DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

INCORPORACIÓN LÍNEA DE TRANSMISIÓN SE ALFA SOLAR-SE KIMAL 2x220 kV

CARACTERIZACIÓN COMPONENTE HIDROLOGÍA

Noviembre 2026

Sebastián Astete/Elizabeth Pérez	**Paulina Brugerolles**	**Fernando Valdés**
ELABORADO POR	**REVISADO POR**	**APROBADO POR**
Especialista de Hidrología	**Jefe de Proyectos**	**Gerente Área de Negocios Ambientales**

INDICE DE CONTENIDOS

2.10. CARACTERIZACIÓN COMPONENTE HIDROLOGÍA ..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.10.1. INTRODUCCIÓN **.....5**
2.10.2. OBJETIVOS 7
2.10.2.1. Objetivo General..... 7
2.10.2.2. Objetivos Específicos 7
2.10.3. ÁREA DE INFLUENCIA **.....8**
2.10.4. METODOLOGÍA**.....10**
2.10.4.1. Revisión y Recopilación de Antecedentes 11
2.10.4.2. Trabajo de Gabinete 12
2.10.4.2.1. Descripción hidrográfica y de la red de drenaje..... 12
2.10.4.2.2. Descripción de objetos de protección..... 12
2.10.4.2.3. Delimitación de la cuenca para el área de emplazamiento del Proyecto 12
2.10.4.2.4. Caracterización del régimen de alimentación..... 13
2.10.4.2.5. Recopilación de información pluviométrica y fluviométrica..... 13
2.10.4.3. Reconocimiento de Terreno 15
2.10.4.4. Metodología de Cambio Climático 15
2.10.5. RESULTADOS 16
2.10.5.1. Contexto Hidrográfico y Red de Drenaje 16
2.10.5.2. Caracterización Topográfica y cuencas Aportantes..... 17
2.10.5.3. Régimen de Alimentación del Río Loa 20
2.10.5.3.1. Estaciones Fluviométricas Utilizadas..... 20
2.10.5.3.2. Variación Estacional de Caudales..... 21
2.10.5.4. Análisis de Eventos Extremos: Precipitaciones..... 24
2.10.5.4.1. Antecedentes Pluviométricos..... 24
2.10.5.4.2. Revisión de las Series Pluviométricas..... 25
2.10.5.4.3. Análisis de Frecuencia de Precipitaciones Máximas 26
2.10.5.4.4. Precipitaciones Máximas Diarias Asociadas a Períodos de Retorno..... 26
2.10.5.4.5. Distribución Espacial de las Precipitaciones Extremas..... 27
2.10.5.4.6. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia 28
2.10.5.4.7. Evento Extremo de Referencia para la Caracterización Hidrológica Local 29
2.10.5.5. Registro Fotográfico de Terreno..... 30
2.10.5.5.1. Localización y Síntesis de Puntos de Observación 30
2.10.5.5.2. Criterio de Lectura del Registro Fotográfico 31
2.10.5.6. Registro Fotográfico..... 32
2.10.5.6.1. PO Alfa Solar..... 32
2.10.5.6.2. Estructura E01 33
2.10.5.6.3. Estructura E02 34
2.10.5.6.4. Estructura E03 35
2.10.5.6.5. Estructura E04 36
2.10.5.6.6. Estructura E05 37
2.10.5.6.7. Estructura E06 38

2.10.5.6.8. Estructura E07 39
2.10.5.6.9. Estructura E08 40
2.10.5.6.10. Estructura E09 41
2.10.5.6.11. Estructura E10 42
2.10.5.6.12. Estructura E11 43
2.10.5.6.13. Estructura E12 44
2.10.5.6.14. Estructura E13 45
2.10.5.6.15. Estructura E14 46
2.10.5.6.16. Estructura E15 47
2.10.5.6.17. PO Kimal 48
2.10.5.6.18. Río Loa 49
2.10.5.6.19. Síntesis del Reconocimiento Visual 49
2.10.5.7. Consideración del Cambio Climático en la Caracterización Hidrológica 50
2.10.5.7.1. Proyecciones Climáticas Relevantes para el Componente Hidrología 50
2.10.6. CONCLUSIONES 51
2.10.7. BIBLIOGRAFÍA 52

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización general del Proyecto ámbito regional 6
Figura 2. Localización del Proyecto ámbito local. 7
Figura 3. Área de Influencia y contextualización hidrográfica del componente Hidrología. 10
Figura 4. Contextualización hidrográfica del área de estudio. 17
Figura 5. Modelo Digital de Terreno (MDT) de los sectores con levantamiento topográfico de detalle 18
Figura 6. Mapa de pendientes del área de estudio 19
Figura 7. Curva de variación estacional del caudal del río Loa en La Finca. 22
Figura 8. Curva de variación estacional del caudal del río Loa en desembocadura. 23
Figura 9. Isoyetas de precipitación máxima en 24 horas para T = 10 años. 28
Figura 10. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia consideradas en el estudio. 29
Figura 9. Vista del sector de PO Alfa Solar. 32
Figura 10. Vista del sector de Estructura E01. 33
Figura 11. Vista del sector de Estructura E02. 34
Figura 12. Vista del sector de Estructura E03. 35
Figura 13. Vista del sector de Estructura E04. 36
Figura 14. Vista del sector de Estructura E05. 37
Figura 15. Vista del sector de Estructura E06. 38
Figura 16. Vista del sector de Estructura E07. 39
Figura 17. Vista del sector de Estructura E08. 40
Figura 18. Vista del sector de Estructura E09. 41
Figura 19. Vista del sector de Estructura E10. 42
Figura 20. Vista del sector de Estructura E11. 43
Figura 21. Vista del sector de Estructura E12. 44
Figura 22. Vista del sector de Estructura E13. 45

Figura 23. Vista del sector de Estructura E14. 46
Figura 24. Vista del sector de Estructura E15. 47
Figura 25. Vista del sector de PO Kimal..... 48
Figura 26. Vista del sector de Río Loa. 49

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Localización de las estaciones pluviométricas..... 14
Tabla 2. Antecedentes de las estaciones fluviométricas utilizadas para la caracterización del régimen hidrológico del río Loa. 15
Tabla 3. Características de las estaciones fluviométricas utilizadas para la caracterización del régimen hidrológico del río Loa. 21
Tabla 4. Caudal medio mensual del río Loa en La Finca según probabilidad de excedencia (m^3/s). 22
Tabla 5. Caudal medio mensual del río Loa en desembocadura según probabilidad de excedencia (m^3/s)..... 22
Tabla 6. Estaciones pluviométricas consideradas inicialmente. 24
Tabla 7. Criterios de completación de las series pluviométricas. 25
Tabla 8. Distribuciones probabilísticas seleccionadas. 26
Tabla 9. Precipitaciones máximas diarias estimadas (mm)..... 26
Tabla 10. Precipitaciones máximas en 24 horas corregidas para el análisis IDF (mm). 27
Tabla 11 Precipitación e intensidad para duración de 30 minutos..... 29
Tabla 12. Evento extremo de referencia utilizado en el estudio hidráulico. 30
Tabla 13. Puntos de observación, coordenadas UTM y cotas de terreno. 30

2.10. CARACTERIZACIÓN COMPONENTE HIDROLOGÍA

2.10.1. INTRODUCCIÓN

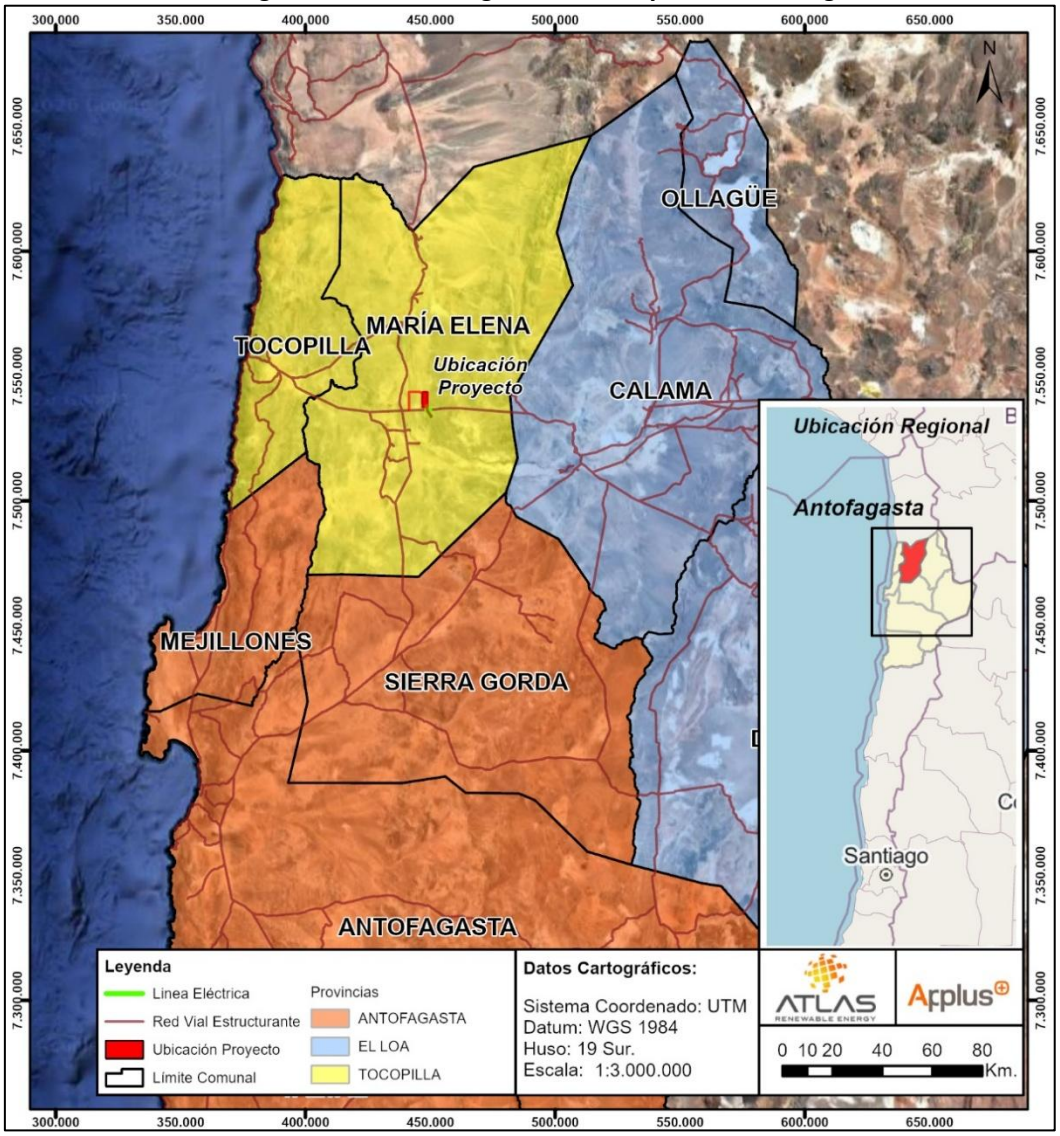
La presente caracterización hidrológica se desarrolla en el marco de la Declaración de Impacto Ambiental Incorporación Línea de Transmisión SE Alfa Solar-SE Kimal 2x220 Kv, correspondiente a la modificación de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N°0222/2021, mediante la cual fue ambientalmente calificado el proyecto Parque Fotovoltaico Alfa Solar.

