FOCO AMBIENTAL
Consultoría Medioambiental

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

PARQUE EÓLICO VIENTO PACÍFICO VERDE

ANEXO 3.6: LÍNEA DE BASE HIDROLÓGICA

Región del Maule
2026

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 1
1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO 2
2 OBJETIVOS 4
2.1 OBJETIVO GENERAL 4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
3 ÁREA DE INFLUENCIA 4
4 METODOLOGÍA 7
4.1 VISITA A TERRENO 7
4.2 REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA 7
4.3 ANÁLISIS HIDROLÓGICO 7
4.3.1 Fotointerpretación 8
4.3.2 Análisis geomorfológico 8
4.3.3 Tiempo de concentración 8
4.3.4 Método directo para caudal máximo 9
4.3.5 Métodos indirectos para caudal máximo 9
5 RESULTADOS 14
5.1 HIDROGRAFÍA REGIONAL 14
5.2 HIDROGRAFÍA LOCAL 16
5.2.1 Red hidrográfica según carta IGM 16
5.2.2 Humedales 18
5.2.3 Registro fotográfico 21
5.2.4 Red hidrográfica 53
5.2.5 Características de las áreas aportantes a la zona de estudio 55
5.3 PLUVIOMETRÍA DEL SECTOR 59
5.3.1 Registros de precipitaciones 60
5.3.2 Análisis de frecuencia precipitaciones máximas 61
5.3.3 Precipitaciones máximas de diseño 62
5.4 ANÁLISIS HIDROLÓGICO 62
5.4.1 Registros de caudales máximos instantáneos 64
5.4.2 Caudales afluentes a la zona del Proyecto 65
5.4.3 Análisis estadístico para caudales máximos instantáneos 67
5.5 RESULTADOS DE CAUDALES MÁXIMOS 83
5.5.1 Método directo para caudal máximo 83
5.5.2 Métodos indirectos para caudal máximo 84
6 SUCEPTIBILIDAD DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO 85
6.1 SUSCEPTIBILIDAD DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA PRECIPITACIÓN 85
6.2 DATOS CLIMATOLÓGICOS 86
6.2.1 Velocidad del viento 86
6.2.2 Humedad relativa 88
6.2.3 Temperatura 90
6.2.4 Evapotranspiración potencial 92
6.3 AMENAZAS CLIMÁTICAS 94
6.4 RECURSO HÍDRICO 105
7 IDENTIFICACIÓN DE INTERSECCIONES DEL PROYECTO CON LA RED HIDROGRÁFICA 106

8 CONCLUSIONES 109
9 BIBLIOGRAFÍA 111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1.Coeficiente de escorrentía (C) 10
Tabla 4-2. Curva de frecuencia Regional Q(T)/Q(10) para Cuenca Río Maule 12
Tabla 4-3.Factor de conversión de Caudal medio diario máximo a Caudal instantáneo máximo 12
Tabla 4-4. Coeficiente C(T=10) – Verni y King Modificada 13
Tabla 4-5. Coeficiente de fórmulas empíricas C(T)/C(T=10) – Verni y King Modificada 13
Tabla 4-6. Coeficiente C(T=10) – Método Racional 14
Tabla 5-1. Datos de cuencas donde se ubica el Proyecto 16
Tabla 5-2. Información de humedales identificados en el entorno del Proyecto 21
Tabla 5-3. Coordenadas UTM fotografías de visita a terreno 09/08/2025 25
Tabla 5-4. Fotografías del área de Proyecto visita a terreno 09/08/2025 27
Tabla 5-5. Coordenadas UTM fotografías de visita a terreno 25/08/2025 47
Tabla 5-6. Fotografías del área de Proyecto visita a terreno 25/08/2025 47
Tabla 5-7. Datos morfométricos microcuencas aportantes 58
Tabla 5-8. Tiempos de concentración resultantes 58
Tabla 5-9. Datos estación meteorológica 60
Tabla 5-10. Registro de precipitaciones máximas en 24 horas, estación La Estrella – periodo 1992 - 2025 60
Tabla 5-11. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, estación La Estrella 62
Tabla 5-12. Precipitaciones máximas diarias para distintos periodos de retorno 62
Tabla 5-13. Datos estaciones fluviométricas de la DGA 64
Tabla 5-14. Registro de caudales máximos instantáneos estación Río Lonaco en Desembocadura de la DGA 64
Tabla 5-15. Caudales máximos instantáneos (1 de 2) 65
Tabla 5-16. Caudales máximos instantáneos (2 de 2) 66
Tabla 5-17. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 1 68
Tabla 5-18. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 2 69
Tabla 5-19. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 3 71
Tabla 5-20. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 4 72
Tabla 5-21. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 5 73
Tabla 5-22. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 6 75
Tabla 5-23. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 7 76
Tabla 5-24. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 8 77

Tabla 5-25. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 9 79
Tabla 5-26. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 10 80
Tabla 5-27. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 11 81
Tabla 5-28. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 12 83
Tabla 5-29. Resultados de caudal máximo, Transposición de caudales 83
Tabla 5-30. Resultados de caudal máximo, Método Racional para cuencas pequeñas 84
Tabla 5-31. Resultados de caudal máximo para área aportante 7 84
Tabla 6-1. Valores de cambio porcentual esperado de precipitación según sectorización con respecto al periodo histórico 85
Tabla 6-2. Precipitaciones de diseño bajo efectos de cambio climático, estación La Estrella 86
Tabla 6-3. Velocidad del viento, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca ... 86
Tabla 6-4. Velocidad del viento, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura 87
Tabla 6-5. Humedad relativa, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca 88
Tabla 6-6. Humedad relativa, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura 89
Tabla 6-7. Temperatura, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca 90
Tabla 6-8. Temperatura, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura 91
Tabla 6-9. Evapotranspiración potencial, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca 92
Tabla 6-10. Evapotranspiración potencial, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura 93
Tabla 6-11. Valores de mapa de riesgo del recurso hídrico, localidades cercanas al Proyecto ... 105
Tabla 7-1. Coordenadas UTM puntos de intersección de obras del Proyecto con red hidrográfica en el área de influencia 108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Ubicación general del Proyecto 2
Figura 1-2. Ubicación local del Proyecto 3
Figura 3-1. Área de Influencia componente hidrológica del Proyecto 6
Figura 5-1. Hidrografía de la zona de estudio 15
Figura 5-2. Red Hidrográfica en base a carta IGM 17
Figura 5-3. Humedales identificados en el entorno del Proyecto (1 de 2) 19
Figura 5-4. Humedales identificados en el entorno del Proyecto (2 de 2) 20
Figura 5-5. Distribución espacial de fotografías de visita a terreno 09/08/2025 – parte 1 de 3..... 22

Figura 5-6. Distribución espacial de fotografías de visita a terreno 09/08/2025 – parte 2 de 3..... 23
Figura 5-7. Distribución espacial de fotografías de visita a terreno 09/08/2025 – parte 3 de 3..... 24
Figura 5-8. Distribución espacial de fotografías de visita a terreno 25/08/2025 – parte 1 de 2..... 45
Figura 5-9. Distribución espacial de fotografías de visita a terreno 25/08/2025 – parte 2 de 2..... 46
Figura 5-10. Red hidrográfica identificada 54
Figura 5-11. Microcuencas aportantes al área de Proyecto 55
Figura 5-12. Microcuencas aportantes en la zona norte del área de Proyecto 56
Figura 5-13. Microcuencas aportantes en la zona sur del área de Proyecto..... 57
Figura 5-14. Estaciones meteorológicas cercanas al entorno del Proyecto 59
Figura 5-15. Análisis de frecuencia de precipitaciones, estación La Estrella 61
Figura 5-16. Estaciones fluviométricas de la DGA..... 63
Figura 5-17. Análisis de frecuencia, Área aportante 1 68
Figura 5-18. Análisis de frecuencia, Área aportante 2 69
Figura 5-19. Análisis de frecuencia, Área aportante 3 70
Figura 5-20. Análisis de frecuencia, Área aportante 4 72
Figura 5-21. Análisis de frecuencia, Área aportante 5 73
Figura 5-22. Análisis de frecuencia, Área aportante 6 74
Figura 5-23. Análisis de frecuencia, Área aportante 7 76
Figura 5-24. Análisis de frecuencia, Área aportante 8 77
Figura 5-25. Análisis de frecuencia, Área aportante 9 78
Figura 5-26. Análisis de frecuencia, Área aportante 10 80
Figura 5-27. Análisis de frecuencia, Área aportante 11 81
Figura 5-28. Análisis de frecuencia, Área aportante 12 82
Figura 6-1. Velocidad del viento, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca .. 87
Figura 6-2. Velocidad del viento, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura 88
Figura 6-3. Humedad relativa, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca 89
Figura 6-4. Humedad relativa, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura 90
Figura 6-5. Temperatura, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca 91
Figura 6-6. Temperatura, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura 92
Figura 6-7. Evapotranspiración potencial, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca 93
Figura 6-8. Evapotranspiración potencial, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura 94

Figura 6-9. Precipitación máxima diaria, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca 95
Figura 6-10. Precipitación máxima diaria, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura 96
Figura 6-11. Frecuencia de sequías, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca 97
Figura 6-12. Frecuencia de sequías, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura 98
Figura 6-13. Viento máximo diario, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca 99
Figura 6-14. Viento máximo diario, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura 100
Figura 6-15. Humedad relativa máxima, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca 101
Figura 6-16. Humedad relativa máxima, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura 102
Figura 6-17. Olas de calor > 30°C, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca 103
Figura 6-18. Olas de calor > 30°C, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura 104
Figura 7-1. Ubicación puntos de intersección de obras del Proyecto con red hidrográfica en el área de influencia..... 107

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice 3.6.1 Archivos Digitales.

Apéndice 3.6.2 Catálogo Fotográfico.

Apéndice 3.6.3 Memorias de Cálculos Estimación de Caudales.

1 INTRODUCCIÓN

El Proyecto “Parque Eólico Viento Pacífico Verde” (en adelante, el “Proyecto”) corresponde a un proyecto nuevo que se emplazará en dos zonas separadas geográficamente a 10 km en la zona rural de la región del Maule, específicamente en el sector costero de las comunas de Constitución y Chanco pertenecientes a las provincias de Talca y Cauquenes, respectivamente.

El Proyecto considera la habilitación de un parque eólico compuesto por 22 aerogeneradores de hasta 7 MW de potencia cada uno, proyectando una potencia total instalada de 154 MW.

Como parte de la infraestructura eléctrica asociada, el parque eólico considerará la habilitación de una línea de media tensión soterrada de 33 kV que estará dispuesta en paralelo a los caminos internos cuya extensión será de aproximadamente 26,83 km de extensión. La línea de media tensión soterrada permitirá la conexión entre los aerogeneradores con el edificio de media tensión y la subestación eléctrica elevadora 33/220 kV.

Junto a lo anterior el Proyecto considera infraestructura de soporte para el funcionamiento del parque eólico la cual corresponde a 2 edificios de operación y mantenimiento y sus correspondientes almacenes, caminos internos, torre meteorológica y sistema de manejo de aguas servidas.

La elaboración del presente documento se fundamenta en lo dispuesto en el literal b) del artículo 12 de la Ley N.º 19.300 y en el artículo 18, literal e.1), del Reglamento del SEIA (D.S. N.º 40/2012 del MMA), los cuales establecen la obligación de caracterizar los componentes ambientales del área de influencia del Proyecto.

Los días 09 y 25 de agosto de 2025 se efectuó una visita al área del Proyecto, donde se obtuvo un registro fotográfico georreferenciado, con el fin de respaldar e identificar la red hidrológica del área del Proyecto y las condiciones del terreno donde se ubica.

La finalidad de este estudio considera la caracterización hidrológica del área de influencia asociada al Proyecto, disponiendo para ello de antecedentes públicos y bibliográficos, de acuerdo con lo indicado en la segunda versión de la *Guía Áreas de Influencia en el SEIA* publicada por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) en 2026[1]. Para posteriormente determinar los caudales máximos para diferentes periodos de retorno, de acuerdo con lo sugerido en la *Guía de Presentación y Aprobación de Proyectos de Modificación de Cauce* (DGA, 2016).

Para determinar los caudales máximos se compararon los resultados obtenidos con la metodología utilizada para una cuenca con información fluviométrica (metodología directa) y la metodología utilizada para una cuenca sin información fluviométrica (metodología indirecta). De acuerdo con lo indicado en la *Guía de Presentación y Aprobación de Proyectos de Modificación de Cauce* (DGA, 2016) la metodología directa corresponde a realizar una transposición de caudales y la metodología indirecta distingue entre áreas aportantes menores a 20 km^2 de las que poseen una superficie mayor, por lo que en el presente estudio se utilizó la metodología indicada en el *Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluviométrica* (MOP, 1995) y el *Manual de Carreteras Volumen N°3* (MOP, 2024).

[1] De acuerdo con Resolución Exenta N°202699101169 de fecha 18 de febrero de 2026 se pronuncia sobre observancia de la Guía Áreas de Influencia en el SEIA en su segunda edición, dejando sin efecto la primera edición de la Guía sobre el área de influencia en el SEIA del año 2017.

Así, considerando lo anterior, para cuencas con superficie menor a 20 km^2, se utilizó el Método Racional para cuencas pequeñas, y para cuencas con superficie mayor a 20 km^2 se utilizó el Método DGA-AC, Método Verni y King Modificado y Método Racional para cuencas mayores.

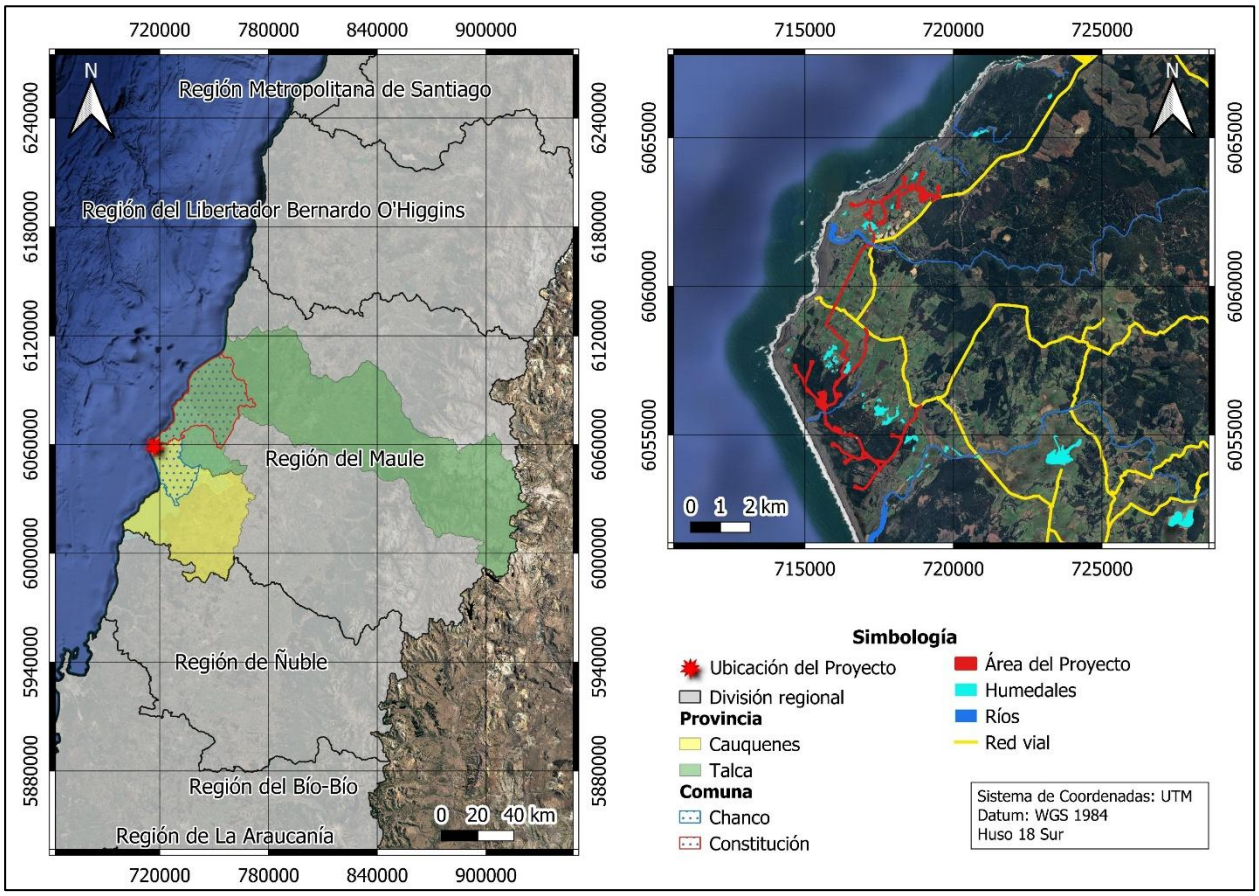
Finalmente, se presentan los efectos del cambio climático en el área de Proyecto y su respectiva área de influencia, de acuerdo con lo dispuesto en la *Guía Metodológica para la Consideración del Cambio Climático* (SEA, 2023).

1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto se encuentra emplazado en el sector costero de la comuna de Chanco, provincia de Cauquenes y en la comuna de Constitución, provincia de Talca, ambas ubicadas en la región del Maule.

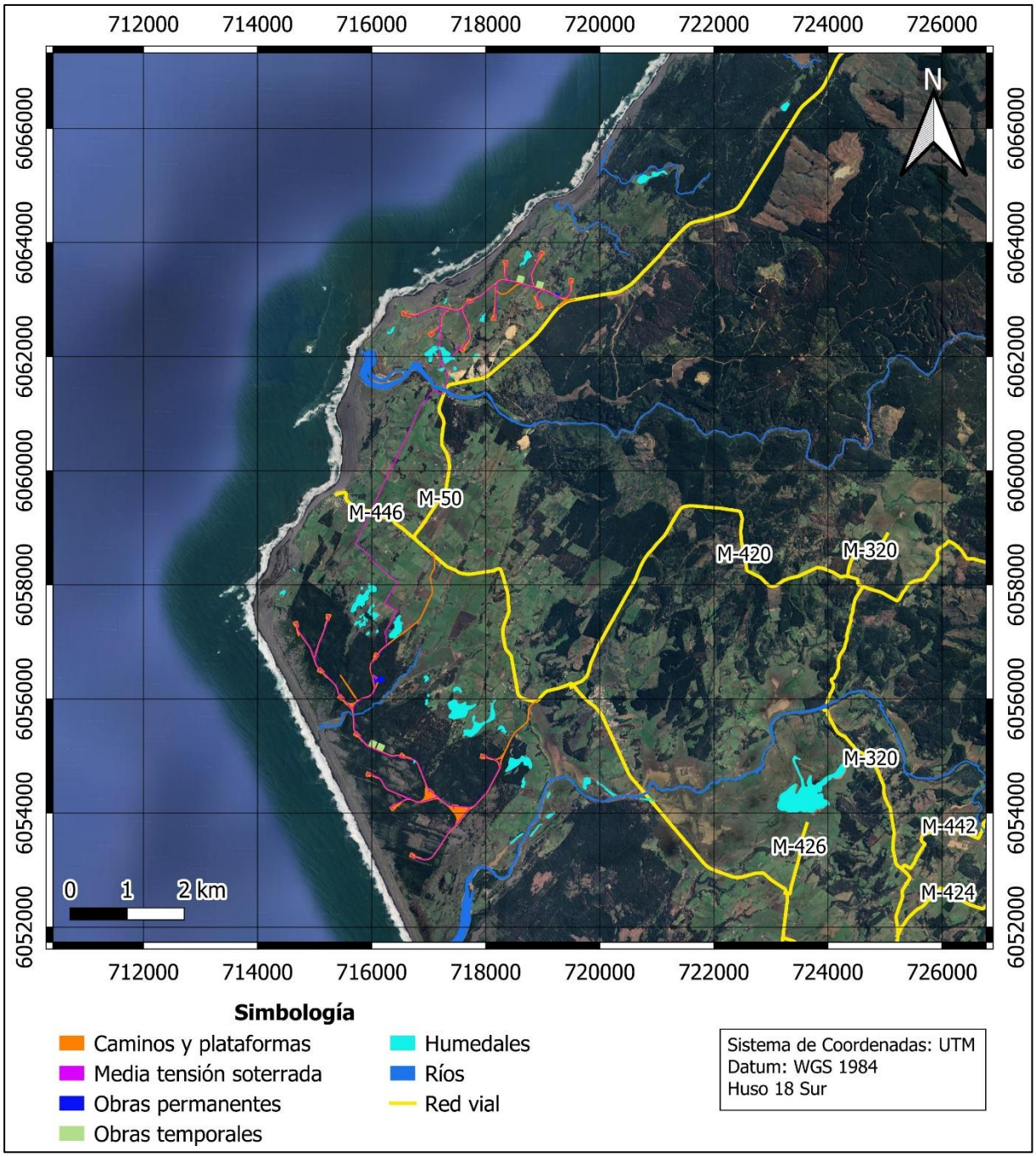
En la Figura 1-1 se muestra la ubicación general del Proyecto y en la Figura 1-2 se muestra la ubicación local del Proyecto.

Figura 1-1. Ubicación general del Proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 1-2. Ubicación local del Proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2025.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

El presente documento tiene por finalidad elaborar la línea base de la componente hidrológica para el área de influencia del Proyecto, considerando para su ejecución la disponibilidad de información pública y bibliográfica existente, como la información recopilada durante las visitas a terreno realizadas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos de este informe son los siguientes:

- Definir el área de influencia de la componente hidrológica.
- Caracterizar la hidrografía del área de estudio, tanto regional como local.
- Caracterizar la red de drenaje local de la zona del Proyecto.
- Identificar puntos de interacción de la red hídrica con el Proyecto.
- Determinar cuencas aportantes a la zona del Proyecto.
- Caracterizar la pluviometría del área de estudio.
- Estimar caudales máximos en la red de drenaje con mayor influencia en la zona de estudio, para distintos períodos de retorno.
- Establecer posibles impactos del Proyecto sobre los escurrimientos existentes.

3 ÁREA DE INFLUENCIA

Según lo establecido por la segunda edición de la *Guía Áreas de Influencia en el SEIA* publicada por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) en 2026 a continuación, se define el área de influencia como *"las AI se extenderán desde el punto o área de ubicación de las partes, obras y acciones del proyecto o actividad que generan el impacto, hasta el extremo geográfico donde ya no es posible detectar la alteración. Es decir, en el límite del AI, la condición ambiental se iguala a la situación base o sin proyecto y, por lo tanto, ya no será posible percibir el impacto".*

En el artículo 2° letra a) del D.S. Nº40/2012 del MMA, el área de influencia del proyecto o actividad se define como: "*El área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley, o bien para justificar la inexistencia de dichos efectos, características o circunstancias".*

De manera complementaria, el artículo 18º letra g) del D.S. N°40/2012 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA) del Ministerio del Medio Ambiente, se deben presentar los *"una descripción pormenorizada de aquellos, efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley que pueden dar origen a la necesidad de efectuar un Estudio de Impacto Ambiental".* Además, el artículo 18°, letra d) del D.S. N°40/2012 del MMA indica que *"El área de influencia se definirá y justificará para cada*

elemento afectado del medio ambiente, tomando en consideración los impactos ambientales potencialmente significativos sobre ellos, así como el espacio geográfico en el cual se emplazan las partes, obras y/o acciones del Proyecto o actividad".

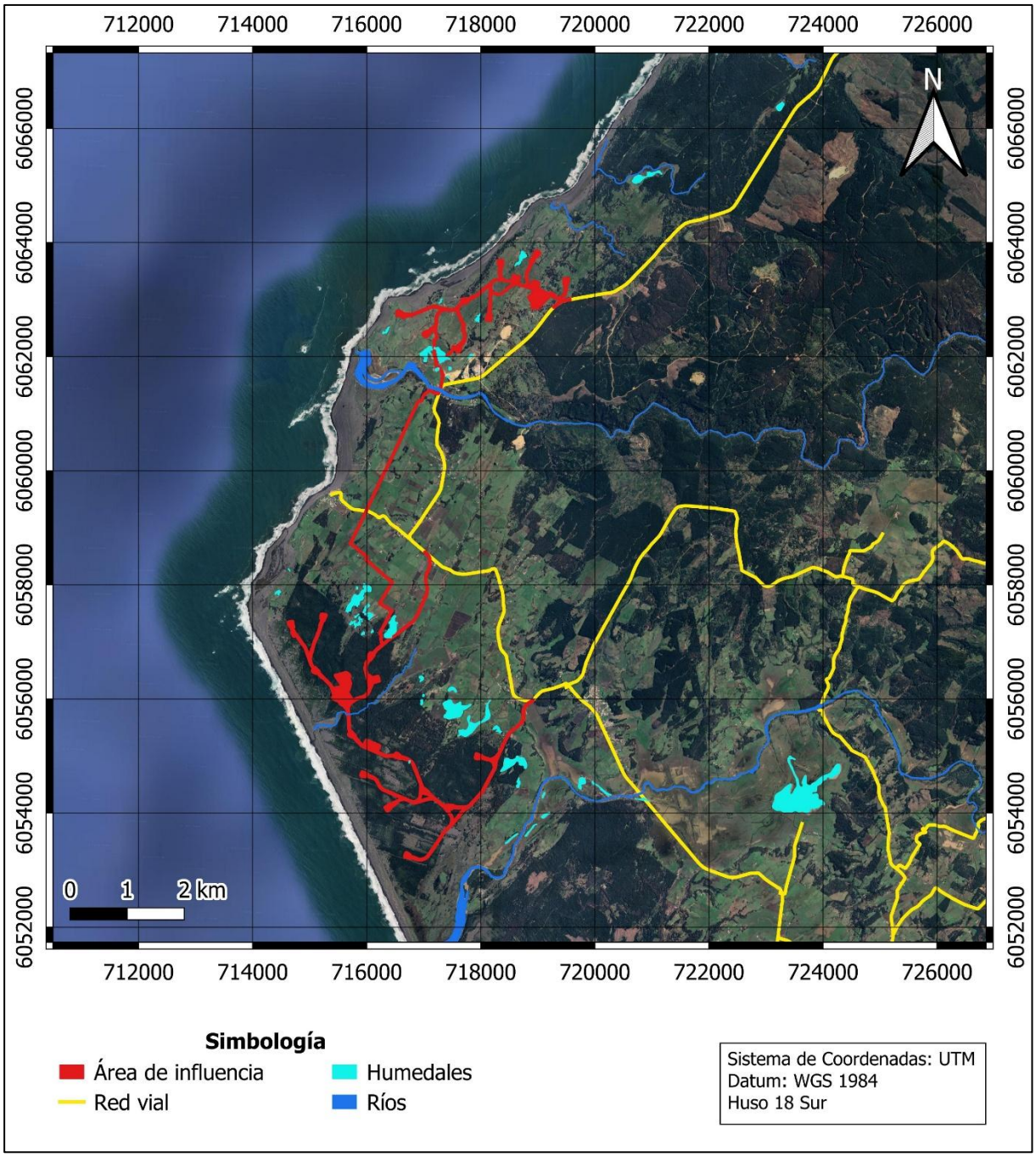
Considerando lo anterior, a continuación, se define y justifica el área de influencia para la componente hidrológica, considerando los impactos ambientales al recurso hídrico. El área de influencia ha sido establecida a partir de todas las obras y/o acciones asociadas al Proyecto que, en sus distintas fases, pudiesen afectar potencialmente a la hidrología local. De esta forma, se definió que el área de influencia comprende todas las zonas de intervención directa en relación con las fases de construcción, operación y cierre del Proyecto, alcanzando una superficie de 1,42 km^2 aproximadamente.

De acuerdo con lo indicado en el artículo 18 letra e) del Reglamento del SEIA, se tiene como objeto de protección la calidad de las aguas superficiales y subterráneas y como atributo la hidrología. En el área del Proyecto se verifica la existencia de cauces superficiales, pero el Proyecto no considera extracción ni uso de aguas superficiales y/o subterráneas, por lo que, de acuerdo con el artículo 11° de la Ley 19.300, el Proyecto no generará cambios en los recursos hídricos existentes.

Para la construcción de las obras de atravieso proyectadas en la intersección del área del Proyecto con la red hidrográfica identificada, estas se encuentran diseñadas para no generar cambios significativos en el eje hidráulico del cauce intervenido y está construido con materiales que no son nocivos para el recurso hídrico, por lo que tampoco existe un efecto adverso en la cantidad y calidad de las aguas.

Considerando lo anterior, en la Figura 3-1 se muestra el área de influencia del Proyecto.

Figura 3-1. Área de Influencia componente hidrológica del Proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2025.

4 METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología empleada para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos establecidos para este estudio.

Inicialmente se realizó una caracterización hidrográfica regional del área de estudio donde se identificaron sectores hidrológicos y la principal red hidrográfica asociada al área de estudio.

Luego, se realizó una caracterización hidrográfica local, con el fin de identificar la red de drenaje del sector.

Posteriormente, se realizó una caracterización de la hidrología del área donde se desarrollará el Proyecto, con el objetivo de establecer los valores de precipitaciones y caudales para distintos periodos de retorno.

Finalmente, se realizó el cálculo de caudales máximos, basado en la metodología sugerida por la *Guía de Presentación y Aprobación de Proyectos de Modificación de Cauce* (DGA, 2016).

Para la elaboración del presente informe, se consideraron principalmente las siguientes actividades:

4.1 VISITA A TERRENO

El día 09 y 25 de agosto de 2025 se efectuó una visita al área del Proyecto, donde se visualizó el contexto general de la ubicación de éste y su relación con la hidrología del sector. Adicionalmente, se obtuvo un registro fotográfico georreferenciado, el que permite respaldar el análisis hidrológico y las condiciones del terreno.

4.2 REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Para recopilar los antecedentes necesarios para caracterizar la componente hidrológica, se consultaron las siguientes bases de datos:

- Dirección General de Aguas (DGA).
- Ministerio de Obras Públicas (MOP).
- Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile (IDEChile).
- Banco Nacional de Aguas (BNA).
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).
- Instituto Geográfico Militar (IGM).

4.3 ANÁLISIS HIDROLÓGICO

Se realiza una descripción hidrográfica regional y local en torno a la zona del Proyecto, identificando los principales cauces que interactúan con el área de influencia del Proyecto.

Basado en la red hidrográfica se definen cuencas aportantes y sus parámetros morfométricos, y de los registros históricos se obtienen los caudales máximos anuales para distintos períodos de retorno, con el fin de estimar caudales de crecida. Los escenarios analizados corresponden a periodos de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 150 años.

Para el análisis hidrológico se consideró la ejecución de las siguientes actividades:

4.3.1 Fotointerpretación

Se revisó la carta IGM asociada al sector, que corresponde a la carta Chanco (F-55), elaborada a escala 1:50.000, con el fin de identificar las posibles redes de escurrimiento permanentes o esporádicas, así como también quebradas naturales. Además, para complementar la información, se utilizó el mapa vectorial de la red hidrográfica, la que se encuentra en la mapoteca del Congreso Nacional de Chile.

4.3.2 Análisis geomorfológico

Consiste en la identificación y caracterización de la red de drenaje del sector, y de las áreas aportantes a los cauces que la componen. Para esto, se utilizan imágenes satelitales e información topográfica de la misión de la NASA “SRTM Worldwide Elevation Data”.

Los parámetros geomorfológicos de interés son los que se indican a continuación:

A_p : Área aportante pluvial (km^2).

L : Longitud del cauce principal (km).

H : Desnivel máximo de la cuenca (m), este se obtiene de la diferencia entre la cota máxima (H_{max}) y cota mínima (H_{min}) de la cuenca en estudio.

4.3.3 Tiempo de concentración

La determinación del tiempo de concentración de las áreas aportantes se calculó por medio de tres expresiones producto de resultados empíricos, por lo que se debe tener la consideración que el tiempo de concentración no puede ser inferior a 10 minutos, al menos que se posea mediciones en terreno que pueda corroborar un tiempo inferior de acuerdo con lo especificado en el *Manual de Carreteras Volumen N°3* (MOP, 2024). Las expresiones utilizadas se indican a continuación:

Kirpich : $$t_c = 0{,}066 * \left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0{,}77}$$

California Culverts Practice : $$t_c = 0{,}95 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0{,}385}$$

Giandotti : $$t_c = \frac{\left(4\sqrt{A} + 1{,}5L\right)}{\left(0{,}8\sqrt{H}\right)}$$ Siempre que $L/3{,}6 \geq t_c \geq L/(3{,}6 + 1{,}5)$

Donde:

t_c : Tiempo de concentración (horas).

L : Longitud del cauce principal (km).

S : Pendiente (m/m).

A *:* Área pluvial aportante (km^2).

H : Diferencia de nivel total entre cotas extremas (m).

4.3.4 Método directo para caudal máximo

La metodología utilizada para la estimación de caudales de crecida considerando el análisis de una cuenca con información fluviométrica, es la sugerida por la *Guía de Presentación y Aprobación de Proyectos de Modificación de Cauce* (DGA, 2016).

A continuación, se describe la metodología utilizada en el presente estudio para la obtención del caudal de crecida.

4.3.4.1 Transposición de Caudales

Para obtener los caudales afluentes a la zona del Proyecto se realiza una transposición desde la cuenca afluente a la estación fluviométrica estudiada hasta el punto de control escogido para realizar el estudio hidráulico. El cálculo se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{PControl} = Q_{Estación} \cdot \frac{A_{PControl} \cdot PP_{PControl}}{A_{Estación} \cdot PP_{Estación}}$$

Donde:

$Q_{PControl}$: Caudal máximo instantáneo afluente al punto de control (m^3/s).

$Q_{Estación}$: Caudal máximo instantáneo para la estación fluviométrica (m^3/s).

$A_{PControl}$: Área pluvial afluente al punto de control (km²).

$A_{Estación}$: Área pluvial afluente a la estación fluviométrica (km²).

$PP_{PControl}$: Precipitación media anual sobre la cuenca afluente al punto de control (mm).

$PP_{Estación}$: Precipitación media anual sobre la cuenca afluente a la estación fluviométrica (mm).

4.3.5 Métodos indirectos para caudal máximo

La metodología utilizada para la estimación de los caudales de crecida considerando el análisis de una cuenca sin información fluviométrica es la sugerida por la *Guía de Presentación y Aprobación de Proyectos de Modificación de Cauce* (DGA, 2016), el *Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluviométrica* (MOP, 1995) y el *Manual de Carreteras Volumen N°3* (MOP, 2024).

A continuación, se describe la metodología utilizada en el presente estudio para la obtención del caudal de crecida.

4.3.5.1 Método Racional para cuencas pequeñas

Para la determinación de los caudales máximos en cuencas con áreas menores a 25 km^2, se utilizará el Método Racional para cuencas pequeñas, de acuerdo con lo indicado en el acápite 3.702.5 del *Manual de Carreteras Volumen 3* (MOP, 2024). Este método consta de las siguientes etapas:

a) Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía para distintos periodos de retorno se obtiene con lo indicado en la Tabla 4-1, de acuerdo con las características de la ubicación de la zona de estudio.

Tabla 4-1.Coeficiente de escorrentía (C)

Factor	Extremo	Alto	Normal	Bajo
Relieve	0,28-0,35	0,20-0,28	0,14-0,20	0,08-0,14
	Escarpado con pendientes mayores que 30%	Montañoso con pendientes entre 10 y 30%	Con cerros y pendientes entre 5 y 10%	Relativamente plano con pendientes menores al 5%
Infiltración	0,12-0,16	0,08-0,12	0,06-0,08	0,04-0,06
	Suelos rocosos, o arcilloso con capacidad de infiltración despreciable	Suelos arcillosos o limosos con baja capacidad de infiltración, mal drenados	Normales, bien drenados, textura mediana, limos arenosos, suelos arenosos	Suelos profundos de arena u otros suelos bien drenados con alta capacidad de infiltración
Cobertura vegetal	0,12-0,16	0,08-0,12	0,06-0,08	0,04-0,06
	Cobertura escasa, terreno sin vegetación o escasa cobertura	Poca vegetación terrenos cultivados o naturales, menos del 20% del área con buena cobertura vegetal	Regular a buena; 50% del área con praderas o bosques, no más del 50% cultivado	Buena a excelente; 90% del área con praderas, bosques o cobertura equivalente
Almacenamiento superficial	0,10-0,12	0,08-0,10	0,06-0,08	0,04-0,06
	Despreciable, pocas depresiones superficiales sin zonas húmedas	Baja, sistema de cauces superficiales pequeños bien definidos, sin zonas húmedas	Normal; posibilidad de almacenamiento buena, zonas húmedas, pantanos, lagunas y lagos	Capacidad alta, sistema hidrográfico poco definido, buenas planicies de inundación o gran cantidad de zonas húmedas, lagunas o pantanos
Si T > 10 años amplificar resultado por: T=25; C*1,10 / T=50; C*1,20 / T=100; C*1,25				

Fuente: Tabla 3.702.503(B) del Manual de Carreteas Volumen 3 (MOP, 2024).

b) Coeficiente de duración y de frecuencia

Los coeficientes de duración y de frecuencia propuestos por Bell cumplen las siguientes relaciones:

$$CD_t = (0{,}54t^{0{,}25} - 0{,}50)$$

$$CF^T = (0{,}21 * Ln(T) + 0{,}52)$$

Donde:

CD : Coeficiente de duración.

