, en específico a los peces. Directamente algunos efectos que perjudican a los peces son: pérdida de hábitats adecuados, reducción en

el de la calidad del hábitat que queda post-obras y aumento de obstáculos que no permiten o dificultan la migración, entre otros (Swales, 1989; Beach, 1984). Reduciendo la densidad total y biomasa (Brooker, 1985).

### 2.3 Fauna íctica

La importancia de los peces radica en que éstos son predadores tope en ecosistemas lacustres y lóticos, siendo esta actividad organizativa en la estructura del ecosistema (Gilinsky, 1984). Éstos transforman la energía de fuentes primarias, conducen energía a través de la trama trófica, intercambian energía con ecosistemas (importación y exportación de ella), son una forma de almacenamiento de energía y son agentes de regulación energética (Yáñez-Arancibia y Nugent, 1976; Allgeier et al., 2013). En agua dulce, mantienen el equilibrio de los ecosistemas ribereños y lacustres, los que se mantienen si es que la estructura y conectividad son mantenidas en el tiempo (Jackson et al., 2000).

Uno de los efectos provocados por las alteraciones que se realizan en distintos cuerpos de agua tiene que ver con la privación a los peces de la migración. Ésta puede ser definida como los movimientos sincronizados por distintas especies que se alejan de su “*home range*” o rango de hogar y que ocurren en etapas específicas de su ciclo de vida (Lucas et al., 2001). Se entiende por *home range* o el rango de hogar como el área donde los peces u otros animales realizan sus actividades diarias (Lucas et al., 2001). Hay tres razones para que se lleve a cabo la migración: reproducción, alimentación y refugio (Levinton, 2001). La reproducción y alimentación corresponden a factores de carácter endógeno, “como respuesta autoecológica, evolutiva o de estilo de vida de las especies” (Granado, 1996: 125). De acuerdo a lo propuesto por Levinton (2001) los peces juveniles dejan el área de desove para transportarse a un territorio de cuidados o criadero, para luego moverse a un territorio de alimentación mientras crecen. Luego de que crecen y son adultos, éstos migran nuevamente al área de

desove. En la mayoría de los casos, los peces se reproducen más de una vez, lo que implica que éstos migren repetidamente del área de stock adulto al área de desove (Levinton, 2001).

De acuerdo a donde estén localizados estos movimientos, los peces migratorios se pueden clasificar en (Elvira et al., 1998: 9,10):

1. Diádromos: se mueven entre el mar y las aguas dulces. A su vez, pueden ser de tres tipos:
  - Anádromos: pasan la mayor parte de su vida en el mar, pero entran en las aguas dulces para reproducirse.
  - Catádromos: pasan la mayor parte de su vida en aguas dulces, pero van al mar a reproducirse.
  - Anfídromos: se mueven entre el mar y las aguas dulces o viceversa, pero no por causas reproductivas.
2. Potádromos: sus movimientos tienen lugar exclusivamente en las aguas dulces.
3. Oceánodromos: sus movimientos tienen lugar exclusivamente en el mar.

Autores como Levinton (2001) y Marmulla (2001) plantean que existe una alta dependencia de las poblaciones de peces con un hábitat adecuado que les permita apoyar y realizar todas sus funciones biológicas (principalmente de alimentación y desove). Esta dependencia es más notoria en peces migratorios que requieren de distintos hábitats que cumplan con las condiciones que necesitan en esa etapa específica de su vida (Marmulla, 2001). Es por esto que al alterar las rutas de migración y las áreas de desove, lo más probable es que exista una declinación en las poblaciones de peces (Larinier, 1998; Levinton; 2001). Esta declinación afectaría toda la trama trófica y aún más a todo el ecosistema ribereño, ya que como se dijo anteriormente los peces mantienen el equilibrio en ecosistemas ribereños, transportando energía a través de la trama trófica.

El Estero Nonguén es de “alto valor de conservación de su biodiversidad” (Ortiz-Sandoval, Ortiz, Cifuentes, González y Habit, 2009: 1). Dentro de la fauna íctica se encuentra:

**Tabla 1. Descripción de peces del Estero Nonguén**

<b>Especie<sup>1</sup></b>	<b>Habitat</b>	<b>Observación</b>	<b>Estado<sup>2</sup></b>	<b>Origen<sup>3</sup></b>
<i>Galaxias maculatus</i>	Marina (IUCN)	Alto valor comercial en estado postlarval cristalino, altamente vulnerable a depredadores. (Vega et al., 2013)	Vulnerable	Nativa
<i>Percilia irwini</i>	Pelágica (MMA)	Alto valor de conservación, ya que es una especie nativa (solo del río Biobío y Andalién) (Ortiz-Sandoval et al., 2009).	En peligro de extinción.	Nativa
<i>Geotria australis</i>	Marina (IUCN)	Depredador dominante en la adultez (MMA).	Vulnerable	Nativa
<i>Trichomycterus areolatus</i>	Bentopelágica (nivel más bajo del cuerpo de agua) (IUCN)	En cuanto a su alimentación se consideran como peces carnívoros, consumen toda variedad de organismos que tengan contacto con el fondo (Ruiz y Marchant, 2004).	Vulnerable	Nativa
<i>Bullockia maldonadoi</i>	Sector bajo de ríos y en sustratos (MMA) Zona litoral-sublitoral	Su alimentación es de tipo bentónica basándose en larvas de insectos acuáticos, anfípodos y ácaros (MMA)	En peligro de extinción	Nativa
<i>Cheirodon galusdae</i>	(Zunino et al., 2009)	Considerado fundamentalmente carnívoro y sus preferencias	Vulnerable	Nativa

<sup>1</sup> Información extraída de “Variaciones espacio-temporales del ensamble de peces de un sistema fluvial de bajo orden del centro-sur de Chile” (Habit, Victoriano y Rodríguez-Ruiz, 2003).

<sup>2</sup> Información extraída de “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Cuenca del Río Andalién” [http://www.sinia.cl/1292/articles-31018\\_Andalien.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-31018_Andalien.pdf)

<sup>3</sup> Información extraída de “Ictiofauna de aguas continentales chilenas” (Ruiz y Marchant, 2004) y The IUCN Red List of Threatened Species.

se manifiestan sobre Insecta y Crustacea (Ruiz y Marchant, 2004).

<i>Nematogenys inermis</i>	Desde sistemas ritrales hasta sistemas de llanura (MMA)	Alimentación bentonia, gusanos e insectos. Muy vulnerable a la predacion (Ruiz y Marchant, 2004).	En peligro de extinción	Nativa
<i>Percichthys trucha</i>	Lagos o zonas bajas de ríos (MMA)	Especie dominante de alimentación bentofaga (MMA).	Vulnerable	Nativa
<i>Basilichthys australis</i>	Ríos y lagos (Especies Chilenas)	Importancia en la pesca (MMA).	Vulnerable	Nativa
<i>Salmo trutta</i>	Marina (FishBase)	Puede alterar el comportamiento y abundancia de bentos, la dinámica trófica, y el procesado de materia orgánica. Puede tener efecto en vertebrados y decápodos. Pesca deportiva (Soto et al., 2005; Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2007).	No listada	Introducida
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Marina (FAO)	Sirve para la pesca y posterior comercialización. Tiene un efecto negativo sobre especies nativas (agresividad) (Ruiz y Marchant, 2004).	No listada	Introducida
<i>Gambusia affinis</i>	Marina (IUCN)	Reducen poblaciones de rotíferos, crustáceos e insectos, permitiendo un gran desarrollo de	No listada	Introducida

fitoplancton (Hurlbert, Zedler y Fairbanks, 1972; Pyke, 2005).

---

**Fuente:** Elaboración propia.

Ortiz-Sandoval et al. (2009), concluyeron que los efectos del dragado del estero en los peces fueron: dominancia de *C. galusdae* (es más resistente al dragado). *B. maldonai* y *P. irwini* no se vieron afectadas, de hecho aumentaron su abundancia. *B. australis* junto a los salmonídeos introducidos (*O. mykiss*, *S. trutta*) fueron los únicos que mostraron ser resilientes. Las especies sensibles identificadas fueron 4 nativas (*N. inermis*, *T. areolatus*, *G. maculatus* y *P. trucha*) y 3 introducidas. La pérdida de alguna de estas especies nativas se considera un efecto negativo. Esto se puede tomar como base para predecir en parte los efectos de las construcciones que ocurrieron y siguen ocurriendo en el Estero Nonguén.

#### 2.4 Dispositivos de paso

Con el objetivo de mitigar los impactos en la migración de estos peces, provocados por las obras en el Estero Nonguén, existen dispositivos de paso para peces. Un dispositivo de paso para peces o *fish passage* se define como aquellas “infraestructuras hidráulicas cuya finalidad es el paso de peces migradores de un lado al otro de un obstáculo existente en el curso fluvial” (Pena et al., 2006: 114). De acuerdo a lo planteado por la Confederación Hidrográfica del Ebro (2009) y Pena et al. (2006) un dispositivo será efectivo cuando al menos el 95% de los peces que se acerquen al obstáculo pueden encontrar fácilmente la entrada, atravesarlo sin daño alguno y así alcanzar la salida para poder continuar su migración.

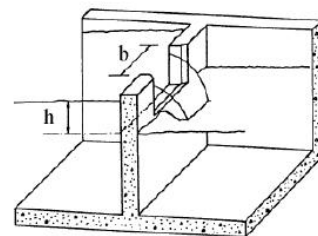
Existen distintos tipos de pasos para peces (Elvira et al., 1998):

- Pasos rústicos o (atípicos): para obstáculos de poca altura. Tienen una pendiente máxima (3-5%). Algunos son: abertura de brecha en el obstáculo, canal diagonal sobre la falda del obstáculo o en una compuerta. (Ver figura 1).



**Figura 1. Paso rústico en azud de la montaña de Palencia. (Fuente: Sanz-Ronda et al., 2013).**

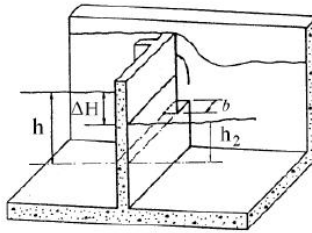
- Pasos de estanques sucesivos: escalera de agua formada por estanques, conectados con peldaños por donde circula un caudal a través de unos vertederos, hendiduras verticales y/u orificios. Son las clásicas escalas salmoneras. Existen distintos tipos: paso de tabique vertientes, paso de tabiques con escotaduras superiores, paso de tabiques con orificios sumergidos, paso de tabiques con escotaduras y orificios sumergidos y pasos de pre-presas. (Ver Figura 2).



Fuente: A. Mtz. de Azagra, 1999.

**Figura 2. Paso de estanques sucesivos de vertido libre en el río Cardenas. (Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009).**

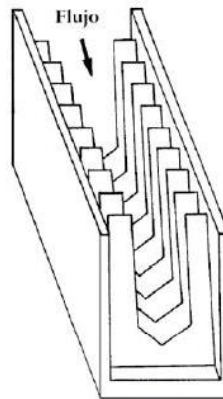
- Pasos de escotaduras verticales: similar al anterior, se diferencia en que la separación de los estanques no está definida. Consiste en una rampa inclinada con tabiques incompletos (zona central o lateral), para que el agua circule por el espacio. Acá el paso del agua no crea saltos. Ventajas: soporta variaciones del nivel de agua, peces franquean el paso nadando a la profundidad deseada, ascenso del pez no es tortuoso, los peces tienen oportunidad de descanso y requiere poco mantenimiento. Por todas estas ventajas es uno de los más frecuentes. (Ver Figura 3).



Fuente: A. Mtz. de Azagra, 1999.

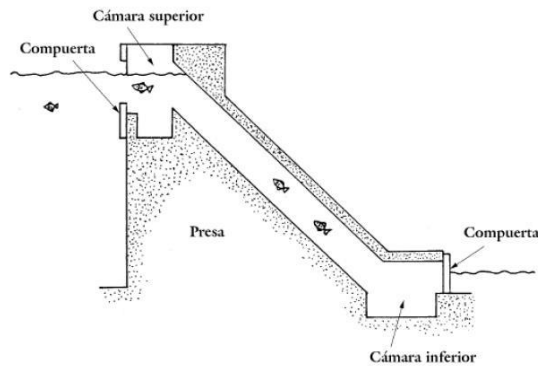
**Figura 3. Paso de escotaduras verticales río Duero (Guma). (Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009).**

- Pasos de ralentizadores: canal rectilíneo de fuerte pendiente con unos deflectores en el fondo y pared para reducir la velocidad del flujo hasta valores que permitan el ascenso de peces. Tipos: planos (más común, por su facilidad de construcción) y de fondo (últimos dos son eficientes pero difíciles de construir). Son para peces de gran tamaño. (Ver Figura 4).



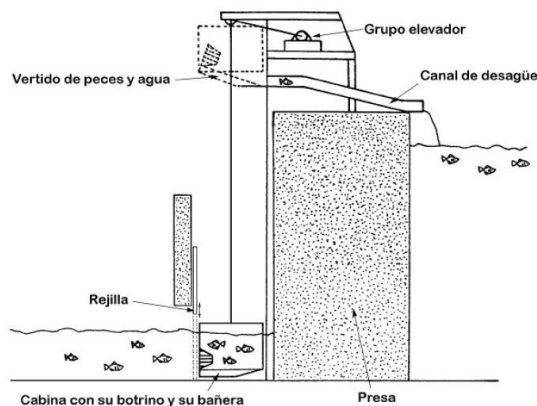
**Figura 4. Croquis de un ralentizador tipo Denil. (Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009).**

- Esclusas para peces: se atrae al migrador a la cámara de aguas abajo y se le incita a salir de la esclusa creando en el interior una corriente descendente gracias a la apertura de un “*by-pass*” en la parte inferior de ésta. Para atraer a los peces se debe crear una corriente en el canal de entrada bajo la esclusa, esto se hace manteniendo parcial o totalmente abiertas las compuertas de llenado (una llamada). (Ver Figura 5).



**Figura 5. Croquis de esclusa para peces. (Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009).**

- Ascensores para peces: captura en una cuba o jaula a los peces al pie del obstáculo para elevarlos y liberarlos aguas arriba. Ventajas: coste de construcción, independiente de la altura del obstáculo y poco sensible a la variación de niveles de agua arriba. Desventajas: costes elevados de funcionamiento y mucha posibilidad de avería de dispositivos. (Ver Figura 6).



**Figura 6. Croquis de ascensor para peces. (Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009).**

- Ríos artificiales: canal que imita a un río natural y conecta los niveles de aguas arriba y abajo. Suele ser parecido a un afluente del río principal, para que se integre completamente al paisaje (Elvira et al., 1998; Sanz et al., 2002). (Ver Figura 7).



**Figura 7. Río artificial para salvar un azud en el río Tormes (Salamanca). (Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009).**

Existen algunos factores que necesitan ser analizados antes de que se implementen estas estructuras, que se indican en la Tabla 2.

**Tabla 2. Factores a analizar antes de la implementación.**

Biológicos	Especies, estacionalidad de movimientos migratorios, diferentes niveles de actividad de natación, velocidad de nado y resistencia, distancias máximas que pueden ser cubiertas a tal velocidad de agua, capacidad de salto, temperatura (Pena et al., 2006; Larinier, 2002).
Hidrológicos	Niveles de agua, variación estacional de caudales (Pena et al., 2006).
Hidráulicos	Velocidad de flujo, variaciones del calado, relaciones caudal-calado, turbulencia, pendientes, geometría de la obra, descarga y condiciones de la corriente dentro de la estructura (Pena et al., 2006).
Topográficos	Batimetría del lecho, situación de la obra, topografía de riberas, existencia de posas de entrada y salida del paso (de descanso) (Pena et al., 2006).

**Fuente:** Elaboración propia.

También hay algunos condicionantes respecto de la ubicación y el diseño. Sanz et al. (2002) explican que la ubicación debe ser la óptima respecto del obstáculo, que debe tener una entrada fácil de encontrar y atractiva (que tenga “llamada”), que el tránsito sea sencillo para los peces, que la salida sea segura y franqueable para la totalidad de peces (distintas especies que convivan y minusválidos) y que se integre al paisaje.

En la Tabla 3 se presentan las causas más comunes que hacen que el funcionamiento de estos dispositivos de paso sea insuficiente para los requerimientos de los peces:

**Tabla 3. Causas comunes de funcionamiento deficiente según distintos autores.**

Ausencia llamada	Tiene que ver con el sistema que debería interceptar o atraer a los peces dándoles una entrada en las locaciones apropiadas y con condiciones hidráulicas adecuadas (Petts, 2002).
Mala altimetría	Infra/supra alimentación de la obra, desconocimiento de niveles de agua, fuerte salto en la entrada (Pena et al., 2006).
Dimensionamiento defectuoso	Volumen reducido en depósitos, aireación y turbulencia excesiva, salto elevado entre depósitos, profundidad de agua insuficiente (Pena et al., 2006).
Colmatación o bloqueo	Mala protección contra cuerpos a la deriva, entrada demasiado expuesta, defectos en el mantenimiento, mala alimentación (Pena et al., 2006).
Causas externas variables	Mal funcionamiento de compuertas u otros dispositivos que se usen tales como reguladores de caudal, deflectores, tornos de maniobra de jaulas, entre otros (Pena et al., 2006).

**Fuente:** Elaboración propia.

Actualmente este tipo de infraestructuras son de vital importancia, ya que mejoran el entorno y diversidad de hábitats en los peces, permitiendo realizar los procesos migratorios básicos (Trapote, 2009). Estos dispositivos se encuentran a lo largo del mundo en distintos países como Rusia, España, Estados Unidos, Canadá y algunos Latinoamericanos (Argentina, Brasil, Venezuela y Uruguay) y Asiáticos (Welcomme, 1989; Quirós, 1988; Pena et al., 2006; Elvira et al., 1998). No obstante, el éxito y/o eficiencia que pueden llegar a tener ha sido cuestionado a lo largo de los años. Esto ocurre debido a que antes se ejecutaban prescindiendo de un estudio técnico que los avalara, hoy en día existen muchas tecnologías que han permitido que esto vaya mejorando desde entonces (Petts, 1989; Sanz et al., 2002). Es por esto que los resultados obtenidos de proyectos similares indican que existe un alto potencial en estas estructuras, pero proponen para ellas el desafío de implementarlas con un monitoreo y mantenimiento constante (Schilt, 2007; Petts, 1989; Pena et al., 2006; Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009).

