PLAN 8 ENERGÍA INFINITA LTDA
www.plan-8.cl
contacto@plan-8.cl



MEMORIA

PERMISO AMBIENTAL SECTORIAL 156 PARQUE HÍBRIDO EÓLICO, SOLAR Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA LAS QUINTAS (PHLQ)

Elaborado por PLAN 8

A						
Rev.	**Rev. Int.**	**Fecha**	**Emitido para**	**Emitido por**	**Revisado por**	**Aprobado por**

	Comuna de San Pedro y Comuna de Litueche Región Metropolitana Región de O'Higgins	
	PAS156-DOC-00	**Rev. A**

Contenidos

1. Introducción 1

1.1. Generalidades 1
1.2. Norma fundante 2

2. Descripción del lugar de emplazamiento de las obras 2

2.1. Identificación de los cauces 2
2.2. Ubicación de las obras 5
2.3. Características de los cauces 7

2.3.1. Generalidades 7

2.3.2. Caudales máximos 11

2.3.3. Modelos hidráulicos 12

3. Descripción de las obras y sus fases 20

3.1. Descripción de las obras 20

3.1.1. Badén 20

3.1.2. Alcantarillas 23

3.2. Fase de construcción 27

3.2.1. Generalidades 27

3.2.3. Alcantarilla 28

3.3. Fase de operación 29
3.4. Fase de cierre 30
3.5. Resumen de las obras 30

4. Estimación de los plazos y periodos de construcción 34

5. Medidas tendientes a minimizar los efectos sobre la calidad de las aguas 34

6. Plan de seguimiento de la calidad de las aguas durante la fase de construcción 36

7. Referencias 38

Figuras

Figura 2-1: Cuencas ubicadas en zona del proyecto 3
Figura 2-2. Red de drenaje y cauces en estudio. Fuente: Elaboración Propia 5
Figura 2-3. Ubicación de las obras y sus cauces asociados 6
Figura 2-4. Visita a terreno. Características del suelo y la vegetación. Representativa de la OA 01. Fuente: Elaboración Propia 7
Figura 2-5. Visita a terreno. Características del suelo y la vegetación. Representativa de la OA 02. Fuente: Elaboración Propia 8
Figura 2-6. Visita a terreno. Características del suelo y la vegetación. Representativa de la OA 03. Fuente: Elaboración Propia 8
Figura 2-7. Visita a terreno. Características del suelo y la vegetación. Representativa de la OA 04. Fuente: Elaboración Propia 9
Figura 2-8: Visita a terreno. Características del suelo y la vegetación. Representativa de la OA 05. Fuente: Elaboración Propia 9
Figura 2-9: Visita a terreno. Características del suelo y la vegetación. Representativa de la OA 06. Fuente: Elaboración Propia 10
Figura 2-10: Uso de suelo de la zona de proyecto (Karra, y otros, 2021). Fuente: Elaboración Propia 10
Figura 2-11. Delimitación de cuencas aportantes en sector del Parque Híbrido Eólico, Solar y Almacenamiento de Energía Las Quintas (PHLQ). Fuente: Elaboración Propia 11
Figura 2-12. Resultados de profundidad máxima con layout del proyecto (contorno negro). Caudal de diseño (200 años). Condición Con y Sin Proyecto OA 01. Modelo 1D. Fuente: Elaboración Propia 13
Figura 2-13. Resultados de profundidad máxima con layout del proyecto (contorno negro). Caudal de diseño (200 años). Condición Con y Sin Proyecto OA 02. Modelo 1D. Fuente: Elaboración Propia 14
Figura 2-14. Resultados de profundidad máxima con layout del proyecto (contorno negro). Caudal de diseño (200 años). Condición Con y Sin Proyecto OA 03. Modelo 1D. Fuente: Elaboración Propia 15
Figura 2-15. Resultados de profundidad máxima con layout del proyecto (contorno negro). Caudal de diseño (200 años). Condición Con y Sin Proyecto OA 04. Modelo 1D. Fuente: Elaboración Propia 16
Figura 2-16. Resultados de profundidad máxima con layout del proyecto (contorno negro). Caudal de diseño (200 años). Condición Con y Sin Proyecto OA 05. Modelo 1D. Fuente: Elaboración Propia 17
Figura 2-17. Resultados de profundidad máxima con layout del proyecto (contorno negro). Caudal de diseño (200 años). Condición Con y Sin Proyecto OA 06. Modelo 1D. Fuente: Elaboración Propia 18
Figura 3-1. Vista en planta badén para atravieso camino interno OA 02. Fuente: Elaboración Propia 21

Figura 3-2. Perfil longitudinal badenes para atravieso de camino interno OA 02. Fuente: Elaboración Propia 21
Figura 3-3. Sección transversal badenes de atravieso camino interno OA 02. Fuente: Elaboración Propia 22
Figura 3-4. Vista en planta badén para atravieso camino interno OA 06. Fuente: Elaboración Propia 22
Figura 3-5. Perfil longitudinal badenes para atravieso de camino interno OA 06. Fuente: Elaboración Propia 22
Figura 3-6. Sección transversal badenes de atravieso camino interno OA 06. Fuente: Elaboración Propia 23
Figura 3-7. Perfil longitudinal de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia 23
Figura 3-8. Planta muro de boca de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia 24
Figura 3-9. Elevación muro de boca de las alcantarillas. Fuente: Elaboración Propia 24
Figura 3-7. Perfil longitudinal de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia 24
Figura 3-8. Planta muro de boca de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia 25
Figura 3-9. Elevación muro de boca de las alcantarillas. Fuente: Elaboración Propia 25
Figura 3-7. Perfil longitudinal de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia 25
Figura 3-8. Planta muro de boca de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia 25
Figura 3-9. Elevación muro de boca de las alcantarillas. Fuente: Elaboración Propia 26
Figura 3-7. Perfil longitudinal de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia 26
Figura 3-8. Planta muro de boca de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia 26
Figura 3-9. Elevación muro de boca de las alcantarillas. Fuente: Elaboración Propia 26
Figura 4-1. Cronograma Badén. Fuente: Elaboración Propia 34
Figura 4-2. Cronograma Alcantarilla. Fuente: Elaboración Propia 34

Tablas

Tabla 2-1. Cuencas según BNA - Región Metropolitana 3
Tabla 2-2. Cuencas según BNA - Región de O'Higgins 3
Tabla 2-3. Coordenadas representativas del proyecto 5

Tabla 2-4. Ubicación y coordenadas de las obras. Coordenadas UTM WGS 84 Huso 19S 6
Tabla 2-5. Características de los cauces intervenidos y caudales máximos en la ubicación de las obras. Fuente: Elaboración Propia 12
Tabla 2-6. Descripción de los modelos. Fuente: Elaboración Propia 19
Tabla 3-1. Características y dimensiones básicas de alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia 27
Tabla 3-2. Características y dimensiones básicas de las obras. Fuente: Elaboración Propia 31
Tabla 6-1. Ubicación de puntos de muestreo. Coordenadas UTM WGS 84 Huso 19S. Fuente: Elaboración Propia 36

Anexos

N°	Contenido	Código	Revisión	Fecha
Anexo 1	Análisis hidrológico	PAS156-DOC-01	A	12/01/2026
Anexo 2	Modelo hidráulico	PAS156-DOC-02.01 PAS156-DOC-02.02 PAS156-DOC-02.03 PAS156-DOC-02.04 PAS156-DOC-02.05	A A A A A	12/01/2026 12/01/2026 12/01/2026 12/01/2026 12/01/2026
Anexo 3	Planos del proyecto	PAS156-DWG-01	A A	12/01/2026 12/01/2026

1. Introducción

1.1. Generalidades

El Proyecto “Parque Híbrido Eólico, Solar y Almacenamiento de Energía Las Quintas” (o también PHLQ) consiste en la construcción y operación de un Parque de energías renovables, ubicado entre las comunas de San Pedro y Litueche, en las Metropolitana y O’Higgins, respectivamente.

El proyecto combina energía eólica y solar, con una potencia nominal de 190,25 MW aproximados. El parque eólico está compuesto por 16 aerogeneradores de 8 MW cada uno, sumando un total de 128 MW nominal. Por su parte, el parque fotovoltaico estará compuesto por 107.772 paneles fotovoltaicos, sumando un total de 77,6 MWp y 62,25 MW nominal.

Adicionalmente, se considera un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, llamado BESS (Battery Energy Storage System), permitiendo inyectar energía al sistema en horas donde no se cuente con radiación solar ni viento. Este sistema eléctrico se compone de módulos autocontenidos de baterías de Iones de Litio que se instalarán a un costado de la Subestación Elevadora.

La energía generada por el parque será conducida por líneas de media tensión (33 kV) hasta la subestación elevadora, construida al interior del parque, la que elevará la tensión de 33 kV a 220 kV para ser evacuada a través de una Línea de Alta Tensión de 3,78 km del Proyecto, hasta la Nueva Subestación Seccionadora Loica, conectándose al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

Durante el desarrollo del estudio de inundación del proyecto, se identificaron 6 grupos de cauces en el área de influencia del proyecto, de los cuales 4 no poseen un nombre oficial, de acuerdo con la carta IGM 1:50000.

Para que el proyecto permita mantener el libre escurrimiento de las aguas en los cauces mencionados, se necesitan seis obras de atravieso, de las cuales dos corresponden a obras tipo badén y cuatro corresponden a obras tipo alcantarilla.

En el contexto de la evaluación ambiental del proyecto, se ha desarrollado el Permiso Ambiental Sectorial 156 (PAS 156) para dichas obras. Este permiso está formado por cuatro partes: (1) una Memoria general, con los contenidos que requiere el PAS de acuerdo con la normativa vigente y un resumen de todos los estudios, (2) un Análisis hidrológico, en el que se estiman caudales de crecida para dimensionar las obras, (3) Modelos hidráulicos,

que utilizan los caudales de la hidrología para evaluar las características del flujo bajo condición natural (sin proyecto) y con la obra proyectada (con proyecto), y (4) Planos tipo de las obras.

A continuación, se presenta la Memoria del Permiso Ambiental Sectorial para efectuar modificaciones de cauce (PAS 156) del proyecto Parque Híbrido Eólico, Solar y Almacenamiento de Energía Las Quintas (PHLQ).

1.2. Norma fundante

El Título VII, artículo 156, Decreto N°40, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, establece los requerimientos básicos para la solicitud de un permiso para efectuar modificaciones de cauce.

Este permiso se funda en el artículo 41 y el inciso 1° del artículo 171 del D.F.L. N° 1.122, de 1981, del Ministerio de Justicia, Código de Aguas, siempre y cuando no se trate de obras de regularización o defensa de cauces naturales.

El requisito para su otorgamiento consiste en no afectar la vida o salud de los habitantes, mediante la no contaminación de las aguas.

Según lo establecido en la Guía PAS 156 (SEA & DGA, 2014), los contenidos técnicos y formales que se presentan para acreditar su cumplimiento son los siguientes:

a. Descripción del lugar de emplazamiento de la obra
b. Descripción de la obra y sus fases
c. Estimación de los plazos y periodos de construcción de las obras
d. Medidas tendientes a minimizar los efectos sobre la calidad de las aguas, aguas abajo del lugar de construcción de las obras
e. Plan de seguimiento de la calidad de las aguas durante la fase de construcción

2. Descripción del lugar de emplazamiento de las obras

2.1. Identificación de los cauces

De acuerdo con la delimitación oficial de la Dirección General de Aguas (DGA) y su Banco Nacional de Aguas (BNA), los cauces y las obras proyectadas se ubican entre la Cuenca Costera entre Río Maipo y Rapel (Región Metropolitana) y Cuenca Río Rapel (Región de O'Higgins) (ver figura 2-1), además de las subcuencas mostradas en la Tabla 2-1 y 2-2.