Este proyecto incorpora la construcción y operación de una Línea de Transmisión (LAT) Alfa Solar–Kimal de doble circuito 2×220 kV, una Subestación Elevadora 220/33 kV y un Sistema de Almacenamiento de Energía mediante Baterías (Bess), infraestructura destinada a evacuar la energía generada por el parque fotovoltaico hacia la Subestación Eléctrica Kimal para su habilitación al Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Las obras proyectadas se emplazan en la comuna de María Elena, provincia de Tocopilla, Región de Antofagasta, dentro de un ambiente caracterizado por condiciones climáticas hiperáridas y una red de drenaje superficial predominantemente efímera. En este contexto, la presente caracterización ambiental, constituye un antecedente técnico fundamental para establecer las condiciones ambientales existentes del área de influencia del Proyecto, proporcionando la información necesaria para la evaluación ambiental de las obras proyectadas y el análisis de su potencial interacción con los recursos hídricos superficiales, conforme a los criterios establecidos por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

La caracterización hidrológica tiene por finalidad describir las condiciones hidrológicas existentes en el área de estudio, identificando las unidades hidrográficas, la red de drenaje superficial, las cuencas aportantes y los principales parámetros hidrológicos que condicionan la generación y propagación de escorrentías superficiales. Asimismo, se caracteriza el régimen hidrológico regional mediante el análisis de antecedentes hidrometeorológicos, cartográficos y bibliográficos disponibles, complementados con información obtenida durante el reconocimiento de terreno realizado a lo largo del trazado de la Línea de Transmisión proyectada.

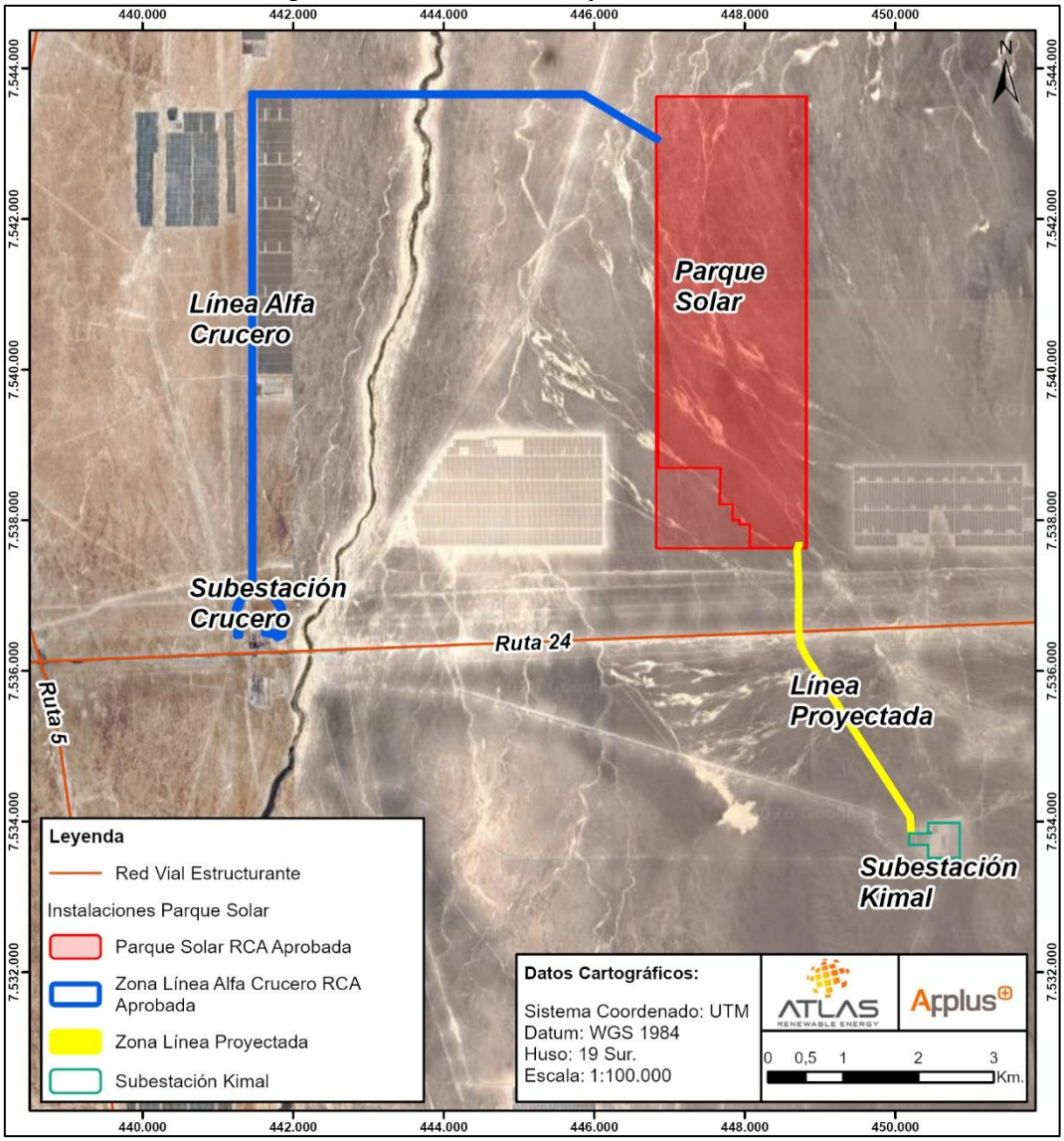
El área de estudio se emplaza dentro de la cuenca del río Loa, específicamente sobre la porción distal de un sistema de abanicos aluviales desarrollado entre la vertiente occidental de la Cordillera de Domeyko y la Depresión Intermedia. Estas condiciones geomorfológicas, sumadas al clima desértico cálido (BWh) predominante en la zona, determinan un régimen hidrológico caracterizado por precipitaciones escasas y altamente variables, ausencia de cauces permanentes en el área de emplazamiento del Proyecto y escurrimientos superficiales de carácter episódico, asociados principalmente a eventos pluviométricos extraordinarios.

Figura 1. Localización general del Proyecto ámbito regional.



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Figura 2. Localización del Proyecto ámbito local.



Fuente: Elaboración propia, 2026.

2.10.2. OBJETIVOS

2.10.2.1. Objetivo General

Establecer la caracterización ambiental del componente Hidrología en el área de influencia del Proyecto, generando los antecedentes técnicos necesarios para sustentar la inexistencia de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley N°19.300 asociados al recurso hídrico superficial, conforme a los criterios establecidos por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

2.10.2.2. Objetivos Específicos

En línea con el objetivo general, los siguientes objetivos específicos se orientan a caracterizar hidrológicamente el área de influencia del Proyecto conforme a los criterios técnicos

establecidos en el Criterio de Evaluación en el SEIA: Contenidos Técnicos para la Evaluación Ambiental del Recurso Hídrico (SEA, 2022, acápite 4.1).

- Determinar y justificar el área de influencia del componente Hidrología, considerando la continuidad hidráulica, las unidades hidrográficas y la relación funcional entre los sistemas de drenaje superficial y las obras proyectadas, conforme a los criterios establecidos por el SEA.
- Describir la hidrografía y la red de drenaje superficial presentes en el área de influencia del Proyecto.
- Determinar las características morfométricas de las cuencas y subcuencas que aportan escorrentía hacia el área de emplazamiento del Proyecto.
- Caracterizar el régimen hidrológico del área de influencia mediante el análisis de los antecedentes pluviométricos, fluviométricos e hidrológicos disponibles, con el propósito de generar antecedentes técnicos para la evaluación de posibles efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley N°19.300.

2.10.3. ÁREA DE INFLUENCIA

Para la determinación y delimitación del área de influencia del componente Hidrología se consideraron los criterios establecidos en la Guía Áreas de Influencia en el SEIA (SEA, 2026, 2ª edición) y en el Criterio de Evaluación en el SEIA: Contenidos Técnicos para la Evaluación Ambiental del Recurso Hídrico (SEA, 2022), atendiendo a las características hidrográficas, topográficas y geomorfológicas del territorio, así como a la localización y características de las obras que conforman la modificación del Proyecto.

Para efectos de este componente, el Área de Influencia comprende el sector en el cual se emplazarán y desarrollarán las obras y acciones asociadas a la modificación del Proyecto, así como los elementos del sistema de drenaje superficial que presentan una relación espacial y funcional directa con dichas áreas de intervención. Las principales obras consideradas corresponden a la Línea de Transmisión Alfa Solar–Kimal, la Subestación Elevadora, el Sistema de Almacenamiento de Energía mediante Baterías (BESS) y sus obras e instalaciones auxiliares asociadas.

Para la delimitación del Área de Influencia se consideraron como factores generadores asociados al componente Hidrología las intervenciones de superficie derivadas de la ejecución de fundaciones, habilitación de plataformas, utilización o habilitación de accesos y demás obras auxiliares, en cuanto corresponden a acciones susceptibles de interactuar espacialmente con los patrones naturales de escorrentía y con los elementos del sistema de drenaje superficial presentes en los sectores de intervención.

La delimitación fue complementada mediante el análisis de la configuración hidrográfica del entorno, considerando la red de drenaje superficial, las divisorias de aguas, las direcciones preferenciales y la continuidad de los escurrimientos, la topografía y las características geomorfológicas del terreno. Para ello se utilizaron herramientas de Sistemas de Información

Geográfica (SIG), antecedentes cartográficos oficiales y un Modelo Digital de Elevación ALOS PALSAR de 12,5 m de resolución espacial, lo que permitió analizar la configuración topográfica, las pendientes, las divisorias de aguas y los patrones de drenaje superficial en relación con las obras proyectadas. Este análisis fue complementado con el reconocimiento de terreno efectuado en los sectores de emplazamiento de las estructuras de la Línea de Transmisión.