Cuando la estructura ya está construida el monitoreo se realiza con el objetivo de probar que la entrada es encontrada por los peces y que el paso está siendo usado, cuando no se ha construido es recomendable que luego de que el proyecto se apruebe se realice un plan de monitoreo. Algunos métodos que se mencionan son: trampas para peces (para ver cuántos peces pasan), el método del bloqueo (bloquear el paso de los peces en la salida), marcar los peces y luego ver si van pasando con pesca eléctrica, equipo contador automático (con sensor, barreras de luz, control con video) (FAO-DVWK, 2002; Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009). Una vez que se obtienen los resultados se puede conocer la proporción de peces que están en la cuenca y que han sido capaces de migrar, corrigiendo diferentes aspectos que ayuden a aumentar la eficiencia del dispositivo (FAO-DVWK, 2002; Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009). Para que un dispositivo de paso para peces funcione correctamente debe existir un procedimiento de mantenimiento regular (a lo menos una vez al año y también después de cada inundación), ya que se pueden llenar de residuos que obstruyan el paso (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009).

En Chile este tipo de estructuras aún no han sido implementadas siendo necesaria su implantación.

### 3 Metodología

#### 3.1 Objetivo específico 1. Describir la zona de canalización del Estero Nonguén.

En la descripción de la zona de canalización del Estero Nonguén se destinó tiempo para realizar la revisión de antecedentes, para dos salidas a terreno, con el objeto de evaluar la geometría del canal y aplicar el método “nivel de encauzamiento”.

La revisión de antecedentes fue realizada vía web. Primero, se revisó los antecedentes del proyecto “Construcción de Obras Fluviales, Río Andalién, Esteros Nonguén y Palomares, Estero Nonguén Etapa 1-B”. Después, se analizó las licitaciones del proyecto encontradas en la página web [www.mercadopublico.cl](http://www.mercadopublico.cl), en el blog realizado por la constructora a cargo del proyecto ([www.enonguen.blogspot.cl](http://www.enonguen.blogspot.cl)), en los anexos encontrados en la presentación de la DIA ([www.sea.gob.cl](http://www.sea.gob.cl)), en los planos reguladores y la ordenanza plan regulador comunal de Concepción ([www.concepción.cl](http://www.concepción.cl)) y en una variedad de estudios en los que se encuentra como objeto de análisis el Estero Nonguén (referenciados en los resultados).

La primera salida a terreno fue realizada con el objetivo de observar, conocer y recorrer el área, la que fue previamente identificada en la revisión de antecedentes. También fue necesario identificar la ubicación exacta de aquellas obras que se utilizarían para la aplicación del método “nivel de encauzamiento”, esto para que en la segunda salida se fuese directo a ellas. Ésta fue realizada el día 20 de agosto de 2015, con el objetivo de acceder al Km. 2,312, punto en donde comienzan las obras contempladas en el proyecto “Construcción de Obras Fluviales, Río Andalién, Esteros Nonguén y Palomares, Estero Nonguén Etapa 1-B”. En primer lugar, se debió llegar al Puente Lautaro (km 2,400) en bus y para luego recorrer la zona de canalización a pie; donde se tomaron fotografías con una cámara digital Canon; modelo PowerShot A560. Se registró aspectos relevantes y se identificó la ubicación de las obras necesarias para el método a aplicar. Por último, se guardó la ubicación de estas obras mediante la aplicación móvil Google Maps.

La segunda salida a terreno se realizó el día 29 de agosto de 2015 y consistió en ir directamente a aquellas localizaciones que fueron identificadas en la salida N°1. En estas localizaciones lo que se hizo, en primera instancia, fue observar si las obras afectan a una

orilla del estero o a ambas. Luego, se midió las coordenadas del inicio de la obra con Google Earth, para así medir después la longitud de la obra con un Odómetro (marca Sonlon) o con una con huincha de medir, en otras oportunidades. Finalmente, se midió las coordenadas del final de la obra con la aplicación antes nombrada. Cabe destacar que se utilizó como referencia la hoja de campo (Ver Figura 8) propuesta por HIDRI (2006) para que la toma de datos fuera ordenada y organizada.

**Determinación del nivel de encauzamiento del cauce - Hoja de campo**

Masa de agua:													
Fecha				Hora:				Operador/a:					
Río							Cuenca:						

Localización	UTM inicial		UTM final		Margen afectado			Longitud (m)	Tipo de encauzam.				
	X	Y	X	Y	Derecho	Izq.	Ambos		mota	escollera o gavión	muro	muro en U	

**Figura 8. Hoja de campo nivel de encauzamiento. (Fuente: HIDRI, 2006).**

Para evaluar la geometría del canal, se comenzó con una inspección visual, razón por la que se debe clasificar el tramo en: rectilíneo, sinuoso, meandriforme o trezado. Luego, para confirmar lo visto en terreno, se debe medir: la longitud del canal y la longitud de la línea recta que sigue el valle del río; todo esto mediante medidas en SIG (Sistema de Información Geográfico), el que se encuentra disponible en la página web del SAG (Servicio Agrícola y Ganadero). Una vez obtenidas estas medidas, se aplicó la siguiente ecuación:

$$SI = \frac{\text{Longitud del canal principal}}{\text{Distancia en línea recta a lo largo del valle fluvial}} \quad (1)$$

Donde:

SI= sinuosidad.

Cabe señalar que las unidades de medida de la variable del numerador y denominador deben ser la misma. En este caso se utilizó metros.

Dependiendo del valor obtenido para SI, el grado de sinuosidad puede ser categorizado (ver Tabla 4).

**Tabla 4. Categorías del grado de sinuosidad.**

Valor de SI	Grado de sinuosidad
1,00-1,05	Recto
1,05- 1,50	Sinuoso
>1,50	Meandriforme

**Fuente:** HIDRI, 2006.

Para obtener el nivel de calidad que tiene el estero mediante la evaluación del nivel de encauzamiento, se aplicó según el protocolo HIDRI (2006), el que evalúa una proporción entre: la parte canalizada y la longitud total del tramo evaluado, considerando algunas características de los encauzamientos existentes tales como:

- Si afecta a una o ambas orillas (si afecta a las dos orillas se computará dos veces la longitud del encauzamiento).
- El tipo de encauzamiento (determinado por la estructura de protección usada).

Luego de identificar estas características, es necesario ponderar el encauzamiento con un coeficiente que corresponda al tipo de encauzamiento, lo que se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 5. Coeficientes de ponderación según el tipo de encauzamiento.**

Tipo de encauzamiento	Coefficiente
Mota	0,2
Escollera o Gavión	0,5
Muro	0,8
Muro en U (cauce hormigonado)	1






**Fuente:** HIDRI, 2006.

El cálculo del nivel de encauzamiento (END), utiliza la siguiente ecuación (HIDRI, 2006):

$$END = \frac{\sum(\text{Longitud de encauzamiento} \times \text{coeficiente})}{\text{Longitud de masa de agua}} \quad (2)$$

Una vez obtenido el valor END, se asignarán los niveles de calidad en función del nivel de encauzamiento obtenido (Tabla 6).

**Tabla 6. Nivel de calidad según el nivel de encauzamiento.**

Nivel de calidad	Color identificativo	Nivel de encauzamiento (END)
Muy bueno		<0,1
Bueno		0,1-0,2
Moderado		0,2-0,3
Deficiente		0,3-0,4
Malo		>0,4

**Fuente:** HIDRI, 2006.

Finalmente, con los antecedentes y lo que se vio de las salidas a terrenos y el “nivel de encauzamiento” se obtuvo la descripción final.

**3.2 Objetivo específico 2.** Identificar los puntos con conectividad crítica para el desplazamiento de la fauna íctica, que permita tomar decisiones de gestión en el estero.

Se utilizó el índice de conectividad fluvial (ICF), indicador que sólo considera los peces para diagnosticar la conectividad longitudinal. A partir de este diagnóstico, es posible tomar medidas que mejoren la conectividad del río (Solá et al., 2011). Este índice tiene su base “en la comparación de las características de un determinado obstáculo y de los dispositivos de paso para peces (si se dispone de ellos) con las capacidades para superarlo de las distintas especies de peces potencialmente presentes en el tramo” (Solá et al., 2011: 274).

Se deben seguir los siguientes pasos, tomando como base el protocolo HIDRI:

1. Localización de barreras artificiales en la zona de estudio: se debe evaluar la conectividad en tramos que presenten barreras para el movimiento de los peces, entendiendo por barrera cualquier estructura que pueda representar un obstáculo en la migración de los peces.
2. Caracterización de la estructura: se identifican aspectos tales como: tipo, funcionalidad, existencia de un canal de derivación, medidas generales, materiales, etc.
3. Valoración del obstáculo: se debe clasificar las especies piscícolas que están en el tramo de estudio en los siguientes grupos:
  - Grupo 1: Especies diádromas litorales de corto recorrido fluvial con baja capacidad para superar obstáculos.
  - Grupo 2: Especies catádromas de largo recorrido, sin capacidad de salto pero, con elevada capacidad para superar obstáculos.
  - Grupo 3: Especies migratorias intrafluviales de corto recorrido, con capacidad para superar obstáculos baja o moderada. Ciprínidos.
    - Grupo 3a: Especies grandes, con capacidad moderada para superar obstáculos.
    - Grupo 3b: Especies pequeñas, con muy poca capacidad para superar obstáculos.

- Grupo 4: Especies migratorias intrafluviales con elevada capacidad natatoria y de salto.

Luego, se determina qué grupo de especies pueden o no pasar el obstáculo existente, de acuerdo a las características de éste, y con ello se clasifica la barrera tal como se muestra en la Figura 10.

El paso siguiente que se debe realizar, según el protocolo HIDRI (2006), es la valoración de los pasos de peces y moduladores finales. Estos dos pasos conllevan la existencia de dispositivos, lo que no fue posible de realizar debido a la inexistencia de éstos en el país, cabe recalcar que esto no afecta el resultado del índice, ya que dentro del protocolo del índice, también se presenta la opción “Sin paso” para cuando éste no exista (HIDRI, 2006).

Para ordenar y organizar la toma de datos registrados en la caracterización del obstáculo, se utilizó la hoja de campo número 1 del Índice ICF proporcionada por HIDRI (2006), la que se presenta en la Figura 9.

**Evaluación de la conectividad longitudinal de ríos. Índice ICF – Hoja de campo 1 / 4**

Punto de muestreo:		y / o Código Infraestructura:	
Masa de agua:	Fecha:	Hora:	Operador/a:
Río:	Cuenca:	UTM X:	UTM Y:
Localización:			

**Caracterización de la infraestructura**

Tipo de infraestructura

Azud       Travesía       Estación de aforos       Vado

Puente ferroviario       Puente de tránsito rodado       Otros: \_\_\_\_\_

---

Funcionalidad de la infraestructura

**Motivo de construcción / uso:** Regulación de cauda       Abastecimiento       Riego

Generación de energía       Transporte       Estabilización fondos       Otros: \_\_\_\_\_

**Actualmente en uso?:**      Sí       No

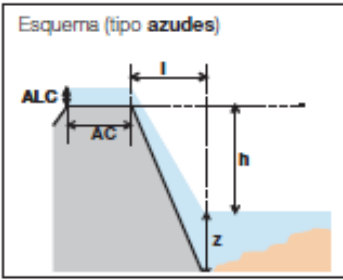
**Estado de conservación:**      En buen estado       Necesita mantenimiento       Necesita reparación

---

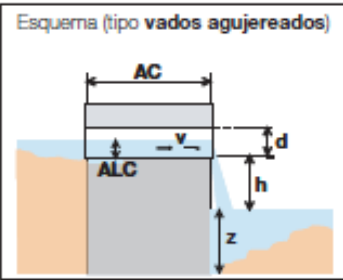
Canal de derivación:      Inexistente       En el margen derecho       En el margen izdo.

---

Características de la infraestructura (especificar si el valor es medido (M) o estimado (E))



Esquema (tipo azudes)



Esquema (tipo vados agujereados)

Altura\* (h) \_\_\_\_\_ cm      Longitud (l) \_\_\_\_\_ cm      Profundidad de la poza (z) \_\_\_\_\_ cm

Anchura coronación\* (AC) \_\_\_\_\_ cm      Alt. lámina coron.\* (ALC) \_\_\_\_\_ cm      Diámetro tubo (d) (sólo vados) \_\_\_\_\_ cm

Velocidad del agua dentro del tubo o sección de paso (v) (sólo en vados) \_\_\_\_\_ m/s      Material: \_\_\_\_\_

Circula agua de forma continua por encima del obstáculo?      Sí       No

(o por el interior de los tubos o pasos habilitados en el caso de los vados agujereados)

**Figura 9. Hoja de campo, ICF. (Fuente: HIDRI, 2006).**

También se utilizó una hoja de campo para obtener la valoración del obstáculo, ésta es la hoja número dos propuesta por HIDRI para el Índice ICF, la que se muestra a continuación.

**Evaluación de la conectividad longitudinal de ríos. Índice ICF – Hoja de campo 2 / 4**

**BLOQUE 1 - Valoración del obstáculo**

Grupos de peces presentes (para Cataluña, véase el mapa de distribución) Grupo 1  Grupo 2  Grupo 3a  Grupo 3b  Grupo 4

**1A<sub>1</sub>.** Valorar las características de arriba a abajo (todo tipo de obstáculos excepto los vados agujereados) y marcar una sola entrada

Verticalidad	Altura (cm)	Profundidad (cm)	marcar	Grupos que pasan
Indiferente	$h \leq 10$	$z \geq 15$	<input type="checkbox"/>	Grupo 1 Grupo 2 Grupo 3a Grupo 3b Grupo 4
Indiferente	$h \leq 20$	$z \geq 30$	<input type="checkbox"/>	Grupo 1 Grupo 2 Grupo 3a Grupo 3b Grupo 4
Indiferente	$h \leq 30$	$z \geq 40$	<input type="checkbox"/>	Grupo 2 Grupo 3a Grupo 4
Vertical	$h \leq 40$	$z \geq 60$	<input type="checkbox"/>	Grupo 2* Grupo 3a Grupo 4
Indiferente	$h \leq 60$	$z \geq 70$	<input type="checkbox"/>	Grupo 2* Grupo 4
Vertical	$h \leq 75$	$z \geq 90$	<input type="checkbox"/>	Grupo 2* Grupo 4
Indiferente	Indiferente	Indiferente	<input type="checkbox"/>	Grupo 2*
Otras características (imposibilidad de reptar por las riberas)			<input type="checkbox"/>	No puede pasar ningún grupo

\*En las barreras verticales el grupo 2 sólo pasará si existe la posibilidad de reptar por las riberas.

**1A<sub>2</sub>.** Valorar las características de arriba a abajo (sólo para los vados agujereados) y marcar una sola entrada

Altura (cm)	Profundidad (cm)	Diámetro (cm)	Velocidad (m/s)	marcar	Grupos que pasan
$h \leq 10$	$z \geq 15$	$\geq 50$	$\leq 0,4$	<input type="checkbox"/>	Grupo 1 Grupo 2 Grupo 3a Grupo 3b Grupo 4
$h \leq 30$	$z \geq 40$	$\geq 50$	$\leq 1,2$	<input type="checkbox"/>	Grupo 2* Grupo 3a Grupo 4
$h \leq 60$	$z \geq 70$	$\geq 50$	$\leq 2$	<input type="checkbox"/>	Grupo 2* Grupo 4
Indiferente	Indiferente	Indiferente	Indiferente	<input type="checkbox"/>	Grupo 2*
Otras características (imposibilidad de reptar por las riberas)				<input type="checkbox"/>	No puede pasar ningún grupo

\*En las barreras verticales el grupo 2 sólo pasará si existe la posibilidad de reptar por las riberas.

**Marcar los grupos que pasan según condiciones (1A<sub>1</sub> o 1A<sub>2</sub>)**

**1B.** Valorar las características de arriba a abajo (para todas las infraestructuras) y marcar una sola entrada

Anchura coronación (cm)	Alt. lámina coronación (cm)	marcar	Grupos que pasan
$AC \leq 50$		<input type="checkbox"/>	Grupo 1 Grupo 2 Grupo 3a Grupo 3b Grupo 4
$AC > 50$	$0 < ALC < 15$	<input type="checkbox"/>	Grupo 2
$AC > 50$	$ALC \geq 15$	<input type="checkbox"/>	Grupo 1 Grupo 2 Grupo 3a Grupo 3b Grupo 4
Otras características (no circula agua por encima del obstáculo)			<input type="checkbox"/> No puede pasar ningún grupo

**Marcar los grupos que pasan según condiciones (1B)**

No pasa ningún grupo

Grupos de peces que pasan (han de cumplir las dos condiciones (1A+1B))

Resultados de la valoración del obstáculo	
Si pasan todos los grupos presentes	Barrera franqueable para las especies de los grupos presentes <input type="checkbox"/>
Si algún grupo presente no pasa la barrera	Barrera infranqueable para algunos de los grupos presentes <input type="checkbox"/>
Si ningún grupo no pasa la barrera o bien no circula agua de forma continua por encima del obstáculo (o por dentro en el caso de los vados agujereados)	Barrera infranqueable para todos los grupos presentes <input type="checkbox"/>

**Figura 10. Hoja de campo dos de Índice de Conectividad Fluvial. (Fuente: HIDRI).**

De acuerdo a este resultado se obtiene el nivel de calidad de la conectividad fluvial, el cual se muestra en la Tabla 7:

**Tabla 7. Nivel de calidad según la conectividad en el canal fluvial.**

<b>Obstáculo</b>	<b>Nivel de calidad</b>
Sin obstáculo	Muy bueno
Franqueable	Bueno
Infranqueable para algunos grupos	Deficiente
Infranqueable para todos los grupos	Malo

**Fuente:** HIDRI, 2006.

La salida a terreno n°3 se realizó, el día sábado 05 de septiembre de 2015, con el propósito de localizar aquellos puntos que presentan barreras u obstáculos para el desplazamiento natural de la fauna íctica a lo largo del tramo en estudio del Estero Nonguén. En esta salida se fue directamente a aquellos lugares que podrían presentar ciertos obstáculos (estos lugares habían sido previamente observados en las salidas a terreno anteriores), puntos donde se tomaron fotografías con una cámara digital Canon, modelo PowerShot A560, se tomó nota de aspectos relevantes, se identificó la ubicación de los obstáculos y, por último, se guardó la ubicación de éstos mediante la aplicación móvil Google Maps.