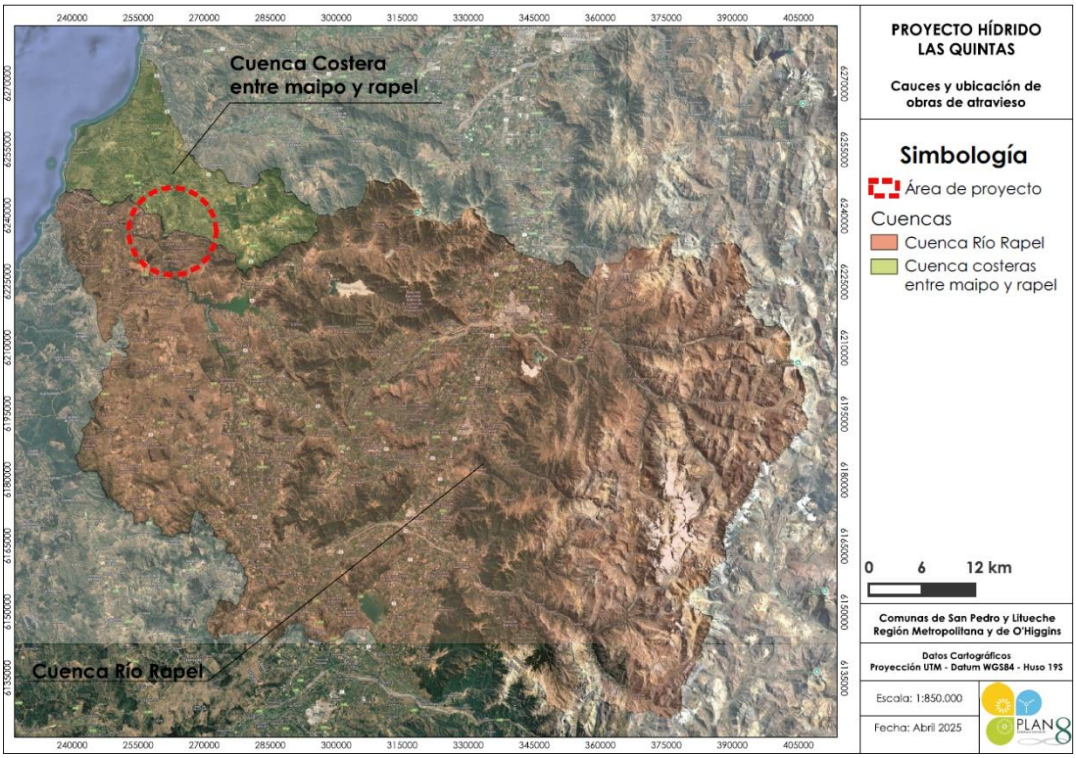


Figura 2-1: Cuencas ubicadas en zona del proyecto

Tabla 2-1. Cuencas según BNA - Región Metropolitana

División	Nombre	Código
Cuenca	Costeras entre Maipo y Rapel	58
Subcuenca	Estero Yali	580
Subsubcuenca	Estero Yali	5800

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2-2. Cuencas según BNA - Región de O'Higgins

División	Nombre	Código
Cuenca	Río Rapel	60
Subcuenca	Río Rapel	605
Subsubcuenca	Embalse Central Rapel Entre Brazo Estero Alhué y Muro Central Rapel	6054
Subsubcuenca	Río Rapel Entre Muro Embalse Central Rapel y Bajo Estero Corneche	6055

Fuente: Elaboración Propia

La red de drenaje del proyecto se encuentra compuesta principalmente por quebradas bien definidas que son aportantes al Río Rapel, las cuales no poseen nombre oficial y no poseen riesgo de desbordes importantes ante eventos de crecida.

La red de drenaje se generó mediante herramientas GIS, a partir del Modelo Digital de Terreno (MDT) proveniente del levantamiento topográfico del proyecto, la cual se complementó con la red de drenaje del Modelo de Elevación Digital (DEM, en inglés), en formato ráster, del producto ALOS PALSAR RTC (ASF DAAC, 2011).

Es importante mencionar que la red de drenaje generada es una representación del camino que recorre una gota de agua al seguir la mayor pendiente sobre la superficie de terreno. Esta red se obtuvo a partir de herramientas geoespaciales utilizando la información georreferenciada de elevación de terreno proveniente del MDT y del DEM.

Siendo así, la red de drenaje solamente un resultado geoespacial relacionado con el camino de mayor pendiente en un modelo de elevación digital. Por lo tanto, no necesariamente representará la ubicación de un cauce y, a lo más, solo será un indicador de su posible existencia, lo que deberá contrastarse con cartografía oficial, imágenes satelitales e información levantada en terreno.

En la Figura 2-2 se presenta la red de drenaje del proyecto, incluyendo los cauces que serán intervenidos y son objeto de este permiso. Los cauces en la zona que no poseen un nombre oficial en la red hidrográfica fueron nombrados en la etapa de Estudio de inundación con un código único correlativo a los grupos de cauces estudiados.

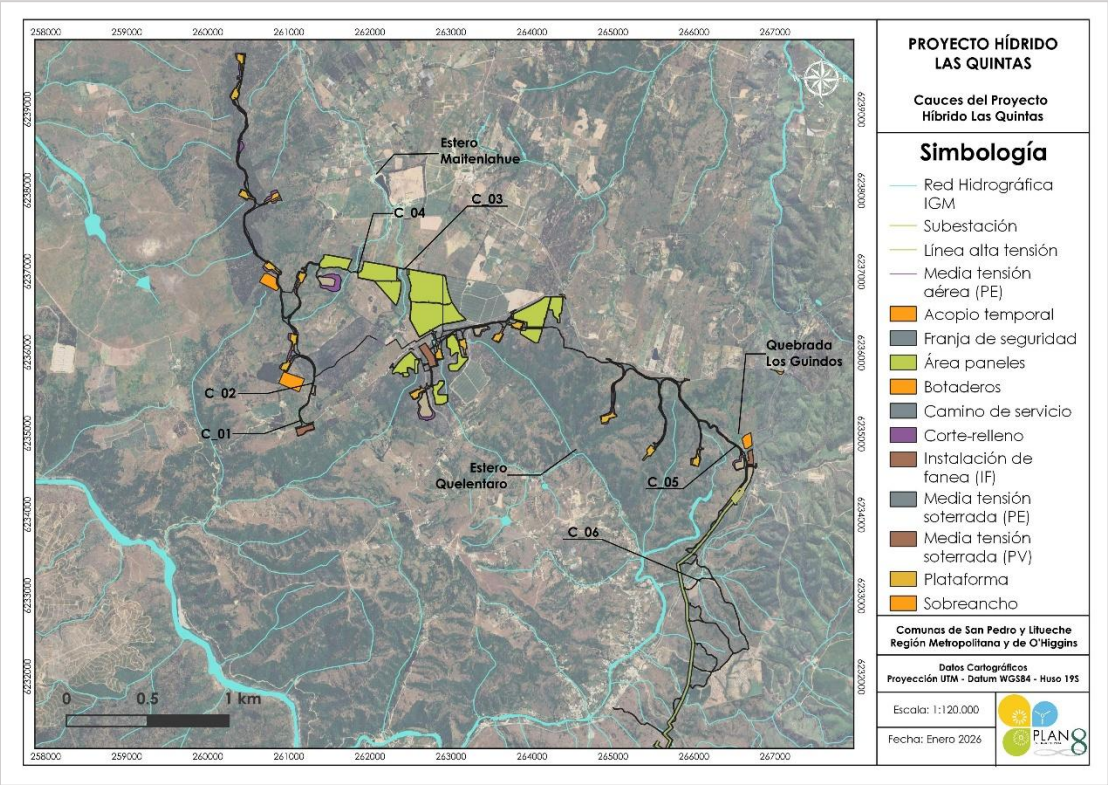


Figura 2-2. Red de drenaje y cauces en estudio. Fuente: Elaboración Propia

Las coordenadas representativas de la ubicación del proyecto se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2-3. Coordenadas representativas del proyecto

Sector del Proyecto	Descripción	Este [m]	Norte [m]	CRS (*)
Parque Híbrido Eólico, Solar y Almacenamiento de Energía Las Quintas (PHLQ)	Centroide	263935.23	6236226.27	UTM WGS84 H19 S

(*) Coordinate reference system

Fuente: Elaboración Propia

2.2. Ubicación de las obras

El proyecto contempla, entre otras obras, la construcción de caminos internos para zona solar y eólica, y cerco perimetral en parte solar. Algunas de estas obras atraviesan algunos de los cauces identificados anteriormente, siendo necesaria la implementación de obras

hidráulicas que permitan mantener el libre escurrimiento del flujo, sin afectar la calidad de las aguas ni poner en riesgo a la población o la infraestructura del proyecto.

Las ubicaciones de las obras antes mencionadas se presentan en la Figura 2-3, mientras que en la Tabla 2-4 se indica el tipo de obra y sus respectivas coordenadas.

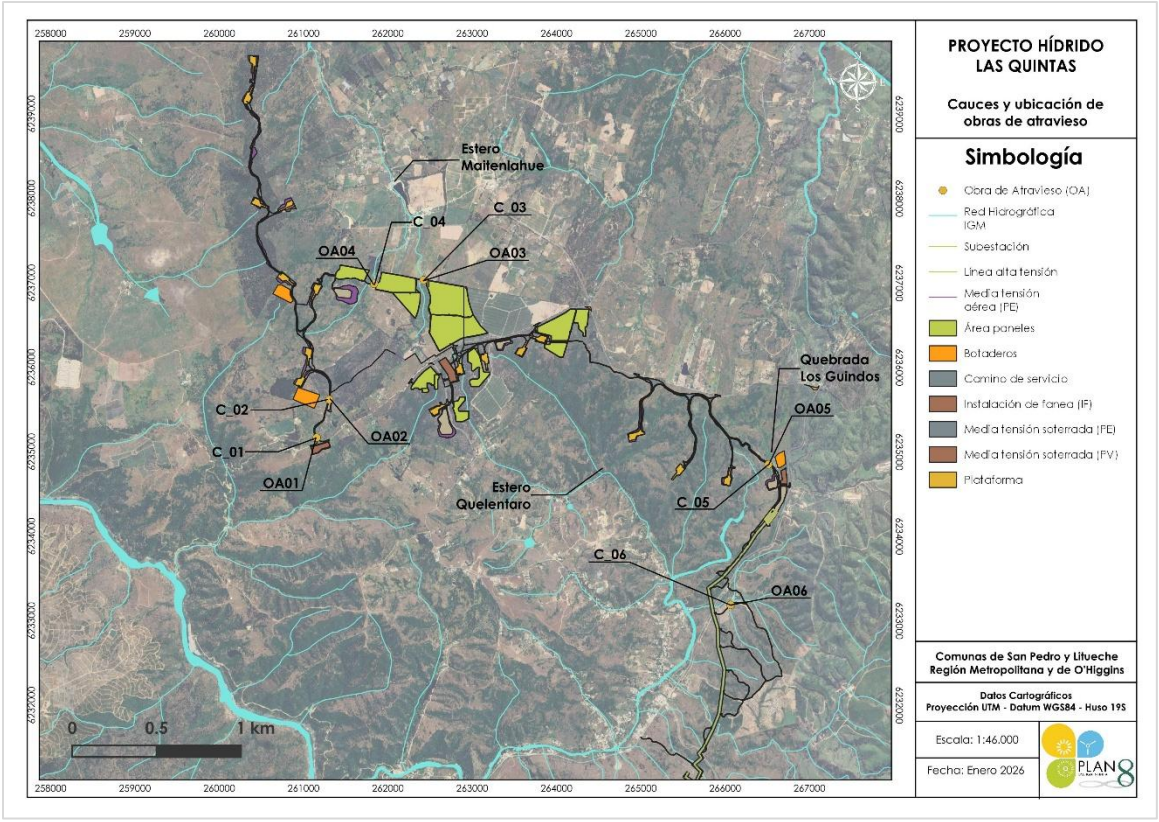


Figura 2-3. Ubicación de las obras y sus cauces asociados

Tabla 2-4. Ubicación y coordenadas de las obras. Coordenadas UTM WGS 84 Huso 19S

N°	ID obra	Nombre del cauce / cuenca	Tipo de obra	Coordenadas UTM [m]	
				Este	Norte
1	OA 01	C_01	Alcantarilla	261 156	6 235 168
2	OA 02	C_02	Badén	261 286	6 235 434
3	OA 03	C_03	Alcantarilla	261 705	6 236 970
4	OA 04	C_04	Alcantarilla	263 238	6 236 291
5	OA 05	C_05	Alcantarilla	266 503	6 234 861
6	OA 06	C_06	Badén	266 064	6 233 188

Fuente: Elaboración Propia

2.3. Características de los cauces

2.3.1. Generalidades

En términos generales, la zona del Parque Híbrido Eólico, Solar y Almacenamiento de Energía Las Quintas (PHLQ) presenta una amplia vegetación distribuida en zonas bajas y altas. En las zonas bajas donde se encuentra el sector del Parque Fotovoltaico y algunas zonas del Parque Eólico, se presencia vegetación en especie arbustivas y espinos, con características de una zona semi árida, y baja presencia de eucaliptus. En la zona alta, donde se construirá parte del Parque Eólico existen bosques de árboles no nativos y presencia de arbustos. Todo esto se pudo revisar en imágenes satelitales y en la visita a terreno realizada en mayo del 2025 (Figura 2-4, Figura 2-5, Figura 2-6, Figura 2-7, Figura 2-8 y Figura 2-9). Esta información se comparó con bases de datos de uso y cobertura de suelo como el producto “Sentinel-2 land cover time series 2017-2021” (Karra, y otros, 2021). El uso de suelo según este último se observa en la figura 2-10.