CF : Coeficiente de frecuencia.

t : Duración de la lluvia (minutos).

T : Periodo de retorno en años.

c) Intensidad de lluvia

La intensidad de las precipitaciones obtenidas para el tiempo de concentración (t_c) y cada periodo de retorno se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$i_{tc}^{T} = \frac{P_{tc}^{T}}{t_c}$$

Donde:

i_{tc}^{T} : Intensidad con periodo de retorno T, asociada a una duración tc horas (mm/h).

P_{tc}^{T} : Precipitación con periodo de retorno T, asociada a una duración tc horas (mm).

t_c : Tiempo de concentración de la cuenca (h).

d) Caudal para cada periodo de retorno

Para estimar los caudales máximos de crecida, se emplea la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C(T) * i_{tc}^{T} * A}{3{,}6}$$

Donde:

Q : Caudal instantáneo máximo de periodo de retorno T (m^3/s).

C : Coeficiente de escorrentía asociada al periodo de retorno T.

i_{tc}^{T} : Intensidad media de lluvia asociada al periodo de retorno T y una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca pluvial (mm/h).

A : Área pluvial aportante (km^2).

4.3.5.2 Método DGA-AC

El Método DGA-AC corresponde a un análisis regional de crecidas de origen pluvial, basado en series de máximos anuales generadas a partir de información de caudales medios diarios e instantáneos máximos del período pluvial.

El caudal medio diario máximo de período de retorno de 10 años (Q_{10}) se determina de diferentes formas según la región en la que se desarrolla el estudio, en este caso se tiene lo siguiente:

$$VII\ a\ IX\ Región: \qquad Q_{10} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot A_p^{0,973} \cdot (P_{24}^{10})^{1,224}$$

Donde:

Q_{10} : Caudal medio diario máximo de período de retorno 10 años (m^3/s).

A_p : Área pluvial aportante (km^2).

P_{24}^{10} : Precipitación diaria máxima de período de retorno 10 años (mm).

Con el valor de Q_{10} se obtiene el caudal medio diario máximo ($Q(T)$) según valores tabulados en el Manual de *Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin información fluviométrica* (DGA, 1995), los cuales son dependientes de la cuenca en que se desarrolla el estudio. En la Tabla 4-2 se muestra la relación entre Q_{10} y $Q(T)$ correspondiente a la Cuenca del Río Maule.

Tabla 4-2. Curva de frecuencia Regional Q(T)/Q(10) para Cuenca Río Maule

Período de Retorno T (años)	Q(T)/Q(10)		
	Media	Max	Min
2	0,49	0,52	0,44
5	0,80	0,81	0,78
10	1,00	1,00	1,00
20	1,19	1,21	1,19
25	1,26	1,28	1,24
50	1,45	1,49	1,42
75	1,56	1,61	1,53
100	1,64	1,70	1,60

Fuente: Tabla 3.19 del Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin información fluviométrica (DGA, 1995).

El valor de caudal medio diario máximo (Q(T)) se transforma a caudal instantáneo máximo multiplicando por el factor de conversión α, el cual depende de la cuenca en la que se desarrolla el estudio. En la Tabla 4-3 muestran los valores de α a considerar según la cuenca.

Tabla 4-3.Factor de conversión de Caudal medio diario máximo a Caudal instantáneo máximo

Cuenca	A
Rp	1,45

Fuente: Extracto de la Tabla 3.24 del Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin información fluviométrica (DGA, 1995).

4.3.5.3 Método Verni y King Modificado

Este método relaciona el caudal instantáneo máximo de una crecida con la precipitación diaria máxima y el área pluvial a través de una relación de potencias. La fórmula de Verni y King modificada tiene la siguiente forma:

$$Q = \mathrm{C(T)} \cdot 0{,}00618 \cdot \mathrm{A_p^{0,88}} \cdot (\mathrm{P_{24}})^{1,24}$$

Donde:

Q : Caudal instantáneo máximo asociado al período de retorno T años (m^3/s).

$C(T)$: Coeficiente empírico de período de retorno T años.

A_p : Área pluvial aportante (km^2).

$\mathrm{P_{24}}$: Precipitación diaria máxima de período de retorno T años (mm).

El valor del coeficiente C(T) depende de la región de estudio y se obtiene del correspondiente coeficiente asociado a un período de retorno de 10 años C(T=10), el cual también es dependiente de la región de estudio. En la Tabla 4-4 se muestran el valor del coeficiente C(T=10) utilizado para este estudio.

Tabla 4-4. Coeficiente C(T=10) – Verni y King Modificada

Región	C(T=10)
VII	0,710

Fuente: Extracto de la Tabla 3.25 del Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin información fluviométrica (DGA, 1995).

El coeficiente empírico C(T) se determina mediante el factor de frecuencia C(T)/C(T=10). En la Tabla 4-5 se muestran los valores de dicho factor.

Tabla 4-5. Coeficiente de fórmulas empíricas C(T)/C(T=10) – Verni y King Modificada

Periodo de Retorno, T (años)	C(T)/C(T=10)
	VII Región
2	0,86
5	0,95
10	1,00
20	1,00
25	1,00
50	1,00
100	1,04

Fuente: Extracto de la Tabla 3.26 del Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin información fluviométrica (DGA, 1995).

4.3.5.4 Método Racional

La Fórmula Racional es un método ampliamente conocido en hidrología y se recomienda su uso sobre la base del empleo de coeficientes de escorrentía que mejor se ajustan a los resultados de los análisis de frecuencias efectuados en el estudio desarrollado para su elaboración, los cuales incluyeron información de 130 estaciones limnigráficas ubicadas entre la III y IX Regiones de Chile.

El caudal, con esta metodología, es obtenido con las siguientes ecuaciones:

$$Q = \frac{C * i * A_p}{3{,}6} \qquad i_{tc}^{T} = \frac{P_{tc}^{T}}{t_c}$$

Donde:

Q: Caudal instantáneo máximo de período de retorno T, expresado en m³/s.

C: Coeficiente de escorrentía asociado al período de retorno T.

A_p *:* Área pluvial aportante (km²).

t_c : Tiempo de concentración de la cuenca (h).

i_{tc}^{T}: Intensidad media de lluvia asociada al período de retorno T y a una duración igual al tiempo de concentración (t_c, en horas) de la cuenca, expresada en mm/h.

P_{tc}^{T}: Precipitación de período de retorno T, asociado a una duración t_c horas, en mm.

El coeficiente de escorrentía asociado al período de retorno de 10 años C (T=10 años) es variable según la ubicación geográfica de la cuenca. En la Tabla 4-6 se muestran el valor del coeficiente C(T=10) utilizado para este estudio.

Tabla 4-6. Coeficiente C(T=10) – Método Racional

Región	C(T=10)
VII	0,390

Fuente: Extracto de la Tabla 3.27 del Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin información fluviométrica (DGA, 1995).

Se ha demostrado en el estudio desarrollado para elaborar el Manual, que el factor para la curva de frecuencia del coeficiente de escorrentía C(T)/C(T=10 años) es igual al del método de Verni y King modificado (Tabla 4-5).

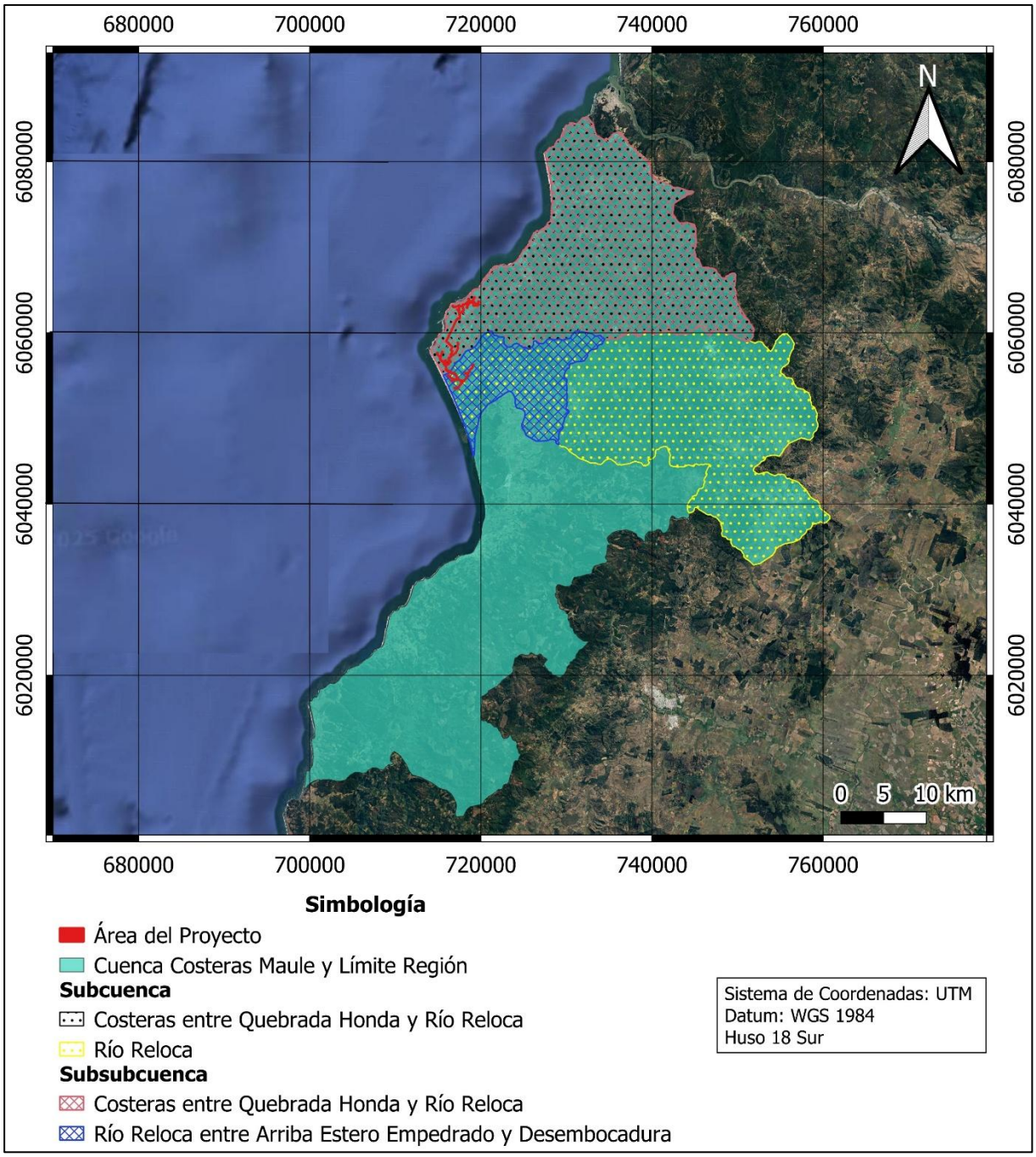
El coeficiente de duración (CD) de la cuenca se estimó para el tiempo de concentración de ésta, por lo que se recurrió a los valores definidos por Varas y Sánchez (1983) para algunas regiones de Chile. Dichos valores se encuentran en la Tabla 2.2 del Capítulo 2 del *Manual de Cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica* (DGA, 1995), donde se asigna un coeficiente de duración (CD) para cada tiempo de duración (h) en algunas regiones.

5 RESULTADOS

5.1 HIDROGRAFÍA REGIONAL

El área de influencia del Proyecto, de acuerdo con la Clasificación de la DGA, se emplaza en la cuenca Costeras Maule y Límite Región, en la subcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca y en la subcuenca Río Reloca, específicamente en la subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca y en la subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura. En la Figura 5-1 se muestra el sistema de cuencas donde su ubica el Proyecto, y en la Tabla 5-1 se indica su información principal.

Figura 5-1. Hidrografía de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-1. Datos de cuencas donde se ubica el Proyecto

Unidad	Nombre	Código	Área (km^2)
Cuenca	Costeras Maule y Límite Región	074	1.995,43
Subcuenca	Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca	0740	511,26
	Río Reloca	0741	633,49
Subsubcuenca	Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca	07400	511,26
	Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura	07411	131,63

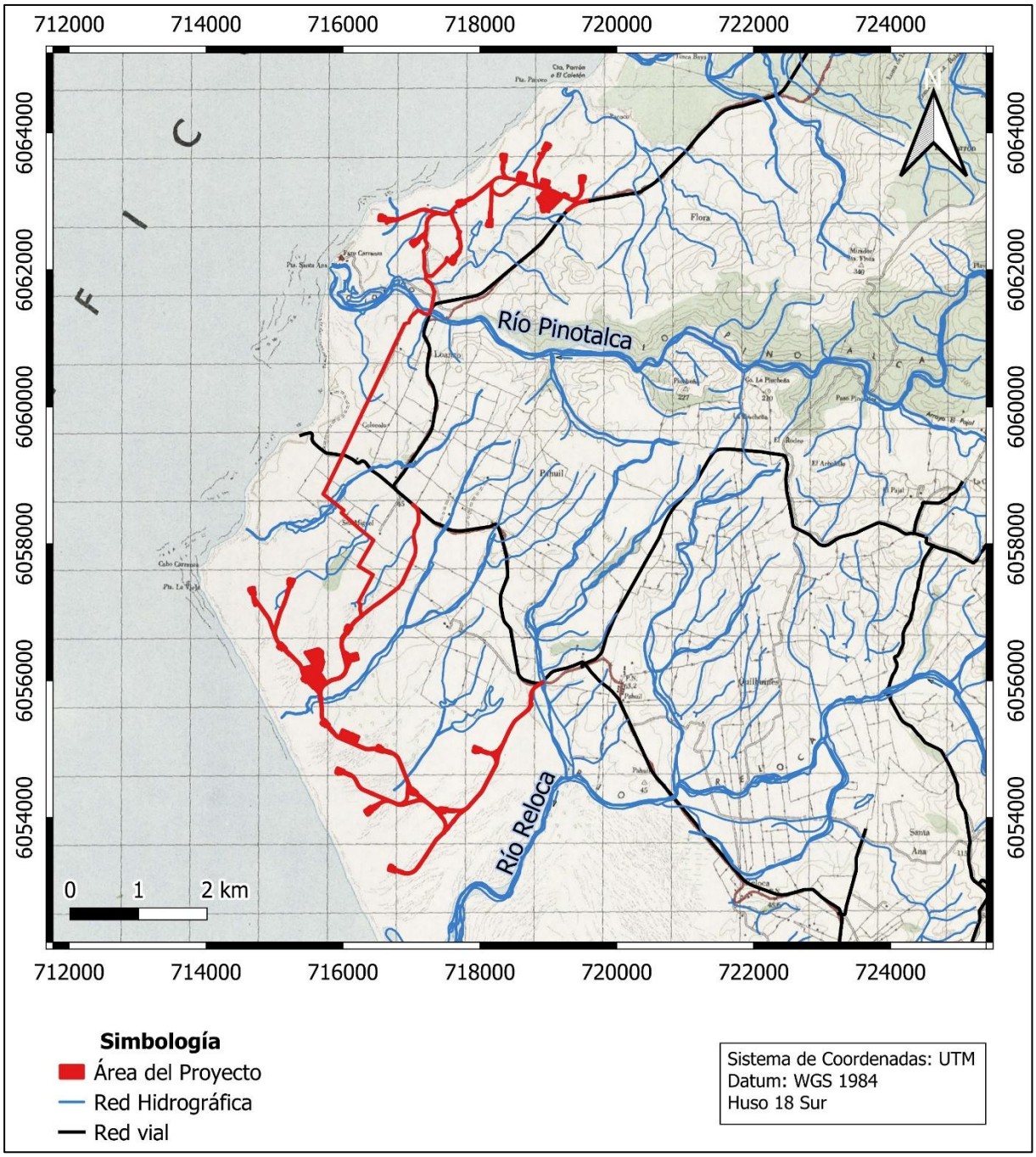
Fuente: Inventario público de cuencas, DGA.

5.2 HIDROGRAFÍA LOCAL

5.2.1 Red hidrográfica según carta IGM

En la Figura 5-2 se muestra la ubicación del Proyecto y se indican los principales cursos de agua que componen la red hidrográfica de la zona de estudio, lo cual se llevó a cabo con la carta IGM F-55 Chanco (IGM 5-04-06-0055-00). De acuerdo con la red hidrográfica identificada se observa que el área del Proyecto está ubicada al norte del Río Reloca y pasa por el Río Pinotalca además de otros cauces que corresponden a Quebradas Sin Nombre.

Figura 5-2. Red Hidrográfica en base a carta IGM

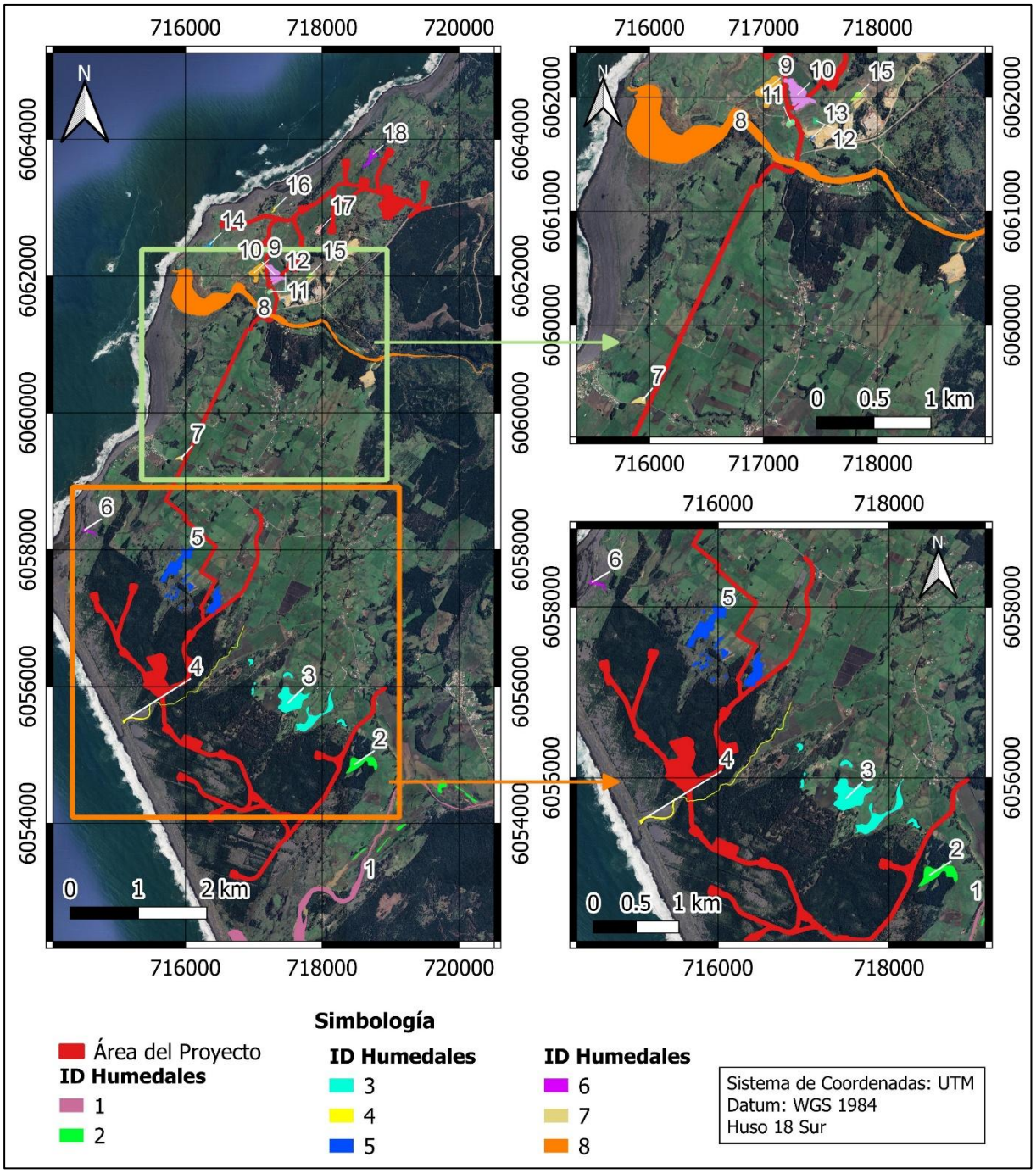


Fuente: Elaboración propia, 2025.

5.2.2 Humedales

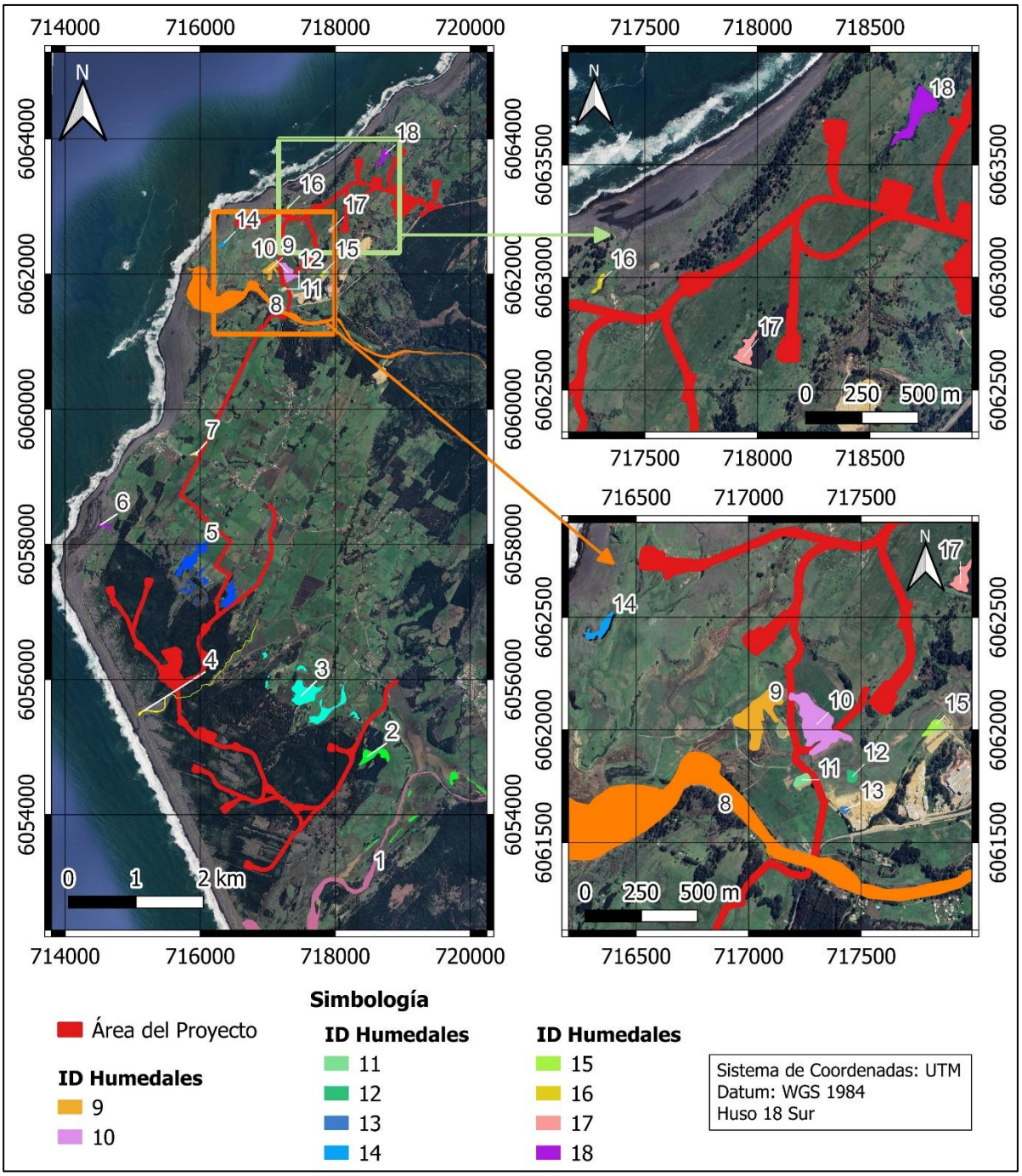
En la Figura 5-3 y Figura 5-4 se muestra la ubicación del Proyecto y se indican los humedales identificados en la zona de estudio, lo cual se obtuvo desde el archivo vectorial Inventario Nacional de Humedales (disponible en el Sistema de Información y Monitoreo de Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente). En la Tabla 5-2 se indica la información principal de los humedales identificados.

Figura 5-3. Humedales identificados en el entorno del Proyecto (1 de 2)



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 5-4. Humedales identificados en el entorno del Proyecto (2 de 2)



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-2. Información de humedales identificados en el entorno del Proyecto

ID	Código	Nombre	Tipo
1	HUR-07-28	Río Reloca	Palustres, emergentes
2	HUR-07-36	Humedales Río Reloca	Sin clasificar
3	HUR-07-37	Humedales sector Pahuil	Palustres, emergentes
4	HUR-07-38	Estero sin identificar	Río, riberenos, permanentes
5	HUR-07-39	Sistema humedales sector Loanco	Lacustres, permanentes
6	HUR-07-40	H. sector Caleta Loanco	Sin clasificar
7	HUR-07-46	Humedal Sector Loanco	Sin clasificar
8	HUR-07-41	Río Pinotalca	Río, riberenos, permanentes
9	HU-OT-5857	Loanco N°1	Sin clasificar
10	HU-OT-8438	Loanco N°2	Sin clasificar
11	HU-OT-8436	Loanco N°3	Sin clasificar
12	HU-OT-8437	Loanco N°4	Sin clasificar
13	HU-OT-8435	Loanco N°5	Sin clasificar
14	HU-OT-8430	Loanco N°6	Sin clasificar
15	HU-OT-8433	Sector Río Loanco N°1	Sin clasificar
16	HU-OT-8431	Sector Río Loanco N°2	Sin clasificar
17	HU-OT-8432	Sector Río Loanco N°3	Sin clasificar
18	HU-OT-8408	Sector Río Loanco N°4	Sin clasificar

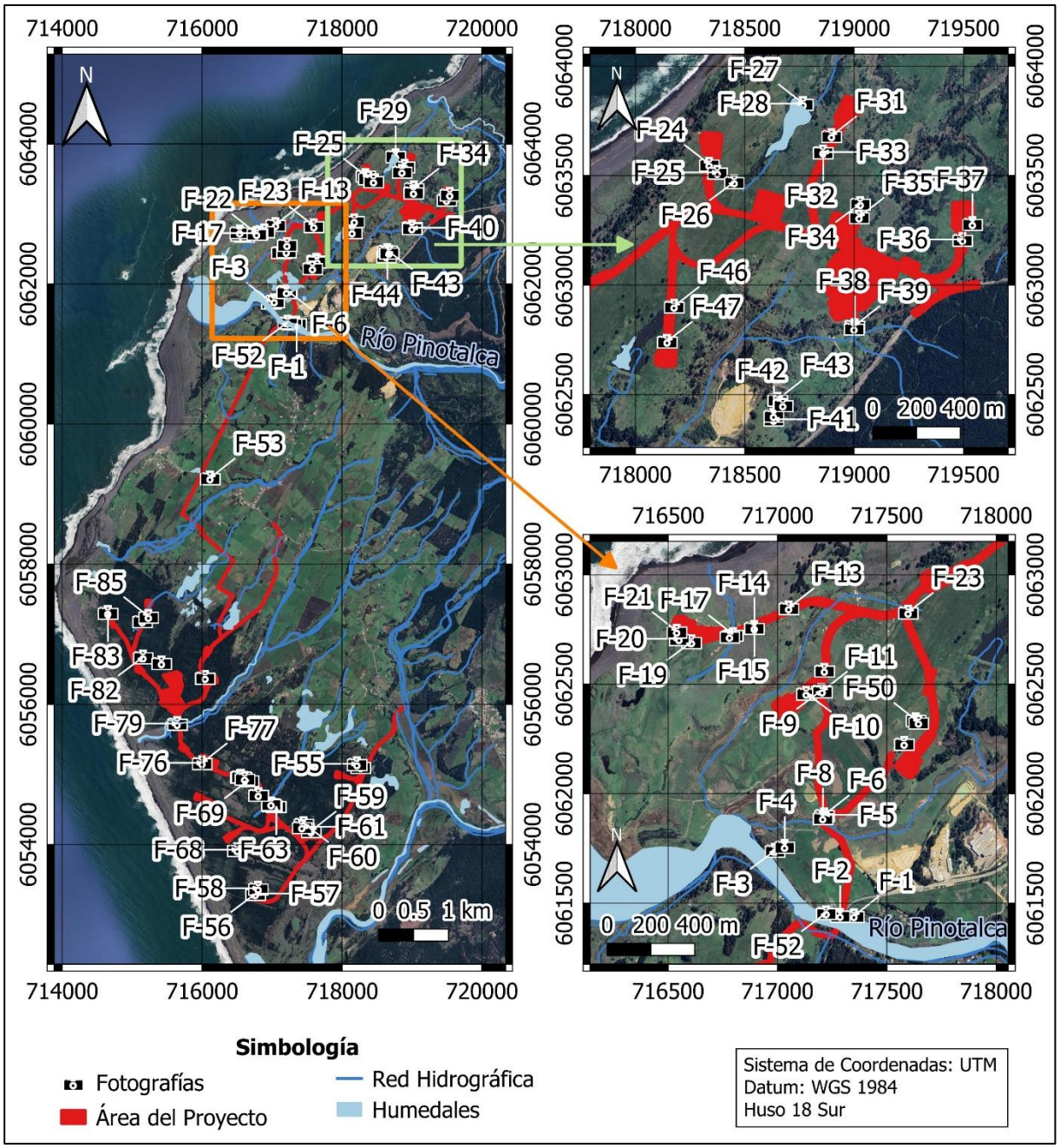
Fuente: Elaboración propia, a partir de Inventario Nacional de Humedales del Sistema de Información y Monitoreo de Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente, 2025.

5.2.3 Registro fotográfico

Considerando la información recopilada en terreno, se observan cauces reconocidos en la carta IGM.

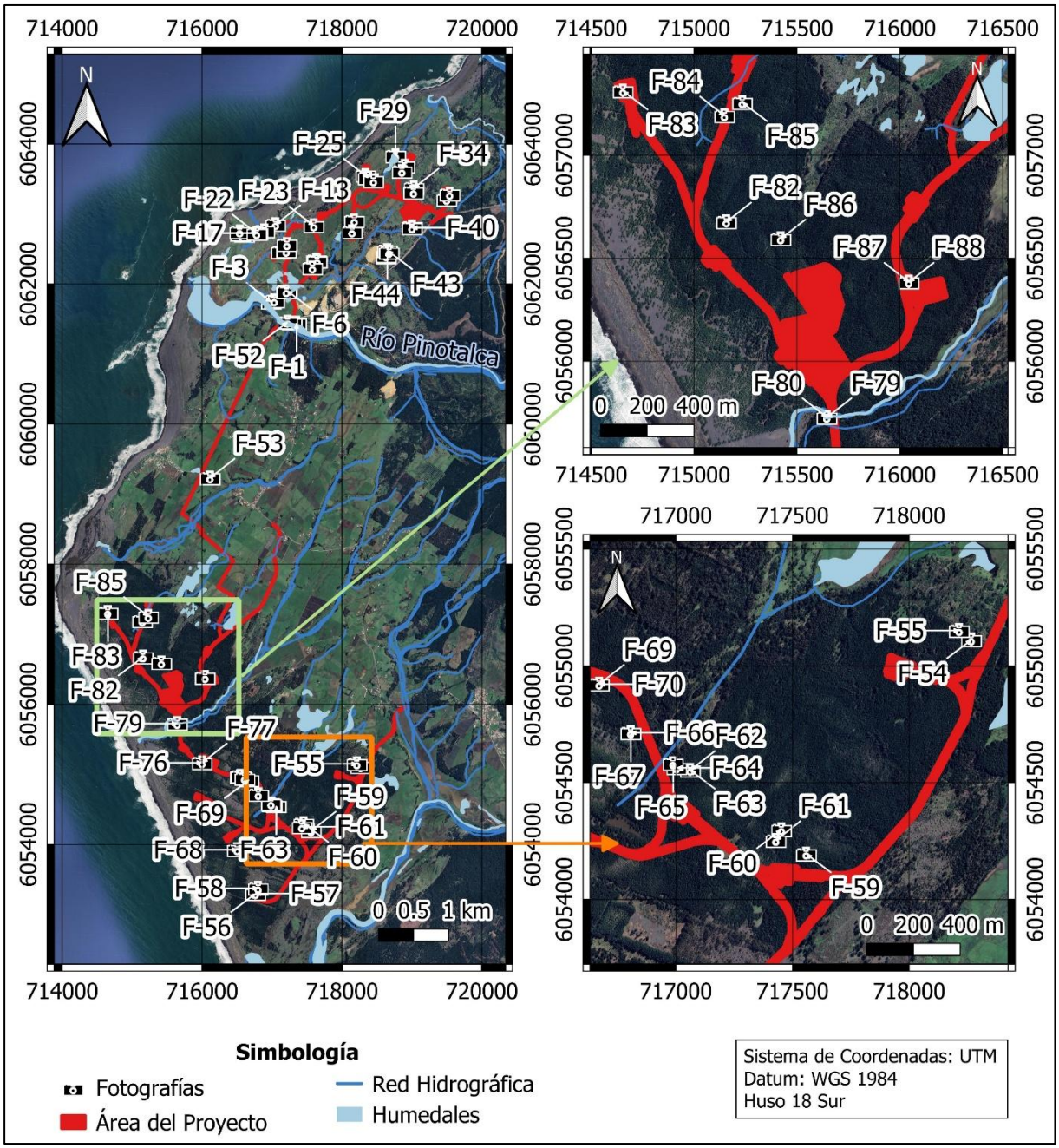
Con la visita a terreno realizada el día 09 de agosto de 2025 se elaboró un set fotográfico georreferenciado, donde se visualiza el emplazamiento del Proyecto en relación con la hidrología propia del sector. En la Figura 5-5, Figura 5-6 y Figura 5-7se muestra espacialmente la ubicación del registro fotográfico, en la Tabla 5-3 se indica la información de cada fotografía y en la Tabla 5-4 se muestran dichas fotografías.