Luego de la localización, con el objetivo de caracterizar estos obstáculos (tipo, funcionalidad, existencia de un canal de derivación, medidas y observaciones relevantes), se realizó la salida a terreno n°4, el sábado 26 de septiembre de 2015. Oportunidad en la que se tomaron fotografías con una cámara digital Canon; modelo PowerShot A560, para medir se utilizó una huincha de medir y una regla y para obtener las coordenadas de la locación se empleó un GPS marca Garmin, modelo 78s.

La funcionalidad y diámetro del obstáculo fue consultado con Rosa Oñate Peña, administradora de proyectos de terceros de Essbio.

Para la clasificación de la fauna íctica, en los grupos propuestos por HIDRI, existente en el Estero Nonguén, se recurrió a fichas de especies proporcionadas por el Ministerio del Medio

Ambiente y a una persona experta en el tema, la Profesora Catterina Sobenes, quien clasificó aquellas especies de las que no se encontró información o se tenía duda.

**3.3 Objetivo específico 3.** Determinar los dispositivos de paso y posibles soluciones más apropiadas, en los puntos de intervención identificados.

Método de ponderación lineal (*scoring*)

Se aplicó este método, el cual es utilizado a nivel mundial (Berumen y Llamazares, 2007). Consiste en construir una función de valor para cada alternativa y que, con una fundamentación teórica ortodoxa y directa, es decir, según la teoría de la utilidad y la teoría del valor, permite que un individuo pueda elegir dentro de un conjunto de alternativas aquella que maximice su satisfacción, cuando se tienen en consideración varios criterios de evaluación (Roche y Vejo, 2005; Tavella et al., 2014).

De acuerdo a lo planteado por distintos autores (Roche y Vejo, 2005; Tavella et al., 2014) se siguen los siguientes pasos:

1. Definición de meta u objetivo global que se desea alcanzar.
2. Identificación de criterios (puntos de vista importantes para resolver el problema o alcanzar el objetivo).
3. Identificación de alternativas mediante las cuales se podría alcanzar el objetivo global. La Confederación hidrográfica del Ebro (2009) y Sanz-Ronda et al. (2002) plantean que las dimensiones de un obstáculo, específicamente la altura, obliga a desechar una solución frente a otra. Es así como en la Tabla 8 se puede observar que de acuerdo a las medidas de los obstáculos se plantean algunos dispositivos de paso específicos. Esto más la revisión de antecedentes, permitió la identificación de las alternativas a proponer.

**Tabla 8. Elección del paso de fauna de acuerdo a la altura del obstáculo.**

Altura del Obstáculo	Salmónidos	Ciprínidos
	Tipo de paso	Tipo de Paso
> de 8 metros	Esclusa	Esclusa
	Ascensor	Ascensor
Entre 8 y 2,5 m	Escala Artesas Vertido Semisumergidos	Escala Artesas Vertido Semisumergidos
Entre 2,5 y 1 m	Escala Artesas Vertido Semisumergidos	Escala Artesas Vertido Semisumergidos
	Ralentizadores	Ralentizadores
	Ríos Artificiales	Ríos Artificiales
	Rampas de Piedras	Rampas de Piedras
	Pasos Rústicos	Pasos Rústicos
Menos de 1 m	Escala Artesas Vertido Semisumergidos	Escala Artesas Vertido Semisumergidos
	Ralentizadores	Ralentizadores
	Ríos Artificiales	Ríos Artificiales
	Rampas de Piedras	Rampas de Piedras
	Pasos Rústicos	Pasos Rústicos

**Fuente:** Confederación hidrográfica del Ebro, 2009.

4. Construcción de diagrama de jerarquías.
5. Asignar una ponderación para cada uno de los criterios. Hurtado y Bruno (2005) plantean que la asignación de pesos a los criterios por el decidor puede ser manipulable, lo cual quita validez al método. Es por esto que para obtener los pesos preferenciales para cada uno de los criterios, sólo se consultó al decidor que ordenara los criterios por orden decreciente de importancia, para poder aplicar la siguiente expresión:

$$W_i = \frac{1/r_i}{\sum_{j=1}^n 1/r_j} \quad (3)$$

Donde

$W_i$ = peso preferencial del i-ésimo criterio.

$r_i$ = posición que ocupa el i-ésimo criterio en la clasificación establecida,  $i= 1, \dots, n$  (Bull, 2013).

6. Establecer en cuanto satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios.
7. Calcular el peso global (score) de cada una de las alternativas.

$$S_j = \sum_i w_i r_{ij} \quad (4)$$

Donde  $w_i$ : es la ponderación de cada criterio  $i$ .

$r_{ij}$ : rating de la alternativa  $j$  en función del criterio  $i$ .

$S_j$ : el peso global de la alternativa  $j$ .

8. Ordenar las alternativas en función del puntaje. La alternativa con el puntaje más alto representa la alternativa a recomendar.

Luego, se aplicó un análisis de sensibilidad con el fin de mejorar la calidad de la información y así el decidor tiene una herramienta adicional para decidir. Esto debido a que las variables estimadas son imposibles de predecir con exactitud, por lo que hay que tomar en cuenta los cambios del entorno (Lledó, 2013). Más específicamente se realizó un análisis de punto de equilibrio donde se estudia una variable por vez manteniendo todas las demás constantes, generalmente esa variable es de tipo económico (Lledó, 2013). Tiene el propósito de determinar el valor de una variable o un parámetro de un proyecto para determinar cuándo una alternativa es igualmente aceptable a otra (Turmero, 2014).

La información respecto a un proyecto que involucre el bajar la tubería bajo tierra y su costo aproximado fue entregado por Rosa Oñate Peña (conv. Pers.), Administrador de proyectos de terceros de Essbio.

Los costos de los dispositivos de paso a evaluar fueron proporcionados por Sergio Morales (conv. Pers.), de profesión Constructor Civil, quien entregó un presupuesto<sup>4</sup> aproximado para cada alternativa.

---

<sup>4</sup> Ver anexo 1, 2 y 3

<sup>4</sup> En los presupuestos se utilizó el valor de la UF del día 05 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://www.sii.cl/pagina/valores/uf/uf2015.htm>

Para obtener los criterios en la etapa n°2, se revisó bibliografía (Sanz-Ronda et al., 2013; Rocaspana et al., 2012; Pena et al., 2006) y se seleccionó aquellos que se pensó eran los más idóneos.

Para la etapa n°3 también se revisó bibliografía (Confederación hidrográfica del Ebro, 2009; CERM y LINKit consult & WWC, 2009; Cuadrado et al., 2008; Sanz-Ronda et al., 2011; Champutiz, 2013) y se realizó una pre-selección de alternativas con aquellas consideradas como las más adecuadas a las condiciones presentes en la zona.

Los criterios y las alternativas fueron presentadas a la profesora Catterina Sobenes, quien en conjunto con el profesor Alex García, presentaron su opinión respecto de aquello, ya sea validando lo propuesto, proponiendo mejoras o simplemente desacreditándolo. También se les encargó la jerarquización de los criterios presentados, con el objetivo de aplicar la fórmula n°3.

En la etapa n°6 se utilizó una escala de 0-100 puntos para determinar la satisfacción de cada criterio en las alternativas. Esta escala se definió así:

- 0-20 → muy malo
- 20-40 → malo
- 40-60 → regular
- 60-80 → bueno
- 80-100 → muy bueno

Luego, se realizó una reunión con la profesora Catterina Sobenes donde se presentaron todos los antecedentes relevantes acerca de los criterios y alternativas para que pudiese calificar el grado de satisfacción de cada criterio en cada alternativa en la escala ya definida anteriormente.

## 4. Resultados

### 4.1 Objetivo específico 1. Descripción de la zona de canalización del Estero Nonguén

La zona de canalización en estudio del Estero Nonguén, se encuentra abordada en el proyecto “Construcción de Obras Fluviales, Río Andalién, Estero Nonguén y Palomares, Región del Bío-Bío”, específicamente en la Etapa 1B (Estero Nonguén) que contempló desde el km 0,125 esto es puente Nonguén, hasta el km 2,312 aguas arriba. Con una longitud aproximada de 2,187 km (SICOMAQ LTDA., 2011: s/n).

En la salida a terreno N°1 se pudo identificar desde el puente Lautaro, en el km 2,4, que el estero se encontraba revestido en una primera instancia con escollera de piedra y gaviones, obras que no son parte del proyecto de canalización; sin embargo fueron considerados en el tramo de estudio.

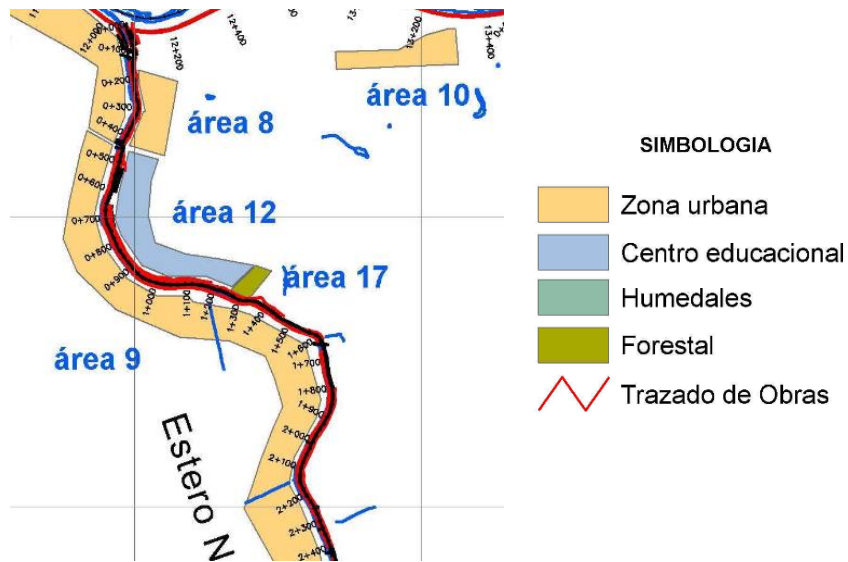
Finalmente, la zona de estudio abarcó desde el km 0,125 (donde se encuentra el puente Nonguén) hasta el km 2,4 (donde se encuentra el puente Lautaro), con una longitud de 2,275 km (Ver Figura 11).



**Figura 11. Ubicación de zona de estudio, Estero Nonguén. (Fuente: Elaboración propia).**

La zona en estudio corresponde a la zona baja potamal del estero, es decir, un área de baja velocidad de corriente ( $< 0,5 \text{ m s}^{-1}$ ), substrato de arenas, mayor conductividad y presencia de macrófitas (Habit et al., 2003) y de alta biodiversidad (Ortiz-Sandoval et al., 2009).

En los anexos de la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto, se encontró los planos en donde se proyectaron las obras. Es ahí donde se localizó los usos de los suelos que rodean la zona de canalización estudiada, lo que se puede observar en la Figura 12 a continuación.



**Figura 12. Zonas de restricción. (Fuente: SEIA)**

De acuerdo a la Ordenanza plan regulador comunal de Concepción, el que se encuentra en el Plan regulador comunal de Concepción (Municipalidad de Concepción), las zonas anteriormente identificadas (Figura 12) se describen como:

- Áreas urbanas, tal como se muestra en la Figura 12 éstas corresponden a una zona habitacional consolidada que se refiere a: “barrio residencial, con equipamiento mediano, menor y básico localizado en ejes estructurantes y en torno a microcentros, de vivienda predominantemente pareada, combinada con edificios de altura media, formando conjuntos residenciales de características homogéneas”. Además en el plano de zonificación (Figura 13) se pueden identificar dos áreas urbanas correspondientes a H2 (barrios: Lorenzo Arenas, Laguna Redonda, Collao, Vegas de Nonguén) y H3 (barrios: Norte, Sta. Sabina, V. Nonguén, Palomares, P. Valdivia Bajo, Miraflores).
- Centro educativo, tal como se muestra en la Figura 12 éste corresponde a un equipamiento educacional que se refiere a un “sector reservado exclusivamente para la localización de equipamiento educacional de todas las escalas y de todo tipo de equipamiento de apoyo a este último”. Para estas zonas se deberá contemplar Planes de Ordenamiento Interno que garanticen un desarrollo espacial estructurado, acorde

con las normas del sector. Además en el plano de zonificación (Figura 13) se puede identificar el área como E2, que se refiere al Campus Universidad del Bio-Bio.

- Área forestal, tal como se muestra en la Figura 12 ésta corresponde a áreas verdes; AV como se muestra en la Figura 13.



**Figura 13. Plano PRC1 Zonificación. (Fuente: Ilustre Municipalidad de Concepción)**

Dentro de la Figura 13, también se pueden identificar otras zonas cercanas al proyecto, tales como:

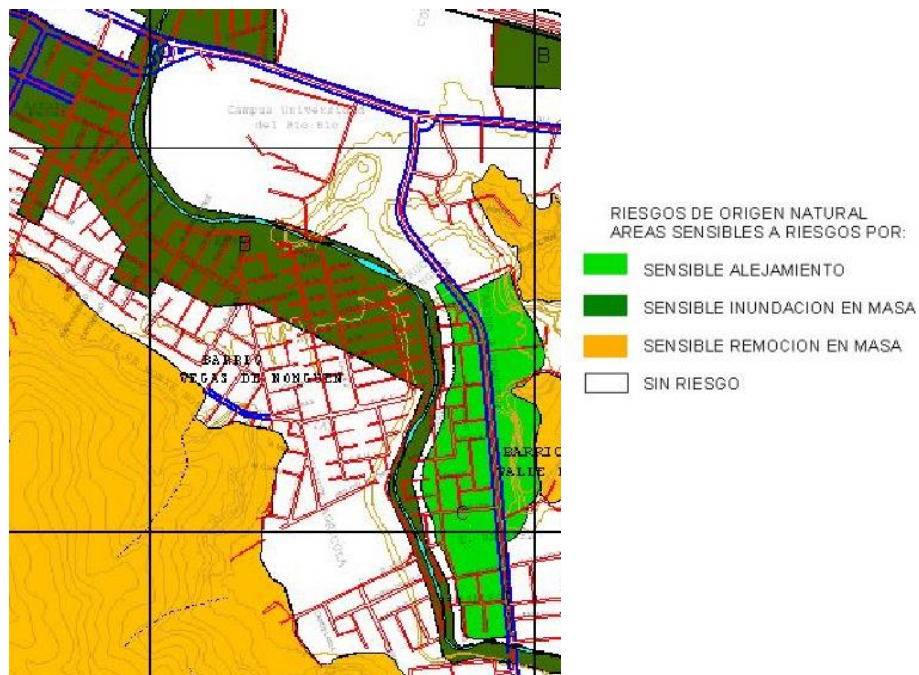
- Corredores urbanos (Cu4D): según la ordenanza plan regulador de la municipalidad de Concepción, éstos concentran servicios y equipamiento a todas las escalas, alternados con edificios residenciales, de volumetría mixta y altura libre para los volúmenes aislados y corresponden a Collao, G. Novoa, Andalién, corredores Lomas de San Andrés y Tierras Coloradas.
- Microcentros (MC): éstos están destinados al desarrollo de equipamiento de educación, salud, seguridad, culto, cultura, servicios públicos, social y áreas verdes,

con condiciones especiales de edificación y de uso de suelo para los predios que los enfrentan.

- Protección ecológica (PE): zonas de protección de quebradas y cursos de agua que forman parte del patrimonio natural y paisajístico de la ciudad, cuya sensibilidad a riesgos naturales requiere ser protegida, permitiendo un nivel de intervención muy controlado, con instalaciones menores de equipamiento turístico y de esparcimiento, con muelles o embarcaderos en zonas de fuentes o cursos de agua, siempre y cuando contribuyan a destacar y rescatar el valor natural y ecológico de ellas.
- Microcentro- áreas verdes (MC-AV).

En el Plan regulador comunal de Concepción, también encontramos las zonas sensibles a riesgos naturales y antrópicos (Figura 14). Donde podemos identificar y describir, gracias a la Ordenanza plan regulador comunal de Concepción, este tipo de zonas en el tramo en estudio y corresponden a:

- Área sensible a alejamiento: Corresponde a aquellos sectores donde se produce acumulación y permanencia temporal por periodos variables de un volumen suficiente de agua que tenga como consecuencia el recubrimiento de la superficie del suelo destinada a obras urbanas o de uso público; es decir, se provocaría anegamiento por falta de drenaje natural y por permanente acumulación de aguas lluvias o por afloramiento de aguas subterráneas. (Corresponde a la zona urbana H3, microcentros (MC) y microcentro-áreas verdes (MC-AV).
- Área sensible a inundación: Corresponden a aquellos sectores en los que podría ocurrir la invasión de aguas en un territorio, debido al escurrimiento descontrolado de aguas superficiales, a raíz del desbordamiento de cauces y/o ingreso de tsunamis por ríos. (Corresponden a las zonas urbanas H2 y H3).



**Figura 14. Plano PRC3 Áreas Sensibles a Riesgos Naturales y Antrópicos. (Fuente: Ilustre Municipalidad de Concepción)**

En las salidas a terreno se identificó y caracterizó las obras acaecidas en el cauce del estero Nonguén, las que se pueden diferenciar en dos secciones: aquellas efectuadas en el margen derecho y aquellas efectuadas en el margen izquierdo (sentido aguas abajo).

#### Margen derecho

- En el principio del tramo recorrido, específicamente donde se encuentra el puente Lautaro, se pudo observar de inmediato las obras de canalización efectuadas en el estero, comenzando con obras de escollera (ver Figura 15), para luego pasar a gaviones (ver Figura 16) y después de éstos recién a la protección de márgenes y lecho, a través de revestimiento de hormigón (ver Figura 17). De acuerdo a lo que se pudo observar y a lo publicado por la empresa constructora a cargo del proyecto en su blog, el revestimiento de talud se extiende en todo el tramo (km 0,125 al km 2,312), pero el de lecho sólo desde el km 0,400 al km 1,300 y del km 1,900 al km 2,312.
- Dentro de este margen se encontró 3 muros de contención: uno a la altura del puente Collao (ver Figura 18), otro a la altura del puente de Arco (km 1,600) (ver Figura 19) y el otro en el km 2,200 (ver Figura 20).