Figura 2-4. Visita a terreno. Características del suelo y la vegetación. Representativa de la OA 01. Fuente: Elaboración Propia



Figura 2-5. Visita a terreno. Características del suelo y la vegetación. Representativa de la OA 02. Fuente: Elaboración Propia



Figura 2-6. Visita a terreno. Características del suelo y la vegetación. Representativa de la OA 03. Fuente: Elaboración Propia



Figura 2-7. Visita a terreno. Características del suelo y la vegetación. Representativa de la OA 04. Fuente: Elaboración Propia



Figura 2-8: Visita a terreno. Características del suelo y la vegetación. Representativa de la OA 05. Fuente: Elaboración Propia



Figura 2-9: Visita a terreno. Características del suelo y la vegetación. Representativa de la OA 06. Fuente: Elaboración Propia

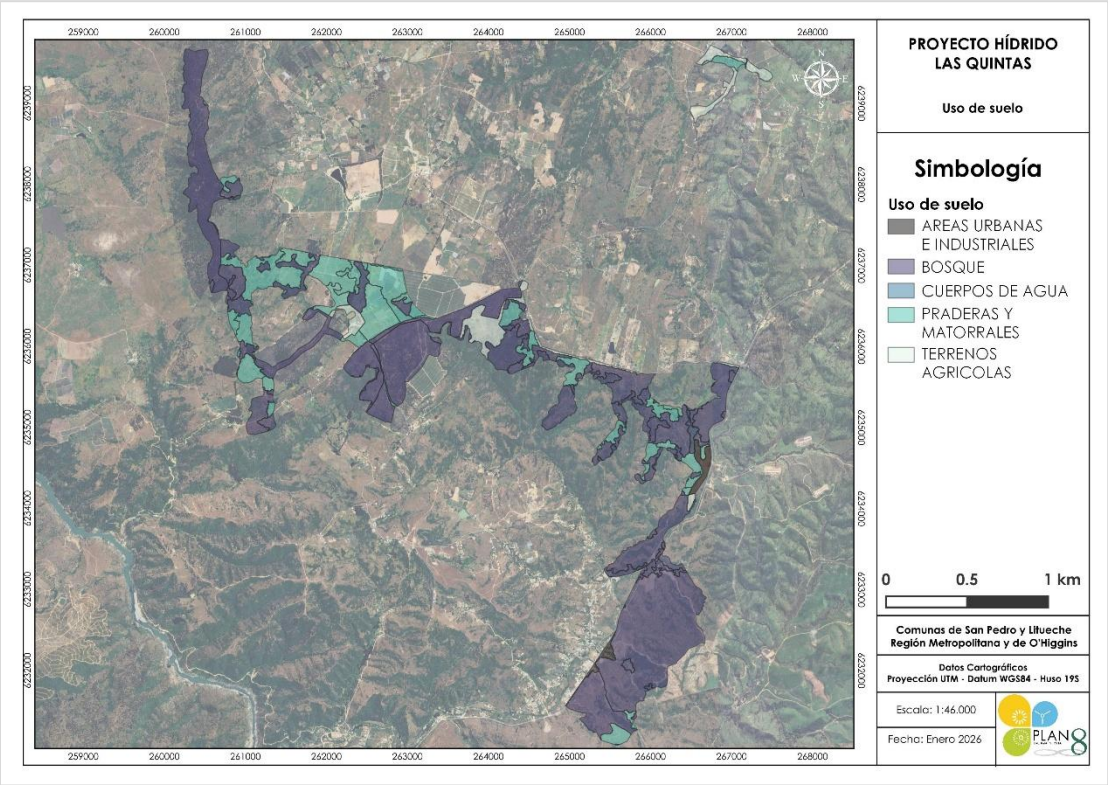


Figura 2-10: Uso de suelo de la zona de proyecto (Karra, y otros, 2021). Fuente: Elaboración Propia

2.3.2. Caudales máximos

Se efectuó un análisis hidrológico con el fin de determinar los caudales máximos en la zona de cada obra de atravieso proyectada, cuya metodología y resultados se presentan en el Anexo 1 de este documento.

El principal objetivo de este análisis es contribuir a la caracterización de los cauces y establecer los caudales de diseño y verificación de cada obra.

En el caso de las alcantarillas, se consideró para su diseño y verificación los caudales máximos asociados a periodos de retorno de 50 y 100 años, de acuerdo con lo indicado en la “Guía metodológica para proyectos de modificación de cauces” (DGA, 2016), mientras que para los badenes se consideraron periodos de retorno de 100 y 200 años. Es importante mencionar que la guía citada no indica periodos de retorno de diseño o verificación para los badenes, por lo que se optó por utilizar los periodos de retorno más conservadores.

Se delimitaron las cuencas con punto de cierre aguas abajo de cada obra, para plantear un escenario conservador en lo referente al cálculo de caudales. Las cuencas en el área de Parque Híbrido Eólico, Solar y Almacenamiento de Energía Las Quintas (PHLQ) se muestran en la Figura 2-11.

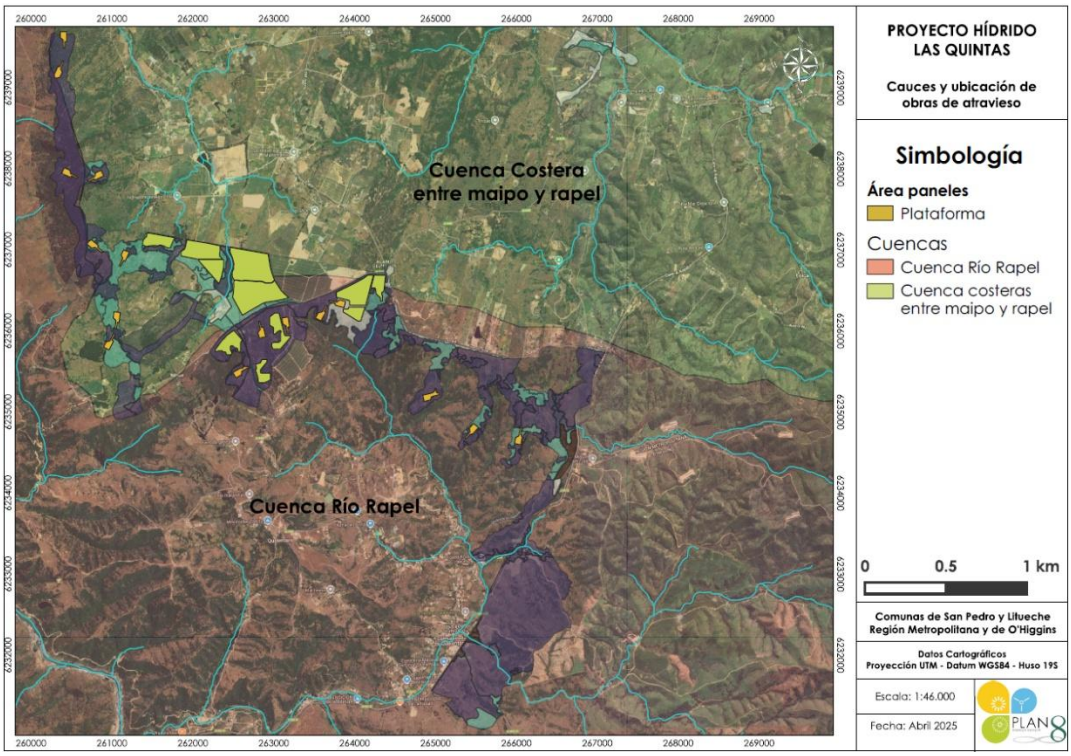


Figura 2-11. Delimitación de cuencas aportantes en sector del Parque Híbrido Eólico, Solar y Almacenamiento de Energía Las Quintas (PHLQ). Fuente: Elaboración Propia

En la tabla siguiente se muestran las características de cada cauce intervenido y los caudales máximos para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años en el sector asociado a cada obra, destacando los caudales considerados para el diseño de cada una de ellas:

Tabla 2-5. Características de los cauces intervenidos y caudales máximos en la ubicación de las obras. Fuente: Elaboración Propia

ID obra	Nombre del cauce / cuenca	Tipo de cauce	Régimen	Caudales máximos [m³/s]		
				T=50 [años]	T=100 [años]	T=200 [años]
OA 01	C_01	Quebrada	Intermitente	0.753	0.933	1.201
OA 02	C_02	Quebrada	Intermitente	0.116	0.144	0.185
OA 03	C_03	Quebrada	Intermitente	0.348	0.431	0.554
OA 04	C_04	Quebrada	Intermitente	0.021	0.023	0.032

ID obra	Nombre del cauce / cuenca	Tipo de cauce	Régimen	Caudales máximos [m^3/s]		
				T=50 [años]	T=100 [años]	T=200 [años]
OA 05	C_05	Quebrada	Intermitente	0.019	0.024	0.031
OA 06	C_06	Quebrada	Intermitente	0.212	0.263	0.339

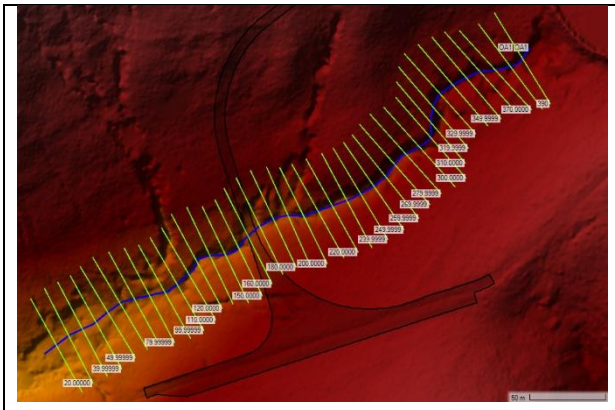
2.3.3. Modelos hidráulicos

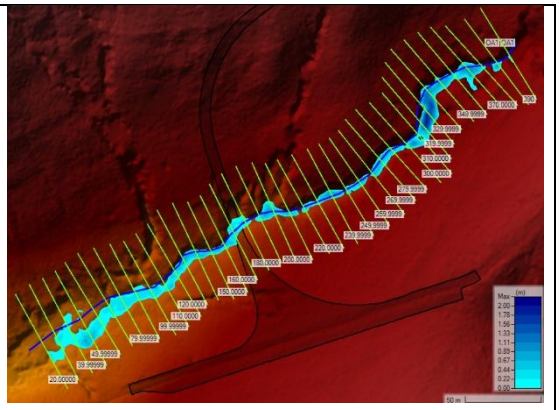
Con el objetivo de caracterizar los cauces aguas arriba y aguas abajo de cada obra, ofrecer una caracterización cuantitativa de ellos y dimensionar las obras correspondientes, se construyeron modelos hidráulicos unidimensionales y bidimensionales, según sea para cada obra proyectada utilizando el software HEC-RAS.

En cada caso se evaluaron las condiciones sin y con proyecto, con una extensión suficiente para abarcar, al menos, 120 m aguas arriba y aguas abajo de cada modificación, con excepción de la obra OA 04, ya que se ubica en el término de la cuenca aunque se considera un flujo de acuerdo a la topografía existente en terreno.

A continuación, se muestran los resultados de profundidad máxima de los modelos hidráulicos en la condición con proyecto para el caudal de diseño. El detalle de los modelos hidráulicos, metodología, consideraciones y resultados se entregan en el Anexo 2 (Modelo hidráulico).