Figura 5-5. Distribución espacial de fotografías de visita a terreno 09/08/2025 – parte 1 de 3



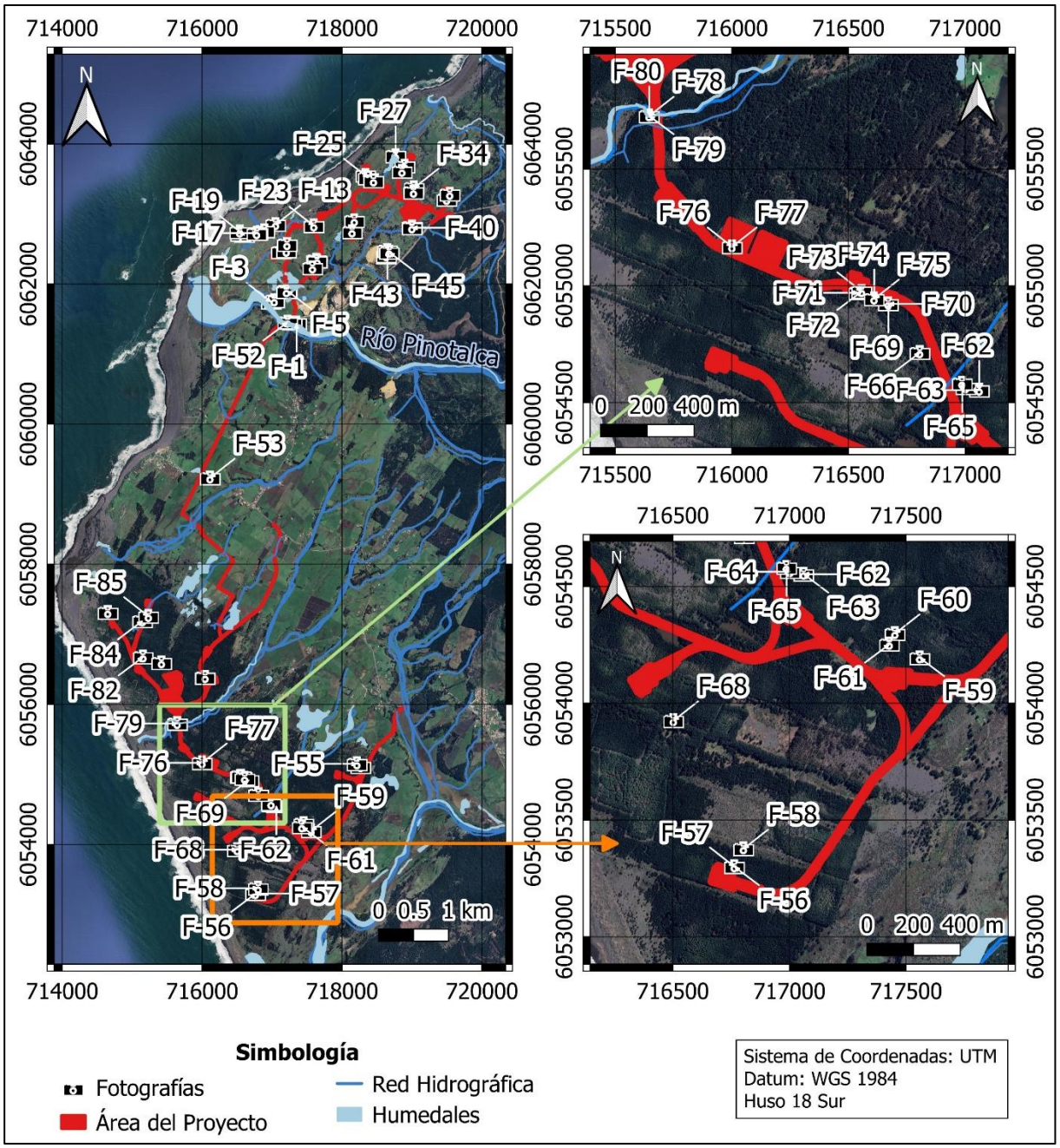
Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 5-6. Distribución espacial de fotografías de visita a terreno 09/08/2025 – parte 2 de 3



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 5-7. Distribución espacial de fotografías de visita a terreno 09/08/2025 – parte 3 de 3



Fuente: Elaboración propia, 2025.

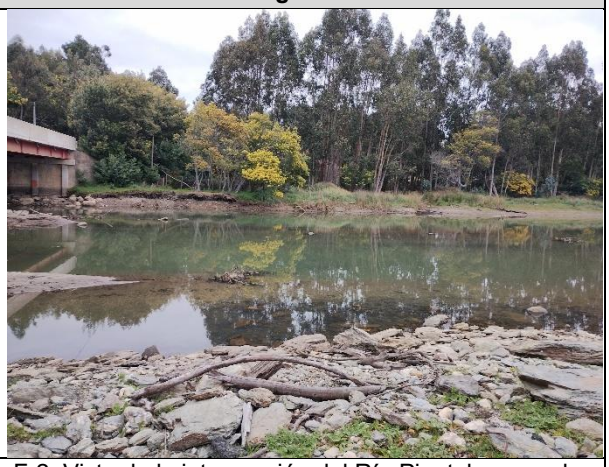
Tabla 5-3. Coordenadas UTM fotografías de visita a terreno 09/08/2025

ID	Nombre	Coordenadas UTM WGS 84 – Huso 18 Sur	
		Este (m)	Norte (m)
F-1	Fotografía 1	717.351	6.061.442
F-2	Fotografía 2	717.287	6.061.444
F-3	Fotografía 3	716.989	6.061.741
F-4	Fotografía 4	717.034	6.061.759
F-5	Fotografía 5	717.215	6.061.904
F-6	Fotografía 6	717.215	6.061.904
F-7	Fotografía 7	717.208	6.061.890
F-8	Fotografía 8	717.208	6.061.890
F-9	Fotografía 9	717.201	6.062.472
F-10	Fotografía 10	717.132	6.062.459
F-11	Fotografía 11	717.205	6.062.469
F-12	Fotografía 12	717.215	6.062.564
F-13	Fotografía 13	717.052	6.062.849
F-14	Fotografía 14	716.895	6.062.759
F-15	Fotografía 15	716.895	6.062.759
F-16	Fotografía 16	716.798	6.062.727
F-17	Fotografía 17	716.798	6.062.727
F-18	Fotografía 18	716.607	6.062.694
F-19	Fotografía 19	716.607	6.062.694
F-20	Fotografía 20	716.551	6.062.708
F-21	Fotografía 21	716.540	6.062.742
F-22	Fotografía 22	716.782	6.062.719
F-23	Fotografía 23	717.599	6.062.829
F-24	Fotografía 24	718.338	6.063.552
F-25	Fotografía 25	718.375	6.063.515
F-26	Fotografía 26	718.453	6.063.472
F-27	Fotografía 27	718.767	6.063.829
F-28	Fotografía 28	718.767	6.063.829
F-29	Fotografía 29	718.767	6.063.829
F-30	Fotografía 30	718.767	6.063.829
F-31	Fotografía 31	718.898	6.063.682
F-32	Fotografía 32	718.859	6.063.608
F-33	Fotografía 33	718.859	6.063.608
F-34	Fotografía 34	719.029	6.063.372
F-35	Fotografía 35	719.024	6.063.311
F-36	Fotografía 36	719.497	6.063.208
F-37	Fotografía 37	719.542	6.063.281
F-38	Fotografía 38	719.004	6.062.815
F-39	Fotografía 39	719.004	6.062.815
F-40	Fotografía 40	719.001	6.062.803
F-41	Fotografía 41	718.633	6.062.387
F-42	Fotografía 42	718.633	6.062.404
F-43	Fotografía 43	718.650	6.062.477
F-44	Fotografía 44	718.650	6.062.477
F-45	Fotografía 45	718.675	6.062.453
F-46	Fotografía 46	718.178	6.062.903
F-47	Fotografía 47	718.146	6.062.743
F-48	Fotografía 48	717.634	6.062.338
F-49	Fotografía 49	717.634	6.062.338
F-50	Fotografía 50	717.646	6.062.327
F-51	Fotografía 51	717.580	6.062.230
F-52	Fotografía 52	717.224	6.061.456

ID	Nombre	Coordenadas UTM WGS 84 – Huso 18 Sur	
		Este (m)	Norte (m)
F-53	Fotografía 53	716.115	6.059.233
F-54	Fotografía 54	718.267	6.055.111
F-55	Fotografía 55	718.215	6.055.152
F-56	Fotografía 56	716.764	6.053.300
F-57	Fotografía 57	716.764	6.053.300
F-58	Fotografía 58	716.804	6.053.377
F-59	Fotografía 59	717.559	6.054.194
F-60	Fotografía 60	717.453	6.054.298
F-61	Fotografía 61	717.429	6.054.253
F-62	Fotografía 62	717.062	6.054.553
F-63	Fotografía 63	717.062	6.054.553
F-64	Fotografía 64	717.003	6.054.563
F-65	Fotografía 65	716.988	6.054.582
F-66	Fotografía 66	716.807	6.054.714
F-67	Fotografía 67	716.807	6.054.714
F-68	Fotografía 68	716.503	6.053.926
F-69	Fotografía 69	716.672	6.054.922
F-70	Fotografía 70	716.672	6.054.922
F-71	Fotografía 71	716.544	6.054.970
F-72	Fotografía 72	716.557	6.054.976
F-73	Fotografía 73	716.557	6.054.976
F-74	Fotografía 74	716.611	6.054.944
F-75	Fotografía 75	716.611	6.054.944
F-76	Fotografía 76	716.001	6.055.167
F-77	Fotografía 77	716.001	6.055.167
F-78	Fotografía 78	715.646	6.055.728
F-79	Fotografía 79	715.646	6.055.728
F-80	Fotografía 80	715.646	6.055.728
F-81	Fotografía 81	715.646	6.055.728
F-82	Fotografía 82	715.158	6.056.677
F-83	Fotografía 83	714.655	6.057.312
F-84	Fotografía 84	715.149	6.057.192
F-85	Fotografía 85	715.235	6.057.255
F-86	Fotografía 86	715.422	6.056.594
F-87	Fotografía 87	716.045	6.056.384
F-88	Fotografía 88	716.045	6.056.384

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-4. Fotografías del área de Proyecto visita a terreno 09/08/2025

Fotografía 1	Fotografía 2
	
F-1: Vista general del Río Pinotalca desde el área del Proyecto.	F-2: Vista de la intersección del Río Pinotalca con el área del Proyecto.
Fotografía 3	**Fotografía 4**
	
F-3: Vista general de la vegetación en el área del Proyecto.	F-4: Canal identificado en terreno que pasa por el área del Proyecto.
Fotografía 5	**Fotografía 6**



F-5: Canal identificado en terreno que pasa por el área del Proyecto.



F-6: Canal identificado en terreno que pasa por el área del Proyecto.

Fotografía 7



F-7: Canal identificado en terreno que pasa por el área del Proyecto.

Fotografía 8



F-8: Costado de canal identificado en terreno que pasa por el área del Proyecto.

Fotografía 9



F-9: Vista general de la vegetación en el área del Proyecto.

Fotografía 10



F-10: Vista general de la vegetación en el área del Proyecto.

Fotografía 11	Fotografía 12
	
F-11: Vista general del área de Proyecto.	F-12: Quebrada identificada en el área del Proyecto.
Fotografía 13	**Fotografía 14**
	
F-13: Vista general del área de Proyecto.	F-14: Vista general desde el área del Proyecto hacia el oeste.
Fotografía 15	**Fotografía 16**
	

F-15: Vista general desde el área del Proyecto hacia el oeste.	F-16: Zona de acumulación de agua en el área del Proyecto.
Fotografía 17	**Fotografía 18**
	
F-17: Zona de acumulación de agua en el área del Proyecto.	F-18: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador F08.
Fotografía 19	**Fotografía 20**
	
F-19: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador el F08.	F-20: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador F08.
Fotografía 21	**Fotografía 22**



F-21: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador F08.



F-22: Zona de escurrimiento superficial en el área del Proyecto.

Fotografía 23



F-23: Zona de escurrimiento superficial en el área del Proyecto.

Fotografía 24



F-24: Líneas de escurrimiento superficial en el área del Proyecto.

Fotografía 25



F-25: Líneas de escurrimiento superficial en el área del Proyecto.

Fotografía 26



F-26: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador F01.

Fotografía 27	Fotografía 28
	
F-27: Vista general del área de Proyecto al lado oeste de donde se ubicará el aerogenerador F02.	F-28: Humedal (HU-OT-8408) ubicado a un costado donde se ubicará el aerogenerador F02.
Fotografía 29	**Fotografía 30**
	
F-29: Humedal ubicado a un costado donde se ubicará el aerogenerador F02.	F-30: Humedal ubicado a un costado del F02.
Fotografía 31	**Fotografía 32**
	

F-31: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador F02.	F-32: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador F02.
Fotografía 33	**Fotografía 34**
	
F-33: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador F02.	F-34: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará la instalación de faenas en sector Estancia La Flora.
Fotografía 35	**Fotografía 36**
	
F-35: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará la instalación de faenas en Estancia La Flora.	F-36: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador F03.
Fotografía 37	**Fotografía 38**



F-37: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador F03.



F-38: Canal identificado en terreno que pasa por el área del Proyecto cercano donde se ubicará el aerogenerador F09.

Fotografía 39



F-39: Canal identificado en terreno que pasa por el área del Proyecto cercano donde se ubicará el aerogenerador F09.

Fotografía 40



F-40: Canal identificado en terreno que pasa por el área del Proyecto cercano donde se ubicará el aerogenerador F09.

Fotografía 41



Fotografía 42



F-41: Vista general del área de Proyecto al sur de donde se ubicarán los aerogeneradores F06 y F09.	F-42: Vista general del área de Proyecto al sur de donde se ubicarán los aerogeneradores F06 y F09.
Fotografía 43	**Fotografía 44**
	
F-43: Cauce identificado al sur de donde se ubicarán los aerogeneradores F06 y F09.	F-44: Cauce identificado al sur de donde se ubicará los aerogeneradores F06 y F09.
Fotografía 45	**Fotografía 46**
	
F-45: Cauce identificado al sur de donde se ubicarán los aerogeneradores F06 y F09.	F-46: Humedal (HU-OT-8432) ubicado a un costado donde se ubicará el aerogenerador F06.
Fotografía 47	**Fotografía 48**



F-47: Humedal ubicado a un costado donde se ubicará el aerogenerador F06.



F-48: Vista general del área de Proyecto al oeste de donde se ubicará el aerogenerador F10.

Fotografía 49



F-49: Líneas de escurrimiento superficial en el área del Proyecto donde se ubicará el aerogenerador F10.

Fotografía 50



F-50: Líneas de escurrimiento superficial en el área del Proyecto donde se ubicará el aerogenerador F10.

Fotografía 51



F-51: Líneas de escurrimiento superficial en el área del Proyecto donde se ubicará el aerogenerador F10.

Fotografía 52



F-52: Vista del puente en la intersección del Río Pinotalca con el área del Proyecto.

Fotografía 53	Fotografía 54
	
F-53: Humedal (HUR-07-46) a un costado del área de Proyecto.	F-54: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P07.
Fotografía 55	**Fotografía 56**
	
F-55: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P07.	F-56: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P13.
Fotografía 57	**Fotografía 58**
	

F-57: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P13.	F-58: Vista general de la pendiente en el área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P13.
Fotografía 59	**Fotografía 60**
	
F-59: Vista general y zonas de escurrimiento superficial del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P11.	F-60: Vista general y zona de acumulación y escurrimiento superficial del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P11.
Fotografía 61	**Fotografía 62**
	
F-61: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P11.	F-62: Vista general y zonas de escurrimiento superficial del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P10.
Fotografía 63	**Fotografía 64**



F-63: Vista general y zonas de escurrimiento superficial del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P10.



F-64: Vista general y zona de acumulación y escurrimiento superficial del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P10.

Fotografía 65



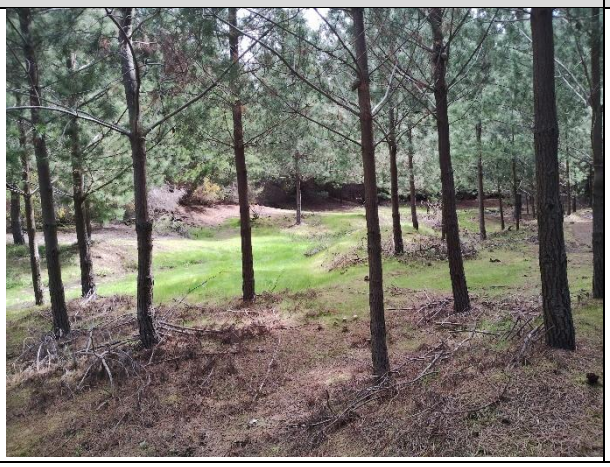
F-65: Vista general y zonas de escurrimiento superficial del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P10.

Fotografía 66



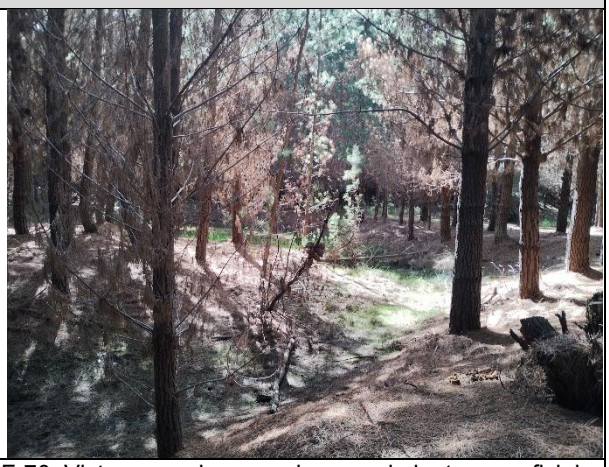
F-66: Vista general y zona de escurrimiento superficial en el área de Proyecto.

Fotografía 67



Fotografía 68



F-67: Vista general y zona de escurrimiento superficial en el área de Proyecto.	F-68: Vista general del área de Proyecto cercana a la ubicación del aerogenerador P08.
Fotografía 69	**Fotografía 70**
	
F-69: Vista general y zona de escurrimiento superficial en el área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P08.	F-70: Vista general y zona de escurrimiento superficial en el área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P08.
Fotografía 71	**Fotografía 72**
	
F-71: Vista general y zona de escurrimiento superficial en el área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P08.	F-72: Vista general y zona de escurrimiento superficial en el área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P08.
Fotografía 73	**Fotografía 74**

	
F-73: Vista general y zona de escurrimiento superficial en el área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P08.	F-74: Vista general y zona de escurrimiento superficial en el área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P08.
Fotografía 75	**Fotografía 76**
	
F-75: Vista general y zona de escurrimiento superficial en el área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P08.	F-76: Vista general del área de Proyecto donde se ubica la instalación de faenas en sector sur (Pahuil).
Fotografía 77	**Fotografía 78**
	

F-77: Vista general del área de Proyecto donde se ubica la instalación de faenas en sector sur (Pahuil).	F-78: Cauce identificado en el área del Proyecto entre la ubicación de los aerogeneradores P05 y P06.
Fotografía 79	**Fotografía 80**
	
F-79: Cauce identificado en el área del Proyecto entre la ubicación de los aerogeneradores P05 y P06.	F-80: Cauce identificado en el área del Proyecto entre la ubicación de los aerogeneradores P05 y P06.
Fotografía 81	**Fotografía 82**
	
F-81: Cauce identificado en el área del Proyecto entre la ubicación de los aerogeneradores P05 y P06.	F-82: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P04.
Fotografía 83	**Fotografía 84**



F-83: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P02.



F-84: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P01.

Fotografía 85



F-85: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P01.

Fotografía 86



F-86: Quebrada identificada cercana a donde se ubicará el aerogenerador P04.

Fotografía 87



Fotografía 88

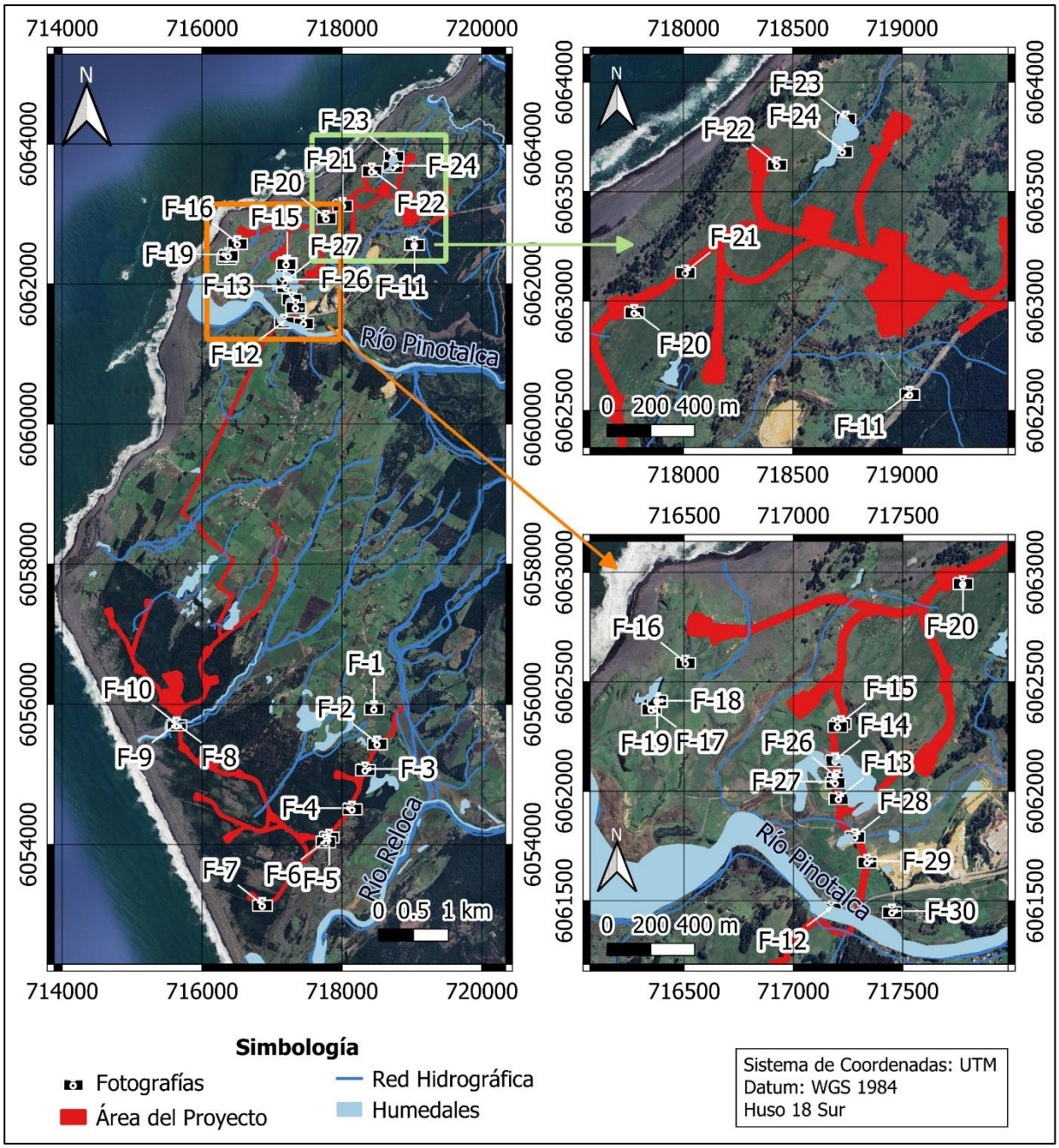


F-87: Vista general del área de Proyecto donde se ubica el edificio O&M y la subestación eléctrica elevadora en sector sur, Pahuil.	F-88: Vista general del área de Proyecto donde se ubica el edificio O&M y la subestación eléctrica elevadora en sector sue, Pahuil

Fuente: Elaboración propia, 2025.

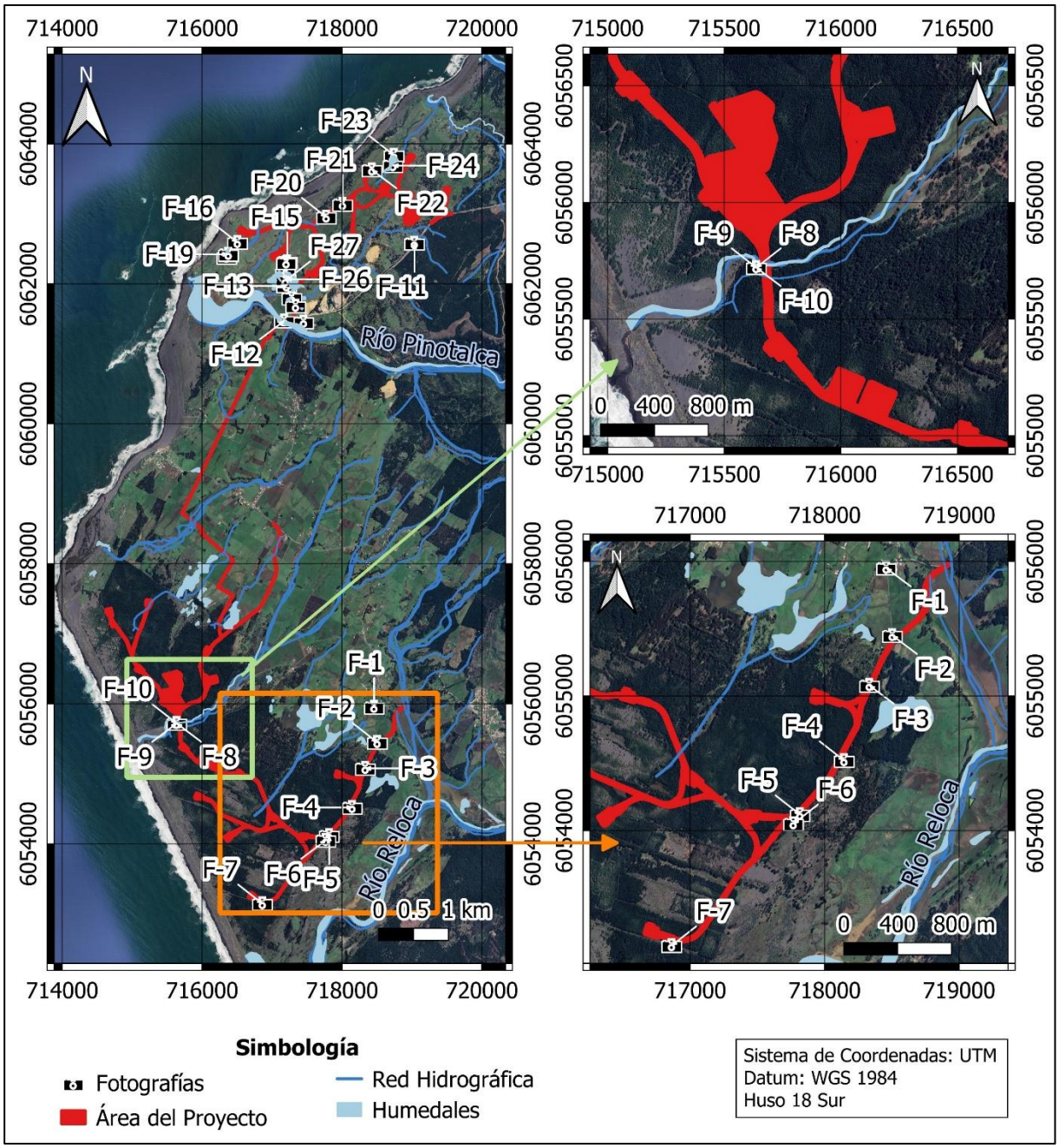
Además, se realizó una visita a terreno el día 25 de agosto de 2025 con la cual se elaboró un set fotográfico georreferenciado, donde se visualiza el emplazamiento del Proyecto en relación con la hidrología propia del sector. En la Figura 5-8 y Figura 5-9 se muestra espacialmente la ubicación del registro fotográfico, en la Tabla 5-5 se indica la información de cada fotografía y en la Tabla 5-6 se muestran dichas fotografías.

Figura 5-8. Distribución espacial de fotografías de visita a terreno 25/08/2025 – parte 1 de 2



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 5-9. Distribución espacial de fotografías de visita a terreno 25/08/2025 – parte 2 de 2



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-5. Coordenadas UTM fotografías de visita a terreno 25/08/2025

ID	Nombre	Coordenadas UTM WGS 84 – Huso 18 Sur	
		Este (m)	Norte (m)
F-1	Fotografía 1	718.459	6.055.950
F-2	Fotografía 2	718.505	6.055.449
F-3	Fotografía 3	718.334	6.055.078
F-4	Fotografía 4	718.146	6.054.520
F-5	Fotografía 5	717.818	6.054.119
F-6	Fotografía 6	717.768	6.054.051
F-7	Fotografía 7	716.864	6.053.146
F-8	Fotografía 8	715.637	6.055.721
F-9	Fotografía 9	715.637	6.055.721
F-10	Fotografía 10	715.637	6.055.721
F-11	Fotografía 11	719.036	6.062.579
F-12	Fotografía 12	717.175	6.061.470
F-13	Fotografía 13	717.207	6.061.970
F-14	Fotografía 14	717.192	6.062.144
F-15	Fotografía 15	717.218	6.062.314
F-16	Fotografía 16	716.507	6.062.590
F-17	Fotografía 17	716.351	6.062.378
F-18	Fotografía 18	716.379	6.062.414
F-19	Fotografía 19	716.377	6.062.420
F-20	Fotografía 20	717.776	6.062.953
F-21	Fotografía 21	718.009	6.063.135
F-22	Fotografía 22	718.428	6.063.627
F-23	Fotografía 23	718.743	6.063.836
F-24	Fotografía 24	718.728	6.063.688
F-25	Fotografía 25	717.203	6.062.300
F-26	Fotografía 26	717.200	6.062.066
F-27	Fotografía 27	717.192	6.062.044
F-28	Fotografía 28	717.282	6.061.796
F-29	Fotografía 29	717.338	6.061.680
F-30	Fotografía 30	717.452	6.061.453

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-6. Fotografías del área de Proyecto visita a terreno 25/08/2025

Fotografía 1	Fotografía 2

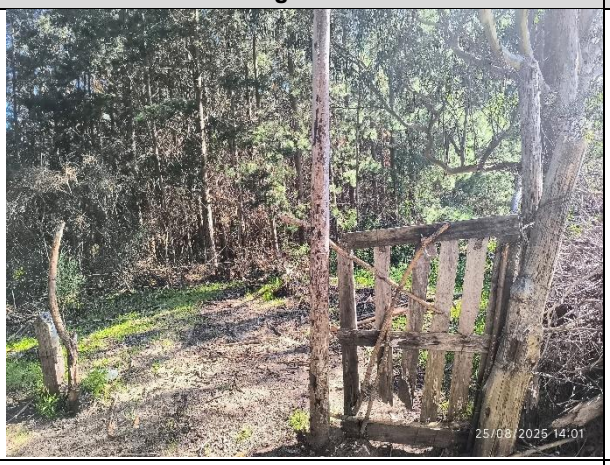


F-1: Vista general del acceso 2 Pahuil al área del Proyecto.



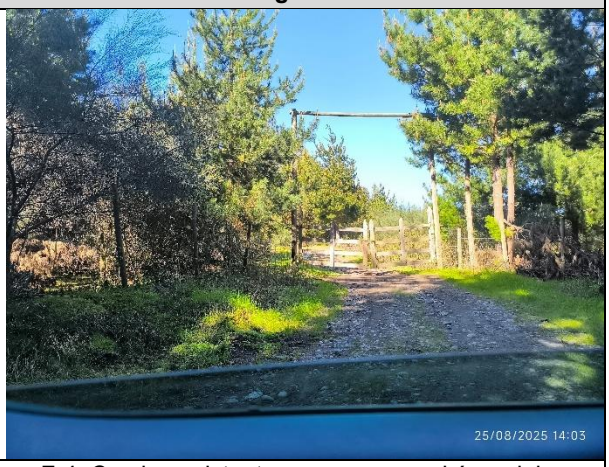
F-2: Vista general del acceso 2 Pahuil al área del Proyecto.

Fotografía 3



F-3: Vista general del acceso 2 Pahuil al área del Proyecto.

Fotografía 4



F-4: Camino existente que pasa por el área del Proyecto.

Fotografía 5



F-5: Vista general por el área del Proyecto hacia la ubicación del aerogenerador P11.

Fotografía 6



F-6: Camino existente que pasa por el área del Proyecto hacia la ubicación del aerogenerador P11.

Fotografía 7	**Fotografía 8**
	
F-7: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador P13.	F-8: Cauce identificado en el área del Proyecto entre la ubicación de los aerogeneradores P05 y P06.
Fotografía 9	**Fotografía 10**
	
F-9: Cauce identificado en el área del Proyecto entre la ubicación de los aerogeneradores P05 y P06.	F-10: Cauce identificado en el área del Proyecto entre la ubicación de los aerogeneradores P05 y P06.
Fotografía 11	**Fotografía 12**
	

F-11: Camino existente que pasa por el área del Proyecto.	F-12: Vista general del Río Pinotalca desde el área del Proyecto.
Fotografía 13	**Fotografía 14**
	
F-13: Vista general de humedal ubicado al oeste de la ubicación del aerogenerador F10, al lado este del camino del Proyecto.	F-14: Humedal (HU-OT-8438) ubicado al oeste de F10, al lado este del camino del Proyecto.
Fotografía 15	**Fotografía 16**
	
F-15: Vista general de la pendiente en el área del Proyecto al sur de la ubicación del aerogenerador F07.	F-16: Vista general de la pendiente en el área del Proyecto al sur de la ubicación del aerogenerador F08.
Fotografía 17	**Fotografía 18**



F-17: Vista general de humedal ubicado al sur de F08.



F-18: Vista general de humedal ubicado al sur de F08.

Fotografía 19



F-19: Vista general de humedal (HU-OT-8430) ubicado al sur de la ubicación del aerogenerador F08.

Fotografía 20



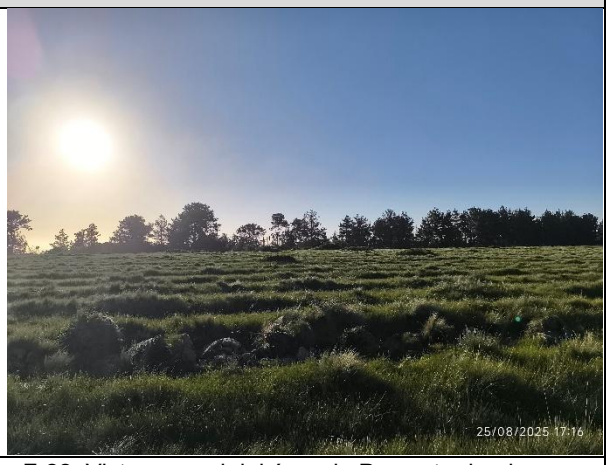
F-20: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador F05.

Fotografía 21

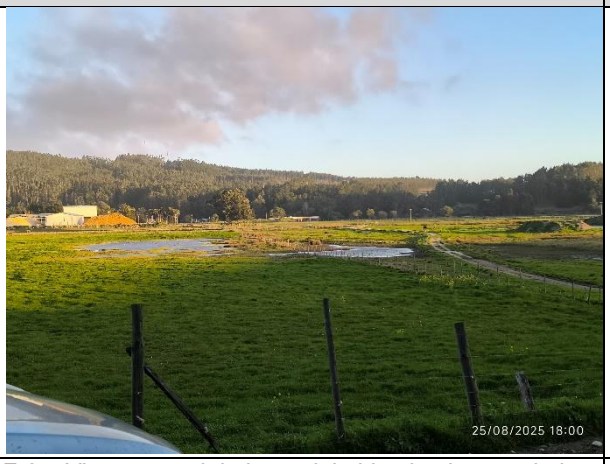
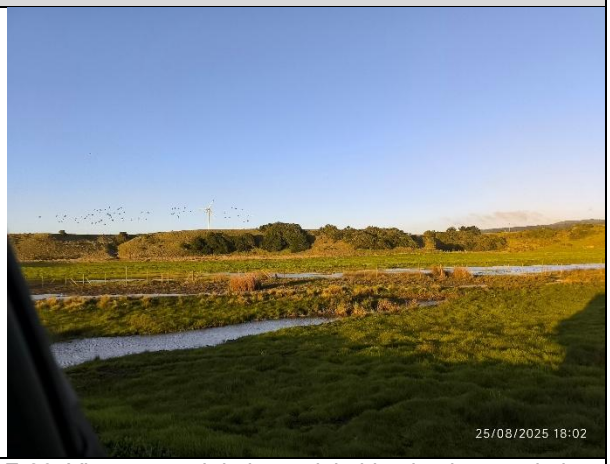
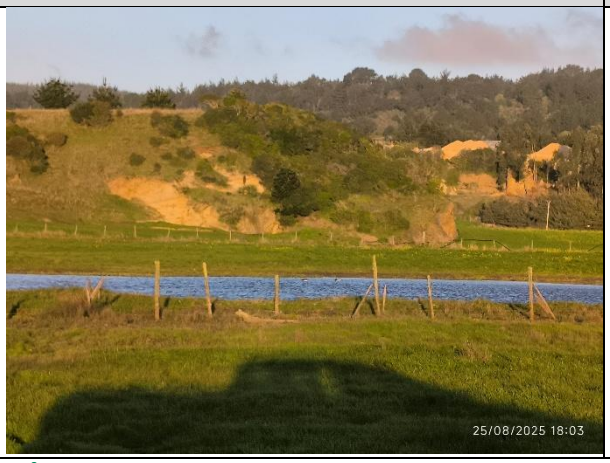


F-21: Vista general del área de Proyecto hacia donde se ubicará el aerogenerador F05.