- En la salida a terreno n°2, a la altura del puente Nonguén (km 0,125), se pudo identificar que en este margen existía una escollera de piedra muy larga (ver Figura 21), la que forma parte de un proyecto llamado “Construcción de enrocado provisorio en Estero Nonguén, Sector Parque Residencial Collao, Concepción”; ya que, ésta se encuentra en la zona de canalización considerada, que se tomara en cuenta para el estudio.
- A continuación se muestran las obras, especificadas anteriormente, y sus características (ver Tabla 9):

**Tabla 9. Descripción obras margen derecho.**

<b>Tipo de obra</b>	<b>Coordenadas de inicio</b>	<b>Coordenadas de término</b>	<b>Longitud (mts)</b>
Escollera 1	36° 49' 58" S	36° 49' 59" S	12,8
	76° 0' 26" O	76° 0' 28" O	
Gaviones	36° 49' 59" S	36° 49' 54" S	132,2
	76° 0' 28" O	73° 0' 31" O	
Muro de protección 1	36° 49' 51" S	36° 49' 52" S	32
	73° 0' 31" O	73° 0' 32" O	
Muro de protección 2	36° 49' 33" S	36° 49' 31" S	33,1
	73° 0' 28" O	73° 0' 26"	
Muro de protección 3	36° 49' 10" S	36° 49' 9" S	71,5
	73° 0' 57" O	73° 0' 57" O	
Escollera 2	36° 49' 8" S	36° 49' 2" S	150,1
	73° 0' 57" O	73° 0' 56" O	

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 15. Escollera n°1 margen derecho. (Fuente: Elaboración propia).**



**Figura 16. Gaviones margen derecho. (Fuente: Elaboración propia).**



**Figura 17. Revestimiento margen derecho. (Fuente: Elaboración propia).**



**Figura 18. Muro de protección n°1 margen derecho. (Fuente: Elaboración propia).**



**Figura 19. Muro de protección n°2 margen derecho. (Fuente: Elaboración propia).**



**Figura 20. Muro de protección n°3 margen derecho. (Fuente: Elaboración propia).**



**Figura 21. Escollera n°2 margen derecho. (Fuente: Elaboración propia).**

#### Margen izquierdo

- En el inicio, específicamente en el puente Lautaro, se observa el comienzo de canalización con escollera (ver Figura 22) y, luego, gaviones (ver Figura 23). Posteriormente, se comienza con el revestimiento del borde que no termina hasta el fin del tramo (ver Figura 24). De acuerdo a lo que se pudo observar y a lo publicado por la empresa constructora a cargo del proyecto en su blog, el revestimiento de talud se extiende en todo el tramo (km 0,125 al km 2,312), pero el de lecho sólo desde el km 0,400 al km 1,300 y del km 1,900 al km 2,312.
- En el margen izquierdo, sólo se identificó un muro de contención a la altura del puente Collao (ver Figura 25), el que fue imposible de medir debido a las condiciones del terreno y, además, no se pudieron obtener las coordenadas de termino. Razón por la que se recurrió a la información proporcionada por la misma empresa, SICOMAQ LTDA, en su blog, donde indican la longitud de este muro.
- A continuación se muestran las obras, especificadas anteriormente, y sus características (ver Tabla 10):

**Tabla 10. Descripción obras margen izquierdo**

<b>Tipo de obra</b>	<b>Coordenadas de inicio</b>	<b>Coordenadas de término</b>	<b>Longitud (mts)</b>
Escollera 1	39° 49' 59" S 73° 0' 27" O	36° 49' 59" S 73° 0' 27" O	10
Gaviones	36° 49' 59" S 73° 0' 27" O	36° 49' 54" S 73° 0' 31" O	140,5
Muro de protección 1	36° 49' 12" S 73° 0' 56" O	-	282

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 22. Escollera margen derecho. (Fuente: Elaboración propia).**



**Figura 23. Gaviones margen izquierdo. (Fuente: Elaboración propia).**

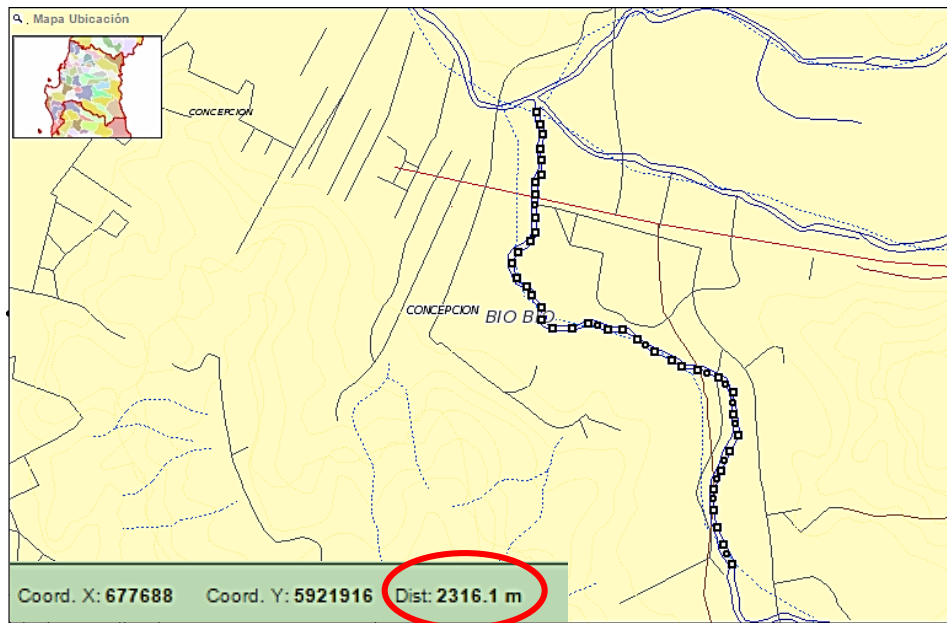


**Figura 24. Revestimiento margen izquierdo. (Fuente: Elaboración propia).**

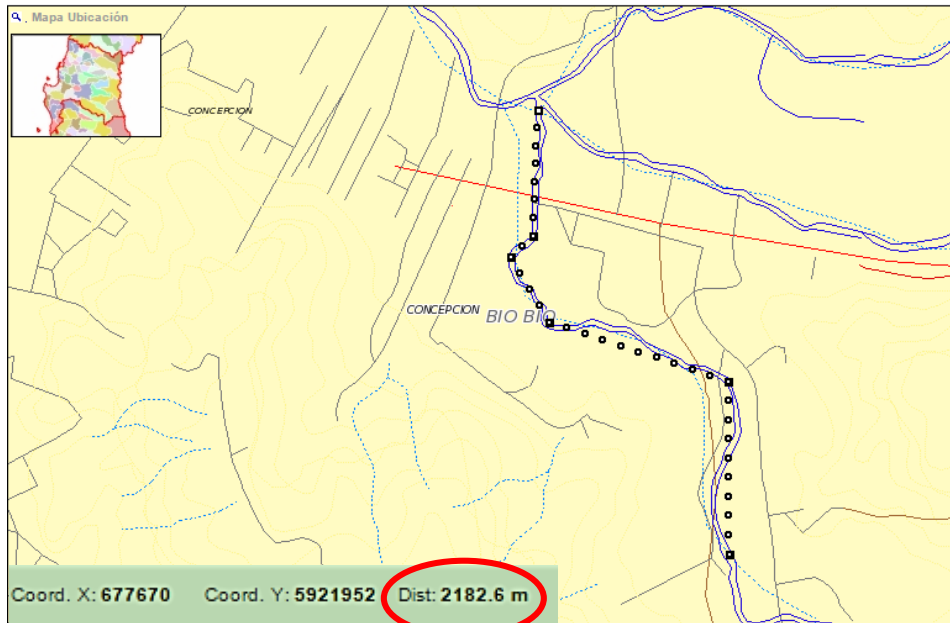


**Figura 25. Muro de protección n°1 margen izquierdo. (Fuente: Elaboración propia).**

En la inspección visual realizada por Google Earth, Google Maps y en las dos salidas a terreno, se identificó a primera vista que la tipografía del canal en estudio es sinuosa; para confirmar lo anterior, se determinó el grado de sinuosidad mediante medidas en SIG de la longitud del canal y de la línea recta que sigue el valle fluvial (HIDRI, 2006), tal como se puede ver en la Figura 26 y 27.



**Figura 26. Longitud del canal principal. (Fuente: Elaboración propia).**



**Figura 27. Distancia en línea recta a lo largo del valle fluvial. (Fuente: Elaboración propia).**

Es así como se obtiene:

$$SI = \frac{2316,1 \text{ mts}}{2182,6 \text{ mts}} = 1,06$$

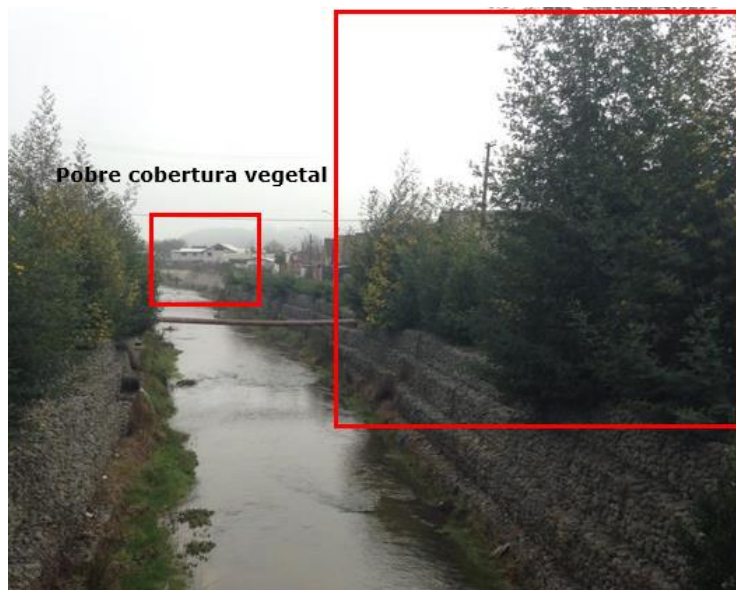
A partir de éste valor obtenido, se determinó el grado de sinuosidad del canal, el que es “sinuoso”, confirmando así lo que se observó en terreno y, previamente, en aplicaciones web.

Como se puede observar en la Figura 28 el tramo en estudio se encuentra densamente poblado (su rívera y zona de inundación). En este sector se encuentran negocios, escuelas, iglesias, universidad y sobre todo residencias particulares.



**Figura 28. Poblaciones a ambos lados del estero. (Fuente: Elaboración propia).**

Una de las consecuencias de las obras realizadas es que la ribera del estero presenta una cubierta vegetal paupérrima. En el primer punto (puente Lautaro) se encontró la escollera de piedra, gaviones y algunos árboles, y luego de éstos no se encuentra vegetación alguna por el sector de la ribera del estero. Esto se puede notar en la Figura 29 y 30.



**Figura 29. Cobertura vegetal gaviones y continuación. (Fuente: Elaboración propia).**



**Figura 30. Pobre cobertura vegetal a ambos márgenes del estero Nonguén. (Fuente: Elaboración propia).**

A lo largo del tramo de canalización se pueden identificar varias descargas de agua lluvia, ya sean de la calle o de sector urbano cercano (las más grandes) y de viviendas residenciales (las más pequeñas). Tal cual se puede apreciar en la Figura 31 y 32.



**Figura 31. Descarga de agua lluvia urbana. (Fuente: Elaboración propia).**



**Figura 32. Descarga de agua lluvia residencial. (Fuente: Elaboración propia).**

La mayoría de las descargas agua lluvia observadas, están compuestas por un tubo, el que va bajo tierra; sin embargo, se observó que al menos una descarga de agua lluvia está compuesta por un canal abierto en tierra que se encontraba muy contaminado por residuos domésticos sólidos.



**Figura 33. Contaminación canal abierto. (Fuente: Elaboración propia).**

A simple vista, el canal del Estero Nonguén también se encuentra contaminado principalmente con residuos solidos domesticos. Se pudo observar colchones, baldes, papeles de comida y botellas de distintos tipos de alcohol (ver Figura 34). Esto no es lo único que afecta la estetica del estero, ya que los taludes revestidos se encuentran rallados a lo largo del tramo estudiado.



**Figura 34. Contaminación y rallados en Estero Nonguén. (Fuente: Elaboración propia).**

La zona analizada se encuentra totalmente cercada, obra realizada en el marco de un proyecto gubernamental llamado: “Cercos Perimetrales Estero Nonguén Segunda Etapa”, tal como se muestra en la mayoría de las figuras anteriores.

Anteriormente se describieron los tipos de obras que se identificaron en el Estero, si se encontraban en ambas orillas y sus medidas. Toda esta información sirve para la aplicación del método “nivel de encauzamiento”. En la Tabla 11, encontramos la información de las obras en resumen y lista para su aplicación.

**Tabla 11. Caracterización obras Estero Nonguén.**

Tipo de obra	Coeficiente	Longitud (mts)	Márgenes		Coeficiente x Longitud x n° de margen
			Un margen	Ambos	
Escollera	0,5	10		X	10*0,5*2= 10
Escollera (resto margen derecho)	0,5	2,8	X		2,8*0,5= 1,4
Gavión	0,5	132,2		X	132,2*0,5*2= 132,2
Gavión (resto margen izquierdo)	0,5	8,3	X		8,3*0,5= 4,15
Muro en U 1 (D)	1	32	X		32*1= 32
Muro 2 (D)	0,8	33,1	X		33,1*0,8= 26,48
Muro 3 (D)	0,8	71,5	X		71,5*0,8= 57,2
Escollera 2 (D)	0,5	150,1	X		150,1* 0,5= 75,05
Muro 1 (I)	0,8	282	X		282* 0,8= 225,6
<b>TOTAL</b>					<b>564,08</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Después de identificar todos estos aspectos necesarios podemos aplicar la formula n°2, y así se obtiene:

$$END = \frac{564,08 \text{ mts.}}{2.275 \text{ mts.}} = 0,25$$

Este resultado indica que el nivel de calidad del estero como ecosistema acuático es moderada (se representa con el color amarillo).

**4.2 Objetivo específico 2.** Identificar los puntos con conectividad crítica para el desplazamiento de la fauna íctica, que permita tomar decisiones de gestión en el estero.

En esta etapa del proyecto se realizó primeramente una fase de detección de los obstáculos existentes en el tramo fluvial del Estero Nonguén. En la primera salida a terreno, se localizó 3 potenciales barreras u obstáculos para la migración de la ictiofauna presente:

1.- Puentes: en varios estudios (Conferencia del Ebro; Sanz et al., 2002; Garcia y Torrent, 2009) se considera a los puentes como obstáculos en la migración de la fauna íctica, principalmente a los saltos que se pueden producir en la solera de éstos. En la salida a terreno n°1 se pudo identificar 4 puentes, los que son: Puente Nonguén, Puente Collao, Puente de Arco y Puente Lautaro. De acuerdo al análisis que se pudo hacer *in-situ*, ninguno de los puentes presentaban un sobresalto o alguna forma de obstáculo hacía la fauna íctica, ya que a pesar de que en dos (Nonguén y Collao) de éstos un lado se encontraba muy sedimentado, por el otro lado el agua corría de manera normal; tal como se muestra en la figura a continuación.



**Figura 35. Exceso de sedimento en lado izquierdo de Puente Nonguén. (Fuente: Elaboración propia).**

2.- Descargas de agua lluvia: en un estudio realizado por García y Martínez de Azagra (2004) se analizan los problemas asociados a estas descargas, en donde se consideran éstas como obstáculos para la migración de los peces. Dentro del tramo canalizado del Estero Nonguén. Fue común encontrar descargas de agua lluvia en reiteradas ocasiones, tal como se muestra en la Figura 36.



**Figura 36. Descargas de agua lluvia. (Fuente: Elaboración propia).**

3.- Tubería transversal: Solà et al. (2011), plantea que los obstáculos transversales al cauce tienen variadas consecuencias ecológicas, siendo una de las causas principales del declive de especies de peces. Es por esto que es de suma importancia analizar esta tubería transversal al cauce, que claramente muestra un sobresalto (Ver Figura 37).



**Figura 37. Tubería transversal al canal del Estero Nonguén. (Fuente: Elaboración propia).**

Finalmente, se decidió trabajar sólo con el obstáculo de la tubería, debido a la existencia de numerosas descargas de agua lluvia (a lo largo de la zona en estudio) y a sus diferencias de tamaño, tipo y materiales.

La tubería se encuentra localizada en las coordenadas  $36^{\circ} 49' 33,0''$  S y  $73^{\circ} 00' 30,3''$  O. A la altura del km 1,140, aproximadamente 20 metros aguas abajo del Puente de Arco. Tal como se puede observar en el mapa que se muestra a continuación.



**Figura 38. Ubicación en mapa de tubería. (Fuente: Elaboración propia)**

Una vez localizado el obstáculo a trabajar lo siguiente que se realizó fue caracterizarlo con el objetivo de determinar que especies pueden franquearlo y cuáles no.

La tubería localizada es de acero, tiene un diámetro de 300 mm y actualmente se encuentra en buen estado, sólo con alguna corrosión superficial, tal como se puede ver en la Figura 39. La función de esta tubería es del transporte de aguas servidas.



**Figura 39. Estado de tubería. (Fuente: Elaboración propia)**

Este obstáculo es transversal al canal y va de borde a borde, tiene una longitud de 11 metros. En el centro tiene ubicado un machón de hormigón, el cual sirve para protegerla de la corriente hidráulica. Es importante recalcar que circula agua en forma continua por encima del obstáculo. Como se puede observar en la figura a continuación.



**Figura 40. Medida de la tubería. (Fuente: Elaboración propia)**

Un canal de derivación se define como una desviación alternativa que permite a los peces rodear un obstáculo recobrando sin daño alguno su medio de origen, tienen como objetivo

dirigir a los peces en su migración (Trapote, 2009). En la Figura 40 se puede observar claramente que para el obstáculo presente no existe un canal de derivación en ninguna parte, por lo que sí se podría ver afectado el paso de los peces por éste.

Luego de obtener una descripción visual y física del obstáculo, se realizaron las mediciones propuestas por el protocolo HIDRI. En la Figura 40 se puede observar que un lado de la tubería se encuentra con acumulación de sedimentos (margen izquierdo, aguas abajo), lo que provocó que en ese lado las medidas fueran distintas a las del margen derecho, el que no se encuentra sedimentado. Es así como se obtuvo:

**Tabla 12. Medidas margen izquierdo, aguas abajo.**

<b>Características de la infraestructura</b>	<b>Medidas</b>
Altura (h)	18 cm
Longitud (l)	12,5 cm
Profundidad de la poza (z)	32 cm
Ancho coronación (AC)	30 cm
Alt. lámina coronación (ALC)	10,5 cm

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 13. Medidas margen derecho, aguas abajo.**

<b>Características de la infraestructura</b>	<b>Medidas</b>
Altura (h)	29,8 cm
Longitud (l)	25 cm
Profundidad de la poza (z)	40,5 cm
Ancho coronación (AC)	30 cm
Alt. lámina coronación (ALC)	30,3 cm

**Fuente:** Elaboración propia

Siguiendo el protocolo propuesto por HIDRI, se realizó la identificación y clasificación de las especies existentes en el Estero Nonguén.