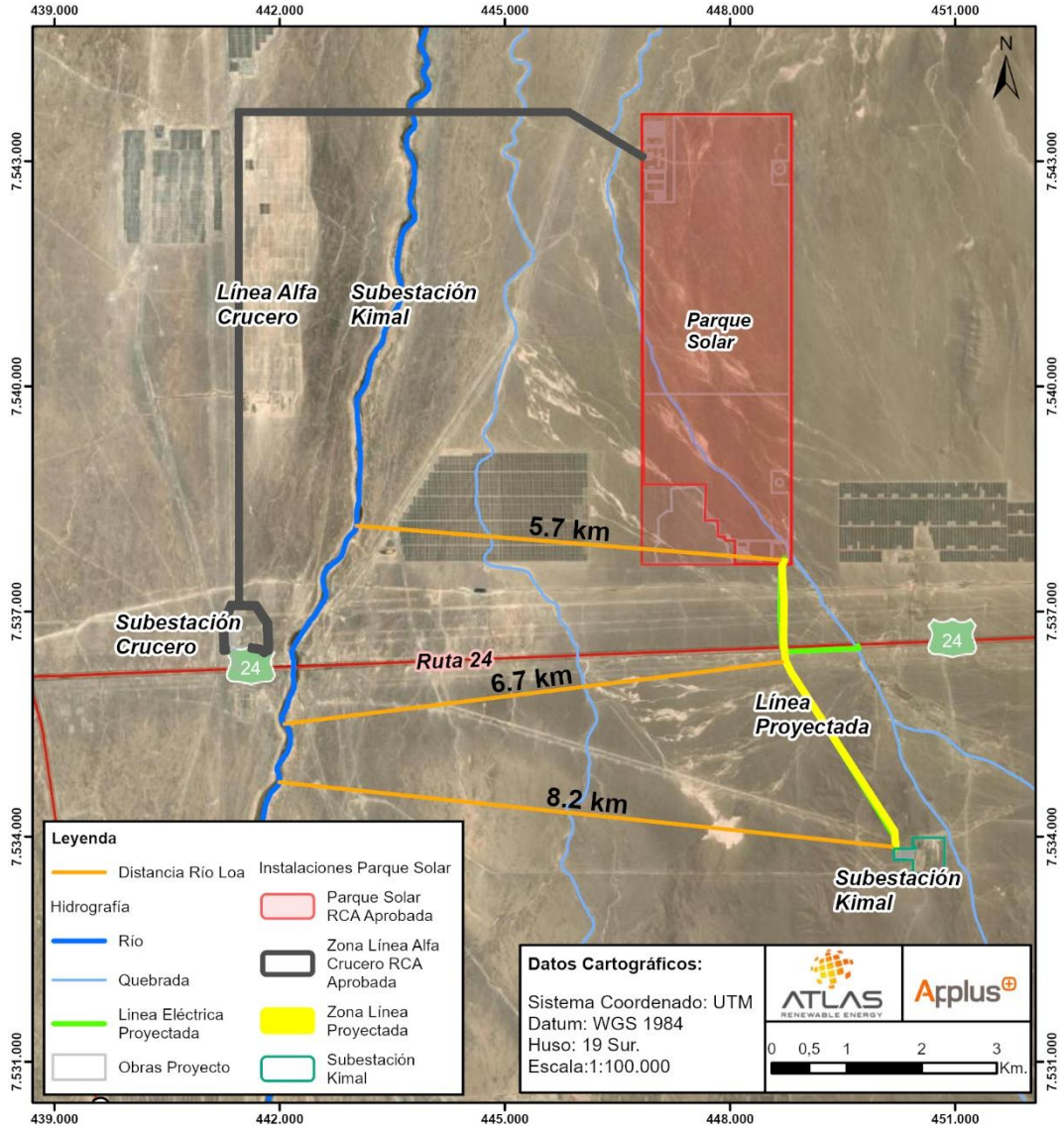
A escala regional, el Proyecto se inserta en la cuenca del río Loa (Código DGA-BNA N°021) y, de acuerdo con la clasificación hidrográfica del Banco Nacional de Aguas, se emplaza en la Subcuenca Loa Medio entre Río Salado y Quebrada de Barrera (Código DGA-BNA N°0211) y, específicamente, en la Subsubcuenca Río Loa entre Río San Salvador y Quebrada Amarga (Código DGA-BNA N°02112). Estas unidades hidrográficas permiten establecer el contexto regional en el cual se inserta el Proyecto y su posición dentro del sistema de drenaje superficial de mayor escala, sin que sus límites sean equivalentes a la delimitación del Área de Influencia del componente Hidrología.

A escala local, los antecedentes hidrológicos disponibles identifican dos unidades aportantes relacionadas con el drenaje superficial del sector. La Cuenca N°1, con una superficie de 223,3 km², constituye la unidad de mayor extensión y concentra los aportes de escorrentía superficial provenientes principalmente desde el sector Este. Por su parte, la Cuenca N°2, con una superficie de 2,1 km², concentra los aportes superficiales hacia el sector Sur del área de emplazamiento. Estas unidades se consideran como antecedentes para caracterizar el origen, dirección y comportamiento de los escurrimientos que pueden alcanzar el Área de Influencia, sin que la totalidad de sus superficies forme parte de ésta.

Los objetos de protección asociados al componente Hidrología corresponden a los elementos del sistema de drenaje superficial presentes en el Área de Influencia y que mantienen una relación espacial o funcional con las obras proyectadas, incluyendo cauces naturales, quebradas, drenajes temporales y sectores de concentración de escorrentía superficial. Su identificación permite caracterizar las condiciones hidrológicas existentes en los sectores susceptibles de interacción con las obras, sin que su sola presencia implique la existencia de una afectación ambiental.

En consecuencia, el Área de Influencia del componente Hidrología comprende los sectores donde se emplazarán y desarrollarán las obras y acciones de la modificación del Proyecto, junto con los elementos del sistema de drenaje superficial que presentan una relación espacial y funcional directa con dichas áreas de intervención. Las unidades hidrográficas de mayor escala y las cuencas aportantes identificadas se consideran como antecedentes de contextualización y caracterización hidrológica necesarios para comprender el origen y comportamiento de los escurrimientos que pueden alcanzar estos sectores, pero no determinan por sí mismas la extensión del Área de Influencia.

Figura 3. Área de Influencia y contextualización hidrográfica del componente Hidrología.



Fuente: Elaboración propia sobre la base de antecedentes DGA-BNA, Modelo Digital de Elevación ALOS PALSAR y obras del Proyecto.

2.10.4. METODOLOGÍA

La presente metodología tuvo por finalidad caracterizar las condiciones hidrológicas existentes dentro del área de influencia del Proyecto, estableciendo la caracterización ambiental del componente Hidrología para la evaluación de la modificación de la RCA N°0222/2021. Su desarrollo se efectuó conforme a los criterios establecidos en la Guía Áreas de Influencia en el SEIA (SEA, 2026) y en el Criterio de Evaluación en el SEIA: Contenidos Técnicos para la Evaluación Ambiental del Recurso Hídrico (SEA, 2022), integrando antecedentes bibliográficos, cartográficos e hidrometeorológicos con el reconocimiento de terreno, lo que permitió caracterizar las condiciones actuales del drenaje superficial, de las cuencas aportantes y de los objetos de protección asociados al área de emplazamiento del Proyecto. La metodología comprendió cuatro etapas principales: revisión y recopilación de antecedentes, trabajo de

gabinete, análisis hidrológico, reconocimiento de terreno y, finalmente, análisis de cambio climático.

Las fases metodológicas señaladas, se presentan a continuación:

2.10.4.1. Revisión y Recopilación de Antecedentes

Para el cumplimiento de los objetivos planteados, se realizó una revisión y recopilación de antecedentes bibliográficos provenientes de fuentes secundarias, considerando los criterios metodológicos establecidos en la Guía Áreas de Influencia en el SEIA (SEA, 2026, 2ª edición) y en el Criterio de Evaluación en el SEIA: Contenidos Técnicos para la Evaluación Ambiental del Recurso Hídrico (SEA, 2022). La revisión consideró los lineamientos asociados a la caracterización del sistema hídrico superficial, la delimitación de unidades hidrográficas, la identificación de los elementos del recurso hídrico potencialmente vinculados al Proyecto y la descripción de los objetos de protección asociados al componente Hidrología.
Las principales fuentes de información utilizadas corresponden a:

- Gestión Ambiental Consultores S.A. (2021). Anexo 7, Permiso Ambiental Sectorial N°157, Adenda Complementaria a la Declaración de Impacto Ambiental "Parque Fotovoltaico Alfa Solar".
- Dirección General de Aguas (DGA). (1995). Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica.
- Dirección General de Aguas (DGA). (2004). Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad. Cuenca del Río Loa.
- Gobierno Regional de Antofagasta. (2020). Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta.
- Instituto Geográfico Militar (IGM). Cartografía regular escala 1:50.000, cartas B038-Toco, B039-Cerros de Chug Chug, B048-Oficina María Elena y B049-Río San Salvador.
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). Cartografía base y antecedentes territoriales disponibles para el área de estudio.
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). Cartografía geológica y antecedentes geomorfológicos disponibles.
- Quintana, E. T. (2016). Determinación de Curvas IDF en la Región de Antofagasta.
- Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad. (2018). Manual de Carreteras Volumen N°3: Instrucciones y Criterios de Diseño.
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2022). Criterio de Evaluación en el SEIA: Contenidos Técnicos para la Evaluación Ambiental del Recurso Hídrico.
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2026). Guía Áreas de Influencia en el SEIA, segunda edición.

2.10.4.2. Trabajo de Gabinete

2.10.4.2.1. Descripción hidrográfica y de la red de drenaje

Se realizó la caracterización del contexto hidrográfico del área de estudio mediante la utilización de información cartográfica oficial de la Dirección General de Aguas (DGA), considerando la delimitación de unidades hidrográficas del Banco Nacional de Aguas (BNA), inventario oficial vigente y de libre acceso en la Mapoteca Digital DGA/MOP. Se tuvo en consideración la existencia del inventario de cuencas DARH (2015, delimitado por CIREN), el cual a la fecha no cuenta con capas cartográficas digitales de acceso público disponibles para su incorporación directa al presente estudio.

La caracterización permitió identificar la estructura hidrográfica del territorio, incluyendo la cuenca, subcuencas y subsubcuencas asociadas al área de estudio, además de la red de drenaje superficial, cauces naturales, quebradas y drenajes temporales vinculados al sistema hidrológico local. La información hidrográfica fue complementada mediante el procesamiento de un Modelo Digital de Elevación (DEM) ALOS PALSAR de 12,5 m de resolución espacial, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) mediante el software QGIS, con el propósito de analizar la configuración topográfica del terreno, pendientes, divisorias de aguas y patrones de drenaje superficial.

2.10.4.2.2. Descripción de objetos de protección

Conforme a los criterios establecidos en el Criterio de Evaluación en el SEIA: Contenidos Técnicos para la Evaluación Ambiental del Recurso Hídrico (SEA, 2022, Cap. 4), se identificaron los objetos de protección asociados al componente Hidrología, correspondientes a los elementos del sistema de drenaje superficial (cauces naturales, quebradas, drenajes temporales y sectores de concentración de escorrentía) presentes en el área de influencia del Proyecto. Dicha identificación se realizó a partir del análisis cartográfico e hidrográfico descrito en el apartado 4.2.1, en conjunto con la clasificación hidrográfica oficial del Banco Nacional de Aguas (BNA) y el reconocimiento de terreno señalado en el apartado 4.3.

2.10.4.2.3. Delimitación de la cuenca para el área de emplazamiento del Proyecto

La delimitación de las cuencas aportantes consideró como antecedente las unidades hidrográficas previamente identificadas y utilizadas en la evaluación ambiental del Parque Fotovoltaico Alfa Solar, aprobado mediante RCA N°0222/2021. Estas unidades fueron revisadas en función de la configuración actual de las obras que forman parte de la presente modificación, considerando la localización de la Línea de Transmisión Alfa Solar–Kimal, la Subestación Elevadora, el Sistema de Almacenamiento de Energía mediante Baterías (BESS) y sus obras asociadas.