Fotografía 22



F-22: Vista general del área de Proyecto donde se ubicará el aerogenerador F01.

Fotografía 23	Fotografía 24
	
F-23: Humedal (HU-OT-8408) ubicado entre la ubicación de los aerogeneradores F01 y F02.	F-24: Humedal ubicado entre la ubicación de los aerogeneradores F01 y F02.
Fotografía 25	**Fotografía 26**
	
F-25: Vista general de humedal ubicado al oeste de la ubicación de aerogenerador F10, al lado oeste del camino del Proyecto.	F-26: Vista general de humedal ubicado al oeste de la ubicación del aerogenerador F10, al lado oeste del camino del Proyecto.
Fotografía 27	**Fotografía 28**
	

F-27: Vista general de humedal ubicado al oeste de la ubicación del aerogenerador F10.	F-28: Humedal ubicado a un costado del camino del Proyecto.
Fotografía 29	**Fotografía 30**
	
F-29: Zona de áridos y canal ubicado a un costado del camino del Proyecto, al norte del Río Pinotalca.	F-30: Vista general de un costado del camino del Proyecto, al norte del Río Pinotalca.

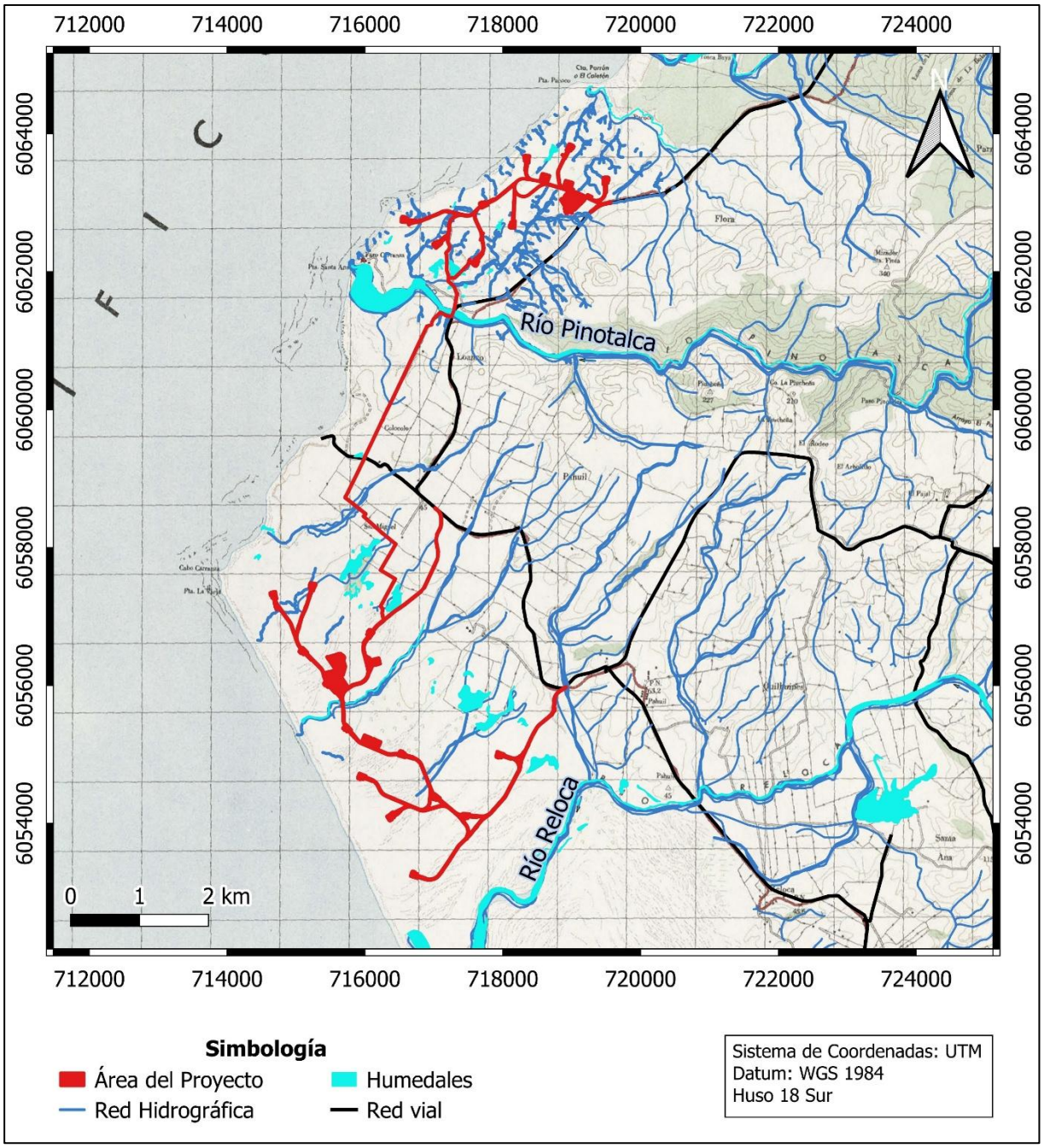
Fuente: Elaboración propia, 2025.

5.2.4 Red hidrográfica

En la Figura 5-10 se muestra la ubicación del Proyecto y se indican los principales cursos de agua que componen la red hidrográfica de la zona de estudio, lo cual se llevó a cabo con la carta IGM F-55 Chanco, además de la información recopilada durante la visita a terreno realizada y el Inventario Nacional de Humedales.

De acuerdo con la red hidrográfica identificada se observa que el área del Proyecto está ubicada al norte del Río Reloca, pasa por el Río Pinotalca y otros cauces que corresponden a Quebradas Sin Nombre, canales, cursos de agua intermitentes, zonas de acumulación de aguas y humedales.

Figura 5-10. Red hidrográfica identificada

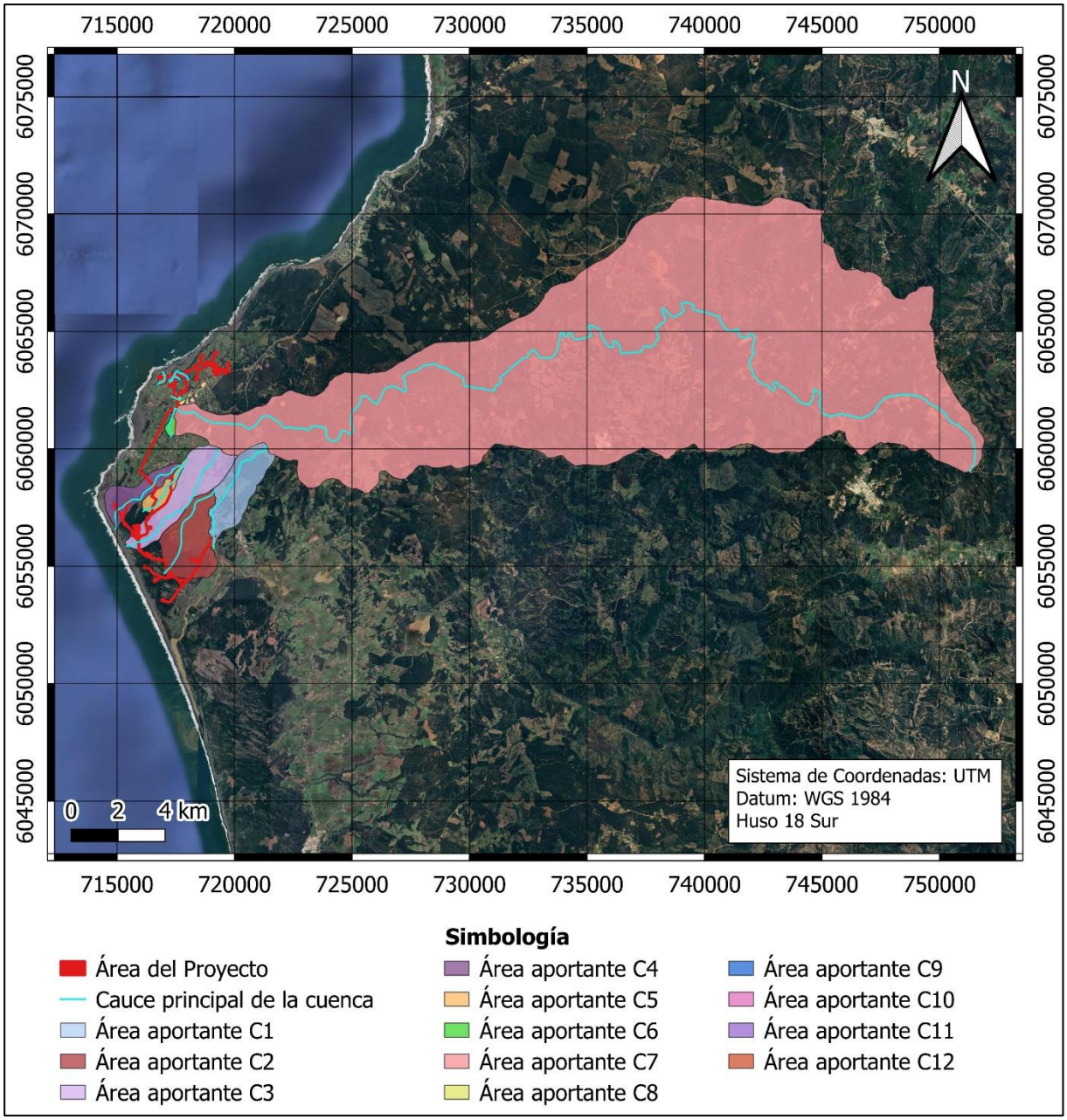


Fuente: Elaboración propia, 2025.

5.2.5 Características de las áreas aportantes a la zona de estudio

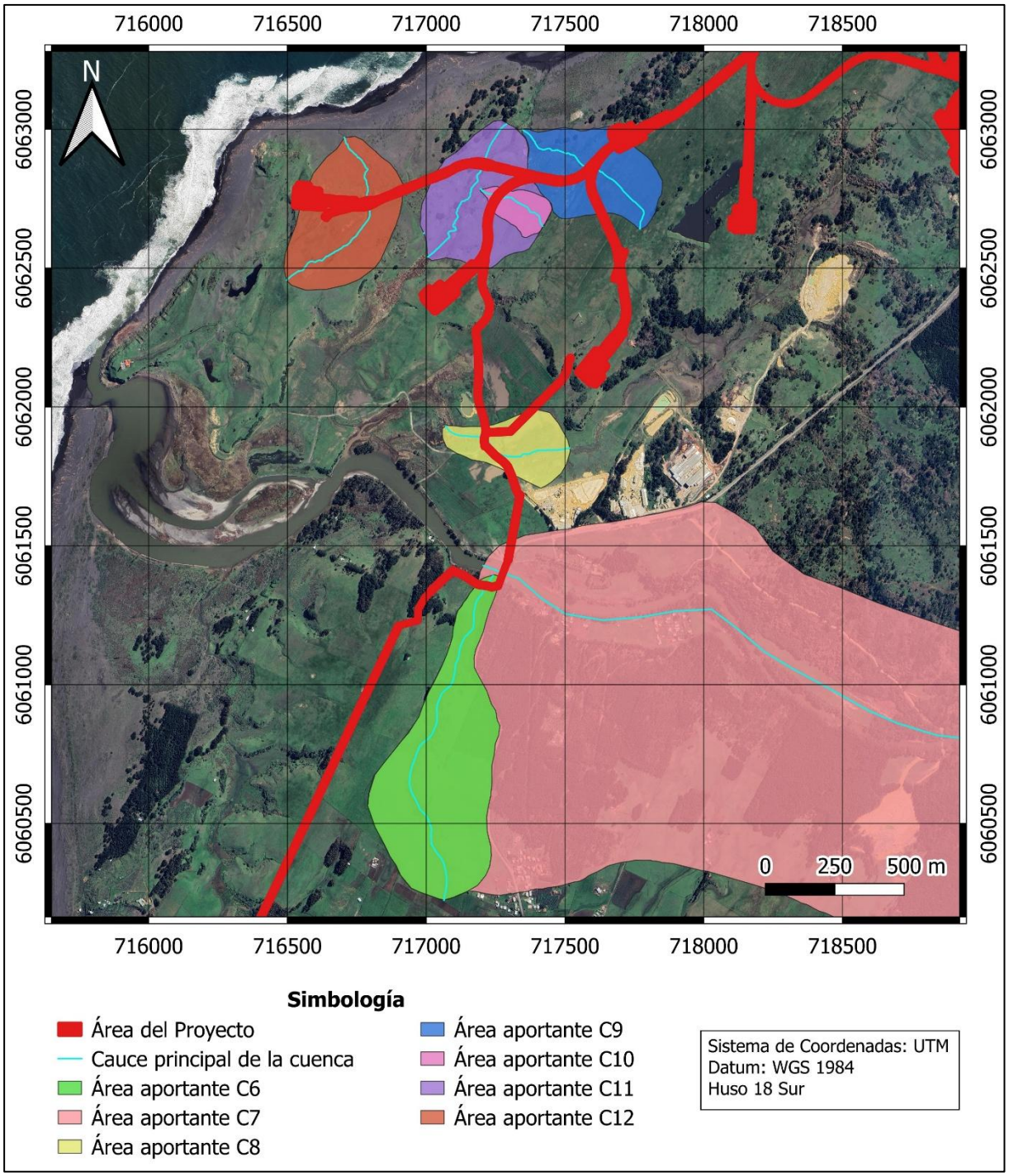
Se han identificado diferentes cauces naturales en el área donde se ubicará el Proyecto, por lo que se han definido las microcuencas aportantes que se muestran en la Figura 5-11 (ver detalle en Figura 5-12 y Figura 5-13).

Figura 5-11. Microcuencas aportantes al área de Proyecto



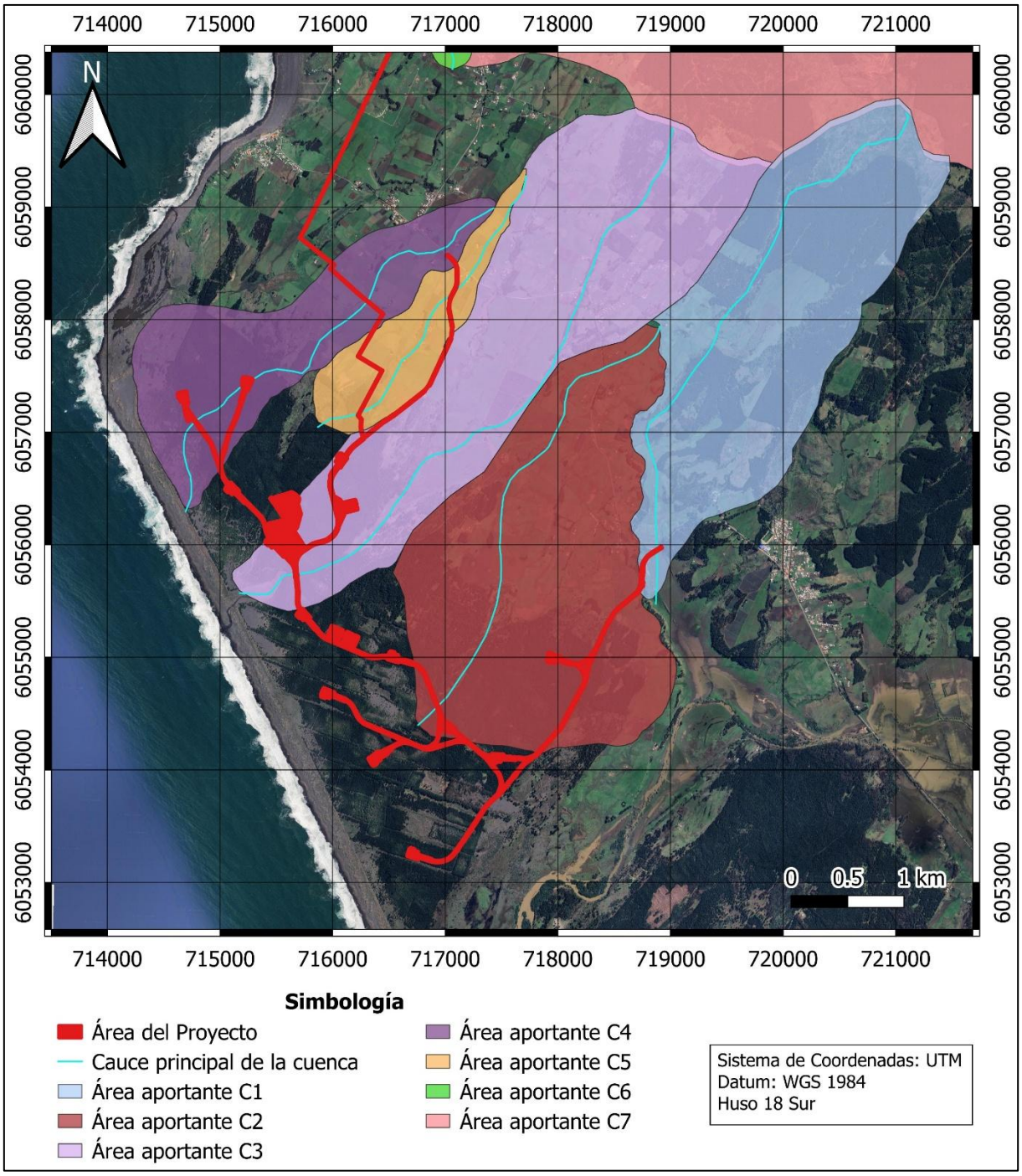
Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 5-12. Microcuencas aportantes en la zona norte del área de Proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 5-13. Microcuencas aportantes en la zona sur del área de Proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la Tabla 5-7 se resumen los datos morfométricos de las microcuencas identificadas.

Tabla 5-7. Datos morfométricos microcuencas aportantes

Área aportante	A_t (km²)	L (km)	H_{min}(m)	H_{max}(m)
Área C1	5,51	5,45	18,00	194,00
Área C2	7,71	4,45	19,00	74,00
Área C3	6,26	6,08	8,00	121,00
Área C4	2,95	4,37	12,00	61,00
Área C5	1,25	3,04	39,00	67,00
Área C6	0,31	1,29	10,00	63,00
Área C7	221,00	53,14	10,00	668,00
Área C8	0,08	0,49	8,00	10,00
Área C9	0,13	0,63	23,00	35,00
Área C10	0,03	0,28	24,00	30,00
Área C11	0,17	0,58	21,00	23,00
Área C12	0,16	0,70	11,00	32,00

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Donde:

A_t : Área total de la cuenca.

L : Longitud cauce principal.

H_{min} : Cota menor área aportante.

H_{max} : Cota mayor área aportante

En la Tabla 5-8 se muestran los resultados de tiempo de concentración obtenidos.

Tabla 5-8. Tiempos de concentración resultantes

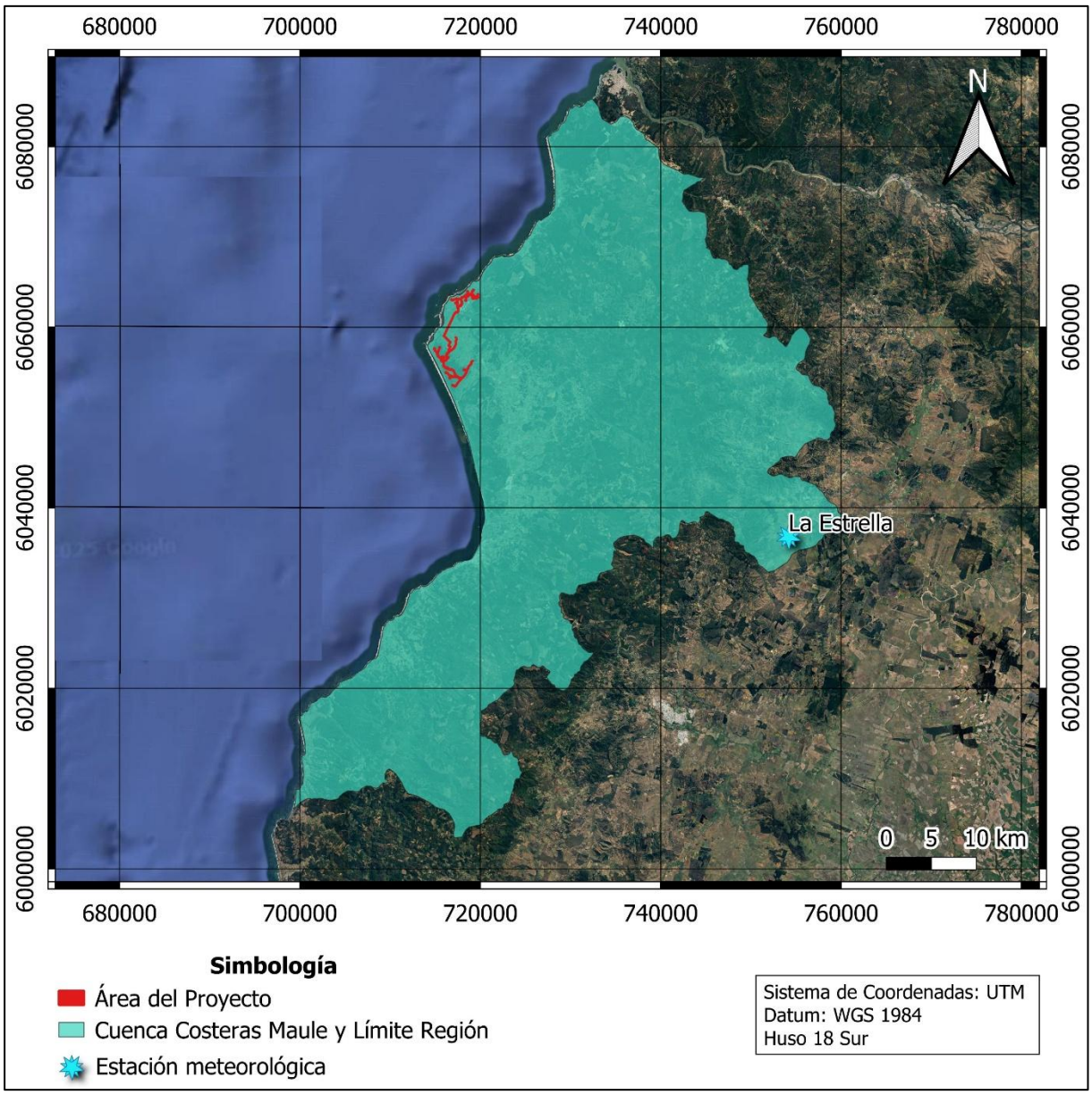
Área aportante	Tiempo de Concentración (horas)			
	Kirpich	C.C.P.	Giandotti	t_c adoptado
Área C1	0,92	0,92	No cumple	0,92
Área C2	1,14	1,14	No cumple	1,14
Área C3	1,23	1,24	No cumple	1,23
Área C4	1,16	1,16	No cumple	1,16
Área C5	0,95	0,95	No cumple	0,95
Área C6	0,28	0,28	No cumple	0,28
Área C7	7,66	7,67	No cumple	7,66
Área C8	0,32	0,32	No cumple	0,32
Área C9	0,21	0,21	No cumple	0,21
Área C10	0,11	0,11	No cumple	0,11
Área C11	0,39	0,39	No cumple	0,39
Área C12	0,19	0,19	No cumple	0,19

Fuente: Elaboración propia, 2025.

5.3 PLUVIOMETRÍA DEL SECTOR

El cálculo de las precipitaciones máximas se realizó verificando las estaciones meteorológicas de la DGA cercanas al lugar de estudio, que se encuentren en estado vigente. Considerando lo anterior, cumple con las condiciones y cuenta con datos registrados la estación meteorológica que se muestra en la Figura 5-16, y en la Tabla 5-13 se indican sus principales características.

Figura 5-14. Estaciones meteorológicas cercanas al entorno del Proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-9. Datos estación meteorológica

Código BNA	Nombre Estación	Coordenadas UTM WGS 84 – Huso 18 Sur		Altitud (msnm)	Fecha Inicio
		Este (m)	Norte (m)		
07340002-3	La Estrella	753.932	6.036.471	200	01-01-1990

Fuente: Elaboración propia, 2025.

5.3.1 Registros de precipitaciones

Para realizar el análisis estadístico de las precipitaciones, en la Tabla 5-10 se muestran los valores de precipitaciones registradas por la estación La Estrella, la que consta de un total de 32 años de registro (desde el año 1992 al 2025).

Tabla 5-10. Registro de precipitaciones máximas en 24 horas, estación La Estrella – periodo 1992 - 2025

Año	Fecha	Precipitación máxima en 24 horas (mm)
1992	16/09	55,60
1993	16/04	37,60
1994	19/07	52,00
1995	15/06	52,50
1996	11/06	54,00
1997	19/06	68,50
1998	10/09	35,50
1999	04/09	57,00
2000	09/09	81,50
2001	16/07	69,50
2002	23/08	83,50
2003	20/05	55,50
2004	21/07	56,50
2005	26/06	66,50
2006	11/07	72,50
2007	12/07	46,50
2008	19/05	74,50
2009	18/06	55,50
2010	13/06	55,50
2011	18/06	66,70
2012	26/05	75,00
2013	02/05	46,00
2014	03/06	43,40
2015	11/07	61,60
2016	13/07	30,20
2017	24/06	62,00
2018	13/12	5,60
2019	27/06	43,60
2020	18/07	58,90
2021	01/05	64,50
2022	-	-

Año	Fecha	Precipitación máxima en 24 horas (mm)
2023	-	-
2024	03/11	4,90
2025	14/06	46,20

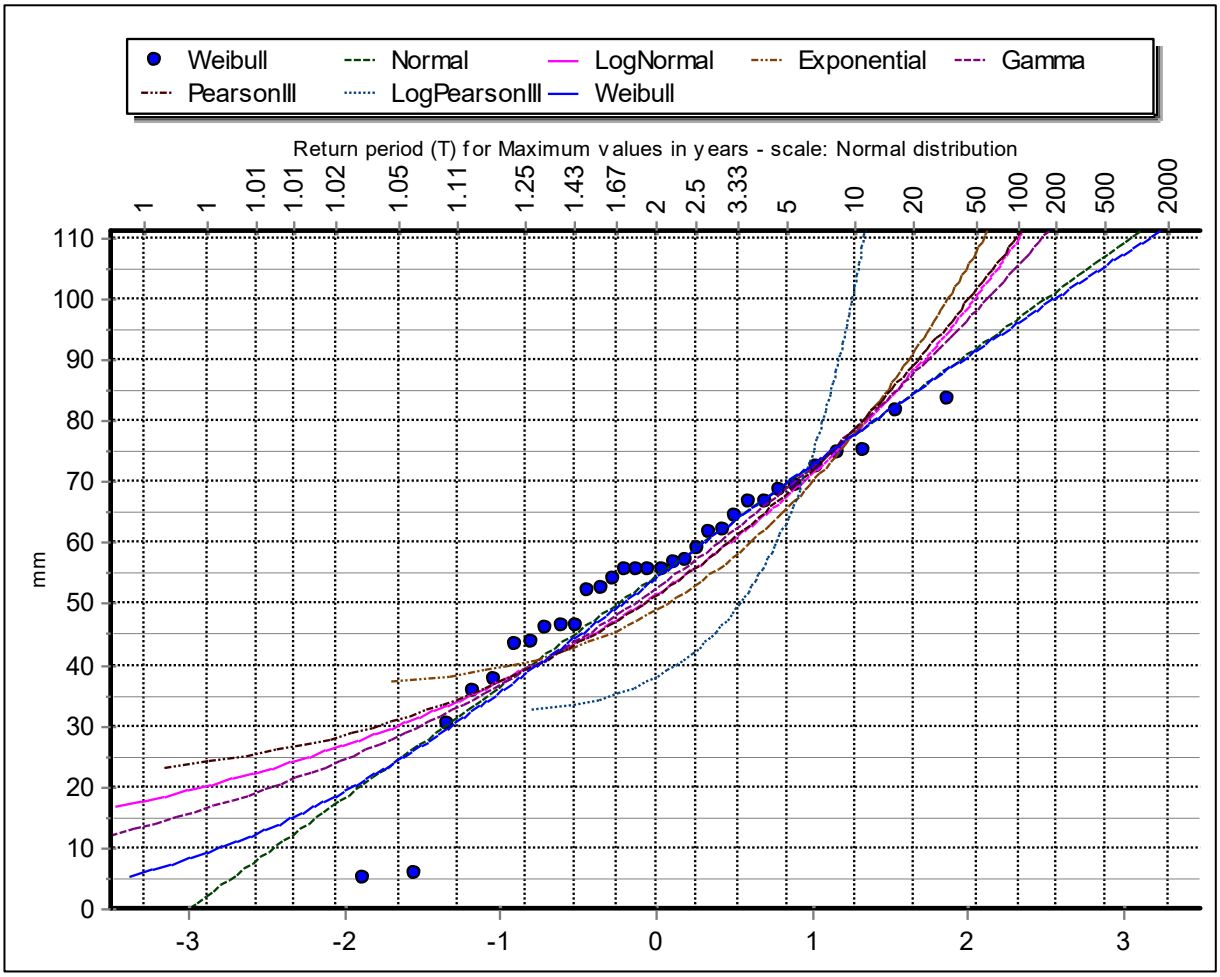
Fuente: Elaboración Propia con datos de Información Oficial Hidrometeorológica en Línea – DGA

5.3.2 Análisis de frecuencia precipitaciones máximas

Las precipitaciones máximas para distintos períodos de retorno se obtuvieron mediante un análisis de frecuencia para la curva formada por los registros históricos de precipitación, el cual consistió en generar una curva de ajuste a la curva Weibull. Para el análisis se utilizaron las distribuciones de probabilidad Normal, LogNormal, Exponencial, Gamma, Pearson III, Log Pearson III y Weibull.

En la Figura 5-17 se muestra el análisis de frecuencia de estas distribuciones y en la Tabla 5-17 se muestran los resultados de realizar la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.

Figura 5-15. Análisis de frecuencia de precipitaciones, estación La Estrella



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-11. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, estación La Estrella

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1%	a=5%	a=10%	Porcentaje	DMax
Normal	Acepto	Acepto	Acepto	72,95%	0,115
Log Normal	Acepto	Acepto	Acepto	22,89%	0,178
Exponencial	Acepto	Rechazo	Rechazo	3,16%	0,248
Gamma	Acepto	Acepto	Acepto	34,40%	0,159
Pearson III	Acepto	Acepto	Acepto	18,64%	0,186
Log Pearson III	Rechazo	Rechazo	Rechazo	0,00%	0,442
Weibull	Acepto	Acepto	Acepto	68,63%	0,120

Fuente: Elaboración propia, 2025.

5.3.3 Precipitaciones máximas de diseño

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 5-11, la distribución de probabilidad Normal es la que presenta el mayor ajuste en comparación con las demás distribuciones analizadas, por lo tanto, para la estimación de caudales máximos se utilizará el set de precipitaciones obtenido con esta distribución.

Los valores de precipitación máxima diaria para distintos periodos de retorno se muestran en la Tabla 5-12, y se aumentaron con el coeficiente de corrección de 1,1 considerando lo dispuesto en el *Manual de Carreteras Volumen N°3* (MOP, 2024).

Tabla 5-12. Precipitaciones máximas diarias para distintos periodos de retorno

Periodo de retorno T (años)	Pp máxima 24 horas (mm)	Pp máxima diaria (mm)
2	54,3	59,8
5	69,6	76,6
10	77,6	85,4
25	86,1	94,7
50	91,6	100,8
100	96,6	106,2
150	99,3	109,2

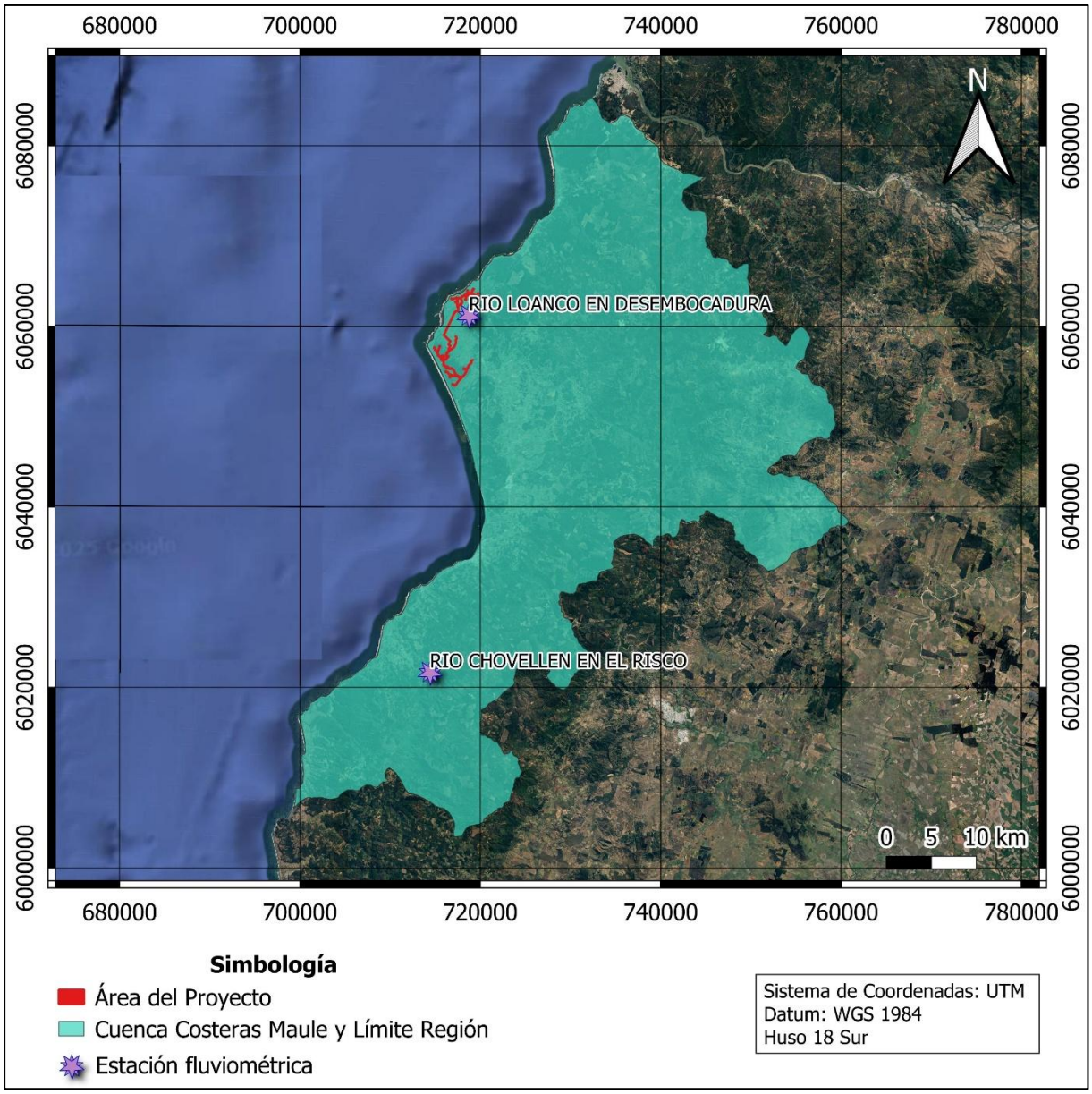
Fuente: Elaboración propia, 2025.

5.4 ANÁLISIS HIDROLÓGICO

El cálculo de los caudales máximos se realizó verificando las estaciones fluviométricas de la DGA cercanas al lugar de estudio, que se encuentren en estado vigente y que posean una altitud similar a la zona de estudio.

En la Figura 5-16 se muestran las estaciones que, considerando lo anterior, cumplen con las condiciones y cuentan con datos registrados, y en la Tabla 5-13 se indican sus principales características.

Figura 5-16. Estaciones fluviométricas de la DGA



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-13. Datos estaciones fluviométricas de la DGA

Código BNA	Nombre Estación	Coordenadas UTM WGS 84 – Huso 18 Sur		Altitud (msnm)	Fecha Inicio
		Este (m)	Norte (m)		
07400001-0	Río Loanco en Desembocadura	718.503	6.060.893	20	01-12-1987
07440000-0	Río Chovellen en El Risco	714.179	6.021.369	21	15-12-2017

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Para realizar el análisis estadístico de los caudales, la estación fluviométrica seleccionada es Río Loanco en Desembocadura, debido a la cercanía al Proyecto y a ser la estación que cuenta con un mayor registro de caudales máximos en relación con la estación Río Chovellen en El Risco.