La identificación de las especies se basó en un estudio preliminar (Habit et al., 2003) a este proyecto, presentado en la revisión bibliográfica. Es por esto que solo fue necesario clasificarlas en los cinco grupos propuestos y descritos por HIDRI. Es así como se realizó la clasificación y se obtuvo la siguiente tabla resumen:

**Tabla 14. Clasificación de potenciales especies en Estero Nonguén.**

<b>Especie</b>	<b>Grupo</b>
<i>Galaxias maculatus</i>	Grupo 1
<i>Percilia irwini</i>	Grupo 3b
<i>Geotria Australis</i>	Grupo 1
<i>Trichomycterus areolatus</i>	Grupo 3b
<i>Bullockia maldonadoi</i>	Grupo 3b
<i>Cheirodon galusdae</i>	Grupo 3b
<i>Nematogenys inermis</i>	Grupo 3b
<i>Percichthys trucha</i>	Grupo 3b
<i>Basilichthys australis</i>	Grupo 3b
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Grupo 4
<i>Salmo trutta</i>	Grupo 4
<i>Gambusia affinis</i>	Grupo 3b

**Fuente:** Elaboración propia.

Continuando con el protocolo propuesto para el índice de conectividad fluvial, lo que se realizó a continuación fue la valoración del obstáculo mediante la hoja de campo número dos (Ver Figura 10), presentada por HIDRI. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

**Tabla 15. Valorar las características de arriba abajo (1A<sub>1</sub>), margen izquierdo.**

Verticalidad	Altura (cm)	Profundidad (cm)	Grupos que pasan
Indiferente	$h \leq 20$	$z \geq 30$	Todos

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 16. Valorar las características de arriba abajo (1B), margen izquierdo.**

Anchura de coronación (cm)	Alt. lámina de coronación (cm)	Grupos que pasan
$AC \leq 50$	-	Todos

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 17. Valorar las características de arriba abajo (1A<sub>1</sub>), margen derecho.**

Verticalidad	Altura (cm)	Profundidad (cm)	Grupos que pasan
Indiferente	$h \leq 30$	$z \geq 40$	Grupo 3, 3a y 4

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 18. Valorar las características de arriba abajo (1B), margen derecho.**

Anchura de coronación (cm)	Alt. lámina de coronación (cm)	Grupos que pasan
$AC \leq 50$	-	Todos

**Fuente:** Elaboración propia

Es así como los grupos de peces que pasan (han de cumplir las dos condiciones (1A<sub>1</sub> y 1B)) en el margen izquierdo son todos y en el margen derecho el 3, 3a y 4. Es importante destacar que en el margen derecho no pasarían los grupos 1 y 3b, los que constituyen la mayoría de especies que se encuentran en el Estero Nonguén.

Luego, el resultado de la valoración del obstáculo nos indica que en el margen izquierdo la barrera sería franqueable para todas las especies, pese a la no existencia de un dispositivo de paso, el nivel de calidad de la conectividad fluvial en ese punto sería “buena”.

Para el margen derecho la situación es muy distinta, ya que el resultado de la valoración del obstáculo indica que en margen derecho la barrera sería infranqueable para algunos de los grupos presentes y debido a la no existencia de un dispositivo de paso, el nivel de calidad de la conectividad fluvial en ese punto sería “deficiente”.

**4.3 Objetivo específico 3.** Determinar los dispositivos de paso y posibles soluciones más apropiadas, en los puntos de intervención identificados.

En este caso esto no fue posible considerar demoler el obstáculo, ya que las tuberías que transportan aguas servidas funcionan con gravedad (deben tener una inclinación) diseñado para este tipo de inclinación (las tuberías de donde vienen, las tuberías por donde se transportan hasta el destino y la planta de tratamiento a la que llegan). Existe una posibilidad de instalar una planta elevadora de aguas servidas, que permitiría instalar esta tubería bajo tierra, sin modificar todo lo demás que ya existe. No obstante, el costo que implica la instalación de esta planta es muy alto (7.839,891 UF<sup>5</sup> app.) y no es posible predecir con exactitud el funcionamiento óptimo de ésta.

Es así como la solución que se propone es un dispositivo de paso. Para encontrar el dispositivo de paso más adecuado se aplicó el método de ponderación lineal (scoring), éste implica identificar y definir los siguientes conceptos:

Objetivo o meta: Elegir el dispositivo de paso más adecuado para las condiciones en que se encuentra el obstáculo.

Criterios:

- Coste de ejecución de la estructura: de acuerdo Sanz-Ronda et al. (2013), estas estructuras deben asegurar la funcionalidad principal pero con un coste económico razonable (al menor costo).
- De tránsito sencillo para peces: Sanz-Ronda et al. (2013), plantea que el paso de los peces a través de estos dispositivos no debe provocar estrés, heridas y agotamiento excesivo.
- Acorde al ambiente: según Champutiz (2013) y Sanz-Ronda et al. (2013), una parte esencial en la elección del dispositivo de paso es que éste simule las características

---

<sup>5</sup> Se utilizó el valor de la UF del día 05 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://www.sii.cl/pagina/valores/uf/uf2015.htm>

de un cauce natural, ya que esto no desorientaría a los peces tanto a la entrada como a la salida del dispositivo.

Alternativas:

- Los pasos rústicos, ya que hay distintos autores (Confederación hidrográfica del Ebro, 2009; CERM y LINKit consult & WWC, 2009; Champutiz, 2013; Pena et al., 2006) que los proponen como la solución principal para obstáculos de pequeña altura.
- Los pasos para peces naturalizados (ríos artificiales y rampas de piedra), ya que según Sanz- Ronda et al. (2011) son éstos una alternativa interesante frente a las demás alternativas para obstáculos de pequeña y mediana altura.

No se consideró la escala artesas vertido semisumergidos y los ralentizadores, debido a que varios autores (Pena et al., 2006; Sanz-Ronda et al., 2013; Trapote, 2009) recomiendan el uso de este tipo de dispositivos de paso sólo en obras de mayor entidad.

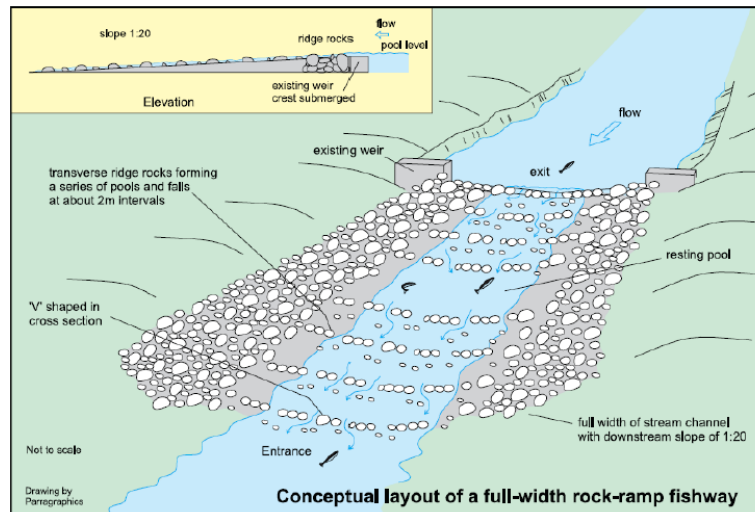
Es así como las alternativas de solución que se plantean son:

- Pasos rústicos: este tipo de dispositivos comprenden actuaciones tales como una sencilla adaptación del vertedero –un rebaje– acompañado o no de una tabla que haga las veces de canalizo, el mantenimiento de una cierta profundidad al pie del obstáculo que posibilite el impulso del pez, y/o la abertura de una brecha en el obstáculo (compuerta o canal diagonal sobre la falda del obstáculo) (Sanz-Ronda et al., 2013; Confederación hidrográfica del Ebro, 2009).



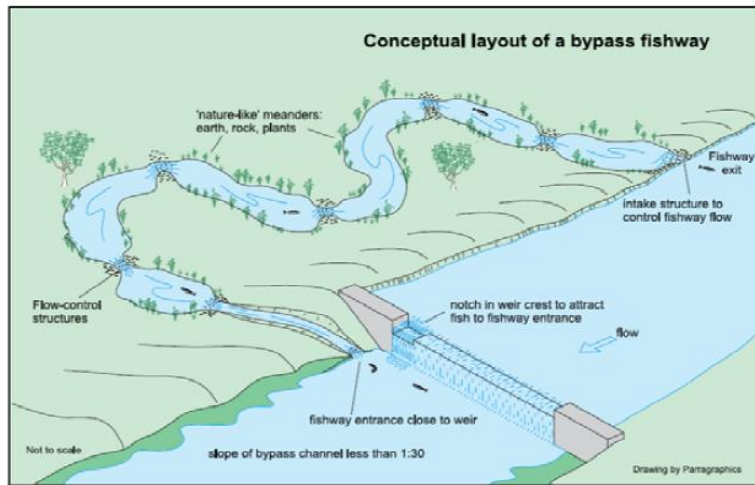
**Figura 41. Construcción artesanal de paso rústico. (Fuente: Sanz-Ronda et al., 2013).**

- Rampa de piedra: son canales rugosos o con tabiques interiores que ralentizan el flujo del agua. Ofrecen el aspecto de un rápido natural por lo que imitan las condiciones de un río natural (Sanz-Ronda et al., 2011; Confederación hidrográfica del Ebro, 2009).



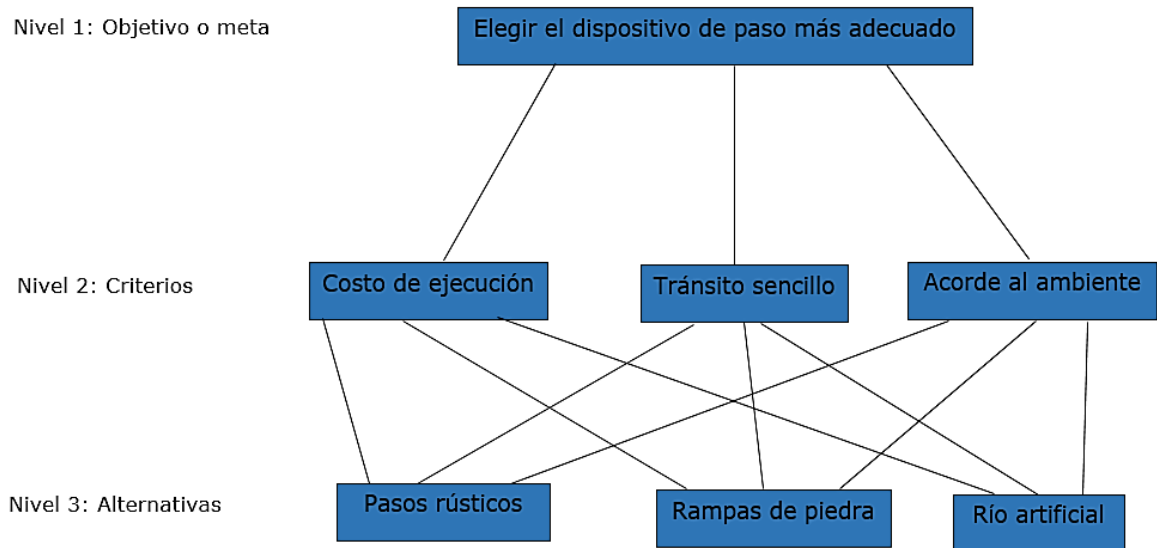
**Figura 42. Diseño conceptual de una rampa de piedras de ancho completo. (Fuente: CERM y LINKit consult & WWC, 2009)**

- Río artificial: consiste en conectar los niveles aguas arriba y aguas abajo de la presa por un canal que imita un río natural, en la que la energía y la velocidad del agua se reducen por la rugosidad del fondo y por una sucesión de piedras, ramas o escalones más o menos regularmente repartidos (Trapote, 2009). Éstos no sólo crean una ruta para la migración de los peces sino que también crean un hábitat para ellos y otros organismos fluviales (CERM y LINKit consult & WWC, 2009).



**Figura 43. Diseño conceptual de un río artificial. (Fuente: CERM y LINKit consult & WWC, 2009)**

Con la información presentada anteriormente se construyó el siguiente mapa de estructura jerárquica:



**Figura 44. Mapa de estructura jerárquica. (Fuente: Elaboración propia)**

Siguiendo con éste, se clasificó los criterios por orden decreciente de importancia (siendo el número 1 el que se considera más importante hasta el que se considera menos importante):

1. Tránsito sencillo.
2. Costo de ejecución.
3. Acorde al ambiente.

Una vez clasificados los criterios, se obtuvo los pesos preferenciales de cada uno con la fórmula n°3:

- Tránsito sencillo → 0,55
- Costo de ejecución → 0,27
- Acorde al ambiente → 0,18

Luego, se estableció el rating de satisfacción para cada alternativa en una escala de 0-100 puntos. Y es así como se obtuvo la Tabla 19:

**Tabla 19. Rating de satisfacción para cada alternativa.**

<b>Criterios</b>			
<b>Alternativas</b>	<b>Tránsito sencillo</b>	<b>Costo de ejecución</b>	<b>Acorde al ambiente</b>
Pasos rústicos	60	90	50
Rampas de piedra	80	80	60
Río artificial	90	40	80

**Fuente:** Elaboración propia.

Con esto finalmente se calculó los pesos globales de cada alternativa, obteniendo lo siguiente:

$$\text{Pasos rústicos: } (0,55 \times 60) + (0,27 \times 90) + (0,18 \times 50) = 66,3 \approx 66$$

$$\text{Rampas de piedra: } (0,55 \times 80) + (0,27 \times 80) + (0,18 \times 60) = 76,4 \approx 76$$

$$\text{Río artificial: } (0,55 \times 90) + (0,27 \times 40) + (0,18 \times 80) = 74,7 \approx 75$$

La alternativa con el mayor puntaje son las rampas de piedra. Éstas son seguidas por el río artificial con una pequeña diferencia entre los puntajes obtenidos, es por esto que se realizó un análisis de sensibilidad, más específicamente un análisis del punto de equilibrio. Éste fue realizado sólo con el coste del terreno a expropiar en la alternativa de los ríos artificiales, ya

que de acuerdo a lo que plantea el MOP el terreno a expropiar debe ser tasado por una comisión de tres peritos independientes, por lo que el costo del terreno que se planteó podría variar. No se tomó en cuenta el criterio tránsito sencillo y acorde al ambiente, ya que éstos son de tipo cualitativo. Respecto de los otros costes de ejecución tampoco se tomaron en cuenta, porque ambas alternativas se componen de actividades y materiales parecidos, por lo tanto el variar el costo en ambas no sería concluyente.

El análisis del punto de equilibrio arrojó el siguiente resultado:

Para que la alternativa río artificial logre igualar el puntaje de la alternativa rampas de piedras, debería tener un puntaje de 50 en el criterio costo de ejecución. Para que esto ocurriese el valor de la alternativa debiera ser de alrededor de 1031,48 UF (Ver anexo 4). Variando el valor de la expropiación del terreno se obtuvo las variaciones del valor de la alternativa río artificial, lo cual se resume en la siguiente tabla:

**Tabla 20. Variación de costo de terreno a expropiar.**

<b>Valor del terreno a expropiar<sup>6</sup></b>	<b>Valor de río artificial<sup>6</sup></b>
392 UF	783,307 UF
431 UF	849,819 UF
470 UF	916,432 UF
509 UF	983,044 UF
538 UF	1031,67 UF
540 UF	1033,004 UF

**Fuente:** Elaboración propia.

Es así como el valor del terreno debería variar de 740,43 UF (valor estimado obtenido) a 538 UF, para que el río artificial sea superior. El cambio que debiera tener el valor del terreno no es menor y no podemos saber el valor del terreno de manera exacta. Es por esto que con el

<sup>6</sup> Se utilizó el valor de la UF del día 05 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://www.sii.cl/pagina/valores/uf/uf2015.htm>

valor del terreno estimado la mejor alternativa y que por lo tanto es la que se recomienda, para reestablecer la conectividad fluvial en el Estero Nonguén, es las rampas de piedras.

## 5. Discusión

En Chile existen muchos cuerpos de agua y se observa cómo cada vez se aprueban más proyectos que implican la intervención de éstos sin respetar los límites naturales, la vegetación y el tema en estudio, su fauna íctica. En el caso del Estero Nonguén, cabe destacar que se encuentra altamente intervenido debido a proyectos estatales, que no tienen otra función que ayudar a la población aledaña. Según el mismo plan regulador realizado por la Municipalidad de Concepción, éste es considerado una zona de protección ecológica donde las intervenciones que se deban realizar tienen que ser mínimas y controladas. Sin embargo, se observó que las obras realizadas en éste son de gran envergadura, en donde se privilegió el cuidado de la población (que invadió la llanura de inundación del estero) a cambio de la naturalidad del estero, perdiendo superficies naturales y estabilizando el cauce de manera drástica. Las municipalidades no conocen las zonas de drenaje, por lo tanto no tienen la capacidad para planificar adecuadamente el uso del territorio y tampoco para poner en vigencia los planes una vez aprobados (Dourojeanni y Jouravlev, 1999). Aunque el problema no fuera de planificación o zonificación, existe un problema en el control de la ocupación y uso de la tierra que ellos mismos designan, que no se está respetando. Es así como la gente se asienta en zonas de alto riesgo de inundación o remoción en masa (Dourojeanni y Jouravlev, 1999). Tal como se pudo observar el tramo de canalización se encuentra en una zona densamente poblada, donde se encontró negocios, escuelas, una universidad, iglesias, pero por sobre todo, residencias particulares.

La contaminación no debe ser un tema excluido cuando se hable del Estero Nonguén; ya que, debido a que existe una alta población ubicada en la zona de estudio, la calidad de sus aguas se encuentra afectada a raíz de la descarga constante de materia orgánica, tanto residuos líquidos como sólidos domésticos (Habit et al., 2003; Correa-Araneda y Salazar, 2014). Esta contaminación afecta la estética del estero e implica cambios en las comunidades acuáticas (Correa-Araneda y Salazar, 2014), ya que se pueden ver afectadas las áreas de crías, lo que a su vez provocaría una pérdida de fauna local (Cordova et al., 1989). La estética del estero no solo se ve afectada por la cantidad de residuos sólidos en él, sino que también se encuentra afectada por los rallados en el revestimiento de talud.