La revisión de las cuencas aportantes se complementó mediante el análisis topográfico e hidrográfico del área de estudio, considerando la configuración del relieve, las divisorias de

aguas y las direcciones preferenciales de escurrimiento superficial. Para los sectores con cobertura topográfica de detalle se utilizaron los antecedentes derivados del Modelo Digital de Terreno (MDT) de 1 × 1 m de resolución, generado a partir de los levantamientos aerofotogramétricos y LiDAR realizados para el Proyecto. A partir de este análisis se identificaron las unidades aportantes relevantes para la caracterización hidrológica del área de estudio, las cuales constituyen la base para el análisis morfométrico y la estimación de los caudales máximos asociados a eventos de precipitación.

2.10.4.2.4. Caracterización del régimen de alimentación

Se recopilaron antecedentes asociados al régimen de alimentación del río Loa, principal sistema fluvial relacionado con el área de estudio, a partir del estudio "Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta" (Gobierno Regional de Antofagasta, 2020), complementado con el documento "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad: Cuenca del Río Loa" (DGA, 2004), el cual aporta las curvas de variación estacional de caudal utilizadas en la presente caracterización.

2.10.4.2.5. Recopilación de información pluviométrica y fluviométrica.

Se recopiló información hidrometeorológica proveniente principalmente de la Dirección General de Aguas (DGA), correspondiente a registros históricos de precipitaciones máximas anuales en 24 horas entre los años 1965 y 2020, con el propósito de caracterizar el régimen de precipitaciones del área de influencia y disponer de antecedentes representativos para la estimación de precipitaciones de diseño.

Para la caracterización pluviométrica del área de estudio se revisaron las estaciones Conchi Viejo, Conchi Embalse, Calama, Quillagua, Sierra Gorda y Quebrada Barriles, pertenecientes a la red hidrometeorológica de la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP). La selección consideró su localización respecto del área del Proyecto, disponibilidad y extensión de los registros, así como su representatividad de las condiciones pluviométricas del área de estudio. En la siguiente Tabla, se representa la localización de las estaciones se presenta en coordenadas UTM, Datum WGS84, Huso 19S.

Tabla 1. Localización de las estaciones pluviométricas.

Estación	Código BNA/DGA	Este UTM (m)	Norte UTM (m)	Altitud (m.s.n.m.)
Conchi Viejo	02104007-K	528.509	7.572.682	3.491
Conchi Embalse	02104008-8	538.581	7.563.972	3.010 aprox.
Calama	02110013-7	509.626	7.517.036	2.306
Quillagua	02112008-1	444.573	7.605.241	802
Sierra Gorda	02700001-0	467.037	7.468.529	1.625
Quebrada Barriles	02210003-7	377.918	7.557.844	107

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes de la Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Obras Públicas (MOP), Red Hidrométrica Nacional e Inventario de Estaciones DGA; y Dirección Meteorológica de Chile (DMC), Sistema de Administración de Datos Climatológicos (SACLIM). El inventario oficial DGA contiene nombre, código, tipo y coordenadas de las estaciones y fue actualizado el 15 de enero de 2026.

Por su parte, la información fluviométrica correspondió a registros históricos de caudal del río Loa, considerando las estaciones Río Loa en La Finca (Código BNA 02110004-8) y Río Loa en Desembocadura (Código BNA 02120001-8), ambas pertenecientes a la red hidrométrica de la DGA. La selección de estas estaciones se fundamentó en la disponibilidad de registros históricos, la continuidad de las series y su ubicación dentro del sistema hidrográfico del río Loa.

Los antecedentes fluviométricos fueron utilizados para caracterizar el régimen hidrológico regional del río Loa y la variación estacional de sus caudales, constituyendo un antecedente de contexto para la comprensión del sistema hidrográfico de mayor escala en el cual se inserta el Proyecto. Para este análisis se consideraron antecedentes disponibles en el estudio Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad: Cuenca del Río Loa (DGA, 2004), complementados con información del Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta (Gobierno Regional de Antofagasta, 2020).

Cabe señalar que la información fluviométrica del río Loa se utiliza como antecedente regional de referencia y no como representación directa del comportamiento de los drenajes locales asociados al área de emplazamiento del Proyecto, los cuales corresponden principalmente a cauces efímeros y escurrimientos temporales. La caracterización de estos drenajes locales se desarrolla a partir del análisis de las cuencas aportantes, sus parámetros morfométricos, las precipitaciones de diseño y la estimación de caudales máximos.

Tabla 2. Antecedentes de las estaciones fluviométricas utilizadas para la caracterización del régimen hidrológico del río Loa.

Estación Fluviométrica	Código BNA	Este UTM (m)	Norte UTM (m)
Río Loa en La Finca	02110004-8	500.925	7.510.778
Río Loa en Desembocadura	02120001-8	390.621	7.630.112

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes de la Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Obras Públicas (MOP), Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad: Cuenca del Río Loa (DGA, 2004), complementados con el Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta (Gobierno Regional de Antofagasta, 2020).

2.10.4.3. Reconocimiento de Terreno

Entre los días 30 de junio y 3 de julio de 2026 se realizó una campaña de terreno en el área de influencia del Proyecto, orientada al reconocimiento y verificación de las condiciones hidrológicas superficiales existentes en los sectores asociados al emplazamiento de las 15 estructuras proyectadas para la Línea de Transmisión Alfa Solar–Kimal. La inspección tuvo por finalidad complementar y contrastar los antecedentes obtenidos mediante el análisis cartográfico y topográfico, verificando en terreno las características del drenaje superficial y su relación espacial con las obras proyectadas.

Durante el recorrido se inspeccionó el entorno inmediato de cada una de las estructuras, considerando la presencia o ausencia de cauces naturales, quebradas, drenajes temporales, sectores de concentración de escorrentía y evidencias superficiales de escurrimiento, así como las características generales del terreno que permiten reconocer la dirección y configuración local del drenaje. Esta revisión permitió complementar la caracterización de la red de drenaje previamente identificada mediante cartografía y el análisis del Modelo Digital de Elevación.

En cada sector inspeccionado se efectuó un registro fotográfico georreferenciado mediante coordenadas UTM, destinado a documentar y respaldar las condiciones observadas durante la campaña. Los antecedentes obtenidos fueron posteriormente integrados al análisis de gabinete y se presentan en el apartado de Resultados, donde se describe la condición de drenaje superficial observada en los sectores correspondientes a las estructuras de la Línea de Transmisión.

2.10.4.4. Metodología de Cambio Climático

Para incorporar el cambio climático en la caracterización hidrológica del Proyecto, se revisaron los antecedentes disponibles en la plataforma ARClim del Ministerio del Medio Ambiente, considerando la comuna de María Elena.

El análisis se centró en las variables climáticas relacionadas con el comportamiento hidrológico del área, principalmente precipitación máxima diaria, precipitación acumulada anual y

temperatura media anual. Las proyecciones fueron comparadas con el período histórico de referencia disponible en ARClim.

2.10.5. RESULTADOS

2.10.5.1. Contexto Hidrográfico y Red de Drenaje

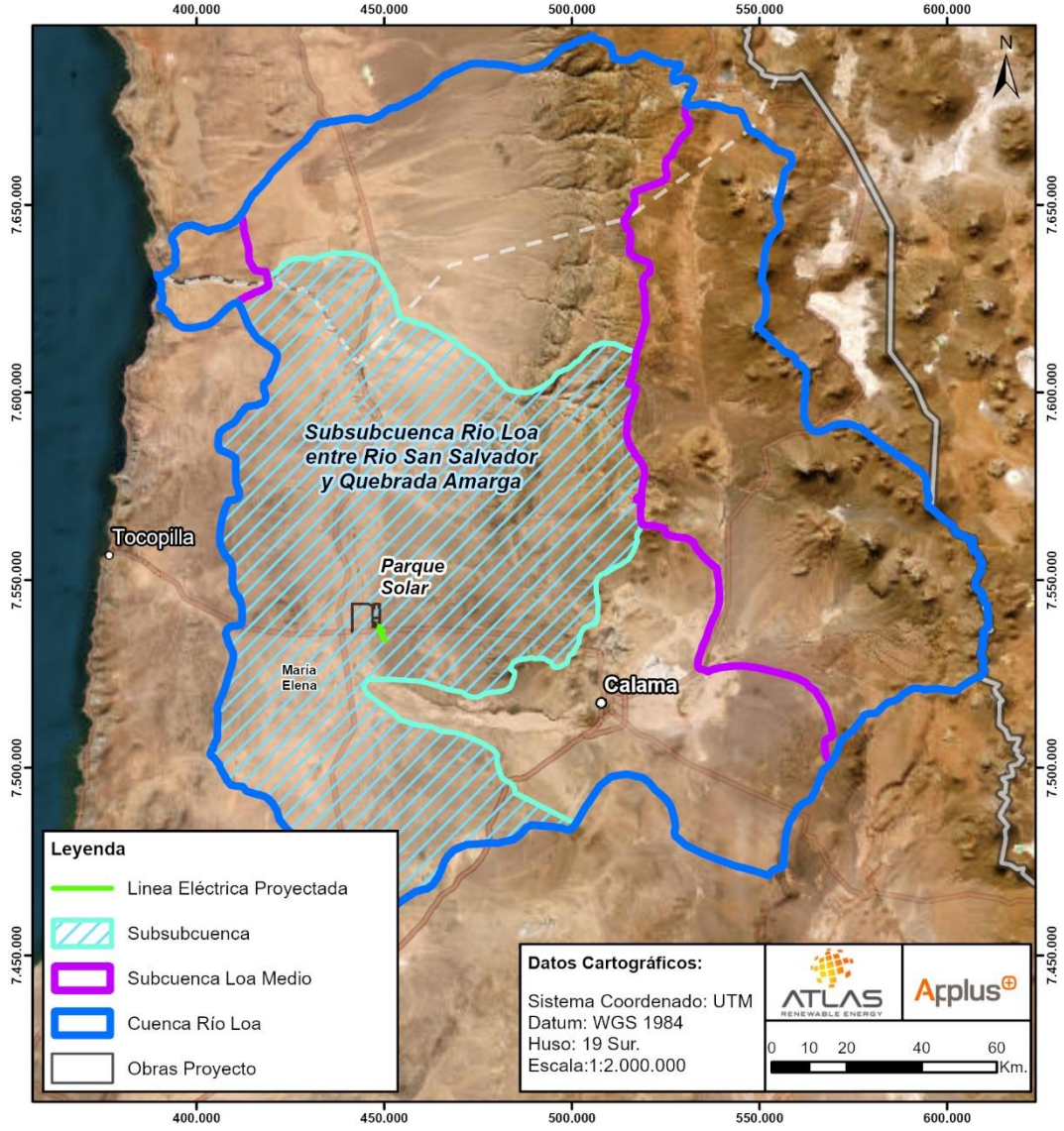
El área de emplazamiento del Proyecto se localiza dentro de la cuenca hidrográfica del río Loa, de carácter exorreico, correspondiente a la unidad Cuenca Río Loa (Código DGA-BNA N°021). De acuerdo con la clasificación hidrográfica del Banco Nacional de Aguas (BNA), el Proyecto se sitúa específicamente en la Subcuenca Loa Medio entre Río Salado y Quebrada de Barrera (Código DGA-BNA N°0211) y, a una escala de mayor detalle, en la Subsubcuenca Río Loa entre Río San Salvador y Quebrada Amarga (Código DGA-BNA N°02112).