5.4.1 Registros de caudales máximos instantáneos

Realizando el filtro de los registros de caudal máximo instantáneo de la estación seleccionada, se determinaron los caudales máximos de cada año registrado por la estación. La estación Río Loanco en Desembocadura cuenta con un registro de caudales máximos instantáneos entre los años 1988 y 2021, en la Tabla 5-14 se muestran los registros obtenidos.

Tabla 5-14. Registro de caudales máximos instantáneos estación Río Loanco en Desembocadura de la DGA

Año	Caudal máximo inst. (m^3/s)
1988	581,18
1989	132,32
1990	61,40
1991	360,08
1992	854,88
1993	70,63
1994	26,06
1995	66,93
1996	45,13
1997	490,92
1998	25,10
1999	254,44
2000	475,56
2001	649,48
2002	152,27
2003	30,66
2004	320,56
2005	592,60
2006	-
2007	105,00
2008	643,00
2009	485,99
2010	51,90

Año	Caudal máximo inst. (m³/s)
2011	-
2012	-
2013	51,43
2014	144,81
2015	184,13
2016	-
2017	268,97
2018	117,03
2019	49,25
2020	374,10
2021	36,27

Fuente: Elaboración Propia con datos de Información Oficial Hidrometeorológica en Línea – DGA, 2025.

5.4.2 Caudales afluentes a la zona del Proyecto

En la Tabla 5-15 y Tabla 5-16 se muestran los valores de caudales obtenidos de la transposición para cada punto de control, utilizando los datos de las cuencas definidas.

Tabla 5-15. Caudales máximos instantáneos (1 de 2)

Año	Caudal máximo instantáneo (m³/s)					
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6
1988	14,47	20,25	16,44	7,75	3,28	0,81,
1989	3,29	4,61	3,74	1,76	0,75	0,19,
1990	1,53	2,14	1,74	0,82	0,35	0,09,
1991	8,97	12,55	10,19	4,80	2,03	0,50,
1992	21,29	29,78	24,18	11,40	4,83	1,20,
1993	1,76	2,46	2,00	0,94	0,40	0,10,
1994	0,65	0,91	0,74	0,35	0,15	0,04,
1995	1,67	2,33	1,89	0,89	0,38	0,09,
1996	1,12	1,57	1,28	0,60	0,25	0,06,
1997	12,22	17,10	13,89	6,54	2,77	0,69,
1998	0,62	0,87	0,71	0,33	0,14	0,04,
1999	6,34	8,86	7,20	3,39	1,44	0,36,
2000	11,84	16,57	13,45	6,34	2,69	0,67,
2001	16,17	22,63	18,37	8,66	3,67	0,91,
2002	3,79	5,31	4,31	2,03	0,86	0,21,
2003	0,76	1,07	0,87	0,41	0,17	0,04,
2004	7,98	11,17	9,07	4,27	1,81	0,45,
2005	14,75	20,65	16,76	7,90	3,35	0,83,
2006	-	-	-	-	-	-
2007	2,61	3,66	2,97	1,40	0,59	0,15,
2008	16,01	22,40	18,19	8,57	3,63	0,90,
2009	12,10	16,93	13,75	6,48	2,75	0,68,
2010	1,29	1,81	1,47	0,69	0,29	0,07,

Año	Caudal máximo instantáneo (m³/s)					
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6
2011	-	-	-	-	-	-
2012	-	-	-	-	-	-
2013	1,28	1,79	1,45	0,69	0,29	0,07,
2014	3,61	5,05	4,10	1,93	0,82	0,20,
2015	4,58	6,42	5,21	2,45	1,04	0,26,
2016	-	-	-	-	-	-
2017	6,70	9,37	7,61	3,59	1,52	0,38,
2018	2,91	4,08	3,31	1,56	0,66	0,16,
2019	1,23	1,72	1,39	0,66	0,28	0,07,
2020	9,31	13,03	10,58	4,99	2,11	0,52,
2021	0,90	1,26	1,03	0,48	0,20	0,05,

Fuente: Elaboración Propia, 2025

Tabla 5-16. Caudales máximos instantáneos (2 de 2)

Año	Caudal máximo instantáneo (m³/s)					
	Área 7	Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12
1988	581,18	0,210	0,34	0,08	0,45	0,42
1989	132,32	0,048	0,08	0,02	0,10	0,10
1990	61,40	0,022	0,04	0,01	0,05	0,04
1991	360,08	0,130	0,21	0,05	0,28	0,26
1992	854,88	0,309	0,50	0,12	0,66	0,62
1993	70,63	0,026	0,04	0,01	0,05	0,05
1994	26,06	0,009	0,02	0,00	0,02	0,02
1995	66,93	0,024	0,04	0,01	0,05	0,05
1996	45,13	0,016	0,03	0,01	0,03	0,03
1997	490,92	0,177	0,29	0,07	0,38	0,35
1998	25,10	0,009	0,01	0,00	0,02	0,02
1999	254,44	0,092	0,15	0,03	0,20	0,18
2000	475,56	0,172	0,28	0,06	0,37	0,34
2001	649,48	0,235	0,38	0,09	0,50	0,47
2002	152,27	0,055	0,09	0,02	0,12	0,11
2003	30,66	0,011	0,02	0,00	0,02	0,02
2004	320,56	0,116	0,19	0,04	0,25	0,23
2005	592,6	0,214	0,35	0,08	0,46	0,43
2006	-	-	-	-	-	-
2007	105	0,038	0,06	0,01	0,08	0,08
2008	643	0,232	0,38	0,09	0,49	0,46
2009	485,99	0,176	0,29	0,07	0,37	0,35
2010	51,9	0,019	0,03	0,01	0,04	0,04
2011	-	-	-	-	-	-

Año	Caudal máximo instantáneo (m³/s)					
	Área 7	Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12
2012	-	-	-	-	-	-
2013	51,43	0,019	0,03	0,01	0,04	0,04
2014	144,81	0,052	0,09	0,02	0,11	0,10
2015	184,13	0,067	0,11	0,02	0,14	0,13
2016	-	-	-	-	-	-
2017	268,97	0,097	0,16	0,04	0,21	0,19
2018	117,03	0,042	0,07	0,02	0,09	0,08
2019	49,25	0,018	0,03	0,01	0,04	0,04
2020	374,1	0,135	0,22	0,05	0,29	0,27
2021	36,27	0,013	0,02	0,00	0,03	0,03

Fuente: Elaboración Propia, 2025

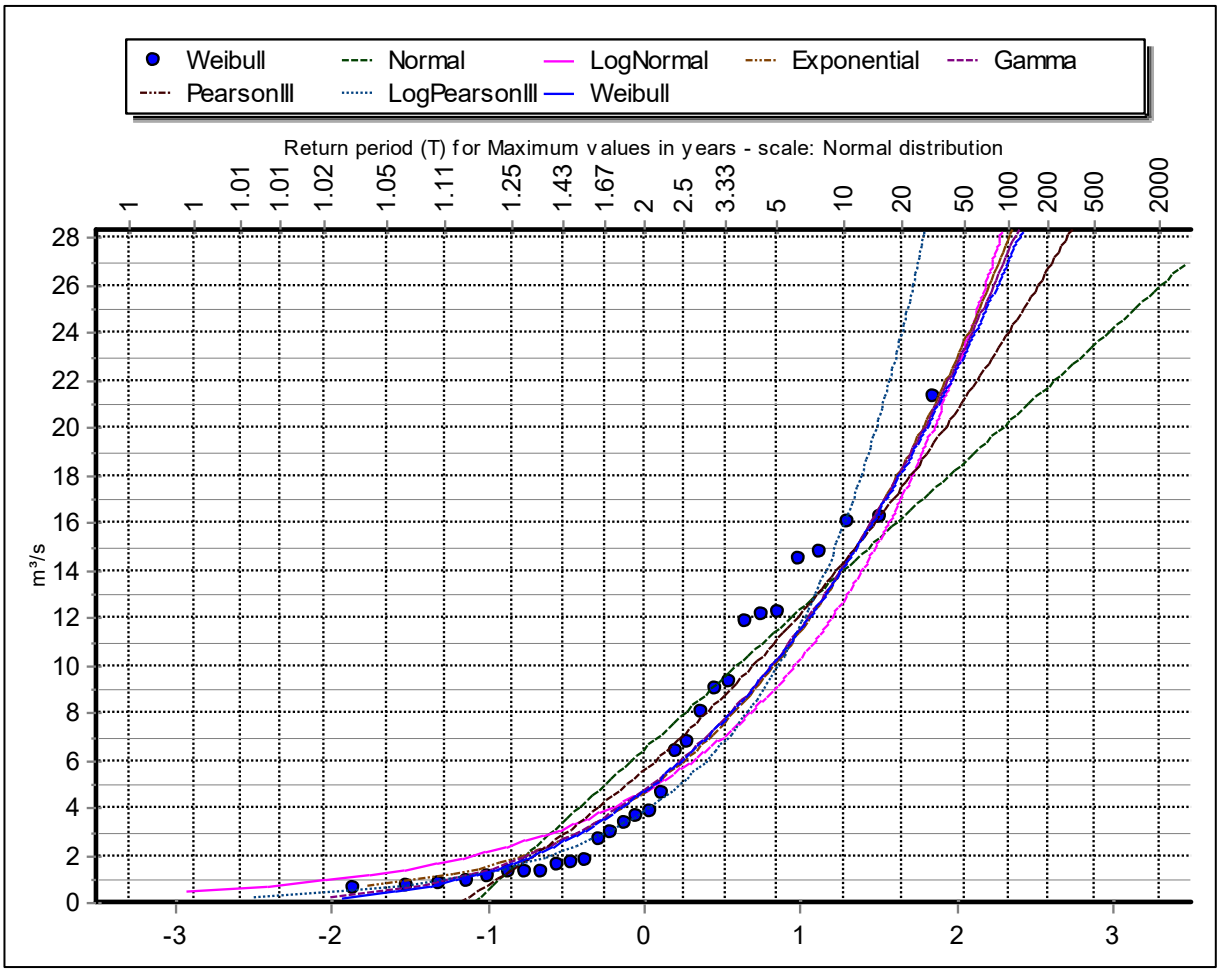
5.4.3 Análisis estadístico para caudales máximos instantáneos

Los caudales máximos para distintos períodos de retorno se obtuvieron mediante un análisis de frecuencia para la curva formada por los registros históricos de caudal, el cual consistió en generar una curva de ajuste a la curva Weibull. Para el análisis se utilizaron las distribuciones de probabilidad Normal, LogNormal, Exponencial, Gamma, Pearson III, Log Pearson III y Weibull.

a) <u>Área aportante 1:</u>

En la Figura 5-17 se muestra el análisis de frecuencia de estas distribuciones para la estación seleccionada y en la Tabla 5-17 se muestran los resultados de realizar la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.

Figura 5-17. Análisis de frecuencia, Área aportante 1



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-17. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 1

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1 %	a=5 %	a=10 %	Porcentaje	DMax
Normal	Aceptado	Aceptado	Aceptado	21,20%	0,186
Log Normal	Aceptado	Rechazado	Rechazado	3,95%	0,248
Exponencial	Aceptado	Aceptado	Aceptado	37,33%	0,160
Gamma	Aceptado	Aceptado	Aceptado	46,90%	0,147
Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	52,24%	0,141
Log Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	80,01%	0,110
Weibull	Aceptado	Aceptado	Aceptado	52,28%	0,141

Fuente: Elaboración propia, 2025.

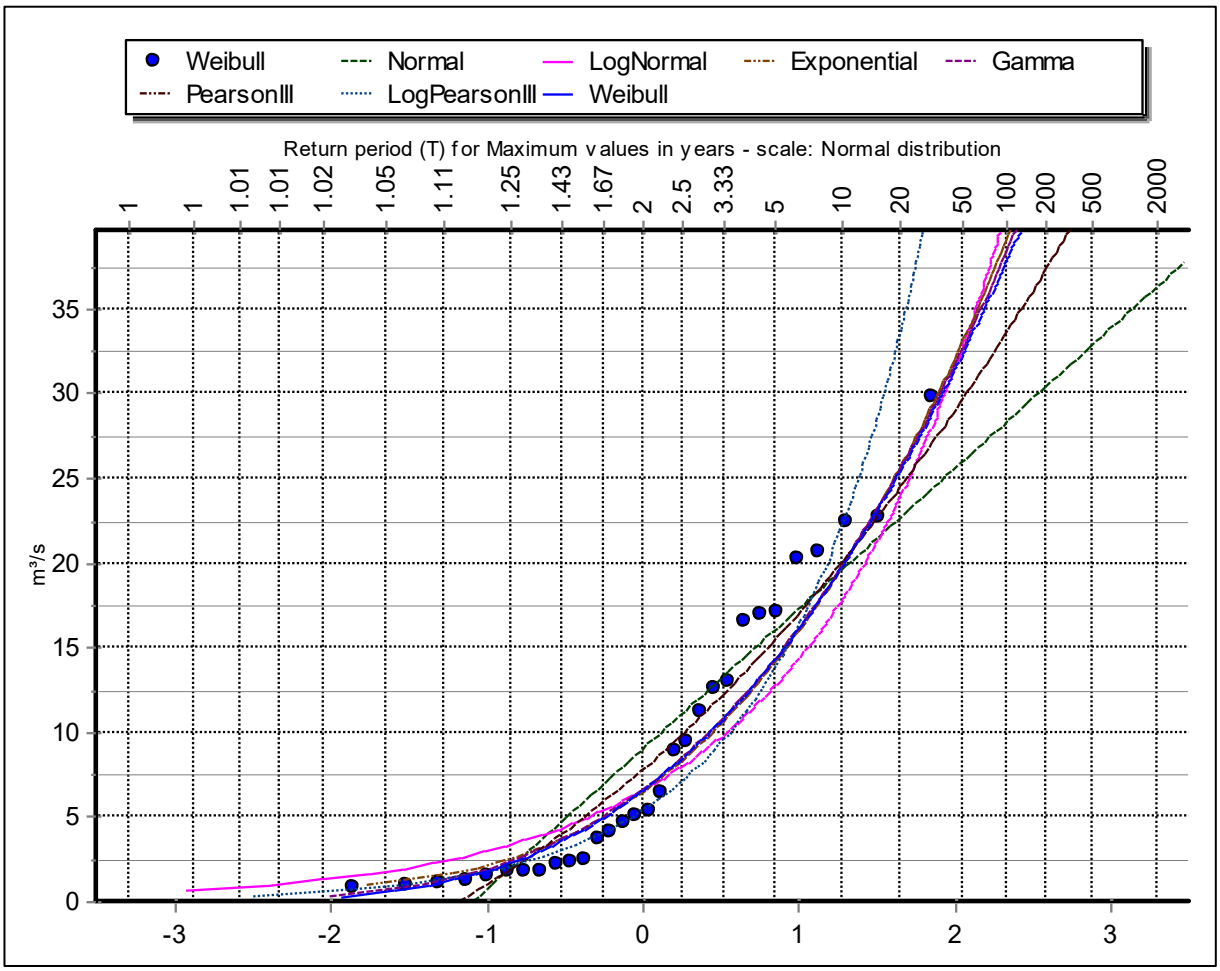
De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 5-17, la distribución de probabilidad Log Pearson III es la que presenta el mayor ajuste en comparación con las demás distribuciones analizadas, por lo tanto,

para la estimación de caudales máximos se utilizará lo obtenido con esta distribución, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5-29.

b) Área aportante 2:

En la Figura 5-18 se muestra el análisis de frecuencia de estas distribuciones para la estación seleccionada y en la Tabla 5-18 se muestran los resultados de realizar la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.

Figura 5-18. Análisis de frecuencia, Área aportante 2



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-18. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 2

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1 %	a=5 %	a=10 %	Porcentaje	DMax
Normal	Aceptado	Aceptado	Aceptado	21,30%	0,186
Log Normal	Aceptado	Rechazado	Rechazado	3,91%	0,249
Exponencial	Aceptado	Aceptado	Aceptado	36,99%	0,160
Gamma	Aceptado	Aceptado	Aceptado	46,59%	0,148
Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	52,46%	0,141

Log Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	79,53%	0,111
Weibull	Aceptado	Aceptado	Aceptado	51,98%	0,142

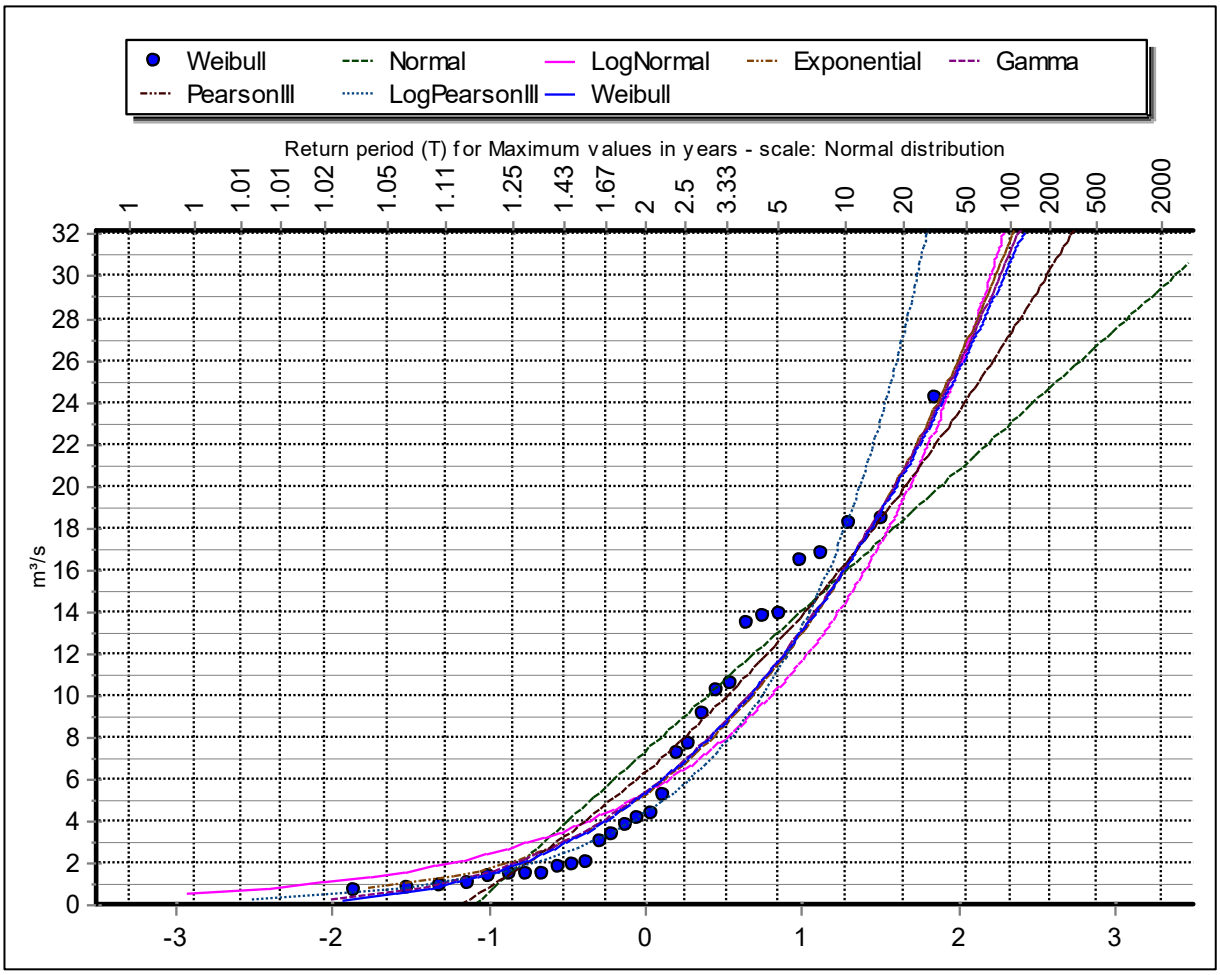
Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 5-18, la distribución de probabilidad Log Pearson III es la que presenta el mayor ajuste en comparación con las demás distribuciones analizadas, por lo tanto, para la estimación de caudales máximos se utilizará lo obtenido con esta distribución, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5-29.

c) <u>Área aportante 3:</u>

En la Figura 5-19 se muestra el análisis de frecuencia de estas distribuciones para la estación seleccionada y en la Tabla 5-19 se muestran los resultados de realizar la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.

Figura 5-19. Análisis de frecuencia, Área aportante 3



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-19. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 3

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1 %	a=5 %	a=10 %	Porcentaje	DMax
Normal	Aceptado	Aceptado	Aceptado	21,26%	0,186
Log Normal	Aceptado	Rechazado	Rechazado	3,94%	0,249
Exponencial	Aceptado	Aceptado	Aceptado	37,17%	0,160
Gamma	Aceptado	Aceptado	Aceptado	46,78%	0,148
Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	52,35%	0,141
Log Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	79,64%	0,111
Weibull	Aceptado	Aceptado	Aceptado	52,18%	0,141

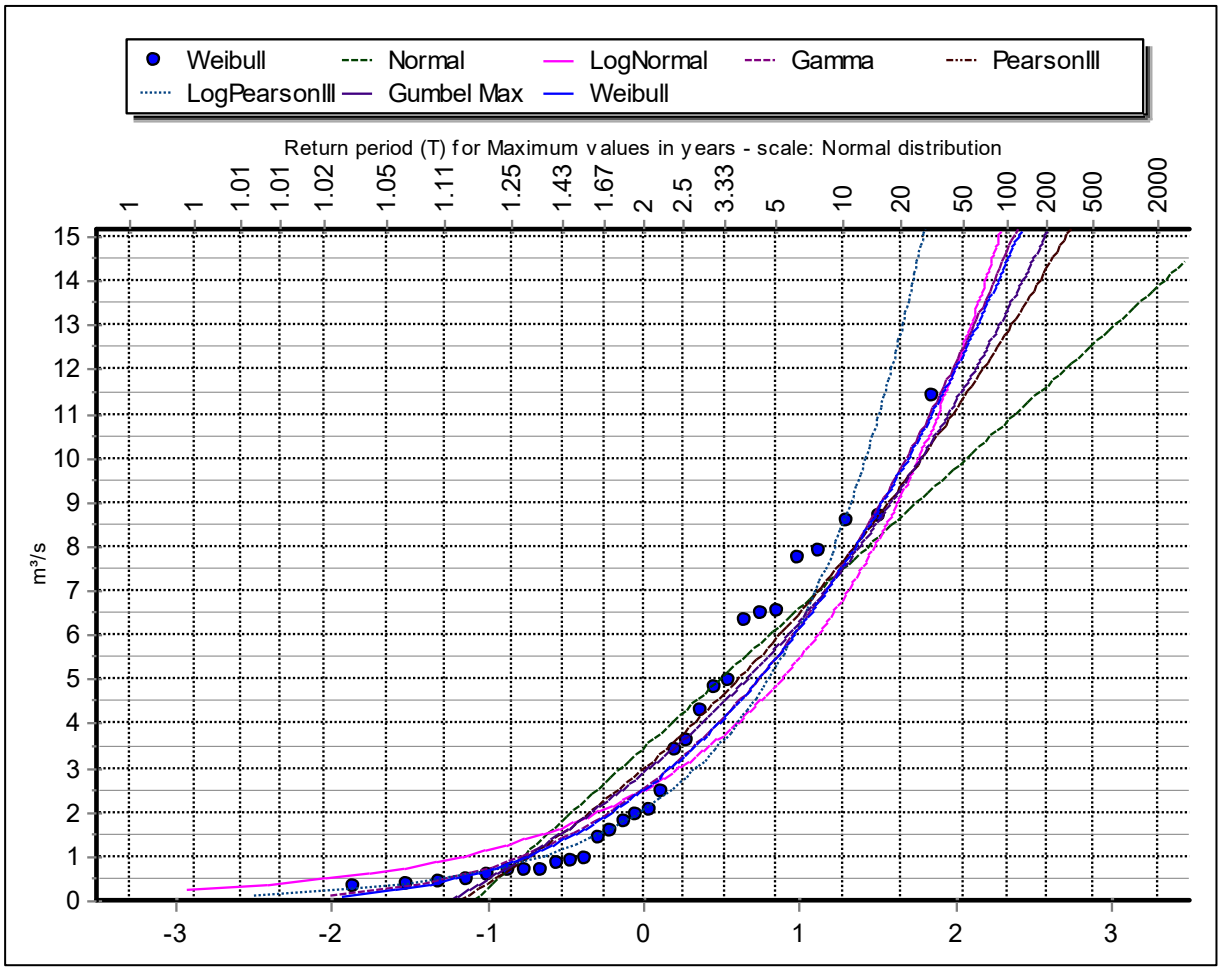
Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 5-19, la distribución de probabilidad Log Pearson III es la que presenta el mayor ajuste en comparación con las demás distribuciones analizadas, por lo tanto, para la estimación de caudales máximos se utilizará lo obtenido con esta distribución, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5-29.

d) Área aportante 4:

En la Figura 5-20 se muestra el análisis de frecuencia de estas distribuciones para la estación seleccionada y en la Tabla 5-20 se muestran los resultados de realizar la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.

Figura 5-20. Análisis de frecuencia, Área aportante 4



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-20. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 4

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1 %	a=5 %	a=10 %	Porcentaje	DMax
Normal	Aceptado	Aceptado	Aceptado	21,24%	0,186
Log Normal	Aceptado	Rechazado	Rechazado	3,88%	0,249
Exponencial	Aceptado	Aceptado	Aceptado	36,91%	0,160
Gamma	Aceptado	Aceptado	Aceptado	46,48%	0,148
Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	52,35%	0,141
Log Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	79,32%	0,111
Weibull	Aceptado	Aceptado	Aceptado	51,85%	0,142

Fuente: Elaboración propia, 2025.

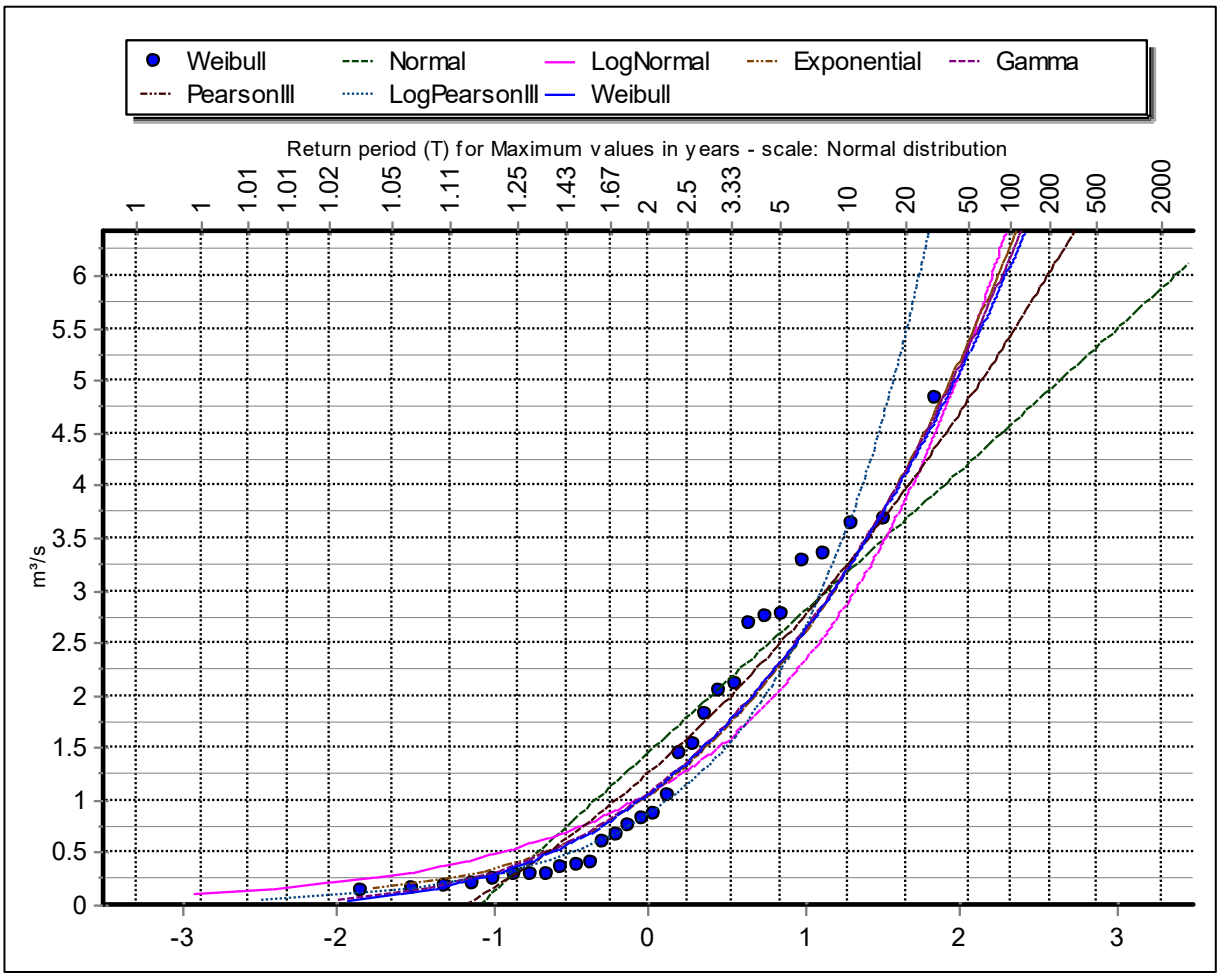
De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 5-20, la distribución de probabilidad Log Pearson III es la que presenta el mayor ajuste en comparación con las demás distribuciones analizadas, por lo tanto,

para la estimación de caudales máximos se utilizará lo obtenido con esta distribución, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5-29.

e) Área aportante 5:

En la Figura 5-21 se muestra el análisis de frecuencia de estas distribuciones para la estación seleccionada y en la Tabla 5-21 se muestran los resultados de realizar la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.

Figura 5-21. Análisis de frecuencia, Área aportante 5



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-21. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 5

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1 %	a=5 %	a=10 %	Porcentaje	DMax
Normal	Aceptado	Aceptado	Aceptado	21,24%	0,186
Log Normal	Aceptado	Rechazado	Rechazado	4,01%	0,248
Exponencial	Aceptado	Aceptado	Aceptado	37,76%	0,159
Gamma	Aceptado	Aceptado	Aceptado	47,30%	0,147

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1 %	a=5 %	a=10 %	Porcentaje	DMax
Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	52,32%	0,141
Log Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	80,91%	0,109
Weibull	Aceptado	Aceptado	Aceptado	52,69%	0,141

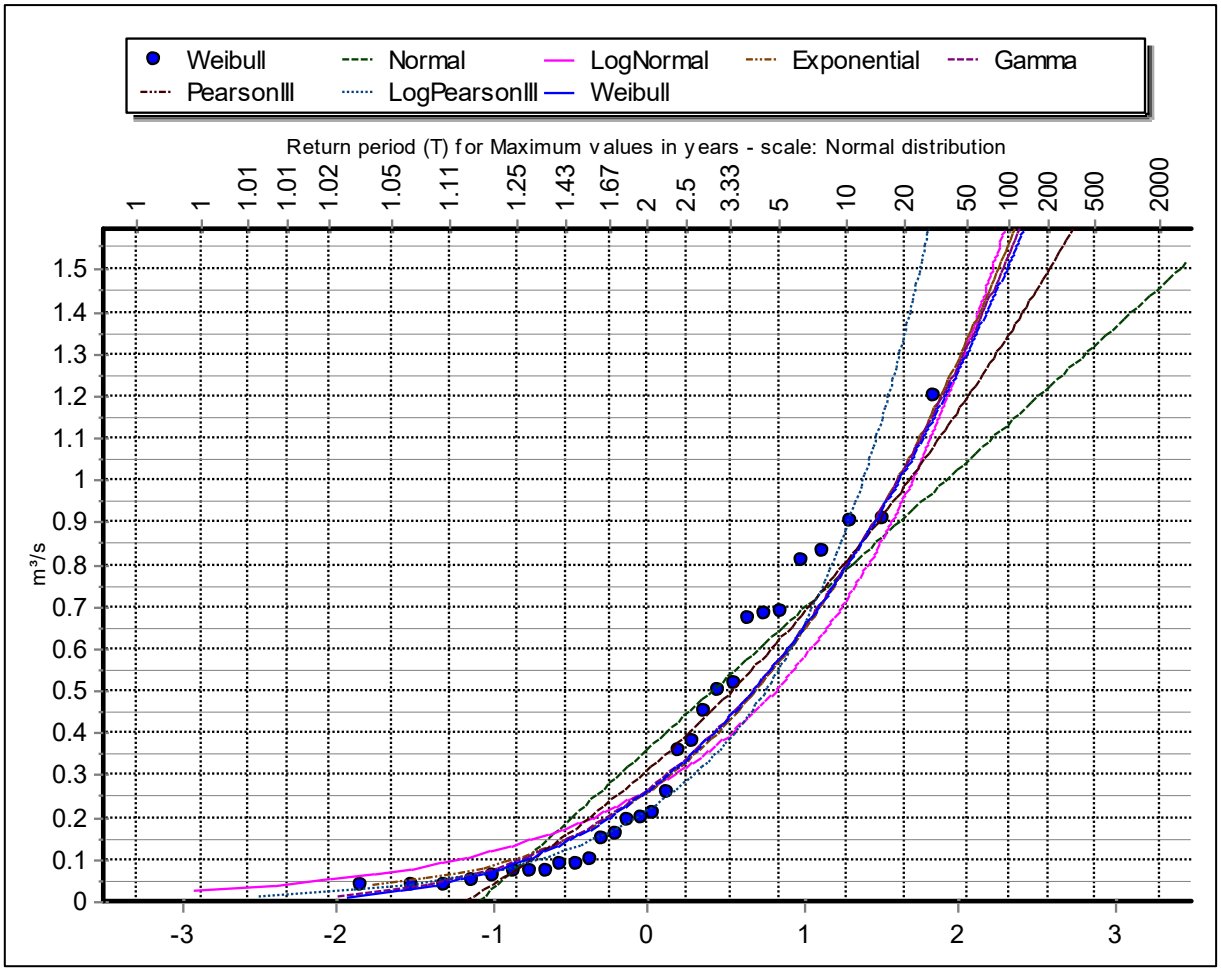
Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 5-21, la distribución de probabilidad Log Pearson III es la que presenta el mayor ajuste en comparación con las demás distribuciones analizadas, por lo tanto, para la estimación de caudales máximos se utilizará lo obtenido con esta distribución, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5-29.

f) <u>Área aportante 6:</u>

En la Figura 5-22 se muestra el análisis de frecuencia de estas distribuciones para la estación seleccionada y en la Tabla 5-22 se muestran los resultados de realizar la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.