Las intervenciones civiles que han sido realizadas en el estero pueden dificultar la migración de los peces generando obstáculos (Swales, 1989; Beach, 1984; Vannote et al., 1980), lo que se traduciría en una reducción de la ictiofauna del estero (Brooker, 1985).

Dentro del estero se encontró una tubería transversal, que según el Índice de Conectividad Fluvial (ICF) provoca que la conectividad sea deficiente. Este índice ha sido ampliamente y exitosamente aplicado por distintos autores (Martínez, 2013; Ramírez, 2015; Solà et al., 2013; HAZI, 2012) y en distintos cuerpos de agua, tales como: Quebrada Olivares-Minitas Manizales (Caldas), Río Purón, Río Omecillo y Río Baia. Ordeix et al. (2011), plantean que el ICF funciona como un diagnóstico que permite gestionar ríos y evaluar soluciones en aquellos que tengan inconvenientes. WWF (2015) propone que sólo hay dos opciones para mejorar la conectividad longitudinal en los ríos, éstas son: la eliminación del obstáculo y los dispositivos de paso. La mayoría de los autores coinciden en que el método más directo y eficiente para sortear el obstáculo a la migración, que supone una infraestructura antrópica, consiste en demolerlo (Sanz-Ronda et al., 2013; Confederación hidrográfica del Ebro, 2009; LINKit consult & WWC, 2009; Cuadrado et al., 2008; Sanz-Ronda et al., 2011; Champutiz, 2013). Lo anteriormente expuesto se relaciona con lo que plantea Vide (2002) respecto de la “naturalización” de los ríos en países desarrollados, que implica que éstos sean compatibles con las circunstancias en las que se encuentran. En este caso no se puede considerar como una solución factible, debido a que no se cumplen con las condiciones técnicas y monetarias necesarias. Es por esta razón que se propone la instalación de un dispositivo de paso naturalizado; rampas de piedras, la que debe ser diseñada acorde a las características de la fauna íctica. Es importante destacar que la decisión tomada podría cambiar a río artificial si es que el valor del terreno a expropiar disminuye en 202,43 UF.

Es de suma importancia conservar la fauna íctica de nuestro país, la que, con todas las intervenciones a su hábitat natural que hoy se realizan, se podría perder. Es por esto que se espera que este método de gestión de ríos intervenidos, que se aplicó efectivamente, se pueda replicar en el análisis de otros ríos o esteros.

En Chile existe solo una disposición legal que habla acerca de la migración de los peces dentro de un cuerpo de agua (Art. 168 de la Ley N°18.892). Ésta sólo habla de la construcción

de represas en cursos de aguas fluviales proponiendo como solución la siembra de especies a ambos lado de las represas o algún tipo de obra civil que permita la migración. Esta reglamentación debiera ser más específica, ya que sólo habla de las represas existiendo una infinidad de otros obstáculos, como el encontrado en este trabajo. Además se podría proponer el uso de los dispositivos de paso como medida de mitigación al momento de exponer un proyecto que afecte un cuerpo de agua, ya que las medidas que se toman hoy en día son insuficientes.

El tema de los dispositivos de pasos no es un tema nuevo para el mundo, puesto que ha sido tratado en distintos países (España, Ecuador, Inglaterra, EE.UU, Italia, entre otros) y por distintos autores (Beach, 1984; Sanz-Ronda et al., 2013; FAO-DVWK, 2002; Pena et al., 2006, entre otros). No obstante, éste es un tema desconocido en Chile, a pesar de la utilidad que éstos pueden prestar y a la necesidad inminente de conservar la ictiofauna nativa. Por todas estas razones este tema debiera ser más estudiado, ya que surgen muchas interrogantes y, por otro lado, la parte del diseño de los dispositivos debe adaptarse a las condiciones hidrológicas de nuestro país.

## 6. Conclusiones

1. La calidad moderada del Estero Nonguén (como ecosistema acuático), dada por el nivel de encauzamiento, era esperable debido a la alta intervención en el cauce y ribera de éste. Este método sólo considera las obras de defensa, no considera el revestimiento de talud o lecho, es por esto que se piensa que el nivel de calidad del Estero Nonguén debiera ser menor de lo que muestra este método, ya que éste está completamente revestido, intervenido (no solamente el estero, sino que también su ribera), contaminado y con una pobre cobertura vegetal. Se puede concluir que este Estero está completamente transformado y “desnaturalizado”, lo que se podría haber evitado si se hubiera respetado la delimitación natural de éste, específicamente de su zona de inundación, y no se hubiera invadido con poblaciones aledañas.
2. Dentro del Estero Nonguén existe un obstáculo que corresponde a una tubería la cual pertenece a la empresa Essbio y que es utilizada para el transporte de aguas servidas. De acuerdo al índice de conectividad fluvial, el margen derecho de ésta tiene una conectividad deficiente, lo que, según Solà et al. (2003), significa que solo una o varias especies de los potenciales grupos de especies que existen en el lugar pueden pasar y en determinadas condiciones hidrológicas. Por lo tanto, se hace necesaria la búsqueda de una solución.
3. A pesar de que la mejor solución a la problemática de conectividad en el estero es eliminar el obstáculo presente, en esta ocasión no es una solución factible debido al alto costo que ésta conlleva, a la alta complejidad de la obra y a las consecuencias que traería a la población. Es por esto que se aplicó el método de ponderación lineal (*scoring*), para escoger la mejor solución dentro de las alternativas planteadas. Se propuso para esto tres criterios (coste de ejecución, tránsito sencillo y acorde al ambiente). Como resultado es posible recomendar como la solución más idónea a las rampas de piedras, ya que fue la alternativa que más puntaje obtuvo de acuerdo a su evaluación en los criterios planteados.
4. Se puede afirmar que en el Estero Nonguén un dispositivo de paso es una necesidad de suma urgencia para conservar la fauna íctica existente. Debido a que como se pudo ver, las medidas que se tomaron en este proyecto fueron insuficientes y las

consecuencias que esto puede traer en la ictiofauna son devastadoras. Finalmente se puede concluir que la metodología utilizada se puede replicar, como un método de gestión de ríos intervenidos, en el análisis de otros cuerpos de agua.

## 7. Referencias Bibliográficas

- Agència Catalana de l'Aigua. (2006). *HIDRI: Protocolo para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos*. Barcelona: Barcino Solucions Gràfiques
- Allgeier, J., Yeager, L., y Layman, C. (2013). "Consumers regulate nutrient limitation regimes and primary production in seagrass ecosystems". En *Ecology*, 94(2), 521-529.
- AQUATERRA INGENIEROS LTDA. (2009). *Guías de reconocimiento de obras tipo y de procedimientos*. Disponible en: <http://documentos.dga.cl/INF5049.pdf>
- Beach, M. (1984). *Fish pass design-criteria for the design and approval of fish passes and other structures to facilitate the passage of migratory fish in rivers*. Lowestoft, Disponible en [http://aquaticcommons.org/8065/1/99\\_Beach.pdf](http://aquaticcommons.org/8065/1/99_Beach.pdf)
- Berumen, S., y Llamazares, F. (2007). "La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente". *Cuadernos de administración*, 20(34), 65-87.
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (1989). *Ley 18.892*. Disponible en <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=30265>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (1994). *Ley 19.300*. Disponible en <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=30667>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. *Glosario de términos geográficos*. Disponible en [http://siit2.bcn.cl/glosario/index\\_html](http://siit2.bcn.cl/glosario/index_html)
- Booth, D., y Reinelt, L. (1993). "Consequences of urbanization on aquatic systems-measured effects, degradation thresholds, and corrective strategies". En *Proceedings of the Watershed '93 Conference*, 545-550.
- Bull, M. (2013). "Decisiones Multicriterio". Teoría de decisiones. Universidad Católica de la Santísima Concepción.
- Brooker, M. (1985). "The ecological effects of channelization". En *Geographical Journal*, 63-69.

Casal, P., Durán, J., y Montalvo, J. (2009) “Siembra en mantas orgánicas: establecimiento de nuevas especies y aplicaciones para la restauración de taludes”. En *Tectonica*, 30.

CERM y LINKit consult & Wanningen Water Consult. (2009). “Pasos de peces para permeabilizar estructuras transversales en la cuenca del Ebro”. Disponible en [http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/2009\\_Protocolo\\_Permabilizacion\\_Obstaculos.pdf](http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/2009_Protocolo_Permabilizacion_Obstaculos.pdf)

Cervantes, M. (2007). “Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México”. En *Perspectiva sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*, 37- 67.

Comisión Nacional del Medio Ambiente. (2008). *Resolución de Calificación Ambiental*. Disponible en <http://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=43/8d/47804910648a7aaf2adeb7304647cd3ccf08>

Confederación Hidrográfica del Ebro. “Asistencia técnica para el estudio de propuestas de mejora de la conectividad para los peces en la parte baja del río Ebro”. Disponible en [http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/200907\\_conectividad\\_peces\\_Bajo\\_Ebro.pdf](http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/200907_conectividad_peces_Bajo_Ebro.pdf)

Cordova, M., Negrete, S., y Orbe, F. (1989). “Estudio de la contaminación del Estero Salado”. *Revista de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador*, 18, 25-44.

Correa-Araneda, F., y Salazar, C. (2014). “Caracterización fisicoquímica del agua del estero Nonguén y su confluencia con el río Andalién, región del Biobío. Variación en relación a los distintos usos de suelo en su cuenca”. *Sustainability Agri Food Environmental Research DIA(SAFER)*, 2(2).

Cowx, I. Programa de información de especies acuáticas. *Oncorhynchus mykiss*. Programa de información de especies acuáticas. En: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Roma. Disponible en: [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus\\_mykiss/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/es)

Cuadrado, V., Cuesta, T., y Neira, X. (2008). “Diseño de dispositivos de franqueo ambientalmente integrados en el coto de pesca del Río Cabe, Monforte de Lemos (Lugo)”. Disponible en:

[http://www.ciccp.es/ImgWeb/Castilla%20y%20Leon/Documentaci%C3%B3n%20T%C3%A9cnica/Dise%C3%B1o%20dispositivos%20franqueo%20Cabe%20\(2008\).pdf](http://www.ciccp.es/ImgWeb/Castilla%20y%20Leon/Documentaci%C3%B3n%20T%C3%A9cnica/Dise%C3%B1o%20dispositivos%20franqueo%20Cabe%20(2008).pdf)

Closs, G., Franklin, P., David, B., West, D., Crow, S., Allibone, R., Ling, N. y Hitchmough, R. (2014). *Geotria australis*. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/details/197275/0>

Champutiz, H (2013). “Bases de diseño de escalera de peces”. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad central del Ecuador. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1735/1/T-UCE-0011-45.pdf>

David, B., West, D., Franklin, P., Allibone, R., Ling, N., Hitchmough, R. y Crow, S. (2014). *Galaxias maculatus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/details/197279/0>

Dourojeanni, A., y Jouravlev, A. (1999). *El Código de Aguas de Chile: entre la ideología y la realidad*. Cepal.

Elvira, B., Nicola, G. y Almodóvar, A. (1998). *Impacto de las obras hidráulicas en la ictiofauna. Dispositivos de paso para peces en las presas de España*. Madrid: Colección Técnica.

Especies Chilenas. (2012). El Pejerrey chileno (*Basilichthys australis*). Disponible en: <http://especieschilenas.blogspot.com/2012/03/el-pejerrey-chileno-basilichthys.html>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/Deutcher Verband fur Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK). (2002). *Fish passes-Design, dimensions and monitoring*. Roma.

Flores, F., Agraz, C., y Benitez, D. (2007). “Ecosistemas acuáticos costeros: importancia, retos y prioridades para su conservación”. En *Perspectiva sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*, 147-166.

Garcia, M., y Martínez de Azagra, A. (2004). “Diseño y construcción de pequeñas obras de paso viario compatible con la migración de los peces”. Universidad de Valladolid. Palencia.

- García, R., y Torrent, F. (2009). “Estudio de barreras y propuestas de escalas de peces para las barreras transversales en el río Guadimar, en el tramo comprendido entre el nacimiento hasta la confluencia con el río Agrio”. *XII Congreso nacional de acuicultura*, 422-423.
- Gallo, M., y Rayo, C. (2003). “Revegetación de taludes en obras de infraestructura lineal”. En *Ambient*, 23, 79-82.
- Gilinsky, E. (1984). “The role of fish predation and spatial heterogeneity in determining benthic community structure”. En *Ecology*, 455-468.
- Granado, C. (1996). *Ecología de peces*. España: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- Habit, E., Victoriano, P., y Rodríguez-Ruiz, A. (2003). “Variaciones espacio-temporales del ensamble de peces de un sistema fluvial de bajo orden del centro-sur de Chile”. *Revista chilena de historia natural*, 76(1), 3-14.
- Hurtado, T. y Bruno, G. (2005). “El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores : aplicación en la selección del proveedor para la Empresa Gráfica Comercial MyE S.R.L.”. Tesis para optar al título de Licenciado en Investigación Operativa. Disponible en [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano\\_hg/toskano\\_hg.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/toskano_hg.pdf)
- Hurlbert, S. H., Zedler, J., y Fairbanks, D. (1972). “Ecosystem alteration by mosquitofish (*Gambusia affinis*) predation”. En *Science*, 175(4022), 639-641.
- Ilustre Municipalidad de Concepción. 2009. Ordenanza local del plan regulador comunal de Concepción. Recuperado el 12 de agosto de 2015. Extraído de: <http://www.concepcion.cl/wp-content/uploads/2013/11/prcc.pdf>
- Jackson, D., Peres-Neto, P., y Olden, J. (2001). “What controls who is where in freshwater fish communities the roles of biotic, abiotic, and spatial factors”. En *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(1), 157-170.

Landaeta, J. (1995). "Potenciales impactos ambientales generados por el dragado y la descarga del material dragado". En *Instituto Nacional de Canalizaciones. Dirección de Proyectos e Investigación, Caracas-Venezuela*.

Larinier, M. (1998). "Upstream and downstream fish passage experience in France". En *Jungwirth*.

Larinier, M. (2002). "Biological factors to be taken into account in the design of fishways, the concept of obstructions to upstream migration". En *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, (364), 28-38.

Levinton, J. (2001). *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. New York: Oxford University Press.

Lucas, M., Baras, E., Thom, T., Duncan, A., y Slavík, O. (2001). *Migración de peces de agua dulce*. (Vol. 47). Oxford: Blackwell Science.

Luna, S. y Torres, A. *Salmo Trutta*, (Linnaeus, 1758). Disponible en: <http://www.fishbase.org/summary/Salmo-trutta.html>

Lledó, P. (2003). "Análisis de sensibilidad". Disponible en: <http://www.masconsulting.com.ar/anterior/Documentos/a%20articulos%20pdf/03-03-06%20Sensibilidad%20-%20Lledo.PDF>

Mardones, M., Echeverría, F., y Jara, C. (2006). "Una contribución al estudio de los desastres naturales en Chile Centro Sur: efectos ambientales de las precipitaciones del 26 de junio del 2005 en el área Metropolitana de Concepción". En *Investigaciones Geográficas*, (38), 1-24.

Mardones, M., y Vidal, C. (2001). "La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción". En *EURE (Santiago)*, 27(81), 97-122.

Marmulla, G. (2001). *Dams, fish and fisheries: opportunities, challenges and conflict resolution*. Estados Unidos: Food & Agriculture Org. Disponible en [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=JpIO\\_ijVIWcC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Dams,+fish+and+fisheries:+opportunities,+challenges+and+conflict+resolution&ots=kIhr5vE7c](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=JpIO_ijVIWcC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Dams,+fish+and+fisheries:+opportunities,+challenges+and+conflict+resolution&ots=kIhr5vE7c)

[Q&sig=xG1GiLBKj2SF9qQiuJLEvk5rkcQ#v=onpage&q=Dams%2C%20fish%20and%20fisheries%3A%20opportunities%2C%20challenges%20and%20conflict%20resolution&f=false](http://www.scribd.com/document/123456789/1630/INF%20ESP.%20062.pdf?sequence=1)

Martin, J. P., y Bastida, R. (2008). "Contribución de las comunidades bentónicas en la dieta del róbalo (*Eleginops maclovinus*) en la ría Deseado (Santa Cruz, Argentina)". En *Latin american journal of aquatic research*, 36(1), 1-13.

Martínez, E. (2001). *Hidráulica fluvial: Principios y práctica*. Madrid: Bellisco Ediciones Técnicas y Científicas.

Martínez, F. (2013). "Conectividad fluvial en el río Júcar. Acciones para mantener vivo el río". Disponible en <http://es.slideshare.net/franciscomartinezcapel/seminario-proteccion-espaciosfluvialesadiman>

Mejía, J., Samamé, M. y Pastor, A. *Información básica de los principales peces de consumo*. Perú: Dirección Técnica. Disponible en <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/bitstream/handle/123456789/1630/INF%20ESP.%20062.pdf?sequence=1> ).

Ministerio de Obras Públicas. (2008). *Declaración de Impacto Ambiental*. Disponible en <http://seia.sea.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=2672677>

Ministerio del Medio Ambiente. *Bullockia maldonai*. Disponible en: [http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/Anexo\\_tercer\\_proceso/especies\\_actualizadas/Bullockia\\_maldonadoi\\_PO3R3\\_RCE\\_CORREGIDO.doc](http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/Anexo_tercer_proceso/especies_actualizadas/Bullockia_maldonadoi_PO3R3_RCE_CORREGIDO.doc)

Ministerio del Medio Ambiente. *Ficha de antecedentes de especie*. Disponible en: [http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas8proceso/fichas\\_finales/Geotria\\_australis\\_corregida.pdf](http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas8proceso/fichas_finales/Geotria_australis_corregida.pdf)

Ministerio del Medio Ambiente. *Ficha de antecedentes de especie*. Disponible en: [http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas8proceso/fichas\\_finales/Basilichthys\\_australis\\_corregida.pdf](http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas8proceso/fichas_finales/Basilichthys_australis_corregida.pdf)

Ministerio del Medio Ambiente. *Ficha de antecedentes de especie*. Disponible en: [http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/ficha1proceso/FichasPAC\\_11RCE/Nematog enys\\_inermis\\_11RCE\\_03\\_PAC.pdf](http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/ficha1proceso/FichasPAC_11RCE/Nematog enys_inermis_11RCE_03_PAC.pdf)

Ministerio del Medio Ambiente. *Percilia irwini*. Disponible en: [http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/Anexo\\_tercer\\_proceso/especies\\_actualizadas/Percilia\\_irwini\\_P03R5\\_RCE\\_CORREGIDO.doc](http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/Anexo_tercer_proceso/especies_actualizadas/Percilia_irwini_P03R5_RCE_CORREGIDO.doc)

Ministerio del Medio Ambiente. *Percichthys trucha*. Disponible en: [http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/Anexo\\_tercer\\_proceso/especies\\_actualizadas/Percichthys\\_trucha\\_P03R5\\_RCE\\_CORREGIDO.doc](http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/Anexo_tercer_proceso/especies_actualizadas/Percichthys_trucha_P03R5_RCE_CORREGIDO.doc)

Mola, I. et al. (2006). “Criterios para evaluar el éxito de las hidrosiembras: la importancia de las semillas”. Disponible en [http://www.ciccp.es/biblio\\_digital/Icitema\\_III/congreso/pdf/020609.pdf](http://www.ciccp.es/biblio_digital/Icitema_III/congreso/pdf/020609.pdf)

NatureServe. (2013). *Gambusia affinis*. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/details/166562/0>

Ordeix, M., Pou-Rovira, Q., Sellarès, N., Bardina, M., Munné, A., Casamitjana, A. y Solà, C. (2011). “Fish pass assessment in the rivers of Catalonia (NE Iberian Peninsula). A case study of weirs associated with hydropower plants and gauging stations”. En *Limnetica*, 30, 405-426.