La identificación de estas unidades hidrográficas permite establecer el contexto hidrográfico regional del área de estudio y situar espacialmente las obras proyectadas dentro del sistema de drenaje superficial de la cuenca del río Loa. Estas unidades corresponden a divisiones hidrográficas de referencia para la caracterización del componente y no deben confundirse con las cuencas aportantes locales identificadas para el análisis hidrológico del área de emplazamiento del Proyecto.

A escala regional, el río Loa constituye el principal sistema fluvial de la cuenca y presenta un régimen de alimentación asociado, entre otros factores, a las precipitaciones estivales que se desarrollan principalmente en los sectores altos de la cuenca, vinculadas al denominado Invierno Altiplánico. En contraste, el área de emplazamiento del Proyecto se desarrolla bajo condiciones de marcada aridez, propias del desierto de Atacama, caracterizadas por precipitaciones escasas y de alta variabilidad temporal.

En este contexto, el drenaje superficial del área de estudio se caracteriza por la ausencia de cursos de agua permanentes en los sectores de emplazamiento de las obras y por la presencia de cauces efímeros, drenajes temporales y sectores de escurrimiento superficial, cuya activación se encuentra asociada principalmente a la ocurrencia de eventos de precipitación. Las características topográficas y geomorfológicas del sector condicionan, además, la dirección, concentración y propagación de estos escurrimientos superficiales.
La Figura 4 presenta la contextualización hidrográfica del área de estudio, mostrando la ubicación del Proyecto respecto de la Cuenca del Río Loa y de las unidades hidrográficas definidas por la Dirección General de Aguas.

Figura 4. Contextualización hidrográfica del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía de la Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Obras Públicas (MOP), Banco Nacional de Aguas (BNA), 2026.

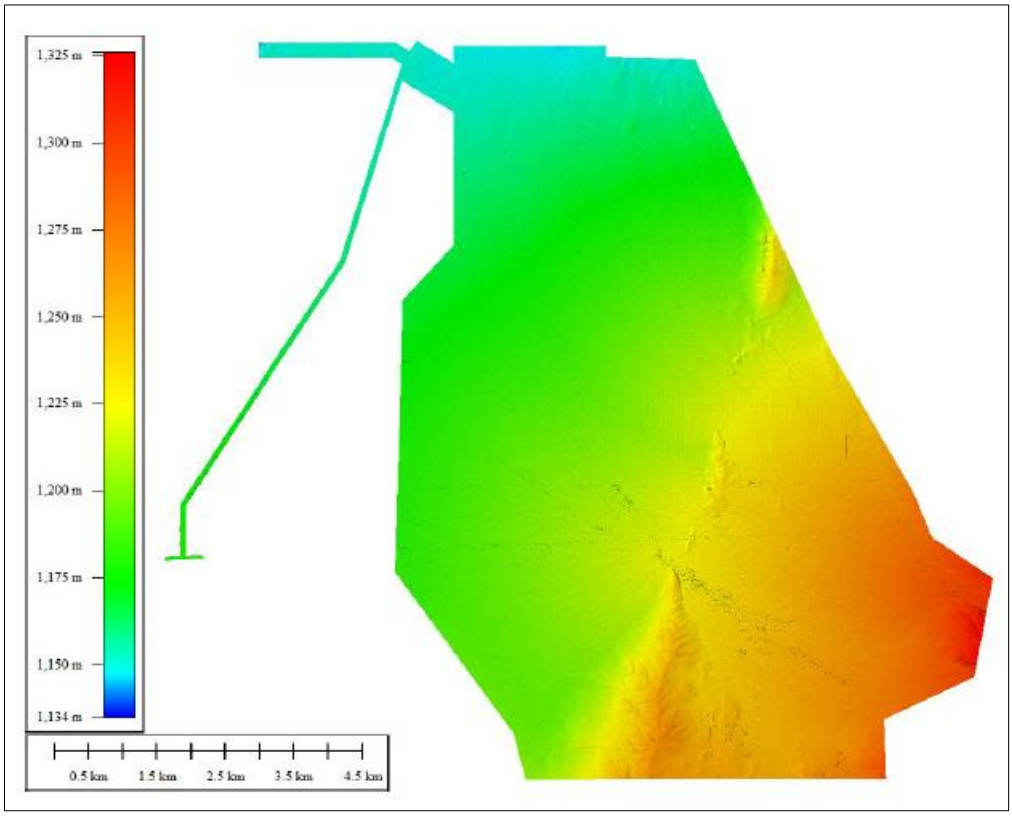
2.10.5.2. Caracterización Topográfica y cuencas Aportantes

La caracterización topográfica del área de estudio evidencia un gradiente altitudinal general descendente desde la vertiente occidental de la Cordillera de Domeyko hacia la Depresión Intermedia. Esta configuración del relieve se asocia al desarrollo de un sistema de abanicos aluviales coalescentes, cuyas superficies se extienden hacia sectores de menor altitud y pendiente, donde se emplazan las obras del Proyecto.

Para complementar la caracterización topográfica de los sectores de emplazamiento de las obras se consideró el Modelo Digital de Terreno (MDT) de alta resolución desarrollado para el Proyecto Alfa Solar, elaborado a partir de levantamientos aerofotogramétricos y LiDAR realizados durante las campañas 2024, 2025 y 2026. A partir de la integración, clasificación y edición de las nubes de puntos obtenidas durante dichas campañas se generó un MDT con

resolución espacial de 1 × 1 m, representativo del terreno natural en las áreas cubiertas por el levantamiento.

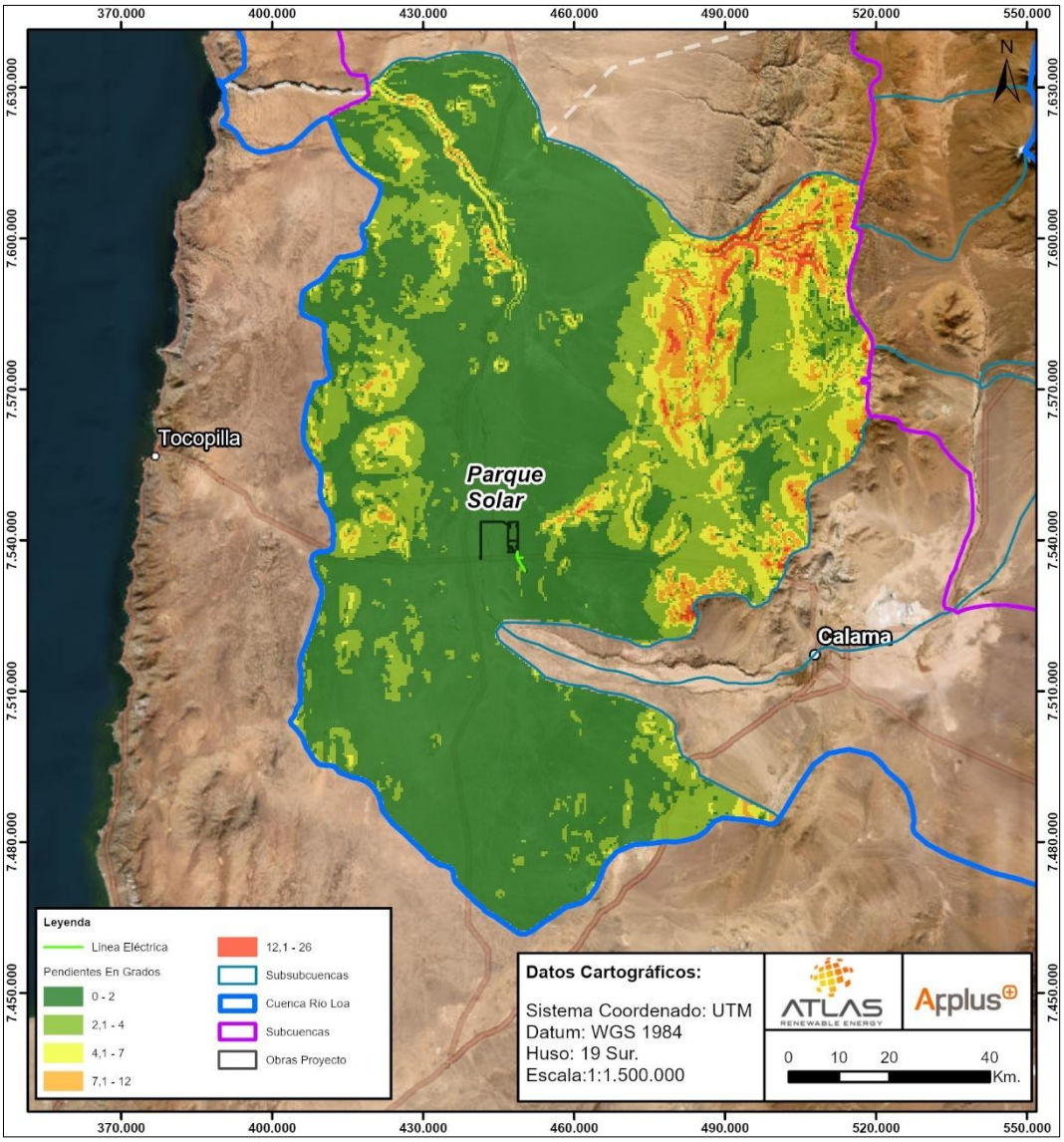
Figura 5. Modelo Digital de Terreno (MDT) de los sectores con levantamiento topográfico de detalle.



Fuente: Pleiades 2026. A partir de Topoland Ingeniería (2026), Levantamientos LiDAR y Aerofotogramétricos Proyecto Alfa Solar, Informe Técnico. MDT de resolución 1 × 1 m, sistema de coordenadas UTM, Datum WGS 84, Huso 19 Sur y referencia altimétrica EGM2008.

El análisis del relieve y de las pendientes permite reconocer una disminución general de las pendientes desde los sectores de mayor elevación hacia las zonas distales de los abanicos aluviales. En estas últimas se localizan principalmente las obras del Proyecto, sobre superficies de pendiente suave y relieve relativamente uniforme. En los sectores cubiertos por el levantamiento topográfico de detalle, el MDT permite además reconocer con mayor precisión las variaciones locales del relieve y aquellos rasgos topográficos que pueden condicionar la dirección y concentración de los escurrimientos superficiales.

Figura 6. Mapa de pendientes del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes topográficos del Proyecto y Topoland Ingeniería (2026), Levantamientos LiDAR y Aerofotogramétricos Proyecto Alfa Solar.