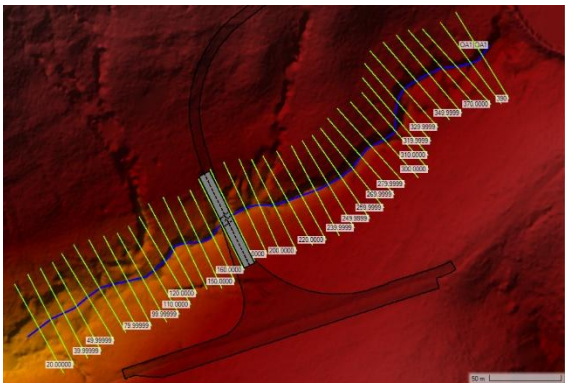
Obra de atravieso: OA01	
Sin proyecto sin modelación	Sin proyecto con modelación





Con proyecto sin modelación

Con proyecto con modelación



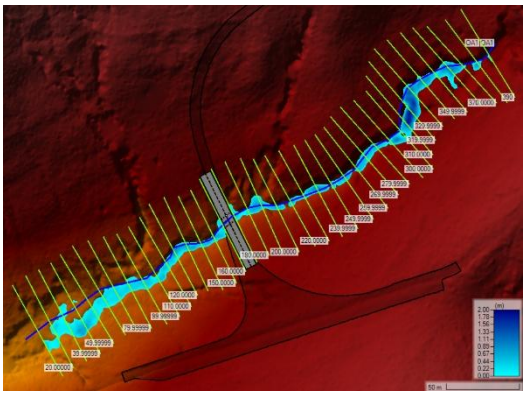
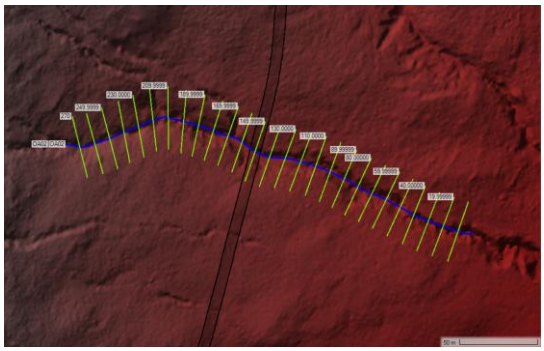


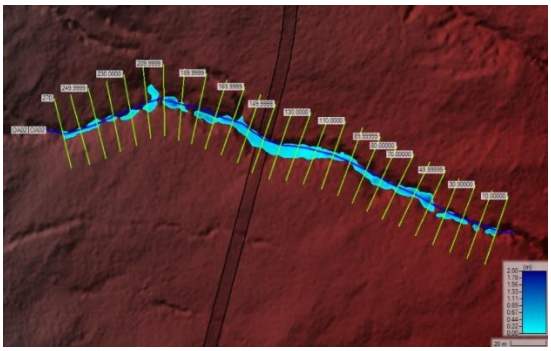
Figura 2-12. Resultados de profundidad máxima con layout del proyecto (contorno negro). Caudal de diseño (200 años). Condición Con y Sin Proyecto OA 01. Modelo 1D. Fuente: Elaboración Propia

Obra de atravieso: OA02

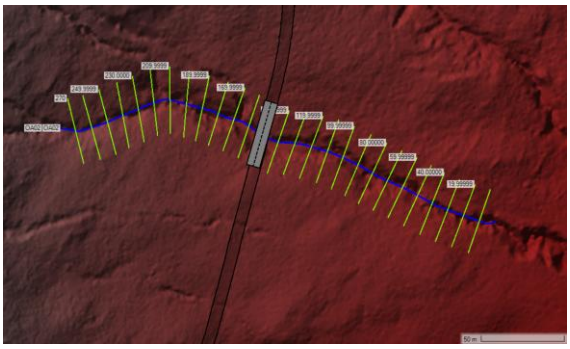
Sin proyecto sin modelación



Sin proyecto con modelación



Con proyecto sin modelación



Con proyecto con modelación

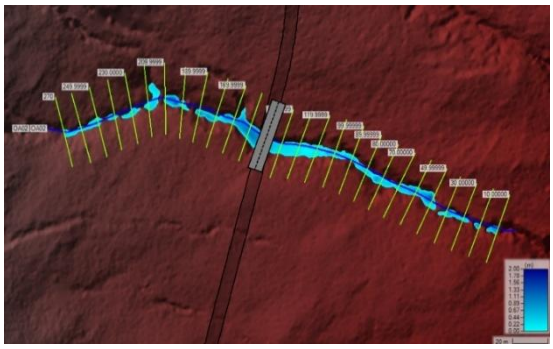
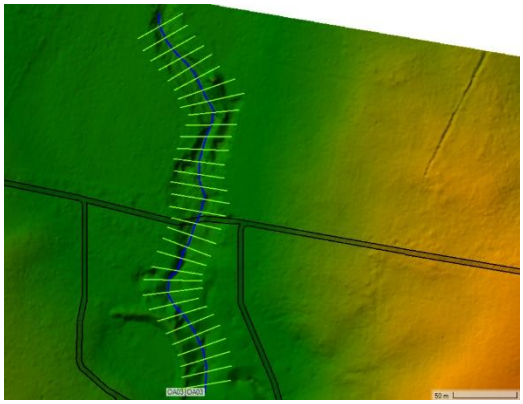


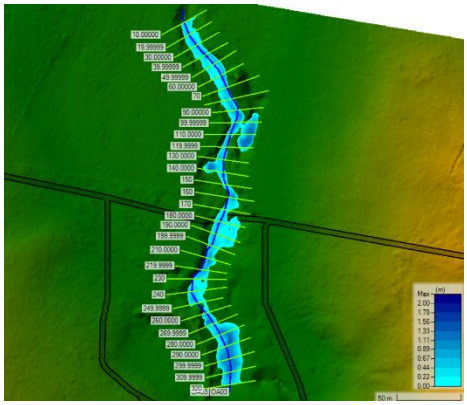
Figura 2-13. Resultados de profundidad máxima con layout del proyecto (contorno negro). Caudal de diseño (200 años). Condición Con y Sin Proyecto OA 02. Modelo 1D. Fuente: Elaboración Propia

Obra de atravieso: OA03

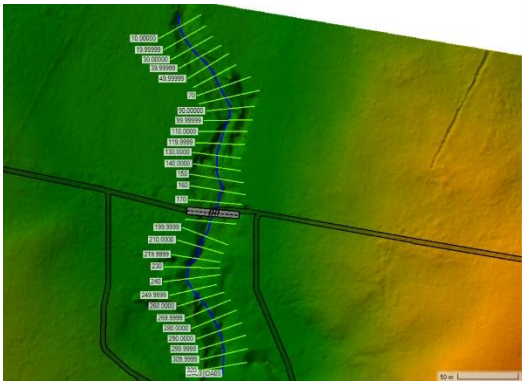
Sin proyecto sin modelación



Sin proyecto con modelación



Con proyecto sin modelación



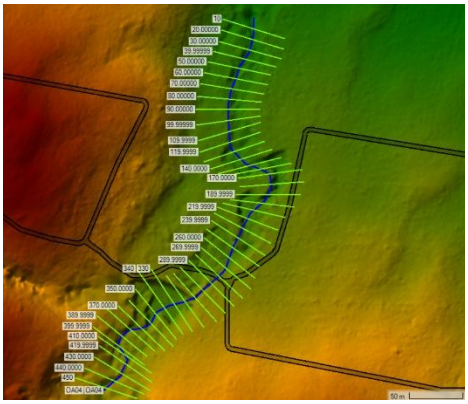
Con proyecto con modelación



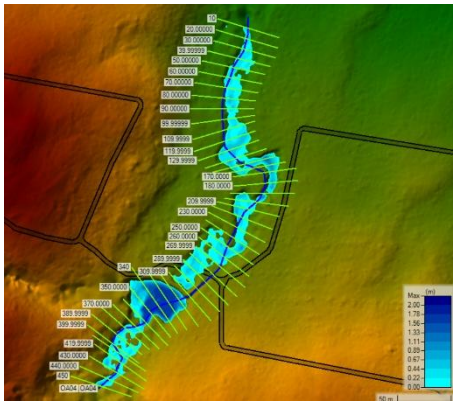
Figura 2-14. Resultados de profundidad máxima con layout del proyecto (contorno negro). Caudal de diseño (200 años). Condición Con y Sin Proyecto OA 03. Modelo 1D. Fuente: Elaboración Propia

Obra de atravieso: OA04

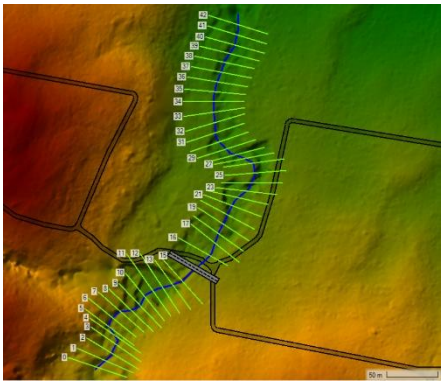
Sin proyecto sin modelación



Sin proyecto con modelación



Con proyecto sin modelación



Con proyecto con modelación

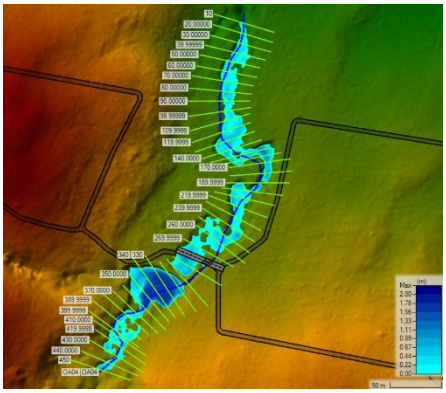
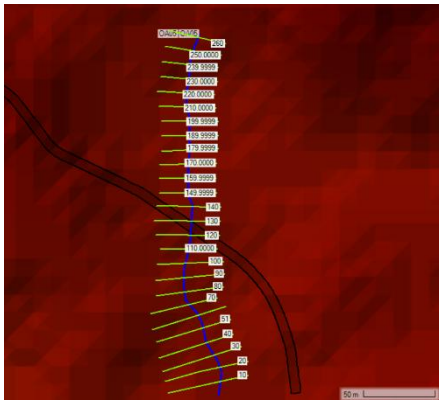


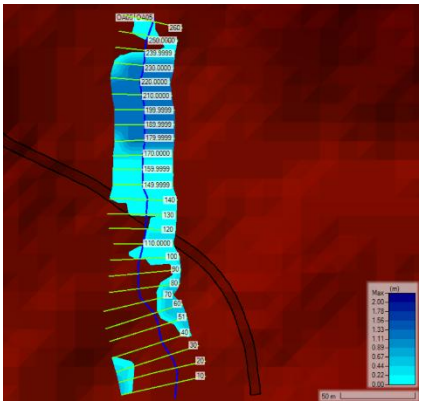
Figura 2-15. Resultados de profundidad máxima con layout del proyecto (contorno negro). Caudal de diseño (200 años). Condición Con y Sin Proyecto OA 04. Modelo 1D. Fuente: Elaboración Propia

Obra de atravieso: OA05

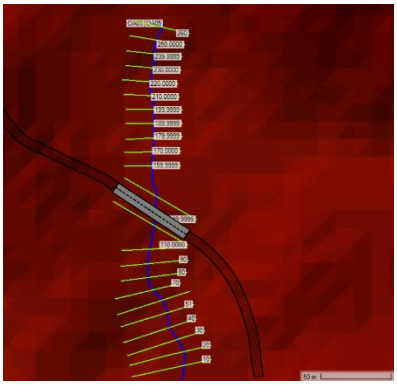
Sin proyecto sin modelación



Sin proyecto con modelación



Con proyecto sin modelación



Con proyecto con modelación

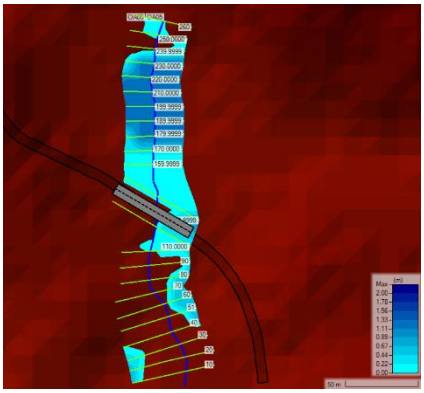
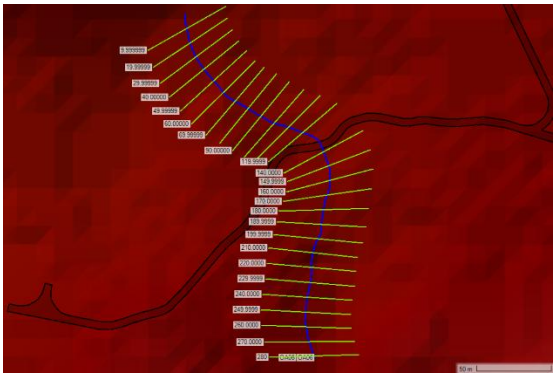