Ortego, L. (2003). “Técnicas de dragado en ingeniería marítima”. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil. Universitat politècnica de Catalunya. Disponible en <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/5971>

Ortiz-Sandoval, J., Ortiz, N., Cifuentes, R., Gonzales J. y Habit E. (2009). “Respuesta de la comunidad de peces al dragado de ríos costeros de la región del BioBío (Chile)”. En *Gayana*, 73(1), 64-75.

Osorio, J. y Orejuela, J. (2008). “El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación”. *Scientia et Technica*, 2(39).

Pastor, M., Asensio, R. y Pérez, F. (2012). “Inventario de obstáculos en las cuencas de los ríos Purón, Omecillo y Baia”. Disponible en

[http://www.uragentzia.euskadi.eus/contenidos/informe\\_estudio/2012\\_inventario\\_azudes/eu\\_docu/adjuntos/Memoria\\_Inventario\\_azudes\\_Puron\\_Omecillo\\_Baia.pdf](http://www.uragentzia.euskadi.eus/contenidos/informe_estudio/2012_inventario_azudes/eu_docu/adjuntos/Memoria_Inventario_azudes_Puron_Omecillo_Baia.pdf)

Pena, L., Puertas, J., Teijeiro, T., y Peña, E. (2006). “Dispositivos de remonte para peces: escalas de hendiduras verticales”. En *Ingeniería del Agua*, 13(2), 113-128.

Petts, G. (1989). “Perspectives for ecological management of regulated rivers”. *Alternatives in regulated river management*, 3-24. Estados Unidos: CRC Press.

Pini Prato, E., Comoglio, C., y Calles, O. (2011). “A simple management tool for planning the restoration of river longitudinal connectivity at watershed level: priority indices for fish passes”. En *Journal of Applied Ichthyology*, 27(s3), 73-79.

Pyke, G. H. (2005). “A review of the biology of *Gambusia affinis* and *G. holbrooki*”. En *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 15(4), 339-365.

Quirós, R. (1988). *Estructuras para asistir a los peces no salmónidos en sus migraciones: América Latina*. Roma: Food & Agriculture Org. Disponible en <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=IWCg5Hl4pyYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Estructuras+para+asistir+a+los+peces+no+salm%C3%B3nidos+en+sus+migraciones:+Am%C3%A9rica+Latina&ots=tqcVfu37w0&sig=7C0H25-IHPIKxbPsPXEFtNySpGA#v=onepage&q=Estructuras%20para%20asistir%20a%20los%20peces%20no%20salm%C3%B3nidos%20en%20sus%20migraciones%3A%20Am%C3%A9rica%20Latina&f=false>

Reis, R y Lima, F. (2009). *Trichomycterus areolatus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/details/22120/0>

Requena, P., Weichert, R. B., y Minor, H. E. (2006). “Self widening by lateral erosion in gravel bed rivers”. En *River Flow*, 1801-1809.

Rocaspana, R., Aparicio, E. y Palau A. (2012). “Análisis del uso, la eficiencia y la necesidad del paso para peces en el azud de Salinas (Río Sinca, Huesca)”. Disponible en <http://endesabiodiversidad.com/uploads/pubs/Paso-para-peces-Azud-Salinas.pdf>

- Roche, H y Vejo, C. (2005). “Análisis multicriterio en la toma de decisiones”. (Comunicación personal). Disponible en <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>
- Rohde, S., Kienast, F., y Bürgi, M. (2004). “Assessing the restoration success of river widenings: a landscape approach”. En *Environmental management*, 34(4), 574-589.
- Rohde, S., Schütz, M., Kienast, F., y Englmaier, P. (2005). “River widening: an approach to restoring riparian habitats and plant species”. En *River Research and Applications*, 21(10), 1075-1094.
- Ruiz, V., y Marchant, M. (2004). *Ictiofauna de aguas continentales chilenas*. Concepción: Universidad de Concepción.
- Sanz-Ronda, F., Bravo, F., Fuentes, J., Ruiz, J., García, A., Ramos, N., Salgado, V., y Martínez de Azagra, A. (2013). “Pasos para peces: escalas y otros dispositivos de paso”. En *Notas técnicas del CIREF*, 7, 17.
- Sanz-Ronda, F., Garcia, A., y Fuentes, J. (2011). “Evaluación hidráulica de un paso naturalizado (río artificial) en el Marín (Río Tormes, Salamanca)”. En *I Congreso Iberico de restauración fluvial RESTAURARÍOS*. León, 18-20.
- Sanz-Ronda, F., Martínez de Azagra, A., Saiz, A., y Navarro, J. (2002). “Soluciones al problema de la migración de los peces en la cuenca del Nela”. Disponible en: <http://www.unizar.es/fnca/duero/docu/c17.pdf>
- SICOMAQ LTDA. 2011. “M.AMBIENTE”. (Comunicación de un blog). Recuperado el lunes 03 de agosto de 2015. Extraído de: <http://enonguen.blogspot.cl/p/m-ambiente.html>
- SICOMAQ LTDA. 2011. “ANT. CONTRATO”. (Comunicación de un blog). Recuperado el miércoles 05 de agosto de 2015. Extraído de: <http://enonguen.blogspot.cl/p/ant-contrato.html>
- SICOMAQ LTDA. 2011. “FINALIZAN OBRAS”. (Comunicación de un blog). Recuperado el miércoles 10 de agosto de 2015. Extraído de: <http://enonguen.blogspot.cl/2011/11/finalizan-obras.html>

SICOMAQ LTDA. 2011. "TRABAJOS DESDE PUENTE COLLAO A PUENTE NONGUEN". (Comunicación de un blog). Recuperado el miércoles 15 de agosto de 2015. Extraído de: <http://enonguen.blogspot.cl/2011/11/trabajos-desde-puente-collao-puente.html>

Schilt, C. (2007). "Developing fish passage and protection at hydropower dams". En *Applied Animal Behaviour Science*, 104(3), 295-325.

Solà, C., Ordeix, M. Pou-Rovira, Q. Sellarès, N. Queralt, A. Bardina, M. Casamitjana, A. y Munné, A. (2011). "Longitudinal connectivity in hydromorphological quality assessments of rivers. The ICF index: A river connectivity index and its application to Catalan rivers". *Limnetica*, 30(2), 273-292.

Soto, D., Arismendi, I., Smith-Ramírez, C., Armesto, J., y Valdovinos, C. (2005). "Fauna íctica de la cuenca del río Bueno: relevancia de los afluentes en la conservación de especies nativas". En *Ecología y biodiversidad de los bosques de la Cordillera de la Costa de Chile*, 418-426.

Swales, S. (1989). "The use of instream habitat at improvement methodology in mitigation the adverse effects of river regulation on fisheries". *Alternatives in regulated river management*, 186-206. Estados Unidos: CRC Press.

Tavella, M., Miropolsky, A., y Manera, R. (2014). "Estudio Comparativo de Métodos Multicriterio para el análisis de la Localización Sustentable de Parques Industriales Regionales". En *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 1(1), 41.

Tobar, H. (2002). "Las inundaciones y el dragado de los ríos". En *El telégrafo*.

Trapote, B. (2009). "Estudio teórico de pasos de peces y desarrollo de una metodología de evaluación de su eficacia". Tesis para optar al título de Ingeniero Civil. Universitat politècnica de Catalunya. Disponible en <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/8846>

Vannote, R., Minshall, G., Cummins, K., Sedell, J., y Cushing, C. (1980). "The river continuum concept". En *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 37(1), 130-137.

- Vega, R., Dantagnan, P., Mardones, A., Valdebenito, I., Zamorano, J., y Encina, F. (2013). “Bases biológicas para el cultivo del puye *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842): una revisión”. En *Latin american journal of aquatic research*, 41(3), 369-386.
- Vidal, C., y Romero, H. (2010). “Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos Bío-Bío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción”. En *Concepción metropolitana (AMC). Planes, procesos y proyectos*. Santiago de Chile: Editorial Universidad de Concepción.
- Vide, J. (2002). *Ingeniería de ríos*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Walters, D., Leigh, D., y Bearden, A. (2003). “Urbanization, sedimentation, and the homogenization of fish assemblages in the Etowah River Basin, USA”. En *Hydrobiologia*, 494(1-3), 5-10.
- Welcomme, R. (1989). “Floodplain fisheries management”. Alternatives in regulated river management. 209-233. United States: CRC Press.
- Welcomme, R. (1980). *Cuencas fluviales*. Doc: Roma FAO, Téc. pesca, 62pp.
- White, M., y Greer, K. (2006). “The effects of watershed urbanization on the stream hydrology and riparian vegetation of Los Penasquitos Creek, California”. En *Landscape and Urban Planning*, 74(2), 125-138.
- WWF. (2015). “Recomendaciones y buenas prácticas de gestión en espacios fluviales”. Disponible en [http://awsassets.wwf.es/downloads/recomendaciones\\_y\\_buenas\\_practicas\\_para\\_la\\_gestion\\_de\\_espacios\\_fluvial\\_18\\_marzo.pdf](http://awsassets.wwf.es/downloads/recomendaciones_y_buenas_practicas_para_la_gestion_de_espacios_fluvial_18_marzo.pdf)
- Yáñez-Arancibia, A. y Nugent, R. S. (1977). “El papel ecológico de los peces en estuarios y lagunas costeras”. En *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, 4, 107-144.
- Zunino, S., Aliaga, C., y Da Venezia, P. (2009). Comunidades de peces en desembocaduras de ríos y esteros de la Región de Valparaíso, Chile central. *Revista de biología marina y oceanografía*, 44(1), 123-130.

# **8. ANEXOS**

## 8.1 Anexo 1

**Tabla 21. Presupuesto para paso rústico (para desnivel 1m. y pendiente del 3%)**

Ítem	Designación	Unidad	Cantidad	Monto	
				Unitario	Total
<b>1</b>	<b>Canal en Hormigón L= 30 mts. (Canal diagonal)</b>				
1.1 <sup>7</sup>	Preparación del lecho	m	17.790	0,0012 UF	23,012 UF
1.2 <sup>7</sup>	Enfierradura A-63, preparación y colocación	Kg	1.194	0,0109 UF	13,128 UF
1.3 <sup>7</sup>	Moldaje	m <sup>2</sup>	39,6	0,2823 UF	11,1827 UF
1.4 <sup>7</sup>	Desimbre	m <sup>2</sup>	39,6	0,0375 UF	1,4886 UF
1.5 <sup>7</sup>	Hormigón H-25	m <sup>3</sup>	5,61	2,9717 UF	16,6712 UF
<b>SUB-TOTAL ITEM</b>					<b>42, 47 UF</b>
<b>I.</b>	<b>Resumen de presupuesto</b>				
1	Canal de Hormigón	Gl <sup>8</sup>	1		42, 47 UF
<b>II.1</b>	<b>SUBTOTAL CONSTRUCCIÓN</b>				<b>42,47 UF</b>
<b>II.2</b>	Gastos generales			<b>20%</b>	8,494 UF
<b>II.3</b>	<b>SUB TOTAL ( II.1 al II.2)</b>				<b>50, 97 UF</b>
<b>II.4</b>	Costo financiero			<b>5%</b>	2,548 UF
<b>II.6</b>	Utilidad			<b>14%</b>	7,135 UF
<b>II.7</b>	<b>TOTAL COSTO DIRECTO NETO</b>				<b>60,64 UF</b>
<b>III.</b>	<b>IVA</b>			<b>19%</b>	11,523 UF
<b>PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>72, 172 UF</b>

Fuente: Elaboración propia

<sup>7</sup> Ver análisis de precio unitario (Anexo 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 y 1.5)

<sup>8</sup> Global

### 8.1.1 Anexo 1.1

**Tabla 22. Análisis de Precio Unitario (APU) de “Preparación del lecho”.**

Item	Partida	UD	Cantidad-Rendimiento	P. Unitario (UF)	Total (UF)
	<b>Preparación del lecho</b>	<b>ML</b>	<b>1</b>	<b>0,7 UF</b>	
<b>Materiales</b>					
	Piedra Bolón > 6"	m <sup>3</sup>	0,2	0,98 UF	0,18 UF
				<b>TOTAL MATERIALES (UF)</b>	<b>0,18 UF</b>
<b>Máquinas y Equipos</b>					
	Retro-Excavadora (Incluye operador y combustible)	Hr	0,2	0,63 UF	0,13 UF
				<b>TOTAL MAQ. Y EQUIP (UF)</b>	<b>0,13 UF</b>
<b>Mano de obra</b>					
	Jornal excavación	HD <sup>9</sup>	0,2	0,59 UF	0,12 UF
	Maestro	HD	0,2	0,78 UF	0,16 UF
	L.S.M. Obra <sup>10</sup>			37%	0,10 UF
				<b>TOTAL MANO DE OBRA (UF)</b>	<b>0,38 UF</b>
<b>Subcontrato</b>					
					0 UF
				<b>TOTAL SUBCONTRATO (UF)</b>	<b>0 UF</b>
				<b>P. UNITARIO (UF)</b>	<b>0,7 UF</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>9</sup> Hombre día

<sup>10</sup> Leyes sociales maestro

### 8.1.2 Anexo 1.2

**Tabla 23. Análisis de Precio Unitario (APU) de “Enfierradura A-63, preparación y colocación”.**

Ítem	Partida	UD	Cantidad-Rendimiento	P. Unitario (UF)	Total (UF)
	<b>Enfierradura A-63, preparación y colocación</b>	<b>Kg</b>	<b>1</b>	<b>0,05 UF</b>	
<b>Materiales</b>					
	Fe A-63	Kg	1,08	0,026 UF	0,028 UF
	Alambre N° 18	Kg	0,01	0,047 UF	0,00047 UF
				<b>TOTAL MATERIALES (UF)</b>	<b>0,028 UF</b>
<b>Máquinas y equipo</b>					
	Maquina dobladora	Día	0,01	0,47 UF	0,0047 UF
	Grifas	Gl	1	0,00039 UF	0,00039 UF
				<b>TOTAL MAQ. Y EQUIP (UF)</b>	<b>0,005 UF</b>
<b>Mano de obra</b>					
	Maestro Enfierrador	HD	0,01	0,78 UF	0,0078 UF
	Ayudante	HD	0,01	0,59 UF	0,006 UF
				<b>TOTAL MANO DE OBRA (UF)</b>	<b>0,013 UF</b>
<b>Subcontrato</b>					
					0 UF
				<b>TOTAL SUBCONTRATO (UF)</b>	<b>0 UF</b>
				<b>P. UNITARIO (UF)</b>	<b>0,05 UF</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 8.1.3 Anexo 1.3

**Tabla 24. Análisis de Precio Unitario (APU) de “Moldaje”.**

Ítem	Partida	UD	Cantidad-Rendimiento	P. Unitario (UF)	Total (UF)
	<b>Moldaje</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>1</b>	<b>0,28 UF</b>	
<b>Materiales</b>					
	Arriendo moldaje	m <sup>2</sup>	1	0,12 UF	0,12 UF
	Pieza pino 2X3X3,2	PZA	0,1	0,098 UF	0,0098 UF
	Clavos de 2 1/2"	KG	0,1	0,047 UF	0,0047 UF
				<b>TOTAL MATERIALES (UF)</b>	<b>0,132 UF</b>
<b>Máquinas y Equipos</b>					
					0 UF
				<b>TOTAL MAQ. Y EQUIP (UF)</b>	<b>0 UF</b>
<b>Mano de obra</b>					
	Maestro carpintero	HD	0,08	0,78 UF	0,062 UF
	Ayudante carpintero	HD	0,08	0,59 UF	0,047 UF
	L.S M.Obra			37%	0,04 UF
				<b>TOTAL MANO DE OBRA (UF)</b>	<b>0,15 UF</b>
<b>Subcontrato</b>					
					0 UF
				<b>TOTAL SUBCONTRATO (UF)</b>	<b>0 UF</b>
				<b>P. UNITARIO (UF)</b>	<b>0,28 UF</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 8.1.4 Anexo 1.4

**Tabla 25. Análisis de Precio Unitario (APU) de “Desimbre”.**

Ítem	Partida	UD	Cantidad-Rendimiento	P. Unitario (UF)	Total (UF)
	<b>Desimbre</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>1</b>	<b>0,038 UF</b>	
<b>Materiales</b>					0 UF
				<b>TOTAL MATERIALES (UF)</b>	<b>0 UF</b>
<b>Máquinas y Equipos</b>					0 UF
				<b>TOTAL MAQ. Y EQUIP (UF)</b>	<b>0 UF</b>
<b>Mano de obra</b>					
	Maestro carpintero	HD	0,02	0,78 UF	0,015 UF
	Ayudante carpintero	HD	0,02	0,59 UF	0,011 UF
	L.S M.Obra			37%	0,01 UF
				<b>TOTAL MANO DE OBRA (UF)</b>	<b>0,038 UF</b>
<b>Subcontrato</b>					0 UF
				<b>TOTAL SUBCONTRATO (UF)</b>	<b>0 UF</b>
				<b>P. UNITARIO (UF)</b>	<b>0,038 UF</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