Figura 5-22. Análisis de frecuencia, Área aportante 6



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-22. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 6

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1 %	a=5 %	a=10 %	Porcentaje	DMax
Normal	Aceptado	Aceptado	Aceptado	19.51%	0.190
Log Normal	Aceptado	Rechazado	Rechazado	4.23%	0.246
Exponencial	Aceptado	Aceptado	Aceptado	39.04%	0.157
Gamma	Aceptado	Aceptado	Aceptado	48.59%	0.145
Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	48.61%	0.145
Log Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	81.01%	0.109
Weibull	Aceptado	Aceptado	Aceptado	54.02%	0.139

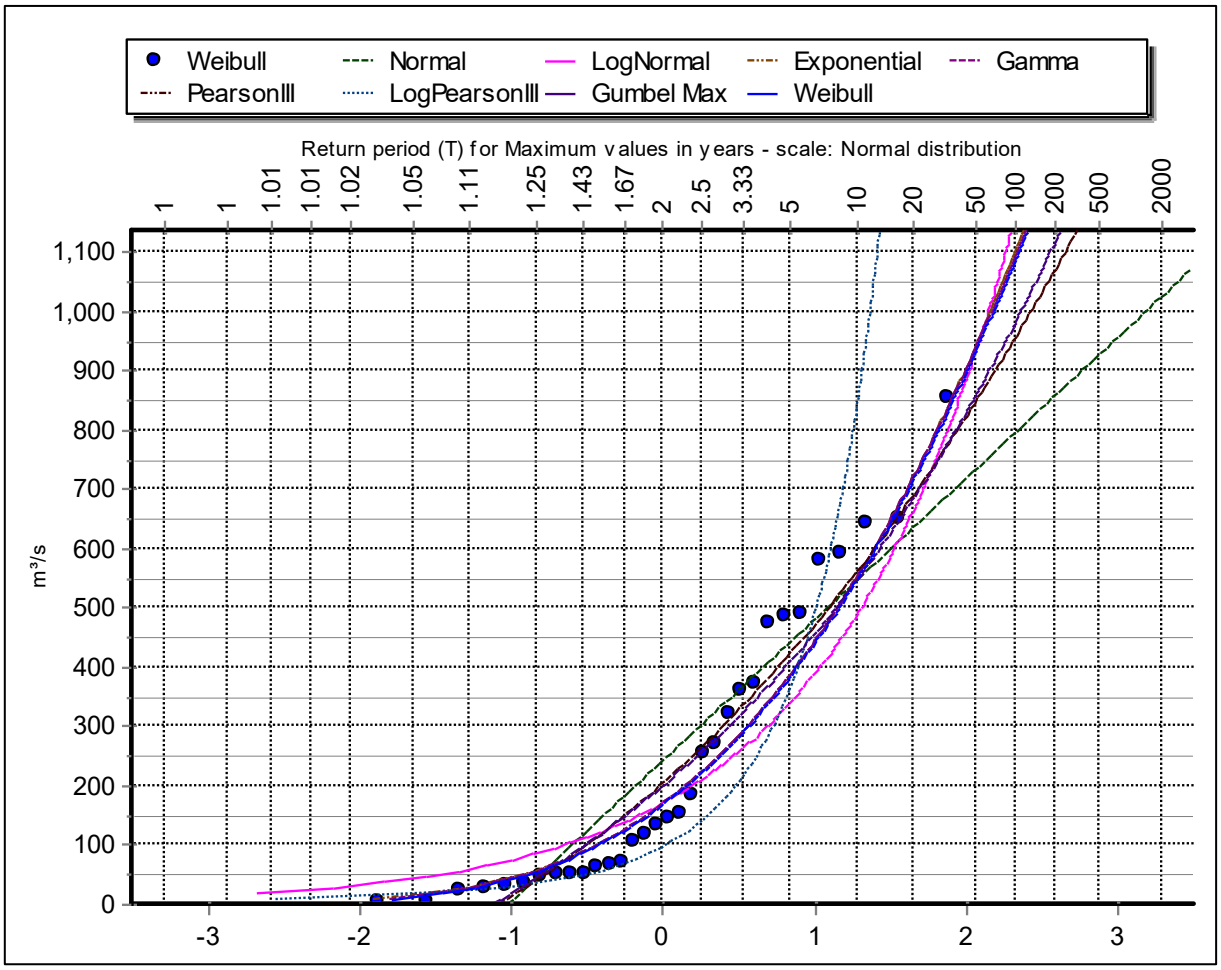
Fuente: Elaboración propia, 2025

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 5-22, la distribución de probabilidad Log Pearson III es la que presenta el mayor ajuste en comparación con las demás distribuciones analizadas, por lo tanto, para la estimación de caudales máximos se utilizará lo obtenido con esta distribución, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5-29.

g) Área aportante 7:

En la Figura 5-23 se muestra el análisis de frecuencia de estas distribuciones para la estación seleccionada y en la Tabla 5-23 se muestran los resultados de realizar la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.

Figura 5-23. Análisis de frecuencia, Área aportante 7



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-23. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 7

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1 %	a=5 %	a=10 %	Porcentaje	DMax
Normal	Aceptado	Aceptado	Aceptado	21,18%	0,186
Log Normal	Aceptado	Rechazado	Rechazado	4,48%	0,244
Exponencial	Aceptado	Aceptado	Aceptado	40,50%	0,155
Gamma	Aceptado	Aceptado	Aceptado	50,02%	0,144
Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	52,19%	0,141
Log Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	84,57%	0,105
Weibull	Aceptado	Aceptado	Aceptado	55,49%	0,138

Fuente: Elaboración propia, 2025

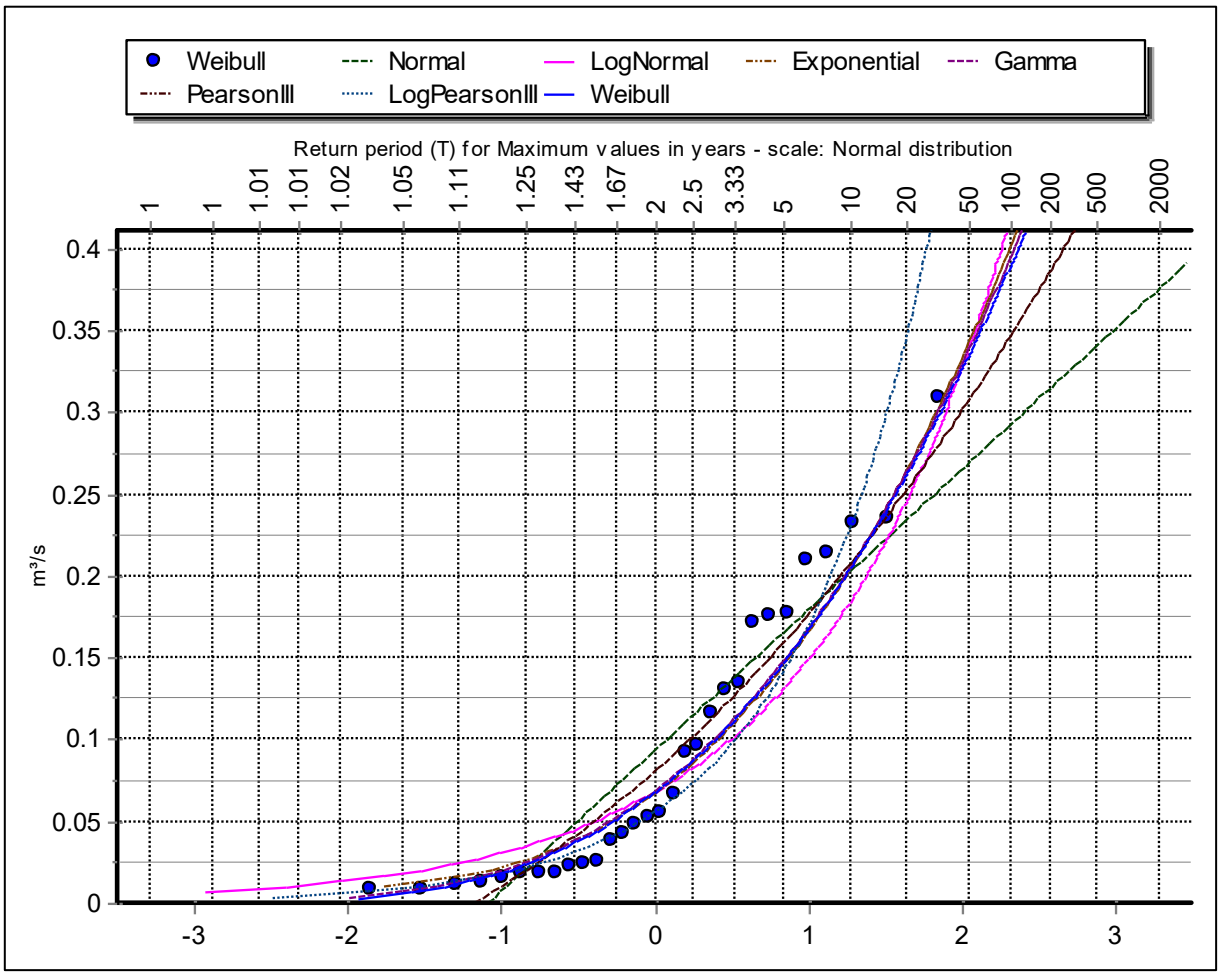
De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 5-23, la distribución de probabilidad Log Pearson III es la que presenta el mayor ajuste en comparación con las demás distribuciones analizadas, por lo tanto,

para la estimación de caudales máximos se utilizará lo obtenido con esta distribución, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5-29.

h) Área aportante 8:

En la Figura 5-24 se muestra el análisis de frecuencia de estas distribuciones para la estación seleccionada y en la Tabla 5-24 se muestran los resultados de realizar la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.

Figura 5-24. Análisis de frecuencia, Área aportante 8



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-24. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 8

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1 %	a=5 %	a=10 %	Porcentaje	DMax
Normal	Aceptado	Aceptado	Aceptado	20,69%	0,187
Log Normal	Aceptado	Rechazado	Rechazado	2,73%	0,260
Exponencial	Aceptado	Aceptado	Aceptado	27,32%	0,175
Gamma	Aceptado	Aceptado	Aceptado	37,48%	0,159
Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	50,59%	0,143

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1 %	a=5 %	a=10 %	Porcentaje	DMax
Log Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	68,62%	0,123
Weibull	Aceptado	Aceptado	Aceptado	42,85%	0,152

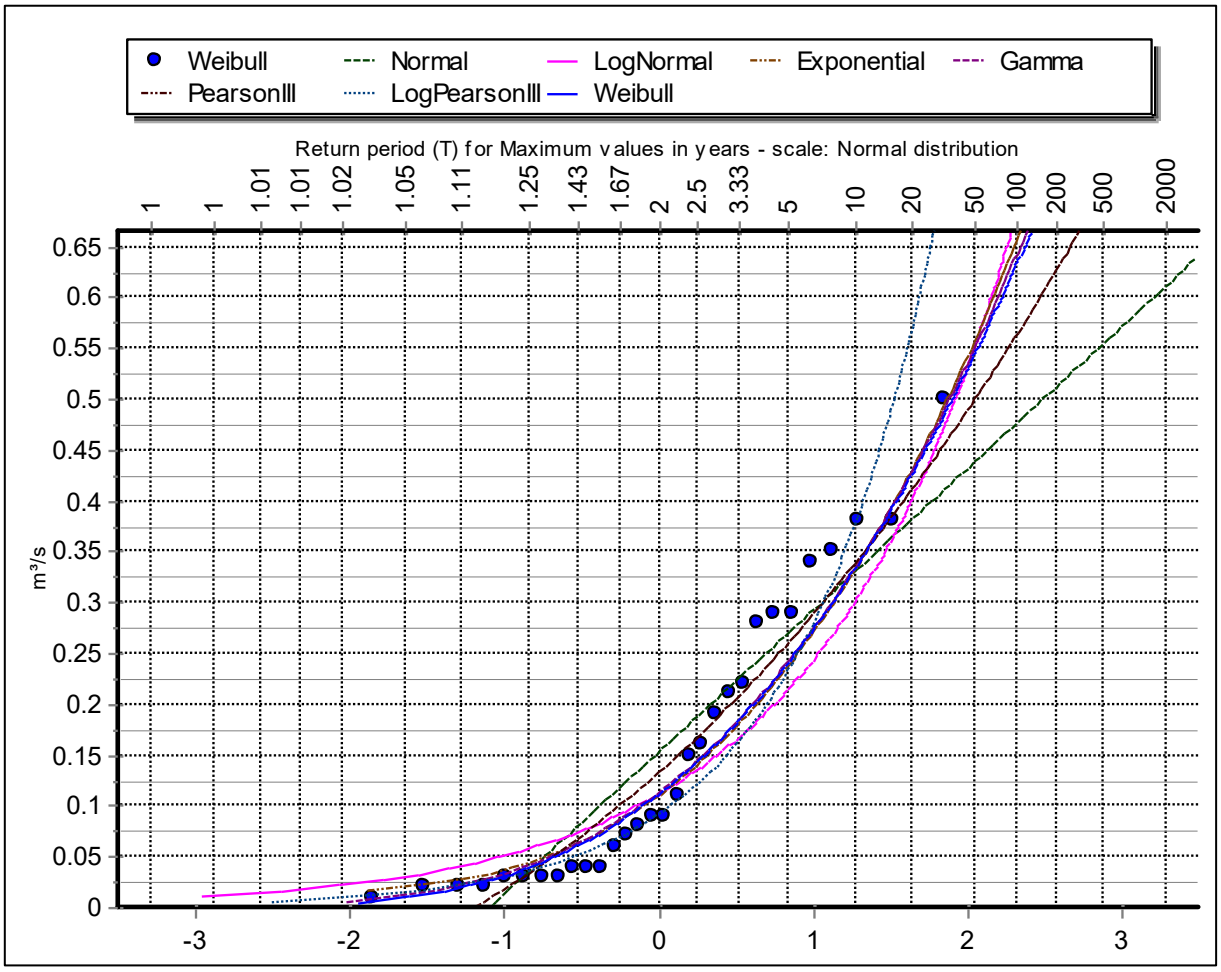
Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 5-24, la distribución de probabilidad Log Pearson III es la que presenta el mayor ajuste en comparación con las demás distribuciones analizadas, por lo tanto, para la estimación de caudales máximos se utilizará lo obtenido con esta distribución, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5-29.

i) <u>Área aportante 9:</u>

En la Figura 5-25 se muestra el análisis de frecuencia de estas distribuciones para la estación seleccionada y en la Tabla 5-25 se muestran los resultados de realizar la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.

Figura 5-25. Análisis de frecuencia, Área aportante 9



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-25. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 9

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1 %	a=5 %	a=10 %	Porcentaje	DMax
Normal	Aceptado	Aceptado	Rechazado	8,36%	0,223
Log Normal	Aceptado	Rechazado	Rechazado	2,35%	0,265
Exponencial	Aceptado	Aceptado	Aceptado	31,26%	0,168
Gamma	Aceptado	Aceptado	Aceptado	35,90%	0,162
Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	25,80%	0,177
Log Pearson III	Aceptado	Rechazado	Rechazado	1,88%	0,272
Weibull	Aceptado	Aceptado	Aceptado	39,19%	0,157

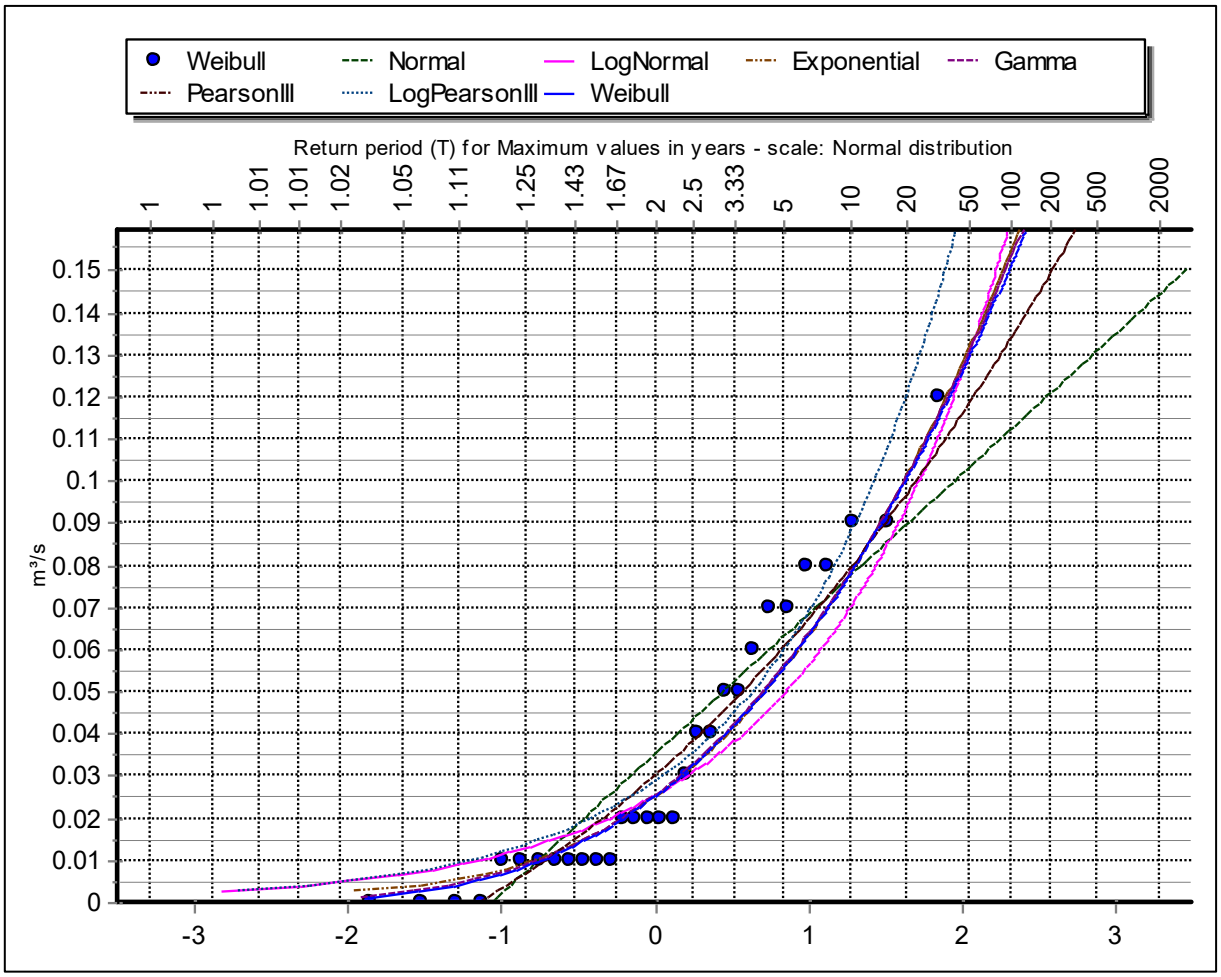
Fuente: Elaboración propia, 2025

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 5-25, la distribución de probabilidad Log Pearson III es la que presenta el mayor ajuste en comparación con las demás distribuciones analizadas, por lo tanto, para la estimación de caudales máximos se utilizará lo obtenido con esta distribución, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5-29.

j) Área aportante 10:

En la Figura 5-26 se muestra el análisis de frecuencia de estas distribuciones para la estación seleccionada y en la Tabla 5-26 se muestran los resultados de realizar la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.

Figura 5-26. Análisis de frecuencia, Área aportante 10



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-26. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 10

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1 %	a=5 %	a=10 %	Porcentaje	DMax
Normal	Aceptado	Aceptado	Aceptado	23,95%	0,181
Log Normal	Aceptado	Rechazado	Rechazado	2,19%	0,267
Exponencial	Aceptado	Aceptado	Aceptado	24,98%	0,179
Gamma	Aceptado	Aceptado	Aceptado	34,06%	0,164
Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	56,88%	0,136
Log Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	62,06%	0,130
Weibull	Aceptado	Aceptado	Aceptado	38,71%	0,158

Fuente: Elaboración propia, 2025.

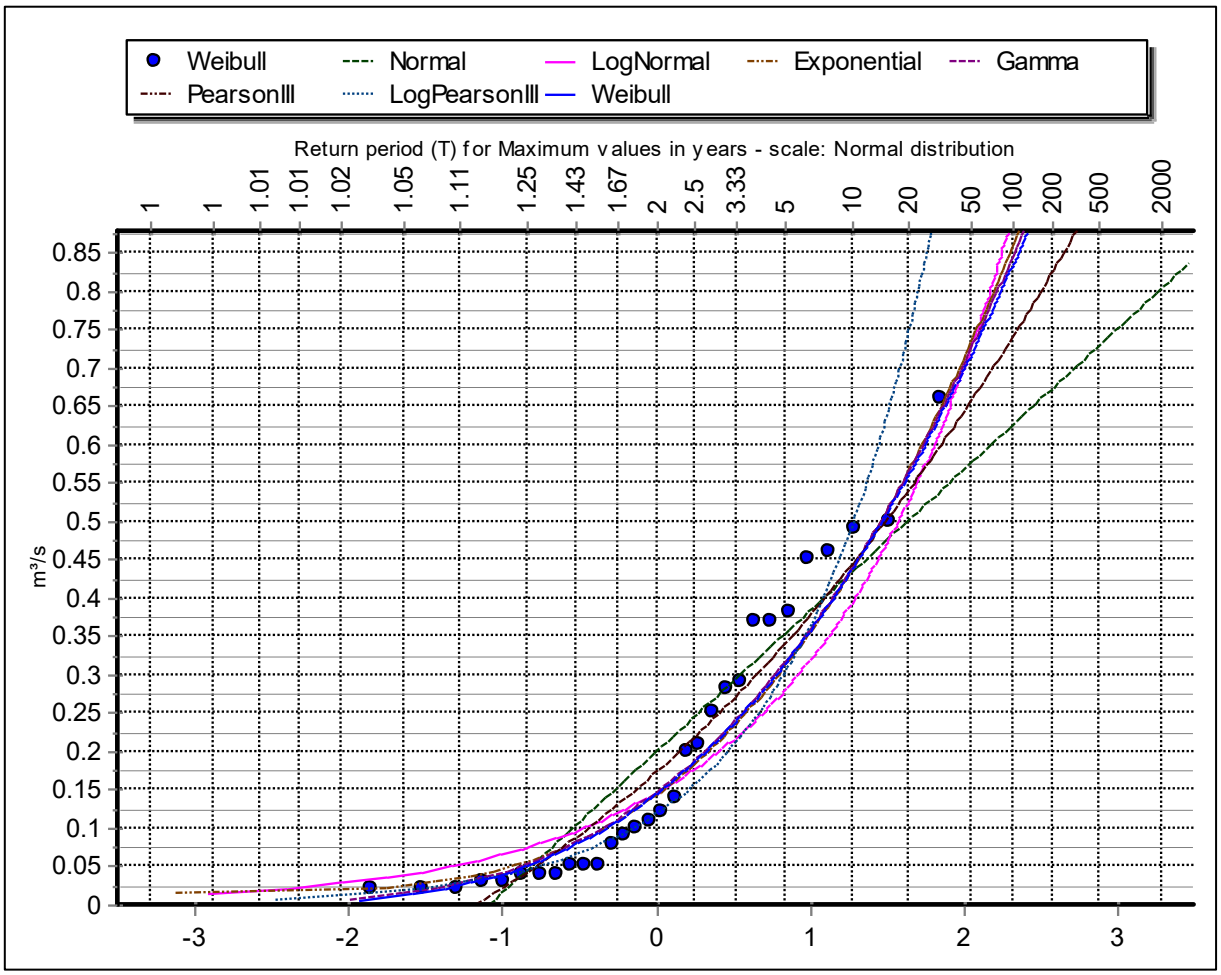
De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 5-26, la distribución de probabilidad Log Pearson III es la que presenta el mayor ajuste en comparación con las demás distribuciones analizadas, por lo tanto,

para la estimación de caudales máximos se utilizará lo obtenido con esta distribución, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5-29.

k) Área aportante 11:

En la Figura 5-27 se muestra el análisis de frecuencia de estas distribuciones para la estación seleccionada y en la Tabla 5-27 se muestran los resultados de realizar la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.

Figura 5-27. Análisis de frecuencia, Área aportante 11



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-27. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 11

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1 %	a=5 %	a=10 %	Porcentaje	DMax
Normal	Aceptado	Aceptado	Aceptado	21.50%	0.185
Log Normal	Aceptado	Rechazado	Rechazado	3.45%	0.253
Exponencial	Aceptado	Aceptado	Aceptado	34.08%	0.164
Gamma	Aceptado	Aceptado	Aceptado	43.68%	0.151
Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	53.81%	0.139

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1 %	a=5 %	a=10 %	Porcentaje	DMax
Log Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	70.72%	0.121
Weibull	Aceptado	Aceptado	Aceptado	48.95%	0.145

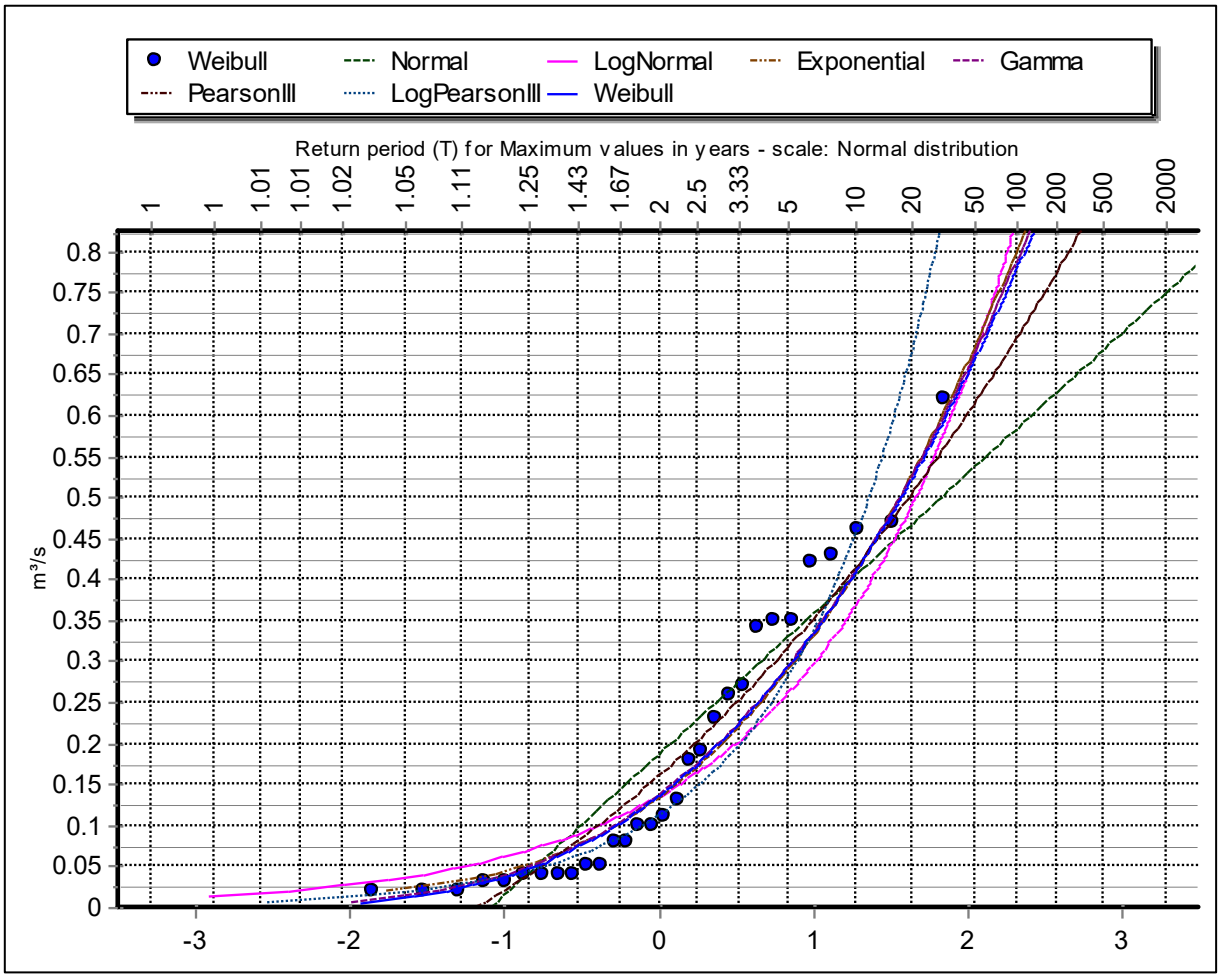
Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 5-27, la distribución de probabilidad Log Pearson III es la que presenta el mayor ajuste en comparación con las demás distribuciones analizadas, por lo tanto, para la estimación de caudales máximos se utilizará lo obtenido con esta distribución, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5-29.

I) <u>Área aportante 12:</u>

En la Figura 5-28 se muestra el análisis de frecuencia de estas distribuciones para la estación seleccionada y en la Tabla 5-28 se muestran los resultados de realizar la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.

Figura 5-28. Análisis de frecuencia, Área aportante 12



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-28. Prueba de bondad Kolmogorov–Smirnov, Área aportante 12

Test Kolmogorov-Smirnov	a=1 %	a=5 %	a=10 %	Porcentaje	DMax
Normal	Aceptado	Aceptado	Aceptado	21.50%	0.185
Log Normal	Aceptado	Rechazado	Rechazado	3.45%	0.253
Exponencial	Aceptado	Aceptado	Aceptado	34.08%	0.164
Gamma	Aceptado	Aceptado	Aceptado	43.68%	0.151
Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	53.81%	0.139
Log Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	70.72%	0.121
Weibull	Aceptado	Aceptado	Aceptado	48.95%	0.145

Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 5-28, la distribución de probabilidad Log Pearson III es la que presenta el mayor ajuste en comparación con las demás distribuciones analizadas, por lo tanto, para la estimación de caudales máximos se utilizará lo obtenido con esta distribución, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5-29.

5.5 RESULTADOS DE CAUDALES MÁXIMOS

5.5.1 Método directo para caudal máximo

Los resultados obtenidos para caudales máximos utilizando la metodología descrita en el acápite 4.3.4 se muestra en la Tabla 5-29.

Tabla 5-29. Resultados de caudal máximo, Transposición de caudales

T (años)		2	5	10	25	50	100
Caudal (m³/s)	Área 1	3,80	9,72	15,86	26,75	37,49	50,80
	Área 2	5,33	13,60	22,19	37,41	52,43	71,02
	Área 3	4,33	11,04	18,01	30,35	42,53	57,60
	Área 4	2,04	5,20	8,49	14,32	20,06	27,18
	Área 5	0,86	2,21	3,60	6,08	8,52	11,55
	Área 6	0,21	0,55	0,89	1,50	2,09	2,83
	Área 7	152,91	390,23	636,82	1073,56	1504,35	2037,70
	Área 8	0,06	0,14	0,23	0,39	0,55	0,74
	Área 9	0,09	0,23	0,38	0,64	0,90	1,21
	Área 10	0,03	0,06	0,08	0,11	0,13	0,15
	Área 11	0,12	0,30	0,49	0,84	1,18	1,60
	Área 12	0,11	0,28	0,45	0,76	1,06	1,43

Fuente: Elaboración propia, 2025.

5.5.2 Métodos indirectos para caudal máximo

Los resultados obtenidos para caudales máximos utilizando la metodología descrita en el acápite 4.3.5 se muestra en la Tabla 5-30 (cuencas con superficie menor a 20 km^2) y Tabla 5-31 (cuencas con superficie mayor a 20 km^2).

Tabla 5-30. Resultados de caudal máximo, Método Racional para cuencas pequeñas

T (años)		2	5	10	25	50	100
Caudal (m³/s)	Área 1	5,5	7,1	8,3	10,9	13,4	15,4
	Área 2	6,8	8,7	10,2	13,4	16,4	18,9
	Área 3	5,2	6,7	7,9	10,3	12,6	14,6
	Área 4	2,5	3,3	3,8	5,0	6,2	7,1
	Área 5	1,2	1,6	1,9	2,4	3,0	3,4
	Área 6	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5	1,8
	Área 8	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4
	Área 9	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
	Área 10	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
	Área 11	0,3	0,4	0,4	0,6	0,7	0,8
	Área 12	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 5-31. Resultados de caudal máximo para área aportante 7

T (años)	Caudal (m³/s) para Área 7		
	Método DGA-AC	Método Verni y King Modificado	Método Racional
2	66,67	69,63	83,13
5	103,85	104,64	117,70
10	128,21	126,06	138,13
25	164,11	143,40	153,27
50	191,03	154,85	163,06
100	217,96	172,01	178,83

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Para analizar cuál de los resultados se utilizará como caudal de diseño, primero se debe tener en consideración la escala de aplicación del método directo. Teniendo en consideración que el área aportante de la estación fluviométrica Rio Loanco en Desembocadura es aproximadamente 40 veces mayor que las áreas aportantes estudiadas, a excepción del área 7, es de esperar que se produzcan sobreestimaciones

de los caudales resultantes en todas estas microcuencas, ya que la relación de áreas es demasiado grande, sumado a las variaciones en altitudes de cada microcuenca y al tipo de cobertura de los suelos.

Con este antecedente, se decide que los resultados del método directo solo serán aplicados para el área 7, dada su similitud con la cuenca aportante de la estación fluviométrica, mientras que para el resto de las áreas en estudio se utilizarán los resultados del método Racional.

6 SUCEPTIBILIDAD DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

A continuación, se presentan los efectos del cambio climático en el área de Proyecto y su respectiva área de influencia, acorde a lo dispuesto en la *Guía Metodológica para la Consideración del Cambio Climático* (SEA, 2024) y Criterio de evaluación en el SEIA: Cambio climático en la evaluación ambiental del recurso hídrico (SEA, 2023).

6.1 SUSCEPTIBILIDAD DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA PRECIPITACIÓN

Acorde al Criterio de evaluación en el SEIA respecto al Cambio Climático en la evaluación ambiental del recurso hídrico (Resolución N°202399101883/2023 del SEA), se deben determinar cambios en la estimación de la precipitación media anual a partir de criterios que determinan variaciones de precipitación por efecto del cambio climático. En este texto se presenta un criterio simplificado para determinar las variaciones de precipitación, separando las subcuencas del país en zonas de comportamiento similar en términos de proyecciones de precipitación, estableciendo cambios proyectados porcentuales entre el periodo “histórico” (1980-2010) y periodo “futuro” (2035-2065).

La Cuenca Costeras Maule y Límite Región, cuenca donde se ubica el Proyecto, pertenece al sector K de la clasificación del texto citado el cual posee los siguientes valores.

Tabla 6-1. Valores de cambio porcentual esperado de precipitación según sectorización con respecto al periodo histórico

Sector	Elevación media (msnm)	Cambio en la precipitación (%)	
		P25	P75
K	292	-20,1	-9,5

Fuente: Extracto Tabla 3, Cambio Climático en la evaluación ambiental del recurso hídrico, SEIA 2023.

De acuerdo con lo indicado en el texto citado, los valores de la Tabla 6-1 se traducen en que el cambio climático afectará la precipitación zonal en forma de disminuciones en su magnitud entre un 20,1% y un 9,5%, valores que se analizan en el escenario más desfavorable para la variable a estudiar. En este caso, al estar estudiando los caudales máximos de la zona, el escenario más desfavorable corresponde a la menor disminución de las precipitaciones, por lo que se realiza el análisis de dicho escenario, con una disminución del 9,5%, lo cual conlleva una disminución en los caudales máximos instantáneos para eventos futuros.

En la Tabla 6-2 se muestran los resultados de precipitación a los que se aplica el factor de la Tabla 6-1 para el análisis del efecto del cambio climático a partir de los registros disponibles para la estación meteorológica La Estrella (Tabla 5-12).

Tabla 6-2. Precipitaciones de diseño bajo efectos de cambio climático, estación La Estrella

T (años)	Estación La Estrella	
	Precipitación máxima (mm)	Precipitación cambio climático (mm)
2	54,3	49,1
5	69,6	63,0
10	77,6	70,2
25	86,1	77,9
50	91,6	82,9
100	96,6	87,4
150	99,3	89,9

Fuente: Elaboración propia, 2025.

6.2 DATOS CLIMATOLÓGICOS

El Proyecto contempla sus partes, obras y acciones en la subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca y en la subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura, por lo que se hace referencia a estas subsubcuencas en la base de datos del Atlas de Riesgos Climáticos (ARClim) del Ministerio de Medio Ambiente (MMA), en el cual se muestran índices climáticos actuales, pasados y proyectados, para un periodo de tiempo entre los años 1970 y 2070.

La estimación de datos climatológicos de interés que se establecen en los Criterios del SEIA del sector se obtuvo a partir de la base de datos de Atlas de Riesgos Climáticos (ARClim) del Ministerio de Medio Ambiente (MMA). Específicamente, se consulta el Explorador de Amenazas Climáticas de ARClim, donde se recopilan datos e índices climáticos sobre el territorio nacional para un periodo histórico reciente (1980-2010) y un periodo futuro cercano (2035-2065).

6.2.1 Velocidad del viento

Los datos de velocidad de viento diario obtenidos de la base de datos de ARClim representan registros medios y máximos tanto para periodos pasados como futuros. Para representar una velocidad de viento actual, se promedian los valores mostrados en la base de datos para cada mes, obteniendo lo que se muestra en la Tabla 6-3 y Tabla 6-4.