La configuración topográfica y geomorfológica descrita condiciona la organización del drenaje superficial. Hacia las porciones distales de los abanicos aluviales, donde disminuye la pendiente del terreno, el drenaje presenta una menor definición de cauces y una mayor tendencia a la dispersión de los escurrimientos. En los sectores de emplazamiento de las obras no se identificaron cursos de agua permanentes, observándose principalmente cauces efímeros, drenajes temporales y sectores de concentración de escorrentía superficial, cuya activación se encuentra asociada a la ocurrencia de eventos de precipitación.

A partir de la configuración topográfica e hidrográfica del área de estudio se identificaron las cuencas aportantes que presentan relación con el drenaje superficial de los sectores de emplazamiento del Proyecto. Su delimitación permite establecer las áreas desde las cuales pueden generarse aportes de escorrentía hacia dichos sectores, así como analizar las direcciones generales de drenaje y las características geométricas y topográficas que condicionan su

respuesta hidrológica. Estas unidades constituyen, por tanto, la base para su posterior caracterización morfométrica y para la estimación de los caudales máximos asociados a eventos de precipitación.

2.10.5.3. Régimen de Alimentación del Río Loa

El río Loa constituye el principal sistema fluvial permanente del contexto hidrográfico regional en el que se inserta el Proyecto. Su régimen hidrológico se encuentra condicionado por las características climáticas de su cuenca, caracterizada por condiciones de marcada aridez en sus sectores medios y bajos y por la influencia de precipitaciones estivales en los sectores altos cordilleranos.

Con el objeto de establecer el contexto hidrológico regional del área de estudio, se analizaron antecedentes fluviométricos oficiales de la Dirección General de Aguas (DGA), considerando las estaciones Río Loa en La Finca y Río Loa en Desembocadura. Estas estaciones permiten representar el comportamiento estacional del sistema fluvial principal a escala regional y disponer de antecedentes históricos sobre la variabilidad de sus caudales.

Cabe precisar que las estaciones analizadas no corresponden a puntos de control de los cauces o quebradas localizados directamente en el área de emplazamiento del Proyecto. Por lo tanto, sus registros no se utilizan para extrapolar directamente caudales hacia las cuencas aportantes locales, sino para caracterizar el marco hidrológico regional en el cual se inserta el Proyecto.

2.10.5.3.1. Estaciones Fluviométricas Utilizadas

Las estaciones fluviométricas consideradas corresponden a registros oficiales de la red hidrométrica de la Dirección General de Aguas (DGA). Se seleccionaron las estaciones Río Loa en La Finca y Río Loa en Desembocadura por disponer de antecedentes históricos que permiten caracterizar la variación estacional de caudales del sistema fluvial principal de la cuenca del río Loa.

Considerando que dichas estaciones se localizan aproximadamente a 58,7 km y 109,1 km del área de emplazamiento del Proyecto, respectivamente, sus registros son utilizados exclusivamente como antecedentes del contexto hidrológico regional y no como estaciones representativas de las condiciones de escurrimiento de las quebradas o cuencas aportantes locales asociadas al Proyecto.

La siguiente Tabla presenta los antecedentes principales de las estaciones utilizadas, incorporando nombre, código BNA, coordenadas UTM, período de registro utilizado y distancia aproximada respecto del área de emplazamiento del Proyecto.

Tabla 3. Características de las estaciones fluviométricas utilizadas para la caracterización del régimen hidrológico del río Loa.

Estación	Código BNA	Coordenadas UTM	Distancia al Proyecto (km)	Período Utilizado
Río Loa en La Finca	02110004-8	E: 500.925 m N: 7.510.778 m	58,7	1971-2001
Río Loa en Desembocadura	02120001-8	E: 390.621 m N: 7.630.112 m	109,1	1989-2001

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes DGA (2004) y Gobierno Regional de Antofagasta (2020).

2.10.5.3.2. Variación Estacional de Caudales

La variación estacional de los caudales del río Loa ha sido documentada por la Dirección General de Aguas mediante el estudio "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad: Cuenca del Río Loa" (DGA, 2004). En dicho estudio se presentan curvas de variación estacional construidas a partir de los registros históricos de las estaciones antes descritas. De acuerdo con estos antecedentes, los caudales del río Loa presentan una marcada influencia de las precipitaciones estivales que afectan a los sectores altos de la cuenca, asociadas a las lluvias convectivas altiplánicas características del período estival.

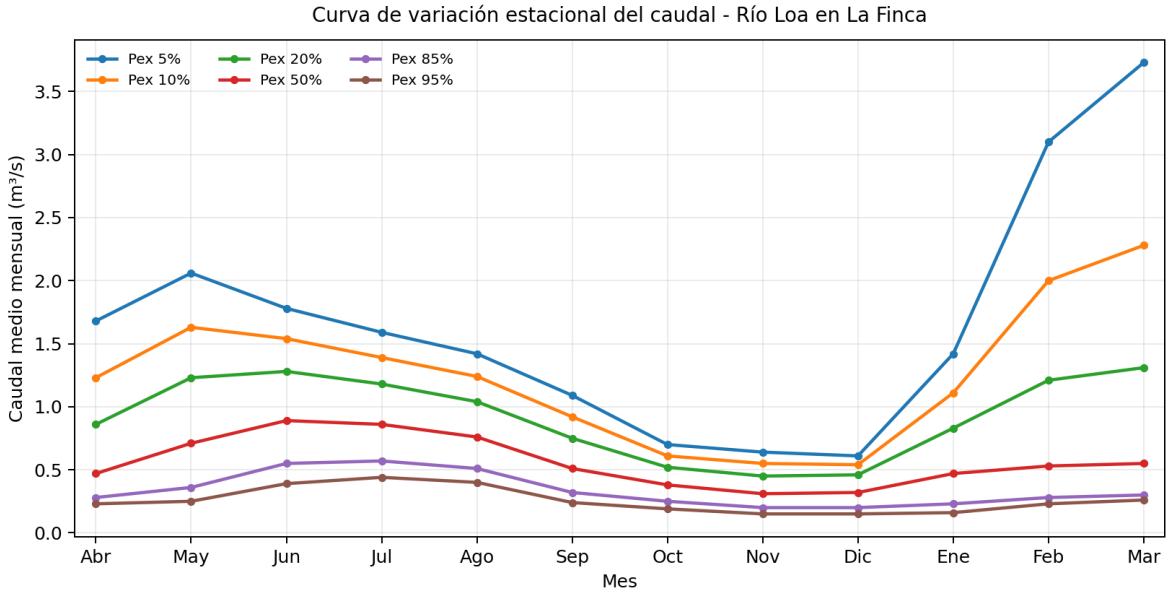
Los períodos de registro corresponden a las series históricas utilizadas por los antecedentes de referencia y se emplean para caracterizar el comportamiento estacional del sistema; no constituyen una serie fluviométrica actualizada al año 2026.

Tabla 4. Caudal medio mensual del río Loa en La Finca según probabilidad de excedencia (m³/s).

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1,68	2,06	1,78	1,59	1,42	1,09	0,70	0,64	0,61	1,42	3,10	3,73
10	1,23	1,63	1,54	1,39	1,24	0,92	0,61	0,55	0,54	1,11	2,00	2,28
20	0,86	1,23	1,28	1,18	1,04	0,75	0,52	0,45	0,46	0,83	1,21	1,31
50	0,47	0,71	0,89	0,86	0,76	0,51	0,38	0,31	0,32	0,47	0,53	0,55
85	0,28	0,36	0,55	0,57	0,51	0,32	0,25	0,20	0,20	0,23	0,28	0,30
95	0,23	0,25	0,39	0,44	0,40	0,24	0,19	0,15	0,15	0,16	0,23	0,26
FDP utilizada	Log-Normal	Log-Normal	Gumbel	Gumbel	Log-Normal	Log-Normal	Gumbel	Log-Normal	Gumbel	Log-Normal	Log-Normal	Log-Normal

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de DGA (2004).

Figura 7. Curva de variación estacional del caudal del río Loa en La Finca.



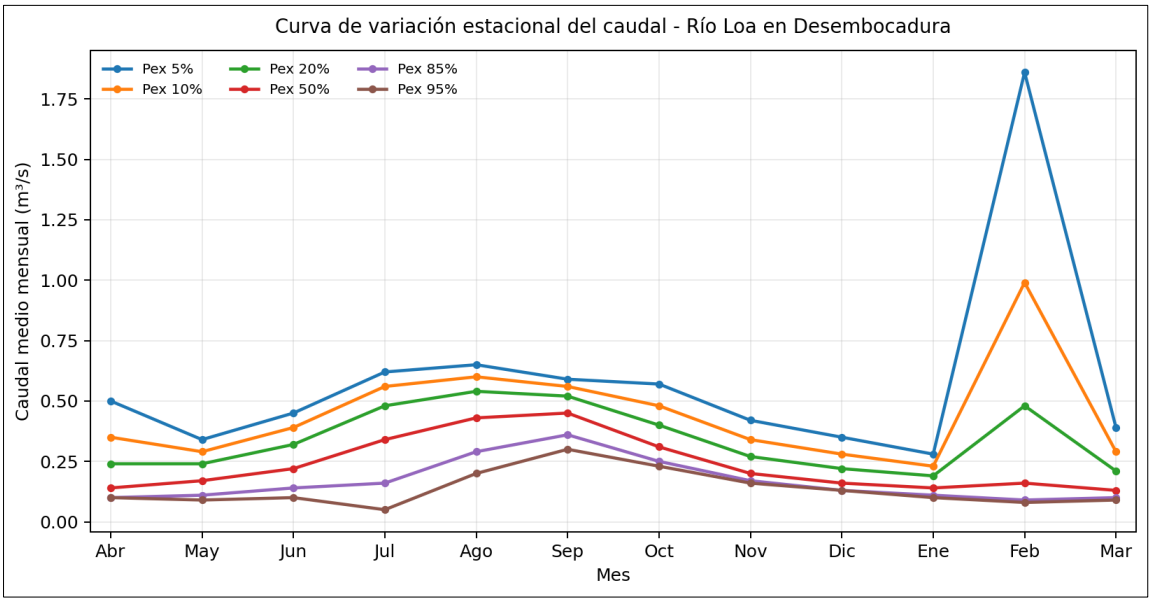
Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2004).

Tabla 5. Caudal medio mensual del río Loa en desembocadura según probabilidad de excedencia (m³/s).

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	0,50	0,34	0,45	0,62	0,65	0,59	0,57	0,42	0,35	0,28	1,86	0,39
10	0,35	0,29	0,39	0,56	0,60	0,56	0,48	0,34	0,28	0,23	0,99	0,29
20	0,24	0,24	0,32	0,48	0,54	0,52	0,40	0,27	0,22	0,19	0,48	0,21
50	0,14	0,17	0,22	0,34	0,43	0,45	0,31	0,20	0,16	0,14	0,16	0,13
85	0,10	0,11	0,14	0,16	0,29	0,36	0,25	0,17	0,13	0,11	0,09	0,10
95	0,10	0,09	0,10	0,05	0,20	0,30	0,23	0,16	0,13	0,10	0,08	0,09
FDP utilizada	Log-Normal	Log-Normal	Gumbel	Normal	Normal	Normal	Log-Normal	Log-Normal	Log-Normal	Log-Normal	Log-Normal	Log-Normal

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de DGA (2004).