### 8.1.5 Anexo 1.5

**Tabla 26. Análisis de Precio Unitario (APU) de “Conexión a canaleta existente”.**

Ítem	Partida	UD	Cantidad-Rendimiento	P. Unitario (UF)	Total (UF)
	<b>Conexión a canaleta existente</b>	<b>UN</b>	<b>1</b>	<b>2,97 UF</b>	
<b>Materiales</b>					
	Hormigón H-25, premezclado	m <sup>3</sup>	1,05	2,55 UF	2,68 UF
	Cemento	Saco	0,5	0,19 UF	0,094 UF
				<b>TOTAL MATERIALES (UF)</b>	<b>2,78 UF</b>
<b>Máquinas y equipos</b>					
	Vibrador de inmersión	Día	0,05	0,2 UF	0,0098 UF
	Fumigador	Día	0,01	0,16 UF	0,0016 UF
	Sondas vibratoras	Día	0,05	0,06 UF	0,0029 UF
				<b>TOTAL MAQ. Y EQUIP (UF)</b>	<b>0,014 UF</b>
<b>Mano de obra</b>					
	Jornal, excavación	HD	0,1	0,59 UF	0,06 UF
	Maestro	HD	0,1	0,78 UF	0,08 UF
	L.S M.OBra			37%	0,05 UF
				<b>TOTAL MANO DE OBRA (UF)</b>	<b>0,19 UF</b>
<b>Subcontrato</b>					
					0 UF
				<b>TOTAL SUBCONTRATO (UF)</b>	<b>0 UF</b>
				<b>P. UNITARIO (UF)</b>	<b>2,97 UF</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 8.2 Anexo 2

**Tabla 27. Presupuesto para rampas de piedra (para desnivel 1m. y pendiente del 5%)**

Ítem	Designación	Unidad	Cantidad	Monto	
				Unitario	Total
<b>1</b>	<b>Rampa de Piedras L= 20 mts., ancho= 5mts.</b>				
1.1 <sup>11</sup>	Trazado y niveles	Día	1	5,65 UF	5,65 UF
1.2 <sup>11</sup>	Nivelación lecho (Pendiente Regular)	m2	40	0,7 UF	26, 4 UF
1.3 <sup>11</sup>	Conformación de Dispositivos (Diques)	Unidad	4	7,75 UF	31 UF
<b>SUB -TOTAL ITEM</b>					<b>57,4 UF</b>
<b>I. Resumen de presupuesto</b>					
1	Rampa de Piedras	Gl	1		57,4 UF
<b>II.1</b>	<b>SUBTOTAL CONSTRUCCIÓN</b>				<b>57,4 UF</b>
<b>II.2</b>	Gastos generales			<b>20%</b>	11,48 UF
<b>II.3</b>	<b>SUB TOTAL ( II.1 al II.2)</b>				<b>68,86 UF</b>
<b>II.4</b>	Costo financiero			<b>5%</b>	3,44 UF
<b>II.6</b>	Utilidad			<b>14%</b>	9,64 UF
<b>II.7</b>	<b>TOTAL COSTO DIRECTO NETO</b>				<b>81,95 UF</b>
<b>III.</b>	<b>IVA</b>			<b>19%</b>	15,57 UF
	<b>PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>97, 52 UF</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>11</sup> Ver análisis de precio unitario (Anexo 2.1, 2.2 y 2.3)

### 8.2.1 Anexo 2.1

**Tabla 28. Análisis de Precio Unitario (APU) de “Trazado y niveles”.**

Ítem	Partida	UD	Cantidad-Rendimiento	P. Unitario (UF)	Total (UF)
	<b>Trazado y niveles</b>	<b>Día</b>	<b>1</b>	<b>5,65 UF</b>	
<b>Materiales</b>					
	Madera (tabla)	PULG	2	0,098 UF	0,2 UF
				<b>TOTAL MATERIALES (UF)</b>	<b>0,2 UF</b>
<b>Máquinas y equipos</b>					
	Nivel y taquímetro	Día	1	1,96 UF	1,96 UF
				<b>TOTAL MAQ. Y EQUIPO (UF)</b>	<b>1,96 UF</b>
<b>Mano de obra</b>					
	Topógrafo	HD	1	1,96 UF	1,96 UF
	Alarife (ayudante)	HD	1	0,59 UF	0,59 UF
	L.S M.Obra			37%	0,94 UF
				<b>TOTAL MANO DE OBRA (UF)</b>	<b>3,49 UF</b>
<b>Subcontrato</b>					
					0 UF
				<b>TOTAL SUBCONTRATO (UF)</b>	<b>0 UF</b>
				<b>P. UNITARIO (UF)</b>	<b>5,65 UF</b>

Fuente: Elaboración propia.

8.2.2 Anexo 2.2

Tabla 29. Análisis de Precio Unitario (APU) de “Nivelación lecho”.

Ítem	Partida	UD	Cantidad-Rendimiento	P. Unitario (UF)	Total (UF)
	<b>Nivelación lecho (Pendiente Regular)</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>1</b>	<b>0,66 UF</b>	
<b>Materiales</b>					
	Pala	Unidad	0,05	0,29 UF	0,014 UF
	Carretilla	Unidad	0,05	0,7 UF	0,035 UF
	Botas	Par	0,1	0,57 UF	0,056 UF
	Piedra bolón (4-6 pulgadas)	m <sup>3</sup>	0,1	0,78 UF	0,078 UF
				<b>TOTAL MATERIALES (UF)</b>	<b>0,19 UF</b>
<b>Máquinas y equipos</b>					
	Retroexcavadora	Hr	0,5	0,63 UF	0,31 UF
				<b>TOTAL MAQ. Y EQUIP (UF)</b>	<b>0,31 UF</b>
<b>Mano de obra</b>					
	Jornal	HD	0,2	0,6 UF	0,12 UF
	L.S M. Obra			37%	0,043 UF
				<b>TOTAL MANO DE OBRA (UF)</b>	<b>0,16 UF</b>
<b>Subcontrato</b>					
					0 UF
				<b>TOTAL SUBCONTRATO (UF)</b>	<b>0 UF</b>
				<b>P. UNITARIO (UF)</b>	<b>0,66 UF</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 8.2.3 Anexo 2.3

**Tabla 30. Análisis de Precio Unitario (APU) de “Conformación de dispositivos (Diques)”.**

Ítem	Partida	UD	Cantidad-Rendimiento	P. Unitario (UF)	Total (UF)
	<b>Conformación de dispositivos (Diques)</b>	<b>UD</b>	<b>1</b>	<b>7,75 UF</b>	
<b>Materiales</b>					
	Piedra bolón (4-6 pulgadas)	m <sup>3</sup>	1,25	0,78 UF	0,98 UF
	Madera (tabla)	PULG	4	0,098 UF	0,39 UF
				<b>TOTAL MATERIALES (UF)</b>	<b>1,37 UF</b>
<b>Máquinas y equipo</b>					
	Máquina retroexcavadora (con operario y petróleo)	Hr	4	0,63 UF	2,51 UF
				<b>TOTAL MAQ. Y EQUIP (UF)</b>	<b>2,51 UF</b>
<b>Mano de obra</b>					
	Maestros	HD	4	0,7 UF	2,82 UF
	L.S M.Obra			37%	1,04 UF
				<b>TOTAL MANO DE OBRA (UF)</b>	<b>3,87 UF</b>
<b>Subcontrato</b>					
					0 UF
				<b>TOTAL SUBCONTRATO (UF)</b>	<b>0 UF</b>

				<b>P. UNITARIO (UF)</b>	<b>\$ 197.640</b>
--	--	--	--	-----------------------------	-------------------

**Fuente:** Elaboración propia.

### 8.3 Anexo 3

**Tabla 31. Presupuesto para río artificial (para desnivel 1m. y pendiente del 20%)**

Ítem	Designación	Unidad	Cantidad	Monto	
				Unitario	Total
<b>1</b>	<b>Expropiaciones<sup>12</sup></b>	m <sup>2</sup>	200	3,7 UF	740,43 UF
<b>2</b>	<b>Río artificial</b>				
2.1	Trazado y niveles <sup>13</sup>	Día	4	5,65 UF	22,59 UF
2.2	Excavación <sup>13</sup>	m <sup>3</sup>	40	0,22 UF	8,86 UF
2.3	Estructura de piedra (control de flujo) <sup>13</sup>	C/U	3	6,4 UF	19,2 UF
2.4	Conformación de taludes <sup>13</sup>	ML	40	0,28 UF	11,19 UF
2.5	Extracción de escombros (con traslado a botadero) <sup>13</sup>	m <sup>3</sup>	40	0,18 UF	7,06 UF
<b>SUB -TOTAL ITEM</b>					<b>809,33 UF</b>
<b>I.</b>	<b>Resumen de presupuesto</b>				
	Río Artificial	GL	1		809,33 UF
<b>II.1</b>	<b>SUBTOTAL CONSTRUCCIÓN (1 y 2)</b>				<b>809,33 UF</b>
<b>II.2</b>	Gastos generales			<b>20%</b>	161,87 UF
<b>II.3</b>	<b>SUB TOTAL ( II.1 al II.2)</b>				<b>971,2 UF</b>
<b>II.4</b>	Costo financiero			<b>5%</b>	48,56 UF
<b>II.6</b>	Utilidad			<b>14%</b>	135,97 UF
<b>II.7</b>	<b>TOTAL COSTO DIRECTO NETO</b>				<b>1155,72 UF</b>
<b>III.</b>	<b>IVA</b>			<b>19%</b>	219,6 UF
	<b>PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>1375,312 UF</b>

Fuente: Elaboración propia.

<sup>12</sup> Ver anexo 3.1

<sup>13</sup> Ver análisis de precio unitario (Anexo 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6)

### 8.3.1 Anexo 3.1

De acuerdo al Ministerio de Obras Públicas el valor de un terreno a expropiar es determinado por peritos tasadores elejidos mediante una resolución. En este caso para obtener el valor del terreno lo que se hizo fue buscar un terreno en venta, lo más cercano al sector, y de acuerdo a éste obtener un valor estimado del metro cuadrado de terreno. Suponiendo que este valor que se obtuvo corresponderia por cercania al del terreno que se desea utilizar.

Es así como se obtuvo:

$$360 \text{ m}^2 \rightarrow 1332,781 \text{ UF}^{14}$$

$$1 \text{ m}^2 \rightarrow X$$

$$X = 3,7 \text{ UF} \approx 3,7 \text{ UF}$$

El terreno a expropiar debe ser de aproximadamente  $200 \text{ m}^2$ , por lo tanto el costo total sería:

$$200\text{m}^2 \times 3,7 \text{ UF} = 740,43 \text{ UF}$$

---

<sup>14</sup> Extraído el 13 de Noviembre de 2015. Disponible en: <http://cl.tixuz.com/inmuebles/venta/terreno/terreno-valle-nonguen/11159681>

### 8.3.2 Anexo 3.2

**Tabla 32. Análisis de Precio Unitario (APU) de “Trazado y niveles”.**

Ítem	Partida	UD	Cantidad-Rendimiento	P. Unitario (UF)	Total (UF)
	<b>Trazado y niveles</b>	<b>Día</b>	<b>1</b>	<b>5,65 UF</b>	
<b>Materiales</b>					
	Madera (tabla)	PULG	2	0,098 UF	0,2 UF
				<b>TOTAL MATERIALES (UF)</b>	<b>0,2 UF</b>
<b>Máquinas y equipos</b>					
	Nivel y taquímetro	Día	1	1,96 UF	1,96 UF
				<b>TOTAL MAQ. Y EQUIP (UF)</b>	<b>1,96 UF</b>
<b>Mano de obra</b>					
	Topógrafo	HD	1	1,96 UF	1,96 UF
	Alarife (ayudante)	HD	1	0,59 UF	0,59 UF
	L.S M. Obra			37%	0,94 UF
				<b>TOTAL MANO DE OBRA (UF)</b>	<b>3,49 UF</b>
<b>Subcontrato</b>					
					0 UF
				<b>TOTAL SUBCONTRATO (UF)</b>	<b>0 UF</b>
				<b>P. UNITARIO (UF)</b>	<b>5,65 UF</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

### 8.3.3 Anexo 3.3

**Tabla 33. Análisis de Precio Unitario (APU) de “Excavación”.**

Ítem	Partida	UD	Cantidad-Rendimiento	P. Unitario (UF)	Total (UF)
	<b>Excavación</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>1</b>	<b>0,22 UF</b>	
<b>Materiales</b>					
	Cal	BL <sup>15</sup>	0,2	0,05 UF	0,01 UF
	Madera	PULG	0,5	0,098 UF	0,049 UF
				<b>TOTAL MATERIALES (UF)</b>	<b>0,059 UF</b>
<b>Máquinas y equipos</b>					
	Máquina retroexcavadora (con petróleo)	Hr	0,1	0,55 UF	0,055 UF
				<b>TOTAL MAQ. Y EQUIP (UF)</b>	<b>0,055 UF</b>
<b>Mano de obra</b>					
	Operario	HD	0,1	0,78 UF	0,078 UF
	L.S M. Obra			37%	0,029 UF
				<b>TOTAL MANO DE OBRA (UF)</b>	<b>0,1 UF</b>
<b>Subcontrato</b>					
					0 UF
				<b>TOTAL SUBCONTRATO (UF)</b>	<b>0 UF</b>
				<b>P. UNITARIO (UF)</b>	<b>0,22 UF</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>15</sup> Bolsa

### 8.3.4 Anexo 3.4

**Tabla 34. Análisis de Precio Unitario (APU) de “Estructura de piedra (control de flujo)”.**

Ítem	Partida	UD	Cantidad-Rendimiento	P. Unitario (UF)	Total (UF)
	<b>Estructura de piedra (control de flujo)</b>	<b>UD</b>	<b>1</b>	<b>6,4 UF</b>	
<b>Materiales</b>					
	Piedra bolón (4-6 pulgadas)	m <sup>3</sup>	2	0,78 UF	1,57 UF
	Madera	PULG	4	0,098 UF	0,39 UF
				<b>TOTAL MATERIALES (UF)</b>	<b>1,96 UF</b>
<b>Máquinas y equipos</b>					
	Máquina retroexcavadora (con operario y petróleo)	Hr.	4	0,63 UF	2,51 UF
				<b>TOTAL MAQ. Y EQUIP (UF)</b>	<b>2,51 UF</b>
<b>Mano de obra</b>					
	Maestro	HD	2	0,71 UF	1,41 UF
	L.S M. Obra			37%	0,52 UF
				<b>TOTAL MANO DE OBRA (UF)</b>	<b>1,93 UF</b>
<b>Subcontrato</b>					
					0 UF
				<b>TOTAL SUBCONTRATO (UF)</b>	<b>0 UF</b>

				<b>P. UNITARIO</b> <b>(\$)</b>	<b>\$6,4 UF</b>
--	--	--	--	-----------------------------------	-----------------

**Fuente:** Elaboración propia.

### 8.3.5 Anexo 3.5

**Tabla 35. Análisis de Precio Unitario (APU) de “Conformación de taludes”.**

Ítem	Partida	UD	Cantidad-Rendimiento	P. Unitario (UF)	Total (UF)
	<b>Talud</b>	<b>ML</b>	<b>1</b>	<b>0,28 UF</b>	
<b>Materiales</b>					
	Pala	Unidad	0,05	0,29 UF	0,014 UF
	Carretilla	Unidad	0,05	0,7 UF	0,035 UF
	Botas	Par	0,05	0,57 UF	0,028 UF
				<b>TOTAL MATERIALES (UF)</b>	<b>0,078 UF</b>
<b>Máquinas y equipos</b>					
					0 UF
				<b>TOTAL MAQ. Y EQUIP (UF)</b>	<b>0 UF</b>
<b>Mano de obra</b>					
	Jornal	HD	0,25	0,59 UF	0,15 UF
	L.S M. Obra			37%	0,054 UF
				<b>TOTAL MANO DE OBRA (UF)</b>	<b>0,2 UF</b>
<b>Subcontrato</b>					
					0 UF
				<b>TOTAL SUBCONTRATO (UF)</b>	<b>0 UF</b>
				<b>P. UNITARIO (UF)</b>	<b>0,28 UF</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 8.3.6 Anexo 3.6

**Tabla 36. Análisis de Precio Unitario (APU) de “Extracción de escombros (con transporte a botadero)”.**

Ítem	Partida	UD	Cantidad-Rendimiento	P. Unitario (UF)	Total (UF)
	<b>Escombros</b>	<b>m<sup>3</sup></b>		<b>0,18 UF</b>	
<b>Materiales</b>					
					0 UF
				<b>TOTAL MATERIALES (UF)</b>	<b>0 UF</b>
<b>Máquinas y quipos</b>					
	Máquina retroexcavadora	Hr.	0,125	0,63 UF	0,078 UF
				<b>TOTAL MAQ. Y EQUIP (UF)</b>	<b>0,078 UF</b>
<b>Mano de obra</b>					
					0 UF
				<b>TOTAL MANO DE OBRA (UF)</b>	<b>0 UF</b>
<b>Subcontrato</b>					
	Camión tolba	Día	0,03125	3, 14 UF	0,098 UF
				<b>TOTAL SUBCONTRATO (UF)</b>	<b>0,098 UF</b>
				<b>P. UNITARIO (UF)</b>	<b>0,18 UF</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 8.4 Anexo 4

¿Cuál debiese ser la satisfacción o calificación respecto al criterio costo de la alternativa río artificial?

$$Rio\ artificial = (0,54 \times 90) + (0,27 \times Y) + (0,18 \times 80) = 76$$

De esta ecuación, se puede desprender que el valor de la calificación corresponde a 48, 15. Para trabajar con números enteros es que trabajaremos con el valor de 50, ya que, con este valor se sobrepasaría la alternativa rampas de piedras.

Luego, si con un costo de 1375, 312 UF se obtuvo una calificación de 40. Necesitamos saber con qué costo obtendremos una calificación de 50. Entonces aplicando una regla de tres simples:

$$1375,312\ UF \rightarrow 40$$

$$X \quad \rightarrow 50$$

X= 1719,14 UF. Lo cual no es lógico, ya que a mayor costo es peor calificación, pero esto no se puede configurar en una regla de tres simples. Es por esto que como la diferencia entre las calificaciones es de 10, se hizo la regla de tres simples con una diferencia de 10 pero restándoselos a los 40. Por lo tanto obtenemos:

$$1375,312\ UF \rightarrow 40$$

$$X \quad \rightarrow 30$$

X= 1031,48 UF, lo cual si es lógico ya que si el costo disminuiría la calificación aumentaría.