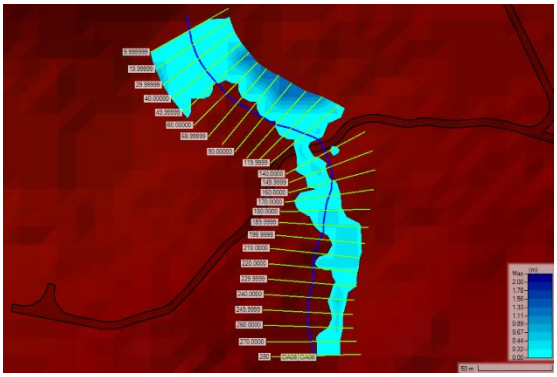
Figura 2-16. Resultados de profundidad máxima con layout del proyecto (contorno negro). Caudal de diseño (200 años). Condición Con y Sin Proyecto OA 05. Modelo 1D. Fuente: Elaboración Propia

Obra de atravieso: OA06

Sin proyecto sin modelación



Sin proyecto con modelación



Con proyecto sin modelación



Con proyecto con modelación



Figura 2-17. Resultados de profundidad máxima con layout del proyecto (contorno negro). Caudal de diseño (200 años). Condición Con y Sin Proyecto OA 06. Modelo 1D. Fuente: Elaboración Propia

Las principales características de cada modelo se presentan a continuación:

Tabla 2-6. Descripción de los modelos. Fuente: Elaboración Propia

Obra	Profundidad máxima [m]	Descripción
OA 01	1.94	El modelo presenta una condición de borde aguas arriba y una condición de borde aguas abajo de la obra. El sentido principal del flujo es de nor-este a sur-oeste. El caudal de crecida está contenido completamente aguas arriba y aguas abajo de la obra. Se observa que las mayores profundidades se alcanzan aguas arriba de la obra.
OA 02	1.53	El modelo presenta una condición de borde aguas arriba y una condición de borde aguas abajo de la obra. El sentido principal del flujo es de nor-oeste a sur-este. El caudal de crecida está contenido completamente por la sección del cauce. Se observa que las mayores profundidades se alcanzan en el sector aguas abajo de la obra de atravieso.
OA 03	1.44	El modelo presenta una condición de borde aguas arriba y una condición de borde aguas abajo de la obra. El sentido principal del flujo es de sur-oeste a nor-este. Se observa que las mayores profundidades se alcanzan en el sector aguas arriba de la obra de atravieso.
OA 04	1.98	El modelo presenta una condición de borde aguas arriba y una condición de borde aguas abajo de la obra. El sentido principal del flujo es de sur a norte. Se observa que las mayores profundidades se alcanzan en el sector aguas arriba de la obra de atravieso.
OA 05	0.39	El modelo presenta una condición de borde aguas arriba y una condición de borde aguas abajo de la obra. El sentido principal del flujo es de norte a sur. Se observa que las mayores profundidades se alcanzan en el sector aguas arriba de la obra de atravieso.
OA 06	0.28	El modelo presenta una condición de borde aguas arriba y una condición de borde aguas abajo de la obra. El sentido principal del flujo es de sur oriente a nor poniente. Se observa que las mayores profundidades se alcanzan en el sector aguas arriba de la obra de atravieso.

3. Descripción de las obras y sus fases

A continuación, se presenta una descripción detallada de las obras mencionadas en la Tabla 2-44, junto con sus fases de construcción, operación y cierre.

3.1. Descripción de las obras

3.1.1. Badén

El badén se proyectará en mampostería de piedra con espesor de 30 cm, instalada sobre un emplantillado de hormigón de 10 cm. Poseen una sección trapezoidal con taludes de 10% y dientes de fundación a la entrada y salida en el sentido del flujo, evitando así la socavación del lecho por debajo de la obra.

Para el proyecto se diseñó un badén atravieso de camino interno (OA 02 y OA 06). A continuación, se presentan los detalles:

3.1.1.1. Badén de atravieso de camino

El badén se proyecta según la mampostería, sección y fundación caracterizada anteriormente. En las figuras siguientes se muestran la planta, perfil longitudinal y transversal de cada obra. Más detalles se pueden encontrar en los planos tipo de las obras (Anexo 3).

Obra de atravieso OA 02:

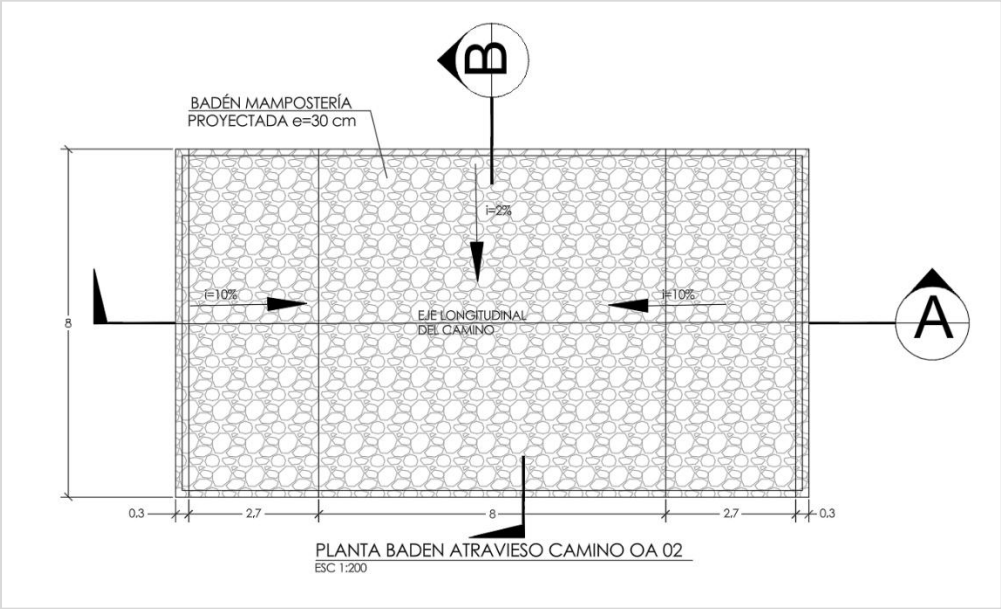


Figura 3-1. Vista en planta badén para atravieso camino interno OA 02. Fuente: Elaboración Propia

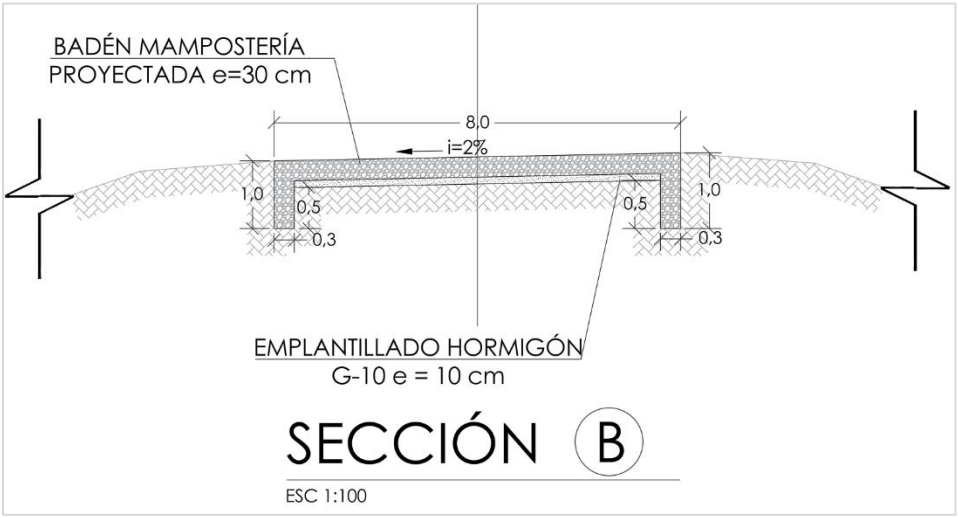


Figura 3-2. Perfil longitudinal badenes para atravieso de camino interno OA 02. Fuente: Elaboración Propia

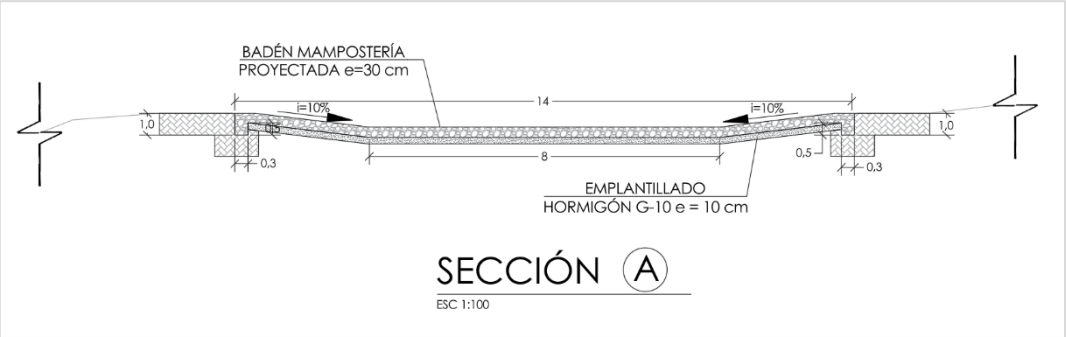


Figura 3-3. Sección transversal badenes de atravieso camino interno OA 02. Fuente: Elaboración Propia

Obra de atravieso OA 06:

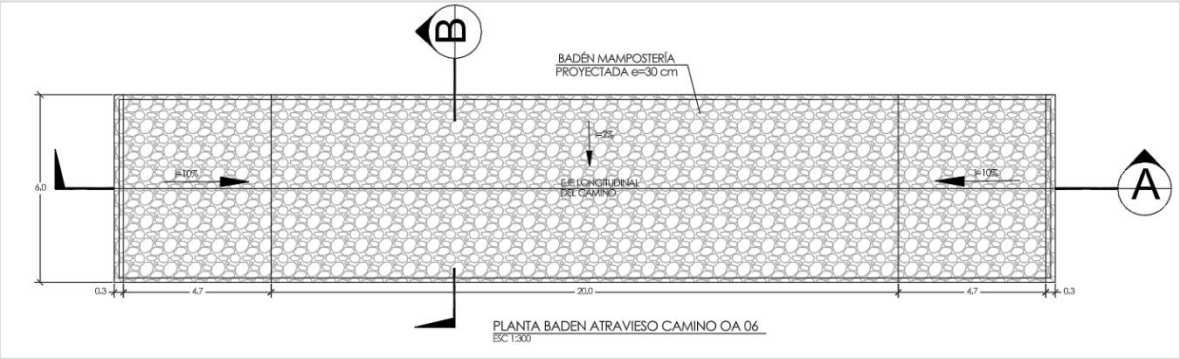


Figura 3-4. Vista en planta badén para atravieso camino interno OA 06. Fuente: Elaboración Propia

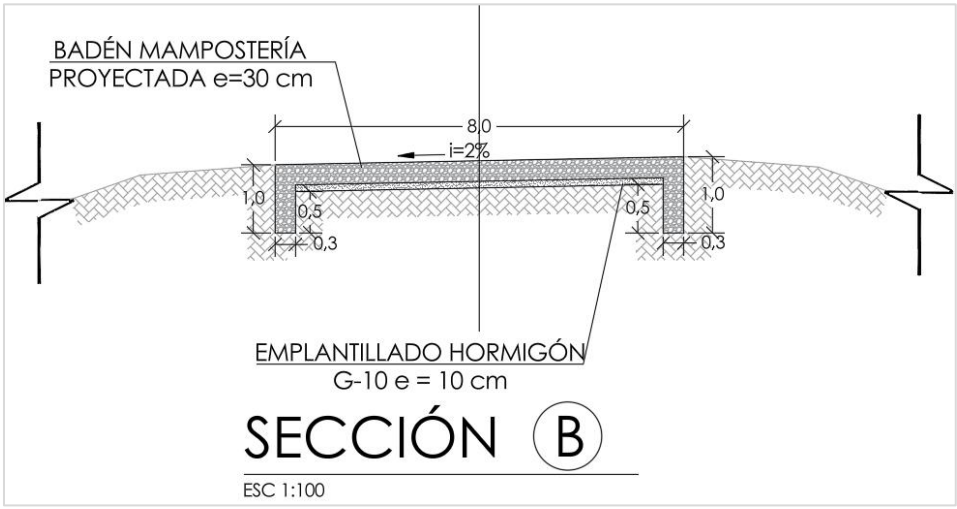


Figura 3-5. Perfil longitudinal badenes para atravieso de camino interno OA 06. Fuente: Elaboración Propia

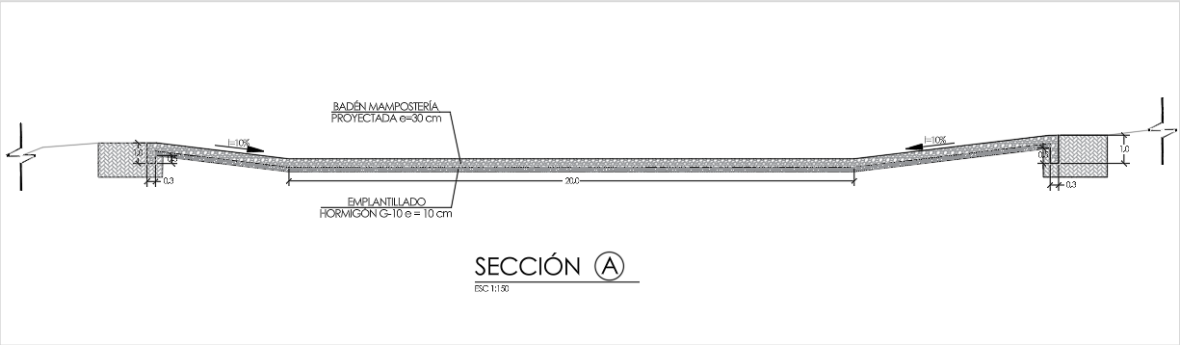


Figura 3-6. Sección transversal badenes de atravieso camino interno OA 06. Fuente: Elaboración Propia

3.1.2. Alcantarillas

Debido a los valores de caudales máximos, se opta por alcantarillas proyectadas en vez de tubos de acero corrugado. Los muros de boca se proyectan según la lámina 4.101.001 del Manual de Carreteras (MOP, 2020). En las figuras siguientes se muestra el perfil longitudinal, planta y elevación de las alcantarillas proyectadas y en la Tabla 3-1 las dimensiones de las obras asociadas al proyecto. En los planos del Anexo 3 se muestran más detalles.