Figura 8. Curva de variación estacional del caudal del río Loa en desembocadura.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de DGA (2004).

Los antecedentes analizados evidencian una variación estacional de los caudales del río Loa asociada a la influencia de las precipitaciones estivales que afectan principalmente a los sectores altos de la cuenca. Esta señal se manifiesta con distinta magnitud en las estaciones Río Loa en La Finca y Río Loa en Desembocadura, de acuerdo con los antecedentes presentados por la DGA (2004).

2.10.5.4. Análisis de Eventos Extremos: Precipitaciones

La caracterización de eventos extremos de precipitación constituye un antecedente relevante para la presente caracterización, debido a que permite describir la magnitud y frecuencia de episodios capaces de activar temporalmente la red de drenaje superficial del área de estudio. Para este análisis se utilizaron los antecedentes contenidos en los estudios de ingeniería del proyecto.

El estudio desarrolla un análisis hidrológico a partir de registros de precipitaciones máximas anuales en 24 horas obtenidos principalmente de la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), los cuales son sometidos a revisión, complementación de datos, análisis de frecuencia y evaluación espacial mediante isoyetas. Asimismo, desarrolla relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para caracterizar precipitaciones de menor duración y mayor intensidad. Estos antecedentes se incorporan, únicamente, en cuanto permiten describir el régimen de precipitaciones extremas del área de estudio y su capacidad potencial de generar escorrentía superficial.

2.10.5.4.1. Antecedentes Pluviométricos

Se recopilaron registros de precipitaciones máximas anuales en 24 horas correspondientes a las estaciones Conchi Viejo, Conchi Embalse, Calama, Quillagua, Sierra Gorda y Quebrada Barriles. Se consideró la información disponible entre los años 1965 y 2020; no obstante, las estaciones presentan diferente extensión temporal y vacíos de registro, por lo que dicho intervalo debe entenderse como el período global cubierto por el conjunto de antecedentes recopilados y no como una serie continua común a todas las estaciones.

Tabla 6. Estaciones pluviométricas consideradas inicialmente.

Estación	Variable Analizada	Fuente	Observación
Conchi Viejo	Precipitación máxima anual en 24 h	DGA - MOP	Considerada inicialmente
Conchi Embalse	Precipitación máxima anual en 24 h	DGA - MOP	Considerada inicialmente
Calama	Precipitación máxima anual en 24 h	DGA - MOP	Considerada inicialmente
Quillagua	Precipitación máxima anual en 24 h	DGA - MOP	Posteriormente descartada
Sierra Gorda	Precipitación máxima anual en 24 h	DGA - MOP	Considerada inicialmente
Quebrada Barriles	Precipitación máxima anual en 24 h	DGA - MOP	Posteriormente descartada

Fuente: Elaboración propia a partir de VyR Ingeniería SpA (2026), con antecedentes DGA.

2.10.5.4.2. Revisión de las Series Pluviométricas

Como etapa previa al análisis de frecuencia, se evaluó la consistencia y completitud de las series pluviométricas. Para ello analizó la correlación entre las estaciones inicialmente seleccionadas mediante regresión lineal, considerando como admisible un coeficiente de correlación R mayor o igual a 0,50 en valor absoluto.

El análisis mostró correlaciones bajas entre las distintas estaciones. En consecuencia, el estudio descartó la estación Quebrada Barriles por presentar una cantidad insuficiente de registros y la estación Quillagua debido a que 40 de sus 49 registros disponibles correspondían a valores iguales a cero. El análisis posterior se concentró, por tanto, en las estaciones Conchi Viejo, Conchi Embalse, Calama y Sierra Gorda.

Debido a las bajas correlaciones entre estaciones distintas, para completar determinados períodos se utilizaron segmentos de registro de una misma estación como patrón. En el caso de Sierra Gorda, el estudio utilizó como patrón la serie rellenada de Conchi Embalse. Los coeficientes de correlación finalmente aceptados para estos procedimientos se encuentran entre 0,67 y 0,91.

Tabla 7. Criterios de completación de las series pluviométricas.

Estación a completar	Estación/serie patrón	Período analizado	R
Conchi Viejo	Conchi Viejo	1978-1995 / patrón 2000-2017	0,91
Conchi Embalse	Conchi Embalse	1967-1982 / patrón 1994-2009	0,70
Calama	Calama	1969-1981 / patrón 2008-2020	0,67
Calama	Calama	1985-1997 / patrón 2008-2020	0,76
Sierra Gorda	Conchi Embalse	1994-2020	0,76

Fuente: Elaboración propia a partir de VyR Ingeniería SpA (2026).

2.10.5.4.3. Análisis de Frecuencia de Precipitaciones Máximas

El análisis de frecuencia tuvo por objeto relacionar la magnitud de los eventos extremos de precipitación con su frecuencia de ocurrencia. Para ello se utilizaron las series de máximos anuales en 24 horas de las cuatro estaciones seleccionadas, aplicando distribuciones probabilísticas de uso habitual en hidrología.

El estudio evaluó los ajustes Normal, Log-Normal, Pearson, Log-Pearson y Gumbel mediante la prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado. La selección final de la distribución utilizada para estimar precipitaciones de distintos períodos de retorno fue Pearson para Conchi Viejo y Gumbel para Conchi Embalse, Calama y Sierra Gorda.

Tabla 8. Distribuciones probabilísticas seleccionadas.

Estación	Distribución Adoptada
Conchi Viejo	Pearson
Conchi Embalse	Gumbel
Calama	Gumbel
Sierra Gorda	Gumbel

Fuente: Elaboración propia a partir de VyR Ingeniería SpA (2026).

2.10.5.4.4. Precipitaciones Máximas Diarias Asociadas a Períodos de Retorno

A partir de las distribuciones seleccionadas, el estudio estimó precipitaciones máximas diarias para períodos de retorno entre 2 y 300 años. Los resultados muestran una marcada variabilidad espacial entre estaciones, con valores superiores en Conchi Viejo y menores en Calama y Sierra Gorda. Esta diferencia constituye un antecedente relevante para la caracterización regional, ya que evidencia que la precipitación extrema no presenta una distribución espacial uniforme.

Tabla 9. Precipitaciones máximas diarias estimadas (mm).

T (años)	Conchi Viejo	Conchi Embalse	Calama	Sierra Gorda
2	11,71	6,35	2,01	2,03
5	20,66	12,45	4,86	3,54
10	34,55	16,49	6,75	4,54
25	60,03	21,59	9,14	5,8
50	83,74	25,37	10,91	6,73
100	110,75	29,13	12,67	7,66
200	140,7	32,87	14,42	8,58
300	184,4	37,81	16,73	9,8

Fuente: Elaboración propia a partir de VyR Ingeniería SpA (2026).

Para la obtención de las precipitaciones empleadas en la construcción de las curvas IDF, el estudio incrementó en un 10 % los valores derivados del análisis de frecuencia, de acuerdo con el criterio metodológico indicado en el propio informe.

Tabla 10. Precipitaciones máximas en 24 horas corregidas para el análisis IDF (mm).

T (años)	Conchi Viejo	Conchi Embalse	Calama	Sierra Gorda
2	12,88	6,99	2,21	2,24
5	22,73	13,69	5,35	3,89
10	38,01	18,13	7,43	4,99
25	66,03	23,75	10,05	6,38
50	92,12	27,91	12,0	7,4
100	121,82	32,04	13,93	8,42
200	154,77	36,16	15,86	9,44
300	202,84	41,59	18,4	10,78

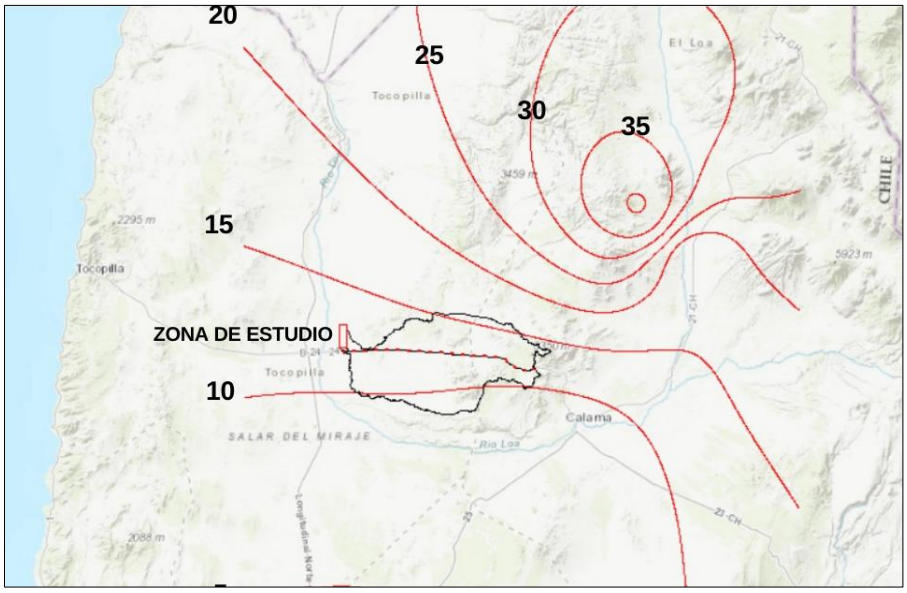
Fuente: Elaboración propia a partir de VyR Ingeniería SpA (2026).

2.10.5.4.5. Distribución Espacial de las Precipitaciones Extremas

Con el propósito de obtener una precipitación representativa de las cuencas analizadas, el estudio evaluó la influencia espacial de las cuatro estaciones mediante el método de isoyetas. Para este análisis utilizó las precipitaciones obtenidas del análisis de frecuencia para un período de retorno de 10 años y generó una superficie espacial de precipitación mediante herramientas SIG.

Como antecedente complementario, el estudio comparó sus resultados con el plano de isoyetas de Precipitaciones Máximas de 1, 2 y 3 días de la DGA. Para el sector de estudio, dicho antecedente entrega un valor aproximado de 10 mm para T = 10 años. Finalmente se adopta una precipitación máxima en 24 horas de 14 mm para un período de retorno de 10 años (P24^10 = 14 mm).

Figura 9. Isoyetas de precipitación máxima en 24 horas para T = 10 años.



Fuente: VyR Ingeniería SpA (2026), Informe Hidráulico Modelación 2D Alfa-Kimal, Rev. B.

La representación mediante isoyetas es pertinente porque permite contextualizar espacialmente los valores puntuales registrados o estimados en las estaciones y reconocer el gradiente regional de las precipitaciones extremas. Para la caracterización del área de estudio, el valor adoptado por el informe hidráulico se utiliza como antecedente de referencia del régimen pluviométrico extremo y no como una precipitación observada directamente en el área del Proyecto.