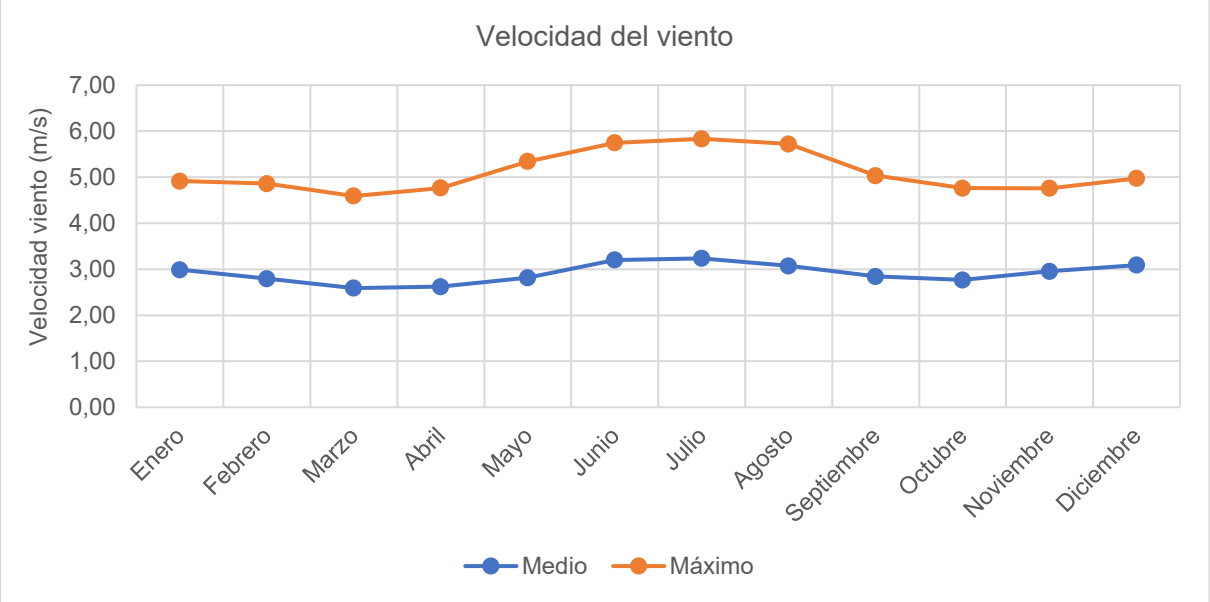
Tabla 6-3. Velocidad del viento, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca

Mes	Velocidad viento (m/s)	
	Medio	Máximo
Enero	2,99	4,92
Febrero	2,80	4,86
Marzo	2,59	4,59
Abril	2,62	4,77
Mayo	2,81	5,34
Junio	3,20	5,75
Julio	3,24	5,83
Agosto	3,07	5,72

Mes	Velocidad viento (m/s)	
	Medio	Máximo
Septiembre	2,84	5,03
Octubre	2,77	4,76
Noviembre	2,95	4,76
Diciembre	3,09	4,97
Promedio anual	**2,91**	**5,11**

Fuente: ARClim, 2025.

Figura 6-1. Velocidad del viento, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca



Fuente: ARClim, 2025.

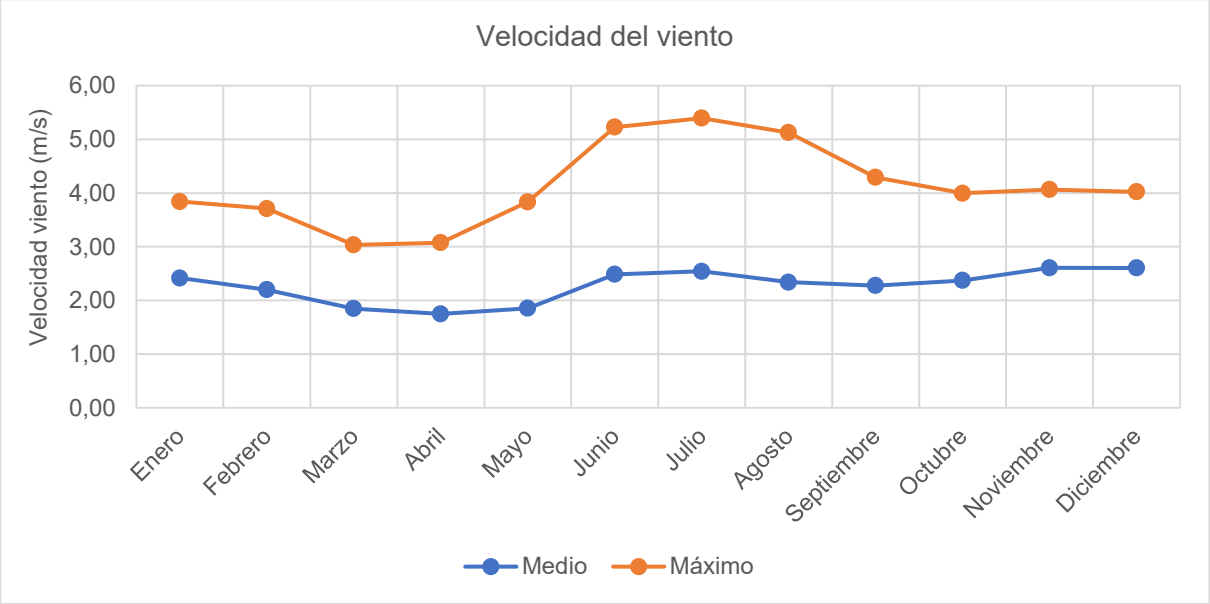
Tabla 6-4. Velocidad del viento, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura

Mes	Velocidad viento (m/s)	
	Medio	Máximo
Enero	2,42	3,84
Febrero	2,20	3,71
Marzo	1,85	3,03
Abril	1,75	3,08
Mayo	1,85	3,84
Junio	2,49	5,23
Julio	2,54	5,40
Agosto	2,34	5,13
Septiembre	2,28	4,29
Octubre	2,37	4,00

Mes	Velocidad viento (m/s)	
	Medio	Máximo
Noviembre	2,61	4,07
Diciembre	2,60	4,02
Promedio anual	**2,27**	**4,14**

Fuente: ARClim, 2025.

Figura 6-2. Velocidad del viento, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura



Fuente: ARClim, 2025.

6.2.2 Humedad relativa

Los datos de humedad relativa diaria obtenidos de la base de datos de ARClim representan registros mínimos, medios y máximos tanto para periodos pasados como futuros. Para representar una humedad relativa actual, se promedian los valores mostrados en la base de datos para cada mes, obteniendo lo que se muestra en la Tabla 6-5 y Tabla 6-6.

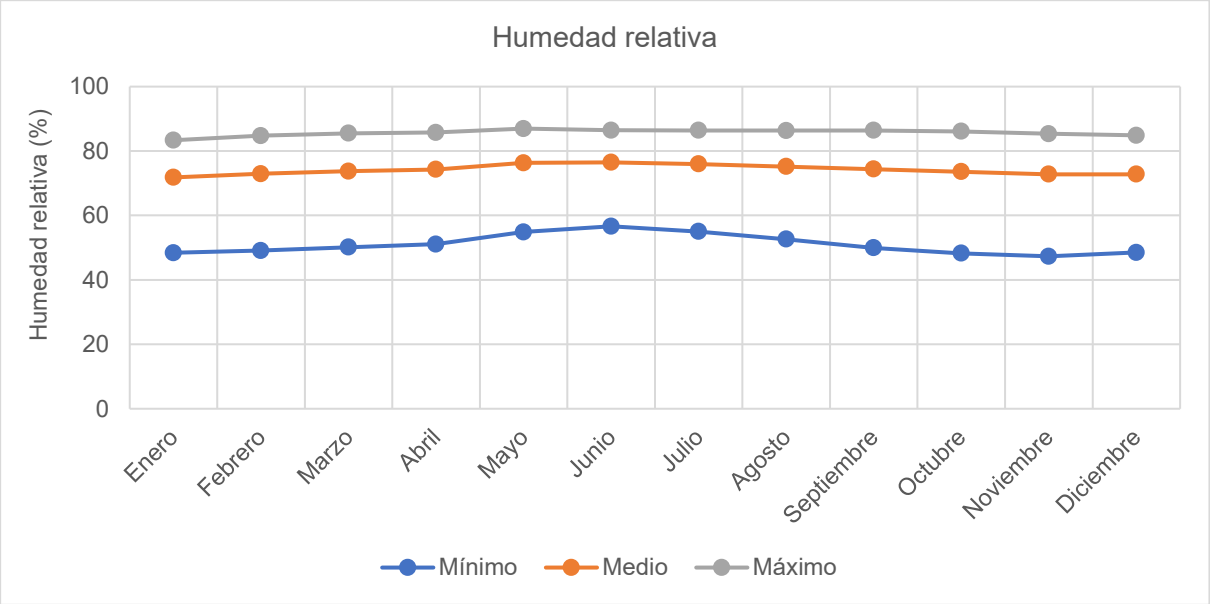
Tabla 6-5. Humedad relativa, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca

Mes	Humedad relativa diaria (%)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Enero	48,39	71,81	83,35
Febrero	49,09	72,94	84,76
Marzo	50,14	73,76	85,52
Abril	51,09	74,27	85,76
Mayo	54,84	76,31	86,96
Junio	56,64	76,48	86,47

Mes	Humedad relativa diaria (%)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Julio	55,00	75,98	86,40
Agosto	52,62	75,15	86,33
Septiembre	49,96	74,38	86,42
Octubre	48,25	73,59	86,10
Noviembre	47,32	72,78	85,34
Diciembre	48,51	72,80	84,87
Promedio anual	**50,99**	**74,19**	**85,69**

Fuente: ARClim, 2025.

Figura 6-3. Humedad relativa, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca



Fuente: ARClim, 2025.

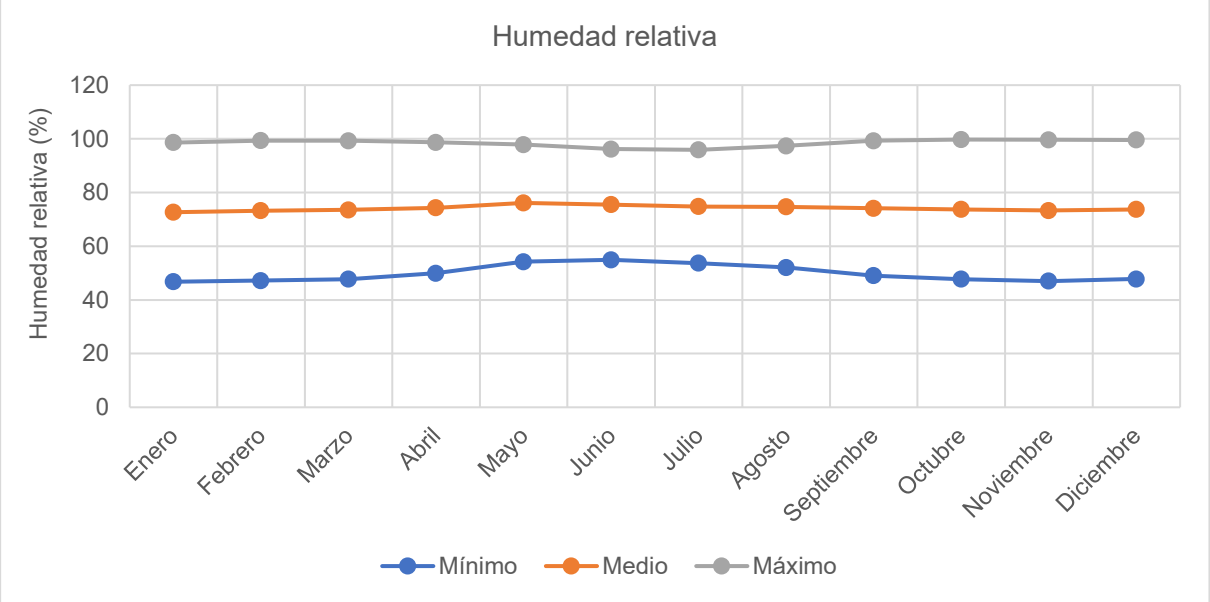
Tabla 6-6. Humedad relativa, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura

Mes	Humedad relativa diaria (%)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Enero	46,76	72,67	98,62
Febrero	47,18	73,26	99,33
Marzo	47,72	73,55	99,30
Abril	49,91	74,29	98,68
Mayo	54,23	76,13	97,86
Junio	54,93	75,48	96,18
Julio	53,71	74,81	95,90
Agosto	52,07	74,64	97,36

Mes	Humedad relativa diaria (%)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Septiembre	49,02	74,16	99,27
Octubre	47,76	73,74	99,73
Noviembre	47,02	73,29	99,62
Diciembre	47,79	73,70	99,60
Promedio anual	**49,84**	**74,14**	**98,45**

Fuente: ARClim, 2025.

Figura 6-4. Humedad relativa, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura



Fuente: ARClim, 2025.

6.2.3 Temperatura

Los datos de temperatura diaria obtenidos de la base de datos de ARClim representan registros mínimos, medios y máximos tanto para periodos pasados como futuros. Para representar una temperatura actual, se promedian los valores mostrados en la base de datos para cada mes, obteniendo lo que se muestra en la Tabla 6-7 y Tabla 6-8.

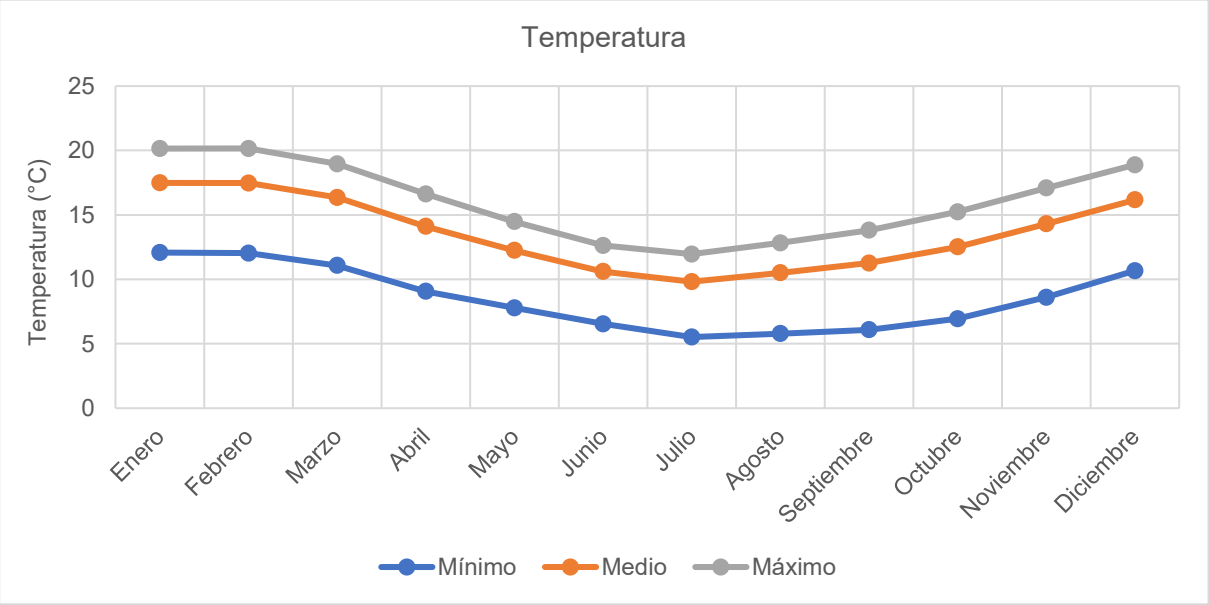
Tabla 6-7. Temperatura, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca

Mes	Temperatura diaria (°C)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Enero	12,08	17,48	20,15
Febrero	12,04	17,47	20,15
Marzo	11,07	16,35	18,96
Abril	9,07	14,11	16,62

Mes	Temperatura diaria (°C)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Mayo	7,79	12,24	14,48
Junio	6,54	10,61	12,63
Julio	5,52	9,82	11,96
Agosto	5,78	10,51	12,83
Septiembre	6,09	11,27	13,81
Octubre	6,95	12,51	15,24
Noviembre	8,61	14,30	17,09
Diciembre	10,67	16,17	18,88
Promedio anual	**8,52**	**13,57**	**16,07**

Fuente: ARClim, 2025.

Figura 6-5. Temperatura, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca



Fuente: ARClim, 2025.

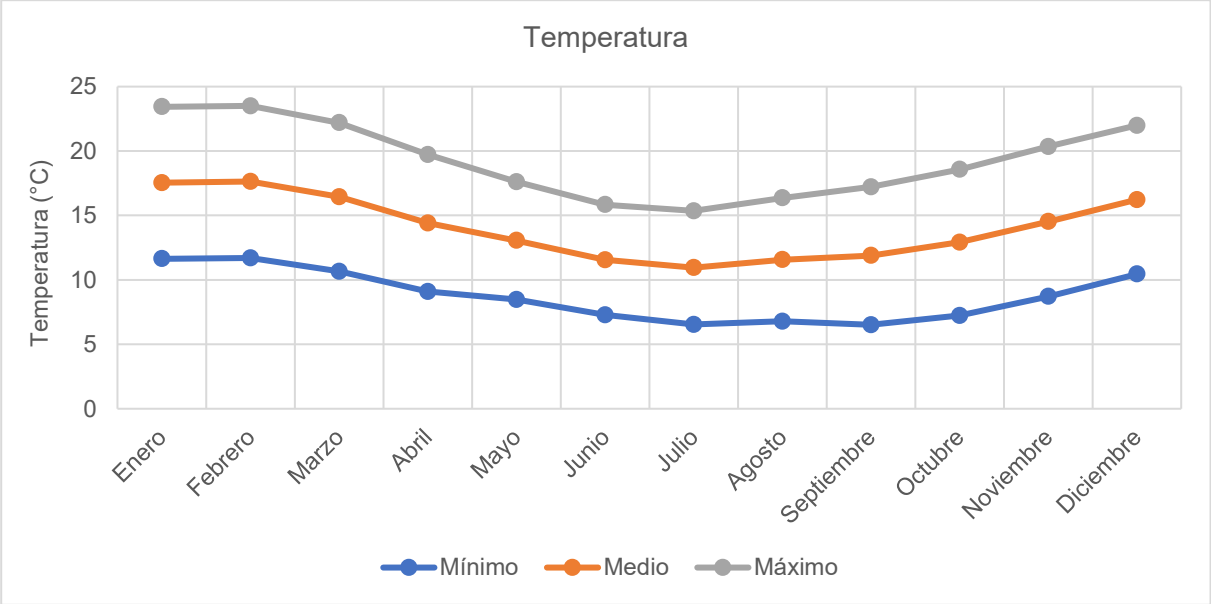
Tabla 6-8. Temperatura, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura

Mes	Temperatura diaria (°C)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Enero	11,64	17,54	23,44
Febrero	11,70	17,63	23,50
Marzo	10,66	16,44	22,19
Abril	9,10	14,41	19,73
Mayo	8,48	13,05	17,61
Junio	7,29	11,55	15,83

Mes	Temperatura diaria (°C)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Julio	6,54	10,95	15,36
Agosto	6,79	11,57	16,36
Septiembre	6,52	11,88	17,21
Octubre	7,24	12,92	18,57
Noviembre	8,71	14,52	20,35
Diciembre	10,45	16,22	21,99
Promedio anual	**8,76**	**14,06**	**19,35**

Fuente: ARClim, 2025.

Figura 6-6. Temperatura, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura



Fuente: ARClim, 2025.

6.2.4 Evapotranspiración potencial

Los datos de evapotranspiración potencial diaria obtenidos de la base de datos de ARClim representan registros tanto para periodos pasados como futuros. Para representar una evapotranspiración potencial actual, se promedian los valores mostrados en la base de datos para cada mes, obteniendo lo que se muestra en la Tabla 6-9 y Tabla 6-10. Para estimar una evapotranspiración potencial mensual, se considera un valor estándar de 30 días para cada mes.

Tabla 6-9. Evapotranspiración potencial, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca

Mes	Evapotranspiración potencial (mm/día)	Evapotranspiración potencial (mm/mes)
Enero	0,09	2,82

Mes	Evapotranspiración potencial (mm/día)	Evapotranspiración potencial (mm/mes)
Febrero	0,09	2,71
Marzo	0,08	2,37
Abril	0,07	2,01
Mayo	0,05	1,65
Junio	0,05	1,49
Julio	0,05	1,52
Agosto	0,06	1,67
Septiembre	0,06	1,85
Octubre	0,07	2,13
Noviembre	0,08	2,52
Diciembre	0,09	2,75
Promedio Anual	**0,07**	**2,12**

Fuente: ARClim, 2025.

Figura 6-7. Evapotranspiración potencial, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca



Fuente: ARClim, 2025.

Tabla 6-10. Evapotranspiración potencial, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura

Mes	Evapotranspiración potencial (mm/día)	Evapotranspiración potencial (mm/mes)
Enero	0,09	2,75
Febrero	0,09	2,61

Mes	Evapotranspiración potencial (mm/día)	Evapotranspiración potencial (mm/mes)
Marzo	0,07	2,15
Abril	0,06	1,69
Mayo	0,05	1,36
Junio	0,05	1,41
Julio	0,05	1,43
Agosto	0,05	1,51
Septiembre	0,06	1,76
Octubre	0,07	2,04
Noviembre	0,08	2,44
Diciembre	0,09	2,62
Promedio Anual	**0,07**	**1,98**

Fuente: ARClim, 2025.

Figura 6-8. Evapotranspiración potencial, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura



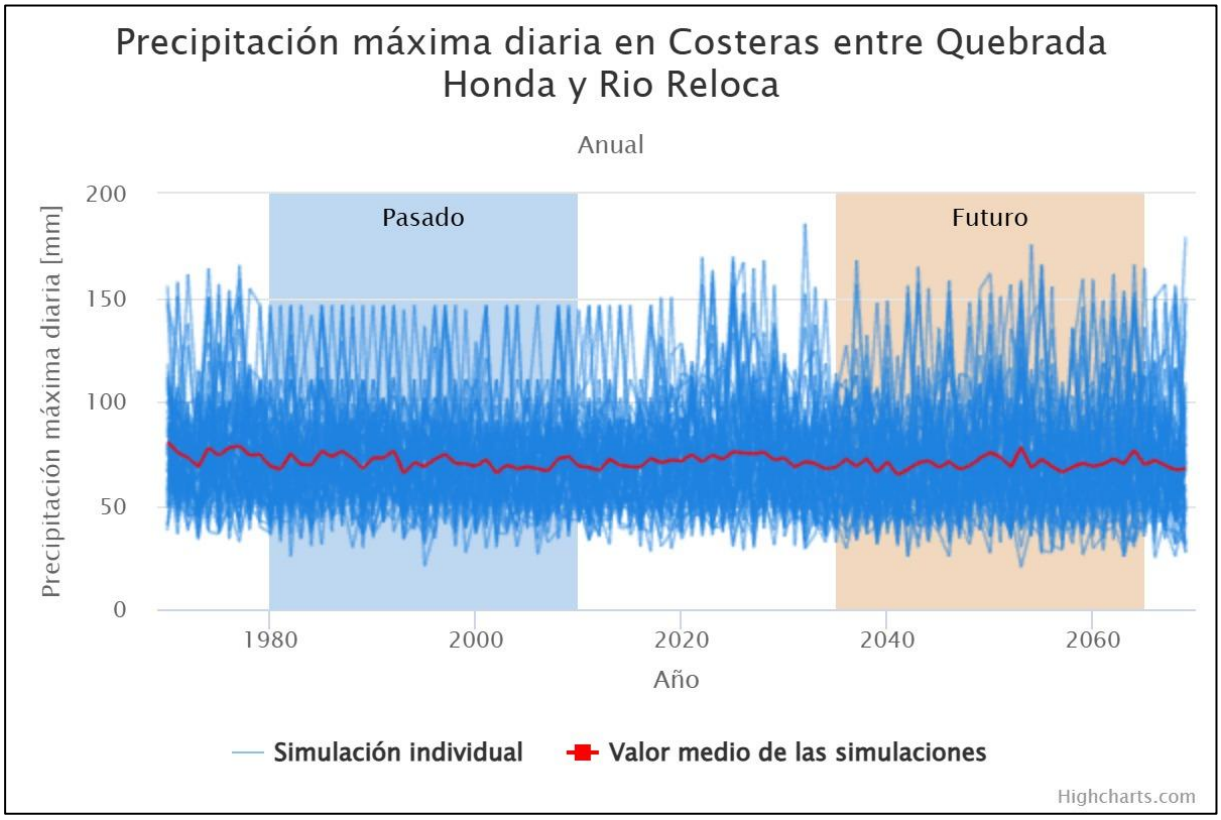
Fuente: ARClim, 2025.

6.3 AMENAZAS CLIMÁTICAS

En lo que concierne a la presente línea de base, se identificaron en la plataforma ARClim datos sobre precipitaciones, sequías, viento, humedad relativa y olas de calor entre los años 2020 a 2065 para las subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca y subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura.

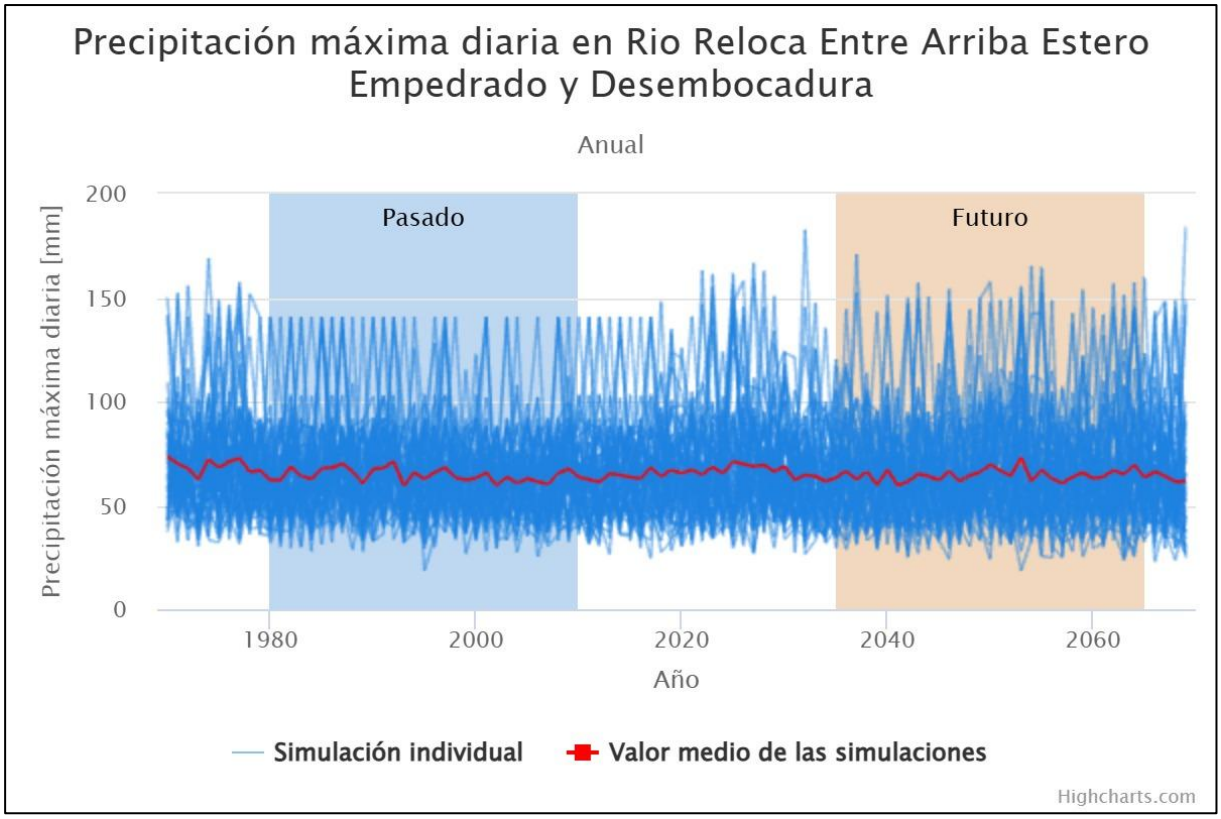
- **Precipitación máxima**

Figura 6-9. Precipitación máxima diaria, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca



Fuente: ARClim, 2025.

Figura 6-10. Precipitación máxima diaria, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura

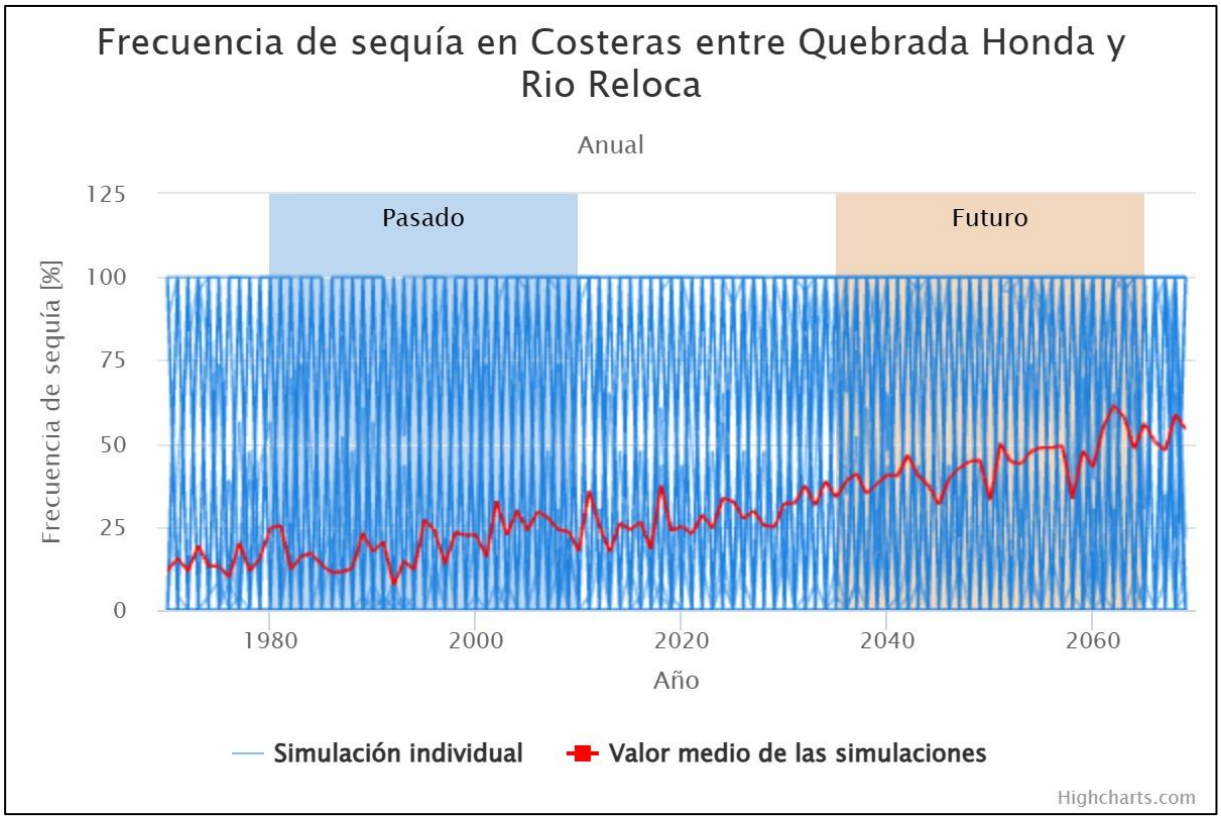


Fuente: ARClim, 2025.

De la Figura 6-9 y Figura 6-10, se aprecia que en promedio la precipitación máxima no sufre grandes variaciones. Se aprecian peaks que superan los 150 mm entre los años 2020 a 2065. Dados estos datos, se esperarían precipitaciones de alta intensidad y puntuales en el tiempo.

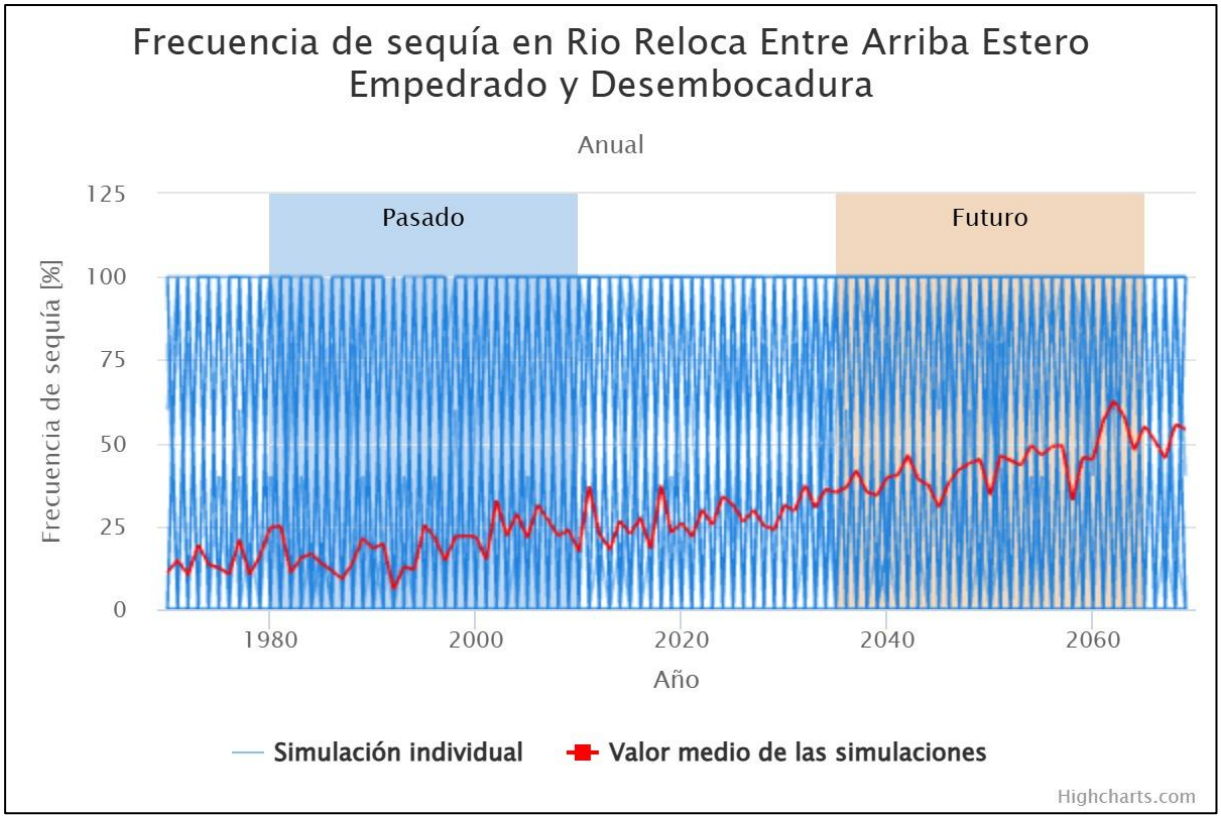
- **Frecuencia de sequías**

Figura 6-11. Frecuencia de sequías, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca



Fuente: ARClim, 2025.