Obra de atravieso OA 01:

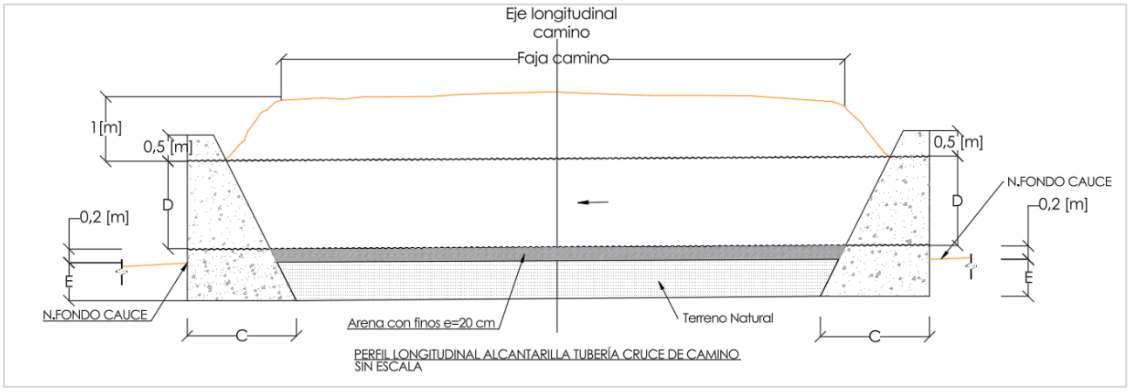
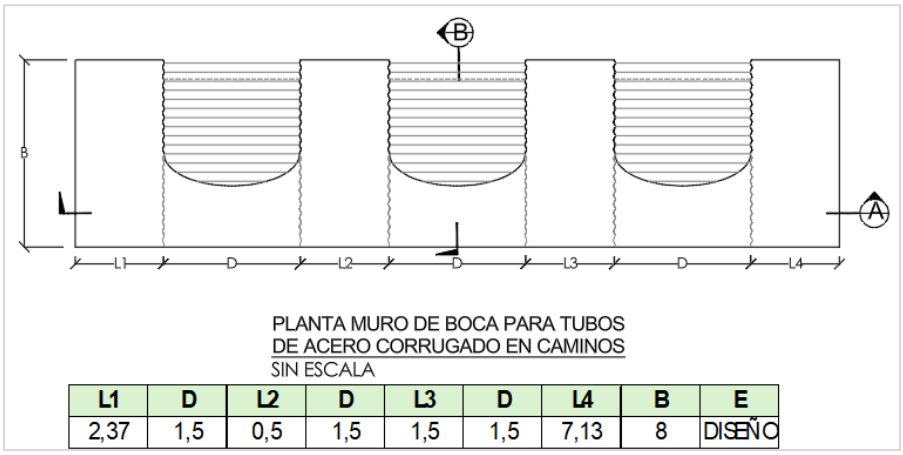


Figura 3-7. Perfil longitudinal de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia



L1	D	L2	D	L3	D	L4	B	E
2,37	1,5	0,5	1,5	1,5	1,5	7,13	8	DISEÑO

Figura 3-8. Planta muro de boca de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia

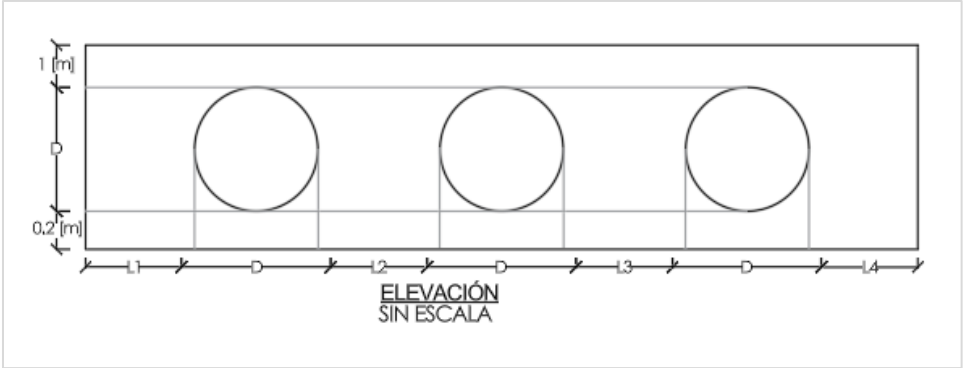


Figura 3-9. Elevación muro de boca de las alcantarillas. Fuente: Elaboración Propia

Obra de atravieso OA 03:

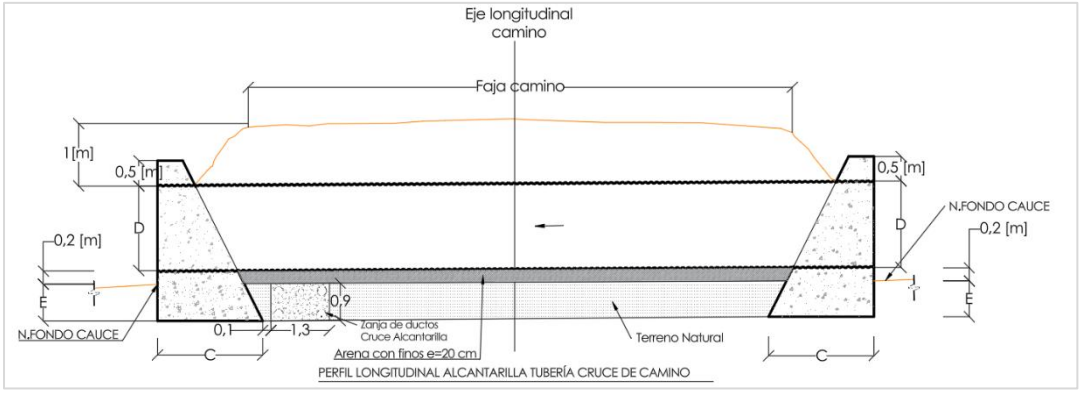
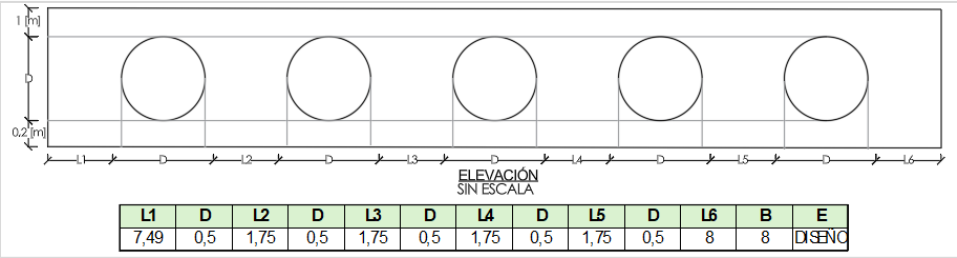


Figura 3-10. Perfil longitudinal de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia



Figura 3-11. Planta muro de boca de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia



L1	D	L2	D	L3	D	L4	D	L5	D	L6	B	E
7,49	0,5	1,75	0,5	1,75	0,5	1,75	0,5	1,75	0,5	8	8	DISEÑO

Figura 3-12. Elevación muro de boca de las alcantarillas. Fuente: Elaboración Propia

Obra de atravieso OA 04:

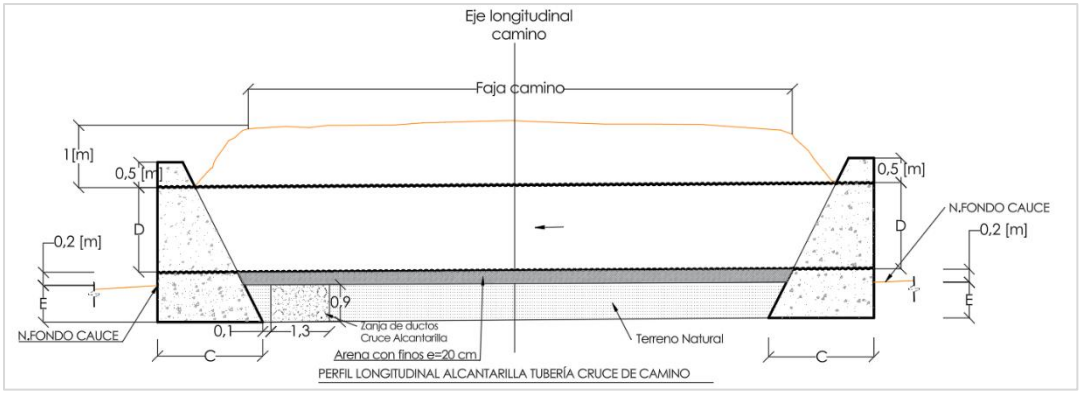


Figura 3-13. Perfil longitudinal de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia

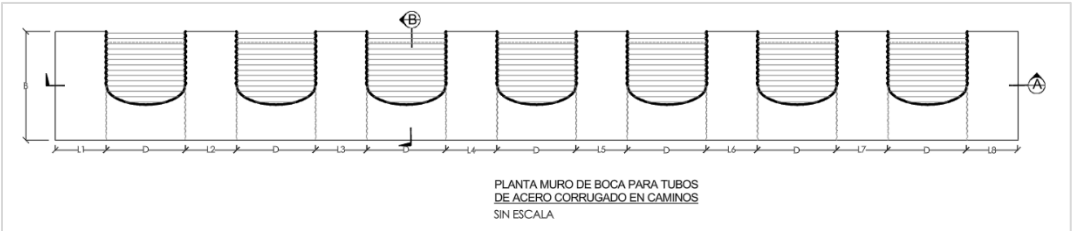
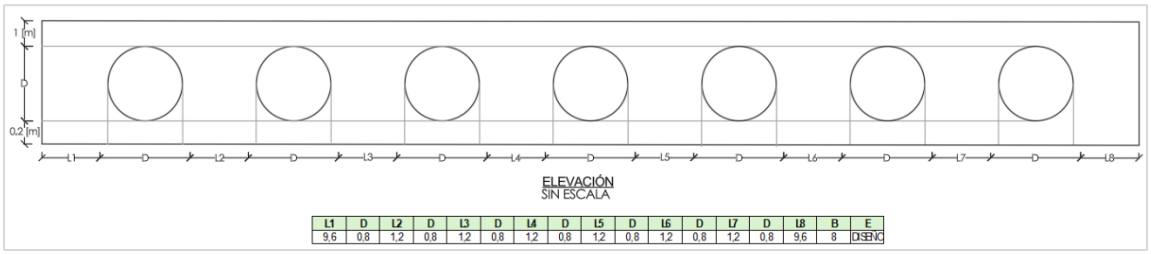


Figura 3-14. Planta muro de boca de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia



L1	D	L2	D	L3	D	L4	D	L5	D	L6	D	L7	D	L8	B	E
9,6	0,8	1,2	0,8	1,2	0,8	1,2	0,8	1,2	0,8	1,2	0,8	1,2	0,8	9,6	8	DISEÑO

Figura 3-15. Elevación muro de boca de las alcantarillas. Fuente: Elaboración Propia

Obra de atravieso OA 05:

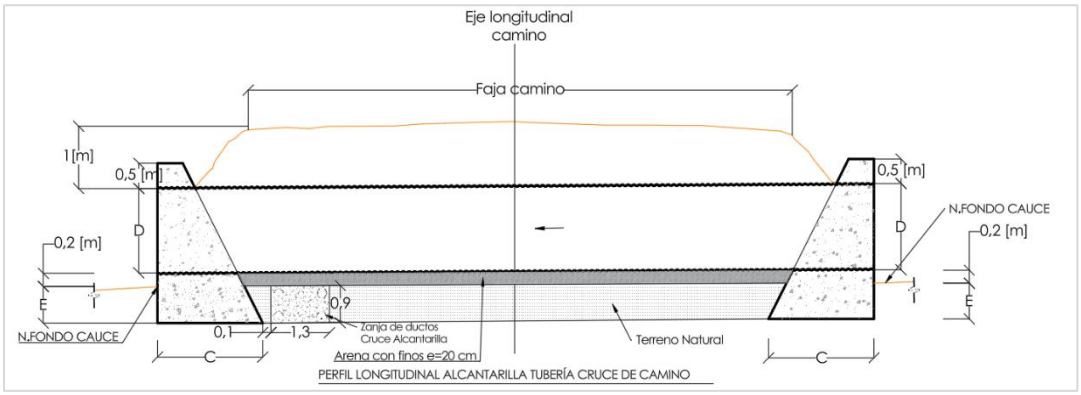


Figura 3-16. Perfil longitudinal de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia

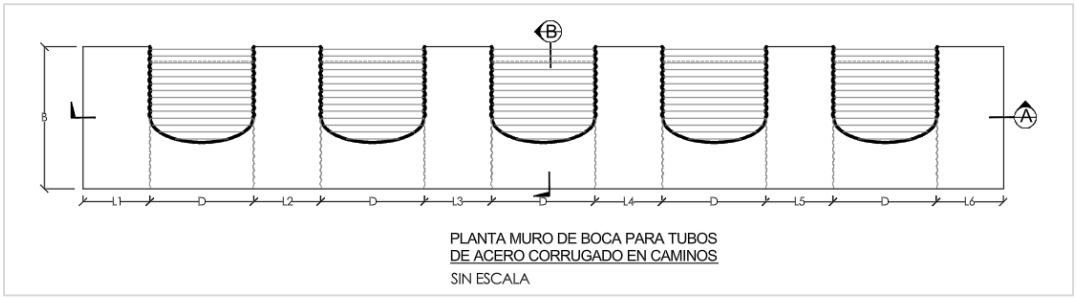
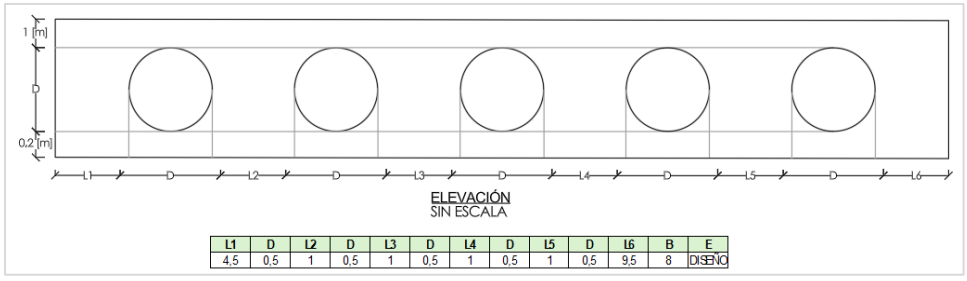


Figura 3-17. Planta muro de boca de las alcantarillas de acero corrugado. Fuente: Elaboración Propia



L1	D	L2	D	L3	D	L4	D	L5	D	L6	B	E
4,5	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	9,5	8	DISEÑO

Figura 3-18. Elevación muro de boca de las alcantarillas. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3-1. Características y dimensiones básicas de alcantarillas de acero corrugado.
Fuente: Elaboración Propia

N° Obra	Obra asociada	Cantidad de tubos	Dimensiones [m]	
			D	L
OA 01	Camino interior	3	1.5	16
OA 03	Camino interior	5	0.5	24
OA 04	Camino interior	7	0.8	32
OA 05	Camino interior	5	0.5	23

3.2. Fase de construcción

3.2.1. Generalidades

La construcción de todas las obras se realizará en periodo de estiaje para facilitar los trabajos, proteger a los trabajadores y no afectar la calidad de las aguas en los cauces.

En todos los casos las primeras actividades a considerar serán el despeje del terreno, mediante extracción de vegetación y escarpe de la primera capa de suelo. Posteriormente se procede a excavar, rellenar y nivelar el terreno de acuerdo con las cotas y pendientes definidas para cada obra.

3.2.2. Badén

Una vez terminados y aprobados los trabajos de despeje y nivelación del terreno, el procedimiento de trabajo es el siguiente:

- **Perfilamiento del suelo**

Se efectuará un perfilamiento del suelo hasta lograr una superficie plana y suficientemente compactada que ofrezca un soporte firme y nivelado para el emplantillado de hormigón.

- **Colocación de emplantillado**

El hormigón se colocará en una sola capa para evitar la segregación de los materiales, para luego ser emparejado y enrasado con llana de madera u otra herramienta adecuada, hasta obtener un hormigón compacto que no presente bolsones o nidos de materiales finos o gruesos en la superficie expuesta.

- **Revestimiento con mampostería de piedra**

El revestimiento con mampostería de piedra se construirá en una sola capa con un espesor de 30 cm. Se colocará una primera capa de mortero de mínimo 50 mm de espesor. Las piedras deberán humedecerse y luego asentarse sobre la capa de mortero de manera que queden perfectamente estables, con una separación entre sí de 50 a 100 mm y un traslape entre corridas de mínimo 100 mm. Los espacios entre piedras irregulares se podrán rellenar con piedras de menor tamaño. Los vacíos resultantes serán totalmente rellenados con mortero hasta alcanzar la superficie rocosa, la cual deberá quedar aproximadamente pareja.

- **Curado y protección**

El curado y protección de la mampostería tiene como objetivo mantener la humedad y condiciones de temperaturas de las mezclas, por el periodo de tiempo que se requiera hasta que alcance sus propiedades de resistencia, al mismo tiempo que se protege de acciones externas que puedan afectar sus propiedades. Para estos efectos se deberán ajustar las actividades a lo pertinente del numeral 5.501.309 del Manual de Carreteras (MOP, 2020).

- **Limpieza de caras expuestas y repaso de juntas**

Durante el proceso de construcción y con el mortero en estado fresco, se eliminará todo material en exceso adherido a las caras expuestas de las piedras. Posteriormente, dentro de las 24 horas siguientes a la construcción, se deberán raspar y limpiar todas las caras expuestas para eliminar el mortero suelto que haya sido adherido.

3.2.3. Alcantarilla

Una vez terminados y aprobados los trabajos de despeje y nivelación del terreno, el procedimiento de trabajo es el siguiente:

- **Excavación de zanjas y preparación del sello de fundación**

Los tubos de acero corrugado se instalarán en zanjas previamente excavadas y debidamente preparadas para dicho efecto. El ancho de las zanjas será el mínimo necesario para que los tubos puedan ser colocados, para que sus uniones sean selladas adecuadamente y para asegurar una buena compactación posterior del relleno. Este ancho será igual al diámetro más 50 cm a ambos lados.

Las zanjas se excavarán hasta una profundidad mínima de 12 cm por debajo de la base de los tubos, para dar cabida a una cama de apoyo definida según el numeral 5.612.204 del Manual de Carreteras. El sello de las excavaciones se compactará en una profundidad mínima de 20 cm, hasta alcanzar como mínimo un 90% de la DMCS.

- **Instalación de tubos de acero corrugado**

El armado de los ductos se iniciará en el punto bajo del tendido, colocando inicialmente el menor número posible de pernos para unirlos. Una vez montada la sección completa de tubos se colocarán los pernos restantes. Antes de iniciar el relleno, deberán peraltarse a modo de contraflecha todos los tubos mediante la colocación de cimbras adecuadas u otro procedimiento aprobado por el inspector.

- **Construcción de muros de entrada y salida**

Los muros de boca serán construidos con apoyo de moldajes y según las especificaciones de cada obra. Los muros sin armadura llevarán hormigón G-20 y los muros con armadura llevarán hormigón G-30 y armaduras de acero A63-42H.

- **Relleno**

El material, colocación y compactación de relleno estructural se regirá por lo establecido en el numeral 5.206 del Manual de Carreteras. Los rellenos se colocarán en capas horizontales uniformes, cuyo espesor compactado no excederá los 20 cm. En forma simultáneas y pareja a ambos lados de la alcantarilla y de su parte superior, hasta alcanzar como mínimo los 60 cm desde la clave.

3.3. Fase de operación

En la fase de operación del proyecto se realizarán labores de mantenimiento preventivo en la planta en lapsos variables de manera mensual. Dentro de esas labores se encuentra la mantención de caminos internos y de acceso a la planta.

A las principales actividades de mantención de caminos, como son la limpieza de la carpeta de rodado, revisión y compactación de baches, se suma la revisión y mantención de las obras de drenaje.

En las obras tipo alcantarilla se chequeará el estado de los hormigones de los muros de boca, la existencia de socavaciones bajo los muros, el estado del relleno estructural sobre las alcantarillas y la acumulación de sedimentos dentro de los tubos.

En los badenes, se revisará el estado del recubrimiento de la mampostería, verificando que no existan piedras sueltas o mortero desgastado o agrietado, además de la presencia de socavaciones en los dientes de fundación.

Cualquier inconveniente o falla menor de las obras se reparará a la brevedad para asegurar su correcto funcionamiento.

Además, posterior a la ocurrencia de eventos de precipitaciones importantes se realizará un chequeo a todas las obras de atravieso, verificando y reparando cuando corresponda los elementos antes descritos que se hayan visto afectados por las crecidas.

3.4. Fase de cierre

Al término de la vida útil del proyecto, se decidirá si éste continúa mediante la mejora de las instalaciones para extender su operación, o si se procederá a su desmantelamiento, implementando entonces la fase de cierre para dejar disponible el terreno para otras actividades.

Si se cierra el proyecto, las obras de atravieso serán removidas y se restituirá el cauce natural a su condición original en caso de que el propietario no quiera darles un uso posterior. Para esto se realizarán actividades de demolición, retiro de rellenos y escombros y movimientos de tierra, con la ayuda de maquinaria y en periodo de estiaje.

Los escombros y partes desechadas de las obras serán vendidas o dispuestas en lugares autorizados de acuerdo con la legislación ambiental vigente al momento del cierre.

3.5. Resumen de las obras

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras y cauces modificados:

Tabla 3-2. Características y dimensiones básicas de las obras. Fuente: Elaboración Propia

N° Obra	Nombre oficial del cauce	Nombre cauce / cuenca en el proyecto	Natural o artificial	Modificación	Descripción de la obra	Método constructivo	Coordenadas UTM [m]	
							Este	Norte
OA 01	Sin nombre	C_01	Natural	Alcantarilla acero corrugado	Alcantarilla bajo camino interno PE, compuesta de 3 tubos de acero corrugado de diámetro 1.5 m y largo 16m.	Despeje y nivelación de terreno, excavación de zanjas y colocación de ductos, construcción de muros de boca y relleno estructural.	261153.66	6235176.15
OA 02	Sin nombre	C_02	Natural	Badén	Badén de mampostería sobre camino interno PE, base 8 m y altura de 2 m, talud de 2:1 (H:V) y largo de 14 m, acompañado de una transición de mampostería hacia la obra existente con pendiente 2:1 (H:V).	Despeje y nivelación de terreno, colocación de mampostería de piedra sobre emplantillado de hormigón.	261298.00	6235620.50
OA 03	Estero Maitenlahue	C_03	Natural	Alcantarilla acero corrugado	Alcantarilla bajo camino interno PF, compuesta de 5 tubo	Despeje y nivelación de terreno, excavación		

N° Obra	Nombre oficial del cauce	Nombre cauce / cuenca en el proyecto	Natural o artificial	Modificación	Descripción de la obra	Método constructivo	Coordenadas UTM [m]	
							Este	Norte
					de acero corrugado de diámetro 0.5 m y largo 24 m.	de zanjas y colocación de ductos, construcción de muros de boca y relleno estructural.	262422.23	6237028.27
OA 04	Sin nombre	C_04	Natural	Alcantarilla acero corrugado	Alcantarilla bajo camino interno PF, compuesta de 7 tubos de acero corrugado de diámetro 0.8m y largo 32 m.	Despeje y nivelación de terreno, excavación de zanjas y colocación de ductos, construcción de muros de boca y relleno estructural.	261834.99	6236979.48
OA 05	Quebrada Los Guindos	C_05	Natural	Alcantarilla acero corrugado	Alcantarilla bajo camino interno PE, compuesta de 5 tubo de acero corrugado de diámetro 0.5 m y largo 23 m.	Despeje y nivelación de terreno, excavación de zanjas y colocación de ductos, construcción de muros de boca y relleno estructural.	266505.92	6234859.89

N° Obra	Nombre oficial del cauce	Nombre cauce / cuenca en el proyecto	Natural o artificial	Modificación	Descripción de la obra	Método constructivo	Coordenadas UTM [m]	
							Este	Norte
OA 06	Sin nombre	C_06	Natural	Badén	Badén de mampostería sobre camino interno PE, base 6 m y altura de 1.5 m, talud de 2:1 (H:V) y largo de 30 m, acompañado de una transición de mampostería hacia la obra existente con pendiente 2:1 (H:V).	Despeje y nivelación de terreno, colocación de mampostería de piedra sobre emplantillado de hormigón.	266064	6233188

4. Estimación de los plazos y periodos de construcción

En las figuras siguientes se muestran los plazos aproximados de construcción de cada obra de atravieso.

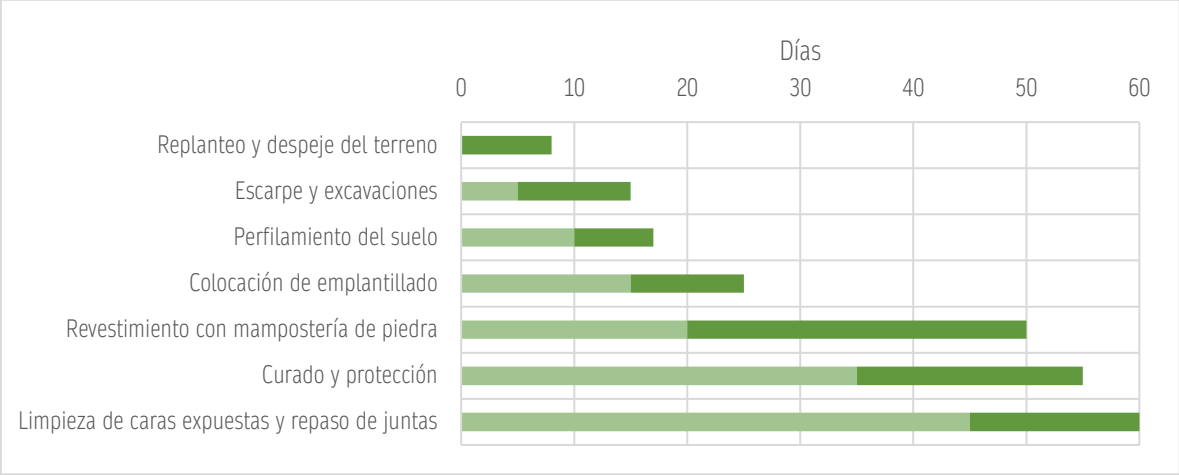


Figura 4-1. Cronograma Badén. Fuente: Elaboración Propia

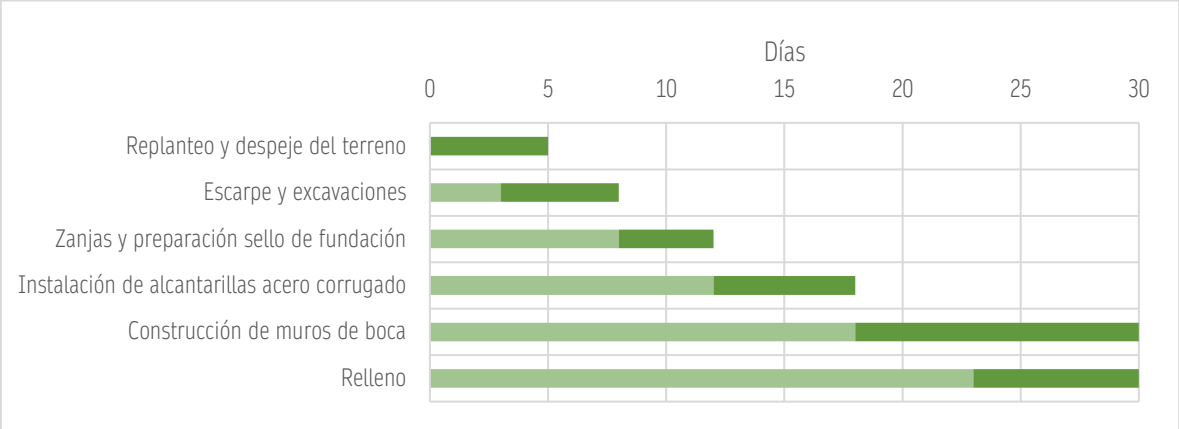


Figura 4-2. Cronograma Alcantarilla. Fuente: Elaboración Propia

5. Medidas tendientes a minimizar los efectos sobre la calidad de las aguas

Se considerarán las siguientes medidas para minimizar los efectos sobre la calidad de las aguas:

- Se capacitará a los trabajadores sobre la importancia de no contaminar los cauces que se están interviniendo, prohibiendo la eliminación de desechos en los cauces e

instruyéndolos respecto a los planes de prevención y desinfección que se implementarán.

- Se almacenarán los insumos y materiales a distancias conservadoras de los cauces durante todas las fases del Proyecto, con el fin de evitar el arrastre de desechos y contaminantes por eventuales precipitaciones.

- Los residuos líquidos de carácter doméstico se generarán exclusivamente en baños químicos o PTAS, evitando todo tipo de efluentes a los cauces naturales que no cumplan con los parámetros establecidos en la normativa vigente.

- Se realizarán inspecciones a los cortes de taludes y terraplenes de tal manera de detectar deficiencia en el manejo de taludes, que puedan dar origen a situaciones de riesgo.

- Se capacitará a los conductores de los vehículos de transporte en el manejo y manipulación de las sustancias que transportan para control de eventuales derrames (incluye la instrucción de los procedimientos asociados al manejo de sustancias peligrosas).

- Se utilizará solo maquinaria y camiones con mantenciones al día, con el fin de evitar derrames en el área de trabajo debido a fallas mecánicas.

- Se evitarán los lavados de maquinaria en zonas cercanas a los cauces. Se limitarán a los sectores acondicionados dentro del Proyecto para el caso de lavado de canoas de camiones mixer y en lugares autorizados para otro tipo de limpiezas, donde sea posible contener los residuos líquidos provenientes de esta actividad. Además, se contará con una impermeabilización para evitar el contacto con el suelo. Posteriormente el residuo solido será retirado como residuo industrial no peligroso y dispuesto en el acopio respectivo (no RESPEL).

- Se realizará un catastro visual de las obras para asegurar el funcionamiento adecuado de sus operaciones y frente a la ocurrencia de alguna contingencia en la construcción de las mismas. Este catastro se realizará durante la etapa de construcción, además de cada vez que ocurran eventos extremos.

- Las labores de construcción y mantención de las obras se ejecutarán en periodos de estiaje. Sin embargo, en el caso que los cauces presenten escurrimiento, se

efectuará un desvío temporal de las aguas dentro del mismo cauce. Para lo anterior, se solicitará la respectiva aprobación por parte de la Dirección Regional de Aguas.

En caso de que exista escurrimiento al momento de la construcción, el efecto de las medidas antes descritas serán la no afectación de la calidad de las aguas, aguas abajo de todas las obras de atravieso proyectadas.

6. Plan de seguimiento de la calidad de las aguas durante la fase de construcción

Con el objetivo de resguardar la calidad de las aguas durante la fase de construcción, el plan de seguimiento contempla las siguientes actividades:

a. Se realizará el monitoreo de las aguas de cada cauce, ante la presencia de escurrimiento.
b. Se tomará muestra en un punto aguas arriba y otra agua abajo de la posición de cada obra de atravieso proyectada en cada cauce. Los puntos de muestreo considerados son los indicados en la siguiente tabla:

Tabla 6-1. Ubicación de puntos de muestreo. Coordenadas UTM WGS 84 Huso 19S. Fuente: Elaboración Propia

N° obra	Ubicación	Coordenadas UTM [m]	
		Este	Norte
OA 01	Aguas arriba	261153.66	6235176.15
	Aguas abajo	261146.30	6235171.19
OA 02	Aguas arriba	261298.00	6235620.50
	Aguas abajo	261303.82	6235619.04
OA 03	Aguas arriba	262422.23	6237028.27
	Aguas abajo	262422.94	6237033.30
OA 04	Aguas arriba	261834.99	6236979.48
	Aguas abajo	261840.89	6237003.77
OA 05	Aguas arriba	266505.82	6234862.95
	Aguas abajo	266502.64	6234858.56
OA 06	Aguas arriba	266065.79	6233193.74
	Aguas abajo	266063.18	6233201.67

c. En cada muestra se considerarán todos los parámetros establecidos en la NCh 1.333 Of 78 de Calidad de agua para riego.
d. Se efectuará un monitoreo inicial, previo a la construcción de la obra en cada cauce, a fin de establecer la condición basal, y ante la presencia de escurrimiento.
e. Se efectuará un monitoreo semanal para los cauces y se compararán los resultados con la condición basal.
f. Se registrará en fotografías con fecha, la no presencia de agua en el cauce en la semana respectiva (si así ocurre), como medio de verificación de la no aplicación de monitoreo.
g. Se realizará un catastro visual de las obras para asegurar el funcionamiento adecuado de sus operaciones y frente a la ocurrencia de alguna contingencia en la construcción de las obras en el cauce. Este catastro formará parte del Informe a ser enviado a la SMA.
h. Una vez terminada la ejecución de cada obra de cruce, se cerrará el monitoreo nuevamente con una muestra en los sectores definidos en el punto b (aguas arriba y aguas abajo de cada intervención) según NCh. 1333 OF. 78.
i. Se elaborará un informe que será enviado a la SMA con una frecuencia quincenal desde el inicio del monitoreo y se elaborará en conformidad a lo establecido en la Resolución Exenta N°223, de 26 de marzo de 2015, de la Superintendencia del Medio Ambiente, considerando las siguientes secciones: Resumen; Introducción; Objetivos; Materiales y método; Resultados (Incluido catastro visual); Discusiones; Conclusiones; Referencias; Anexos (Informes de laboratorio, fotografías, entre otros). Además, el Informe de Seguimiento considerará un resumen de los resultados obtenidos de los monitoreos, el cual será presentado en formato .xlsx (planillas Excel), con la estructura de datos según se indica a continuación.

Nombre del Punto de Muestreo			Coordenadas UTM (m) Datum WGS84		
			Norte	Este	
Parámetros	Valor Basal	Unidad de Medida	Resultado		
			Fechas (día-mes-año)	Fechas (día-mes-año)	Fechas (día-mes-año)

Por otra parte, el Informe además dará cumplimiento a lo establecido por la Resolución Exenta N° 894, de 24 de junio de 2019, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que dicta instrucciones para la elaboración y remisión de informes de seguimiento ambiental del componente ambiental agua y de forma complementaria a los contenidos mínimos establecidos en la Resolución N° 223, de 26 de marzo de 2015, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

7. Referencias

ASF DAAC. (2011). ALOS PALSAR_Radiometric_Terrain_Corrected_high_res; Includes Material © JAXA/METI 2007. *ALOS PALSAR_Radiometric_Terrain_Corrected_high_res; Includes Material © JAXA/METI 2007*. doi:10.5067/Z97HFCNKR6VA

DGA. (1995). *Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica.* Santiago: Dirección General de Aguas.

DGA. (2016). *Guías metodológicas para la presentación y revisión técnica de proyectos de modificación de cauces naturales y artificiales.* Santiago: Dirección General de Aguas.

Karra, K., Kontgis, C., Statman-Weil, Z., Mazzariello, J. C., Mathis, M., & Brumby, S. P. (2021). Global land use / land cover with Sentinel 2 and deep learning. *2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS*, (págs. 4704-4707). doi:10.1109/IGARSS47720.2021.9553499

MOP. (2020). *Manual de Carreteras. Volumen 4. Planos de obras tipo.* Ministerio de Obras Públicas.

MOP. (2020). *Manual de Carreteras. Volumen 5. Especificaciones técnicas generales de construcción.* Ministerio de Obras Públicas.

SEA, & DGA. (2014). *Permiso para efectuar modificaciones de cauce.* Servicio de Evaluación Ambiental.

PLAN 8
ENERGIA INFINITA

www.plan-8.cl

+56 9 3400 1439