Figura 6-12. Frecuencia de sequías, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura



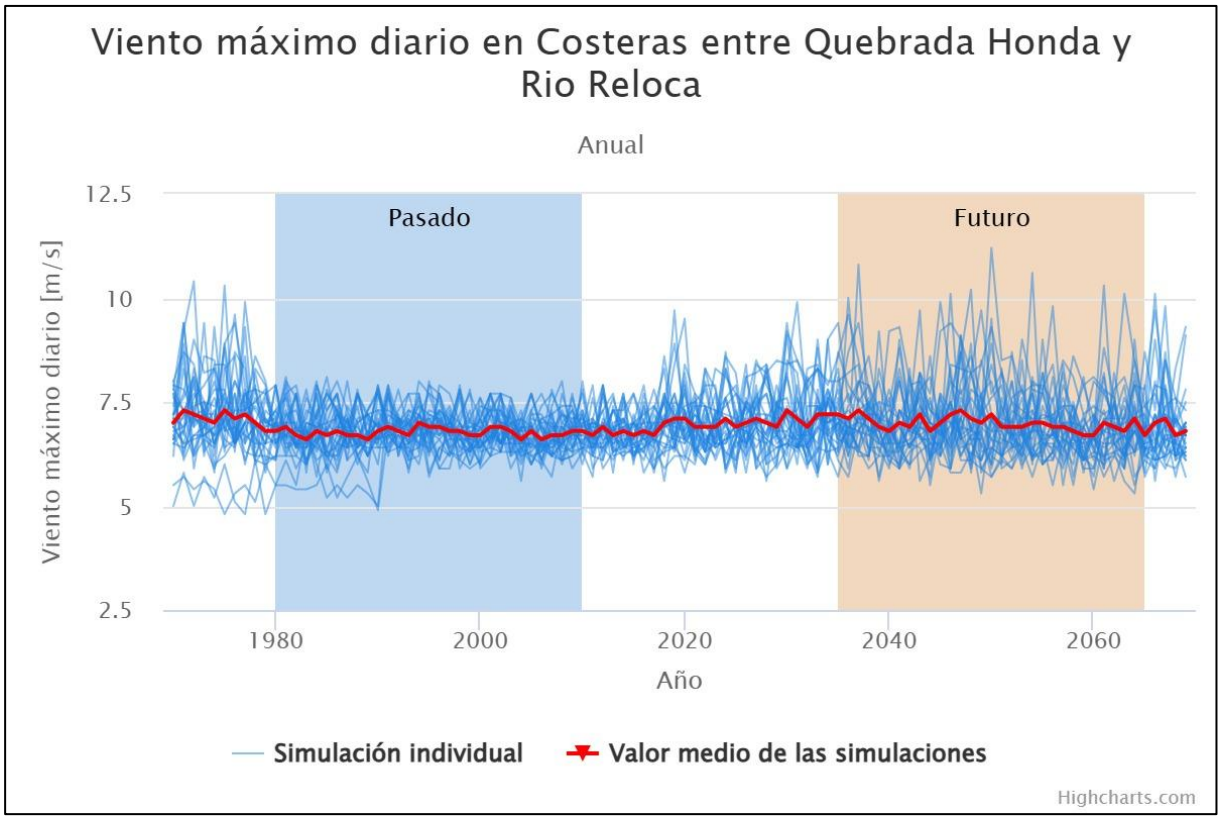
Fuente: ARClim, 2025.

De la Figura 6-11 y Figura 6-12 se aprecia que la frecuencia de sequías en promedio sufre un aumento para años futuros, superando el 50% para finales de las simulaciones.

En conjunto con lo observado para las precipitaciones, se prevén episodios de lluvias puntuales de mayor intensidad en conjunto con periodos de sequía más largos. Esto podría eventualmente facilitar el movimiento de material durante las fuertes lluvias, que se haya desprendido durante los periodos de sequías.

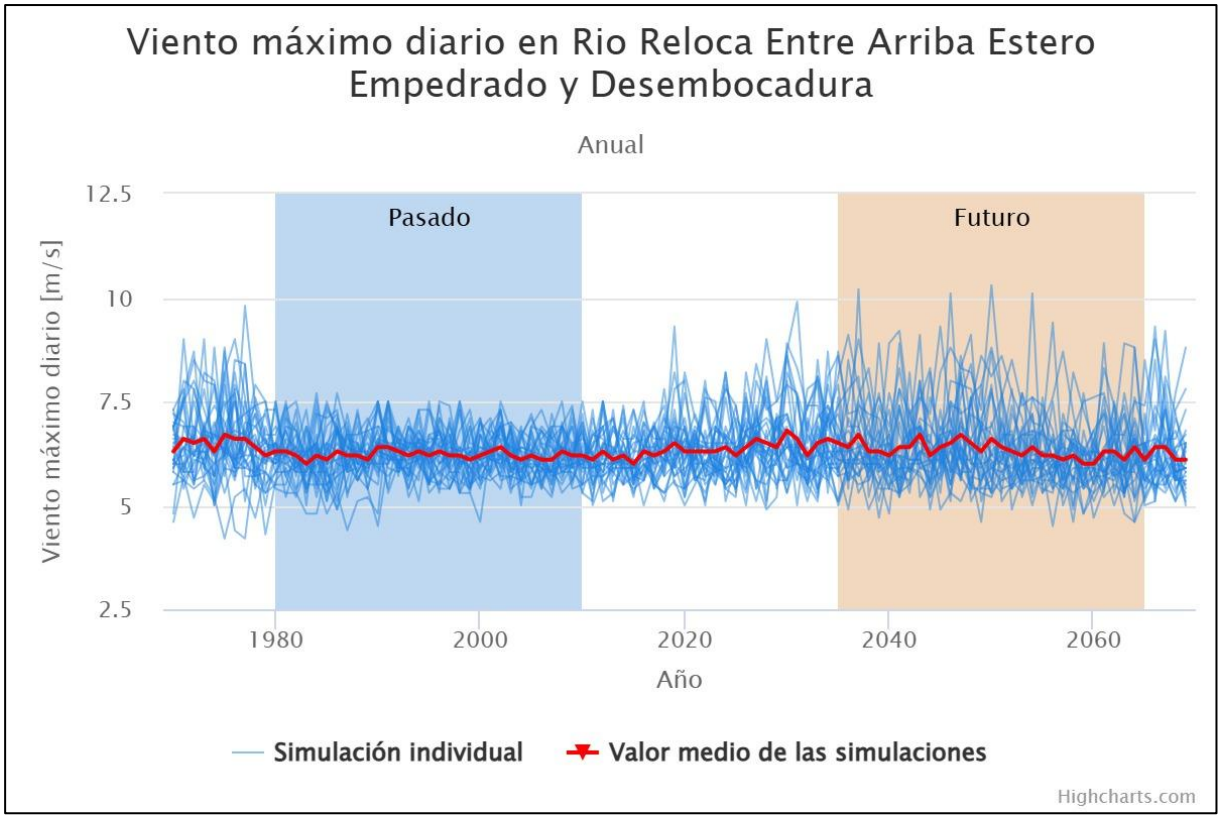
- **Viento máximo diario**

Figura 6-13. Viento máximo diario, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca



Fuente: ARClim, 2025.

Figura 6-14. Viento máximo diario, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura

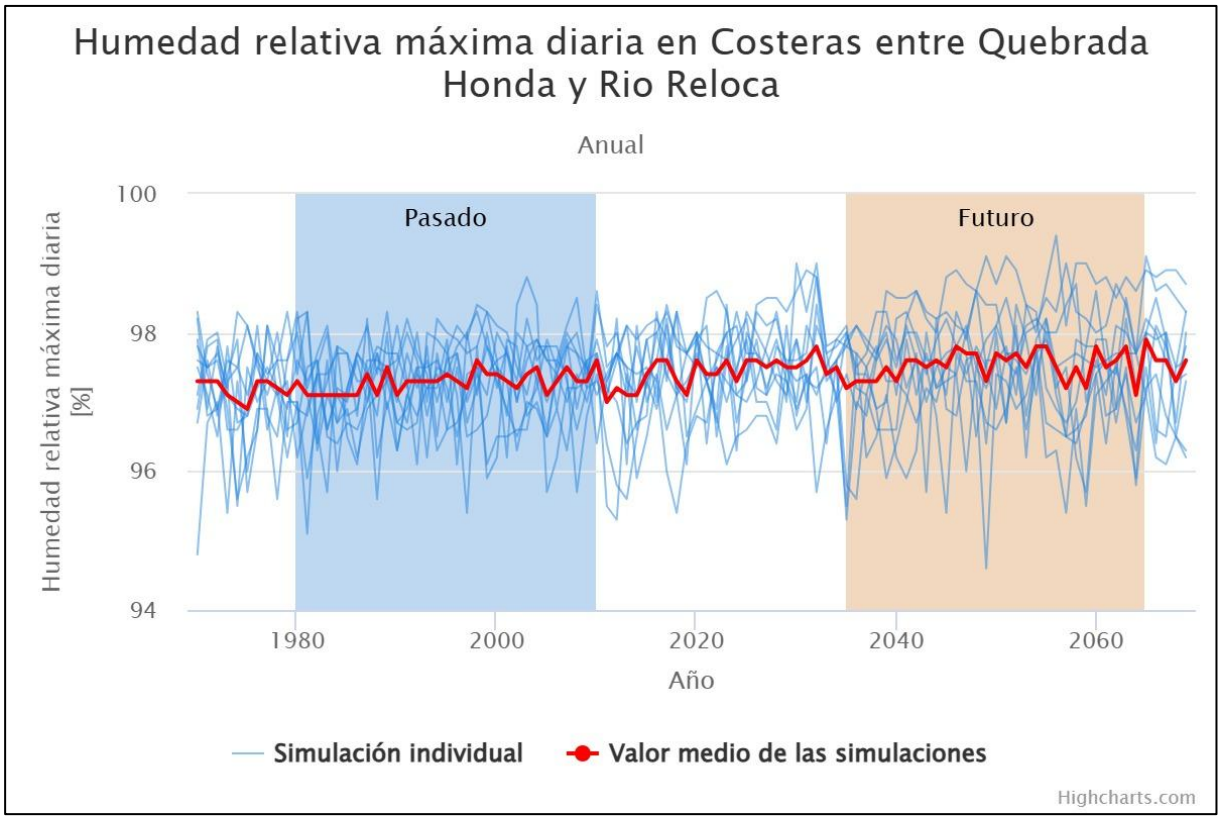


Fuente: ARClim, 2025.

De la Figura 6-13 y Figura 6-14 se observan peaks de vientos altos en simulaciones futuras. Estos fuertes vientos acompañarían las precipitaciones intensas y puntuales vistas en la Figura 6-9 y Figura 6-10. No obstante, los promedios en la magnitud de viento para las subsubcuencas se mantienen en valor.

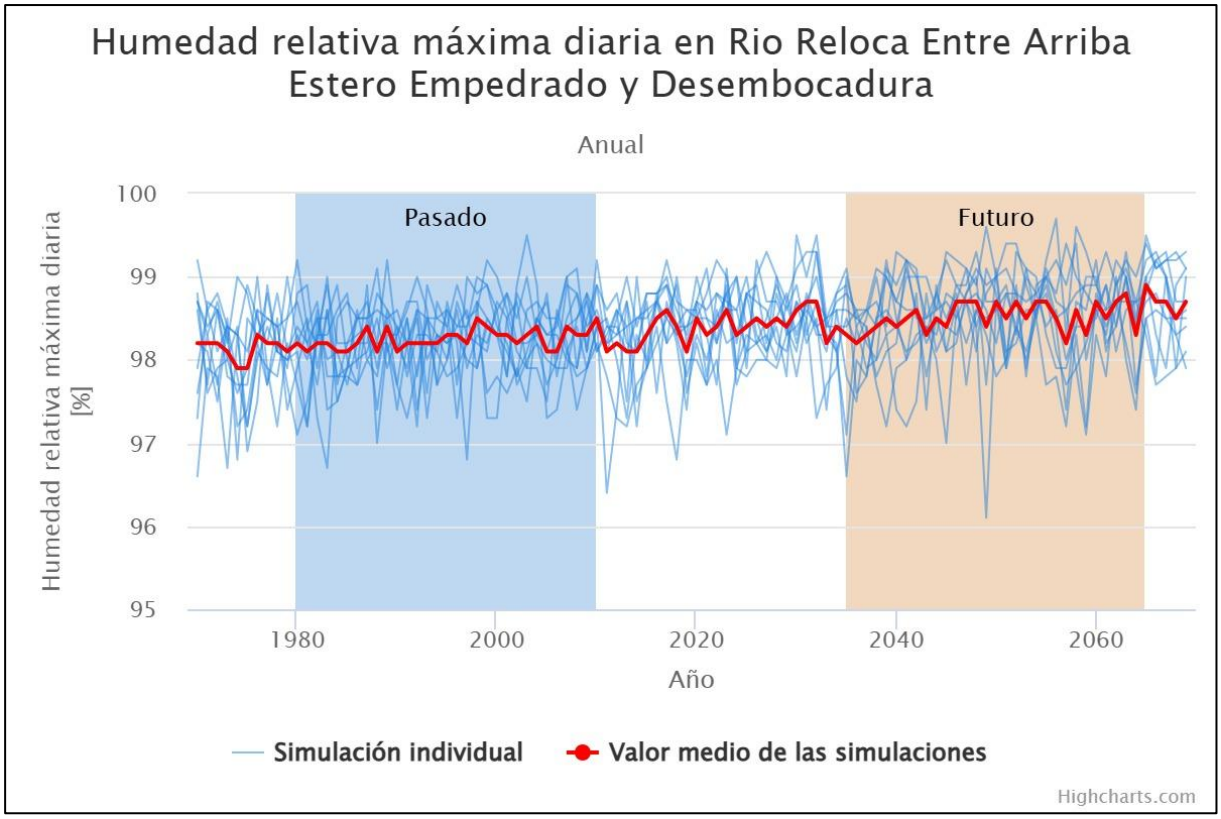
- **Humedad relativa máxima**

Figura 6-15. Humedad relativa máxima, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca



Fuente: ARClim, 2025.

Figura 6-16. Humedad relativa máxima, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura

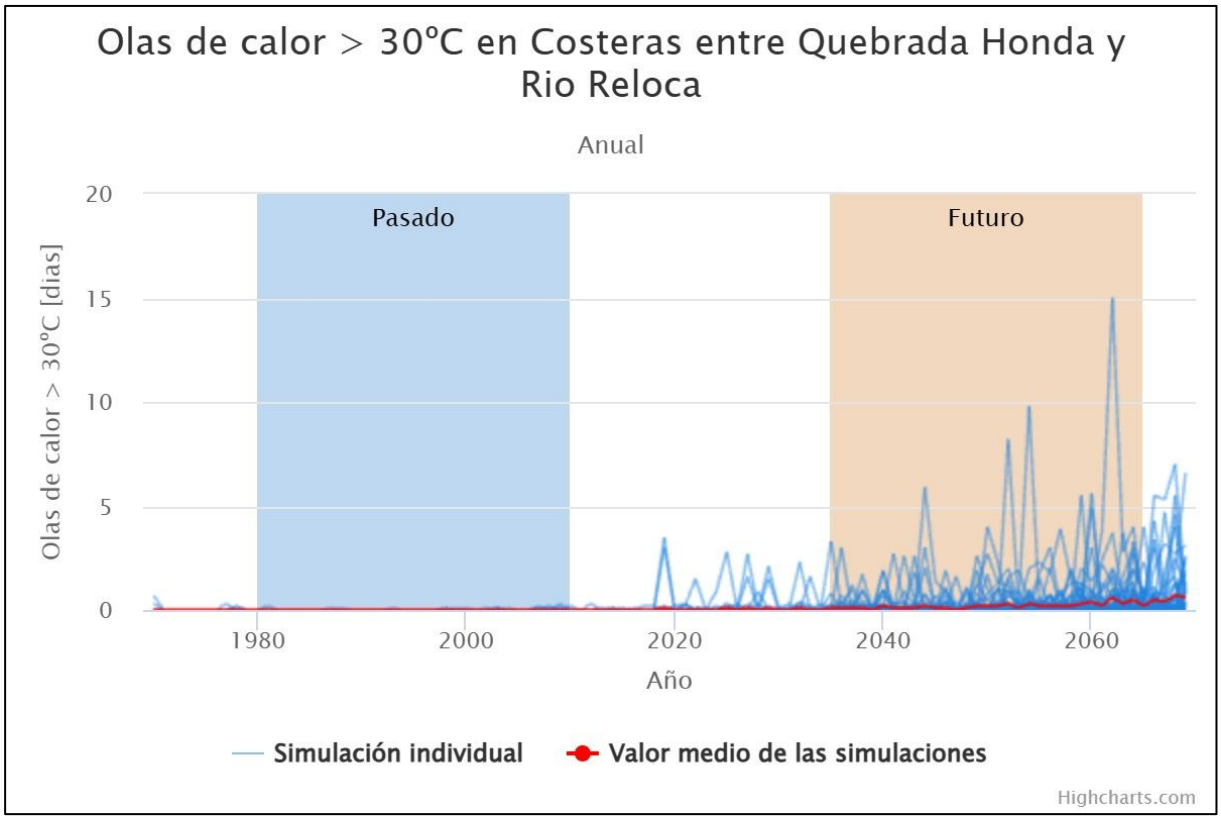


Fuente: ARClim, 2025.

De la Figura 6-15 y Figura 6-16 se aprecia que la humedad relativa máxima diaria promedio aumenta levemente en ambas subsubcuencas. El aumento en las caídas puntuales de humedad podría relacionarse con el aumento en la frecuencia de sequias.

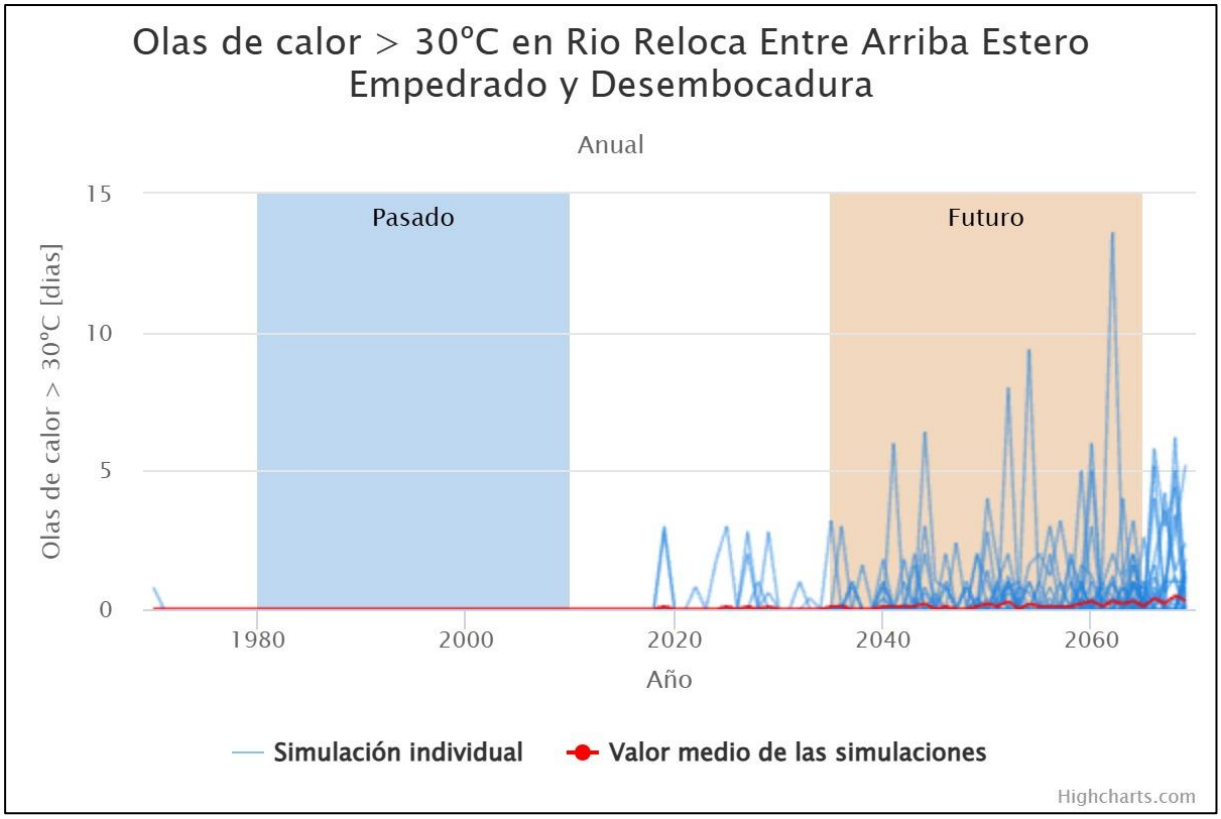
- **Olas de calor**

Figura 6-17. Olas de calor > 30°C, subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca



Fuente: ARClim, 2025.

Figura 6-18. Olas de calor > 30°C, subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura



Fuente: ARClim, 2025.

En la Figura 6-17 y Figura 6-18 se observa que se espera un aumento en las olas de calor para los años futuros. Estas olas de calor vienen de la mano con el aumento de la frecuencia de sequias previamente.

- **Análisis y resumen de resultados**

De acuerdo con lo mostrado en las figuras anteriores, se espera un leve aumento en la precipitación máxima diaria, por lo que se prevén episodios de lluvias puntuales de mayor intensidad en conjunto con periodos de sequía más largos.

Se observan peaks de vientos altos en simulaciones individuales futuras, pero los promedios en la magnitud de viento para las subsubcuencas mantienen su valor.

La humedad relativa máxima diaria promedio aumenta levemente en la evaluación futura, donde, además, el aumento en las caídas puntuales de humedad podría relacionarse con el aumento en la frecuencia de sequias.

Respecto a las olas de calor > 30°C, se espera un aumento en las olas de calor para los años futuros, las que vienen de la mano con el aumento de la frecuencia de sequias previamente.

Adicionalmente, se observan eventos de lluvias de alta intensidad puntuales cercanas a los 150 mm, con peaks que superan esa cantidad en la simulación futura. Estas precipitaciones se ven acompañadas de vientos con velocidades que pueden superar los 10 m/s. Los eventos peaks se presentarían en conjunto a los eventos de sequías prolongadas.

Se puede inferir que las lluvias serán de mayor intensidad y de menor duración, con riesgo de movimiento de material que se haya secado por los periodos de sequía, tanto por las lluvias torrenciales puntuales, como por los fuertes vientos.

6.4 RECURSO HÍDRICO

A continuación, en la Tabla 6-11 se presentan los efectos estimados en el ARClim que tendrían eventos relacionados a los recursos hídricos sobre el entorno del Proyecto, representada por la localidad más cercana disponible en la base de datos. Cada evento se evalúa en base a una escala donde un valor de mayor equivale a la situación más grave.

Para efectos del análisis, se extrapolan los datos provistos hacia la zona de emplazamiento del Proyecto, asumiendo que las condiciones se mantienen o varían de manera despreciable respecto de los datos obtenidos. Los datos entregados por ARClim sugieren que la zona está sujeta a inundaciones por desbordes de río, inundaciones en zonas urbanas y sequías hidrológicas.

Tabla 6-11. Valores de mapa de riesgo del recurso hídrico, localidades cercanas al Proyecto

Evento	Ítem	Descripción	Valor	Escala
Inundaciones por desbordes de río (Constitución)	Amenaza	Efecto sobre centros urbanos	0,2	Baja
	Exposición	Exposición al desborde	0,1	Baja
	Sensibilidad	Vulnerabilidad de obras hidráulicas	0,1	Baja
	Capacidad adaptativa	Obras hidráulicas adaptables	0,0	Sin capacidad
	Riesgo	Posibilidad de sufrir inundaciones	0,0	Muy bajo
Inundaciones en zonas urbanas (Talca)	Amenaza – cambio	Efecto de cambio de precipitación	-0,0	Muy baja
	Exposición	Población expuesta al evento	0,5	Alta
	Sensibilidad	Calidad de estructuras expuestas	0,5	Alta
	Riesgo – cambio	Susceptibilidad a ocurrencia del evento	-0,0	Muy bajo
Riesgo en la disponibilidad de agua superficial para fines ambientales (Río Maule)	Amenaza	Cambio en caudales medios	-0,2	Muy bajo
	Exposición	Caudal histórico	0,8	Muy severa
	Sensibilidad	% de tiempo con caudal inferior a caudal ecológico	0,1	Baja
	Capacidad adaptativa	Existencia de caudal ecológico	0,9	Con capacidad
	Riesgo	Disponibilidad de agua	-	-
Riesgo en el aprovechamiento de agua superficial en riego (sin información (S/I))	Amenaza	Cambio en precipitación	S/I	S/I
	Exposición	Requerimiento de agua para riego	S/I	S/I
	Sensibilidad	Aumento en déficit de abastecimiento	S/I	S/I
	Capacidad adaptativa	Superficie operada con riego tecnificado	S/I	S/I
	Riesgo	Cambios en la vulnerabilidad	S/I	S/I
Sequías hidrológicas	Amenaza	Afectación de comuna por sequía	1,0	Muy severa

Evento	Ítem	Descripción	Valor	Escala
(Constitución – Río Loanco)	Exposición	Exposición a la sequía	0,6	Alta
	Sensibilidad	Susceptibilidad de las personas a la sequía	0,5	Alta
	Riesgo	Cambio en el nivel de riego asociado a sequía	0,4	Moderado

Fuente: ARClim, 2025.

De acuerdo con lo indicado en la Tabla 6-11 las inundaciones por desbordes de río presentan un valor bajo para los índices de amenaza, exposición, sensibilidad, capacidad adaptativa y riesgo.

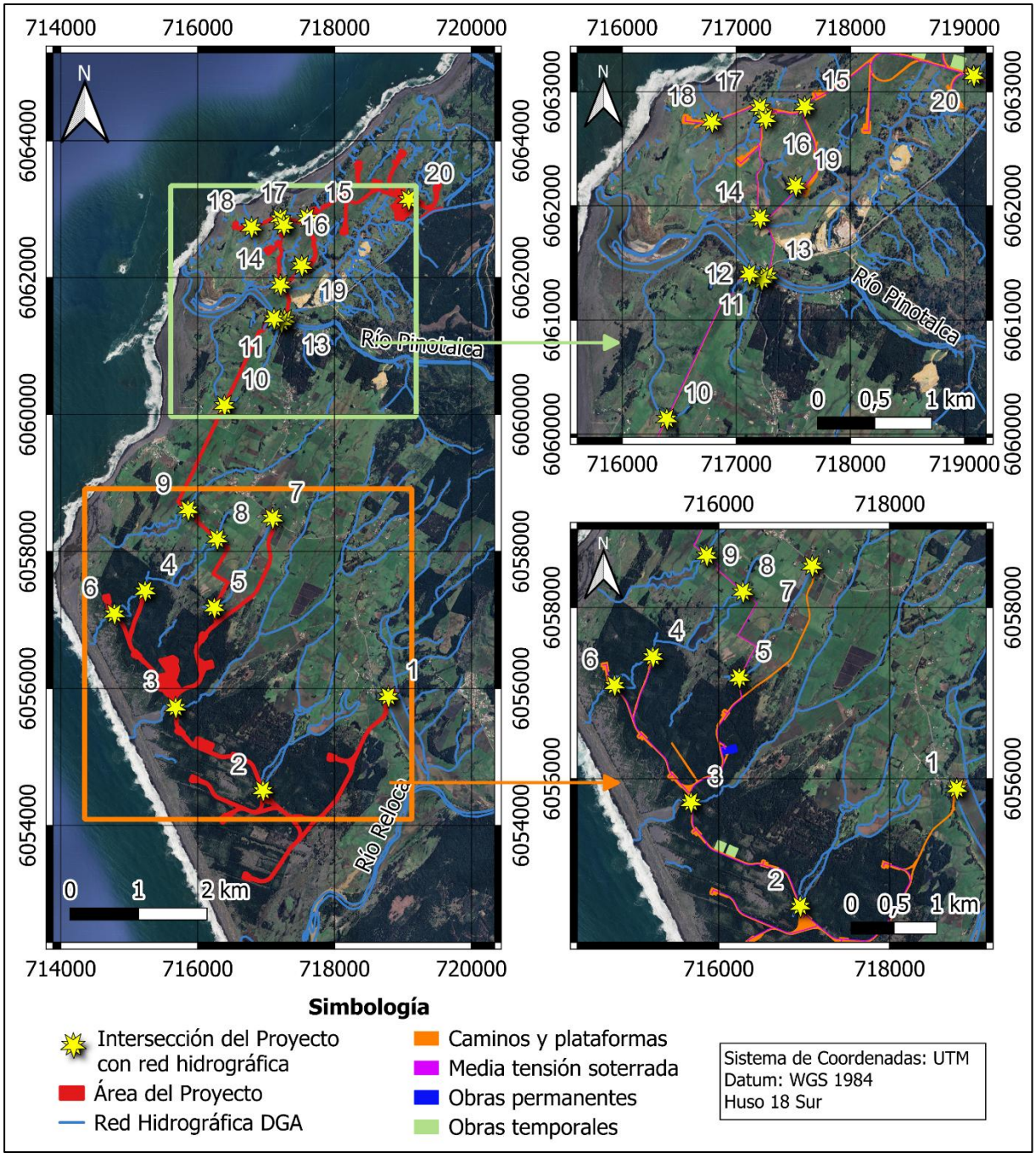
Las inundaciones en zona urbana presentan un valor muy bajo para los índices de amenaza y riesgo, mientras que presenta valores altos para exposición y sensibilidad. Esto se complementa con lo anterior, dado que los índices de exposición y sensibilidad muestran la presencia de asentamientos de personas, pero los índices de amenaza y riesgo complementan el hecho de que las inundaciones son poco probables en la zona.

Las sequías hidrológicas presentan valores altos en sus índices, demostrando que este es el mayor efecto del cambio climático en la zona, lo cual se complementa con la información presentada en el acápite anterior.

7 IDENTIFICACIÓN DE INTERSECCIONES DEL PROYECTO CON LA RED HIDROGRÁFICA

En la Figura 7-1 se muestra la ubicación de los puntos de intersección entre las obras del Proyecto y los cursos de agua que forman parte de la red hidrográfica definida en el área de influencia. En consecuencia, se podría requerir considerar obras de modificación de cauce asociadas a dichas intersecciones entre el área del Proyecto y la red hidrográfica identificada.

Figura 7-1. Ubicación puntos de intersección de obras del Proyecto con red hidrográfica en el área de influencia



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la Tabla 7-1 se indican las coordenadas de los puntos de intersección entre las obras del Proyecto y los cursos de agua que forman parte de la red hidrográfica definida en el área de influencia.

Tabla 7-1. Coordenadas UTM puntos de intersección de obras del Proyecto con red hidrográfica en el área de influencia

ID	Coordenadas UTM WGS 84 – Huso 18 Sur	
	Este (m)	Norte (m)
1	718.784	6.055.884
2	716.954	6.054.512
3	715.677	6.055.724
4	715.200	6.057.473
5	716.242	6.057.180
6	714.784	6.057.091
7	717.094	6.058.487
8	716.284	6.058.183
9	715.860	6.058.609
10	716.390	6.060.134
11	717.222	6.061.355
12	717.114	6.061.403
13	717.271	6.061.389
14	717.208	6.061.893
15	717.601	6.062.870
16	717.258	6.062.763
17	717.208	6.062.862
18	716.786	6.062.736
19	717.520	6.062.176
20	719.082	6.063.142

Fuente: Elaboración propia, 2025.

8 CONCLUSIONES

- El Proyecto se localizará en la comuna de Chanco, provincia de Cauquenes y en la comuna de Constitución, provincia de Talca, ambas ubicadas en la Región del Maule. De acuerdo con la clasificación de la DGA se encuentra al interior de la Cuenca Costeras Maule y Límite Región, en la subcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca y en la subcuenca Río Reloca, específicamente en la subsubcuenca Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca y en la subsubcuenca Río Reloca entre Arriba Estero Empedrado y Desembocadura.
- El área de influencia comprende todas las zonas de intervención directa en relación con las fases de construcción, operación y cierre del Proyecto, alcanzando una superficie de 1,42 km^2 aproximadamente. Donde se observa la presencia de quebradas y/o cauces en el área de emplazamiento del Proyecto.
- La Red Hidrográfica se obtuvo a partir de la carta IGM F-55 Chanco (IGM 5-04-06-0055-00), y con la información recopilada durante la visita a terreno efectuada, donde se observa que el área del Proyecto está ubicada al norte del Río Reloca y pasa por el Río Pinotalca además de otros cauces que corresponden a Quebradas Sin Nombre, cursos de agua intermitentes, canales y humedales.
- La precipitación máxima se obtuvo con los registros de la estación meteorológica La Estrella, donde por medio de un análisis de frecuencias con distintas funciones de probabilidad y considerando 32 años de datos (desde 1992 al 2025), se obtuvo que, para 100 años de periodo de retorno, la precipitación máxima en 24 horas es de 96,6 mm.
- Los caudales máximos se obtuvieron con metodología directa con los registros de la estación fluviométrica Río Loanco en Desembocadura, donde por medio de un análisis de frecuencias con distintas funciones de probabilidad y datos de registros entre 1988 a 2021, se obtuvo que, para 100 años de periodo de retorno, el caudal máximo es de 50,80 m^3/s, 71,02 m^3/s, 57,60 m^3/s, 27,18 m^3/s, 11,55 m^3/s, 2,83 m^3/s, 217,96 m^3/s, 0,74 m^3/s, 1,21 m^3/s, 0,15 m^3/s, 1,60 m^3/s y 1,43 m^3/s, para las áreas aportantes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12,respectivamente.
- Los caudales máximos se obtuvieron con metodología indirecta con los registros de la estación meteorológicas La Estrella, donde por medio de un análisis de frecuencias con distintas funciones de probabilidad y datos de registros entre 1988 a 2021, se obtuvo que, para 100 años de periodo de retorno, el caudal máximo es de 15,4 m^3/s, 18,9 m^3/s, 14,6 m^3/s, 7,10 m^3/s, 3,40 m^3/s, 1,80 m^3/s, 0,40 m^3/s, 0,80 m^3/s, 0,30 m^3/s, 0,80 m^3/s, 1,10 m^3/s, para las áreas aportantes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 y 12, respectivamente.
- Debido a que los resultados obtenidos con la transposición de caudales corresponden a los mayores caudales, para los cálculos hidráulicos se utilizarán estos valores, por ser el caso más desfavorable.
- Considerando los efectos del cambio climático, se proyectan disminuciones en las precipitaciones de la zona en un 9,5% para el período 2035-2065, lo cual significa una disminución equivalente en los caudales de crecida estimados, acorde al criterio de evaluación del SEIA.
- Dentro de los efectos del cambio climático en la zona, se destaca el aumento constante y considerable en la frecuencia de sequías, acompañadas de eventos de lluvias torrenciales puntuales de magnitudes por sobre los 150 mm y fuertes vientos de más de 10 m/s.

- De acuerdo con la red hidrográfica definida, se identifican 20 puntos en los cuales las obras del Proyecto pasan por los cursos de agua que forman parte de la red hidrográfica , lo que podría requerir obras de modificación de cauce asociadas a dichas intersecciones entre el área del Proyecto y la red hidrográfica identificada.
- De estos 20 puntos, uno de ellos será tramitado en un PASM 157 para la proyección de una defensa, mientras que el resto se analizará en un PASM 156 para corroborar si se requiere de obras de modificación.

9 BIBLIOGRAFÍA

- ARCLIM (2024). Explorador de Amenazas. Disponible en línea: https://arclim.mma.gob.cl/amenazas/.
- Biblioteca Congreso Nacional (2024). Clima y vegetación. Disponible en línea [https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/clima.html.
- DGA (1991). “Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días”. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas.
- DGA (1995). “Manual de cálculos de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica”. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas.
- DGA (2018). APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO NACIONAL EN LAS CUENCAS DE LAS MACROZONAS NORTE Y CENTRO, SIT N° 435. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios Planificación, Santiago, Chile. Realizado por Fundación para la Transferencia Tecnológica y Pontificia Universidad Católica de Chile.
- DGA (2019). APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO NACIONAL EN LA MACROZONA SUR Y PARTE NORTE DE LA MACROZONA AUSTRAL, SIT N° 441. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación, Santiago, Chile. Elaborado por: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- DGA (2024). “Banco Nacional de Aguas”. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas.
- Espildora, B. (1975). “Elementos de Hidrología”. Centro de Recursos Hidráulicos, Departamento de Obras Civiles, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- IGM (1965). Carta F-55 Chanco (IGM 5-04-06-0055-00), Instituto Geográfico Militar.
- SEA (2023). Criterio de evaluación en el SEIA: Cambio climático en la evaluación ambiental del recurso hídrico: sea.gob.cl/documentacion/guias-y-criterios/criterio-de-evaluacion-en-el-seia-cambio-climatico-en-la-evaluacion.
- SEA (2026). Guía Área de Influencia en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Segunda Edición: https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2026/02/19/Guia_AI_SEIA_2026.pdf.
- DGA (2016). Guía de Presentación y Aprobación de Proyectos de Modificación de Cauce.
- MOP (2024). Manual de Carreteras Volumen N°3.

APÉNDICE 3.6.1
ARCHIVOS DIGITALES

Apéndice 3.6.1.1 Hidrología formato KMZ.
Apéndice 3.6.1.2 Hidrología formato SHP.

APÉNDICE 3.6.2
CATÁLOGO FOTOGRÁFICO

APÉNDICE 3.6.3

MEMORIA DE CÁLCULO ESTIMACIÓN DE CAUDALES