2.10.5.4.6. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia

Para caracterizar eventos de duración inferior a 24 horas, el estudio desarrolló curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), que relacionan la intensidad de la lluvia con su duración y período de retorno. Estas relaciones permiten describir eventos breves e intensos, relevantes en ambientes áridos donde la respuesta superficial puede concentrarse en intervalos temporales reducidos.

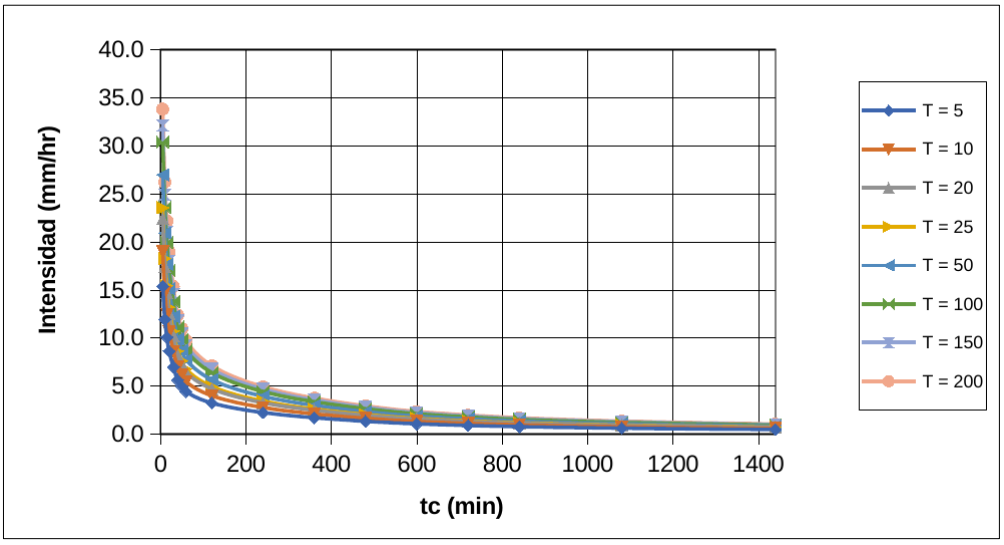
El estudio utiliza coeficientes de frecuencia y factores de duración contenidos en el Volumen N.° 3 del Manual de Carreteras. Para duraciones iguales o superiores a una hora considera coeficientes de duración asociados a la estación Toconce.

Tabla 11. Precipitación e intensidad para duración de 30 minutos.

T (años)	Pt (mm)	It (mm/h)
5	3,5	7,0
10	4,3	8,6
20	5,1	10,2
25	5,3	10,7
50	6,1	12,3
100	6,9	13,8
150	7,3	14,6
200	7,7	15,4

Fuente: Elaboración propia a partir de VyR Ingeniería SpA (2026).

Figura 10. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia consideradas en el estudio.



Fuente: VyR Ingeniería SpA (2026), Informe Hidráulico Modelación 2D Alfa-Kimal, Rev. B.

Los resultados evidencian el comportamiento esperado de las curvas IDF: para un mismo período de retorno, la intensidad disminuye a medida que aumenta la duración de la precipitación. Esta información complementa la caracterización basada en máximos diarios y permite representar eventos de corta duración con potencial para activar cauces efímeros, drenajes temporales y sectores de concentración de escorrentía superficial.

2.10.5.4.7. Evento Extremo de Referencia para la Caracterización Hidrológica Local

Como antecedente de referencia de un evento extremo de corta duración, el informe adopta para su modelación una precipitación asociada a un período de retorno de 100 años y una duración de 30 minutos. Para dicha condición considera una precipitación acumulada de 6,9 mm y una intensidad media de 13,8 mm/h.

Tabla 12. Evento extremo de referencia utilizado en el estudio hidráulico.

Parámetro	Valor
Período de retorno	100 años
Duración	30 min
Precipitación acumulada	6,9 mm
Intensidad media	13,8 mm/h

Fuente: VyR Ingeniería SpA (2026), Informe Hidráulico Modelación 2D Alfa-Kimal, Rev. B.

2.10.5.5. Registro Fotográfico de Terreno

El presente registro fotográfico tiene por finalidad documentar las condiciones superficiales observadas durante el reconocimiento de terreno efectuado en los sectores asociados al emplazamiento de las 15 estructuras proyectadas de la Línea de Transmisión Alfa Solar-Kimal. El registro constituye un antecedente de apoyo para la caracterización hidrológica del área de influencia y complementa el análisis cartográfico, topográfico e hidrográfico desarrollado en la línea de base.

Durante la campaña se registraron fotografías georreferenciadas en los puntos de observación correspondientes a los extremos Alfa Solar y Kimal, a las estructuras E01 a E15 y a un punto de referencia del río Loa. Para cada registro se consigna la identificación del punto, coordenadas UTM, cota de terreno y una descripción estrictamente observacional de las condiciones visibles al momento de la inspección.

2.10.5.5.1. Localización y Síntesis de Puntos de Observación

La Tabla 13 presenta la identificación, coordenadas UTM y cotas de los puntos inspeccionados durante la campaña de terreno. El reconocimiento consideró la verificación en terreno de la ubicación proyectada de cada una de las 15 estructuras de la Línea de Transmisión Alfa Solar–Kimal, junto con la observación de las condiciones superficiales del terreno y del drenaje en su entorno inmediato. Esta información permite asociar de manera directa cada fotografía con la estructura o punto de referencia correspondiente y sustenta la trazabilidad espacial del levantamiento efectuado.

Tabla 13. Puntos de observación, coordenadas UTM y cotas de terreno.

Punto	Tipo / estructura	Este (m)	Norte (m)	Cota (m.s.n.m.)
PO Alfa Solar	PO Alfa Solar	448.719	7.537.721	1196
E01	Estructura E01	448.721	7.537.672	1198
E02	Estructura E02	448.694	7.537.606	1199
E03	Estructura E03	448.718	7.537.155	1207
E04	Estructura E04	448.715	7.536.759	1210

Punto	Tipo / estructura	Este (m)	Norte (m)	Cota (m.s.n.m.)
E05	Estructura E05	448.714	7.536.589	1213
E06	Estructura E06	448.741	7.536.345	1207
E07	Estructura E07	448.814	7.536.193	1222
E08	Estructura E08	449.067	7.535.805	1234
E09	Estructura E09	449.259	7.535.508	1231
E10	Estructura E10	449.442	7.535.227	1220
E11	Estructura E11	449.598	7.534.986	1239
E12	Estructura E12	449.797	7.534.680	1247
E13	Estructura E13	450.025	7.534.329	1263
E14	Estructura E14	450.193	7.534.070	1250
E15	Estructura E15	450.209	7.533.868	1248
PO Kimal	PO Kimal	450.210	7.533.820	1247
Río Loa	Río Loa	442.090	7.536.369	1172

Fuente: Elaboración propia a partir del registro de terreno del Proyecto.

2.10.5.5.2. Criterio de Lectura del Registro Fotográfico

Las descripciones incluidas bajo cada fotografía se restringen a rasgos directamente visibles en el registro, tales como condición seca o húmeda de la superficie, presencia de microrelieve, depresiones, huellas de tránsito, rasgos lineales y existencia o ausencia de escurrimiento superficial activo. La identificación de cauces, continuidad hidráulica y relación funcional con las obras debe sustentarse de manera conjunta con la cartografía de drenaje, la topografía de detalle y el análisis hidrológico de la línea de base; por tanto, una fotografía aislada no se utiliza para descartar por sí sola la existencia de un drenaje potencial.

2.10.5.6. Registro Fotográfico

A continuación, se presentan los puntos inspeccionados, manteniendo una ficha homogénea para facilitar su revisión y trazabilidad.

2.10.5.6.1. PO Alfa Solar

Figura 11. Vista del sector de PO Alfa Solar.



Punto	PO Alfa Solar	**Coordenadas UTM**	E 448.719 m / N 7.537.721 m
Cota	1196 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Superficie desértica seca, de relieve suave; no se observa escurrimiento superficial activo ni un cauce definido en el punto de observación.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.2. Estructura E01

Figura 12. Vista del sector de Estructura E01.



Punto	Estructura E01	**Coordenadas UTM**	E 448.721 m / N 7.537.672 m
Cota	1198 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Superficie desértica seca y pedregosa, de relieve suave; no se observa escurrimiento superficial activo ni un cauce definido en el emplazamiento**.**		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.3. Estructura E02

Figura 13. Vista del sector de Estructura E02.



Punto	Estructura E02	**Coordenadas UTM**	E 448.694 m / N 7.537.606 m
Cota	1199 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Superficie desértica seca, con microrelieve superficial; no se observa escurrimiento activo en el punto registrado.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.4. Estructura E03

Figura 14. Vista del sector de Estructura E03.



Punto	Estructura E03	**Coordenadas UTM**	E 448.718 m / N 7.537.155 m
Cota	1207 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Superficie abierta de pendiente suave y cobertura predominantemente mineral; no se observa escurrimiento superficial activo ni un cauce definido.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.5. Estructura E04

Figura 15. Vista del sector de Estructura E04.



Punto	Estructura E04	**Coordenadas UTM**	E 448.715 m / N 7.536.759 m
Cota	1210 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Se observa una superficie seca con variaciones locales de microrelieve y una depresión somera; al momento de la inspección no existe escurrimiento superficial activo.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.6. Estructura E05

Figura 16. Vista del sector de Estructura E05.



Punto	Estructura E05	**Coordenadas UTM**	E 448.714 m / N 7.536.589 m
Cota	1213 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Superficie desértica seca con huellas de tránsito visibles; no se observa escurrimiento superficial activo ni un cauce definido en el punto.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.7. Estructura E06

Figura 17. Vista del sector de Estructura E06.



Punto	Estructura E06	**Coordenadas UTM**	E 448.741 m / N 7.536.345 m
Cota	1207 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Superficie pedregosa y seca, con huellas de tránsito e infraestructura eléctrica en el entorno; no se observa escurrimiento superficial activo.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.8. Estructura E07

Figura 18. Vista del sector de Estructura E07.



Punto	Estructura E07	**Coordenadas UTM**	E 448.814 m / N 7.536.193 m
Cota	1222 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Superficie desértica seca y pedregosa, de relieve suave; no se observa un cauce definido ni escurrimiento activo en el emplazamiento.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.9. Estructura E08

Figura 19. Vista del sector de Estructura E08.



Punto	Estructura E08	**Coordenadas UTM**	E 449.067 m / N 7.535.805 m
Cota	1234 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Superficie desértica seca, pedregosa y de pendiente suave; no se observa escurrimiento superficial activo.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.10. Estructura E09

Figura 20. Vista del sector de Estructura E09.



Punto	Estructura E09	**Coordenadas UTM**	E 449.259 m / N 7.535.508 m
Cota	1231 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Superficie seca con relieve suavemente ondulado; no se observa escurrimiento superficial activo ni un cauce definido en el punto registrado.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.11. Estructura E10

Figura 21. Vista del sector de Estructura E10.

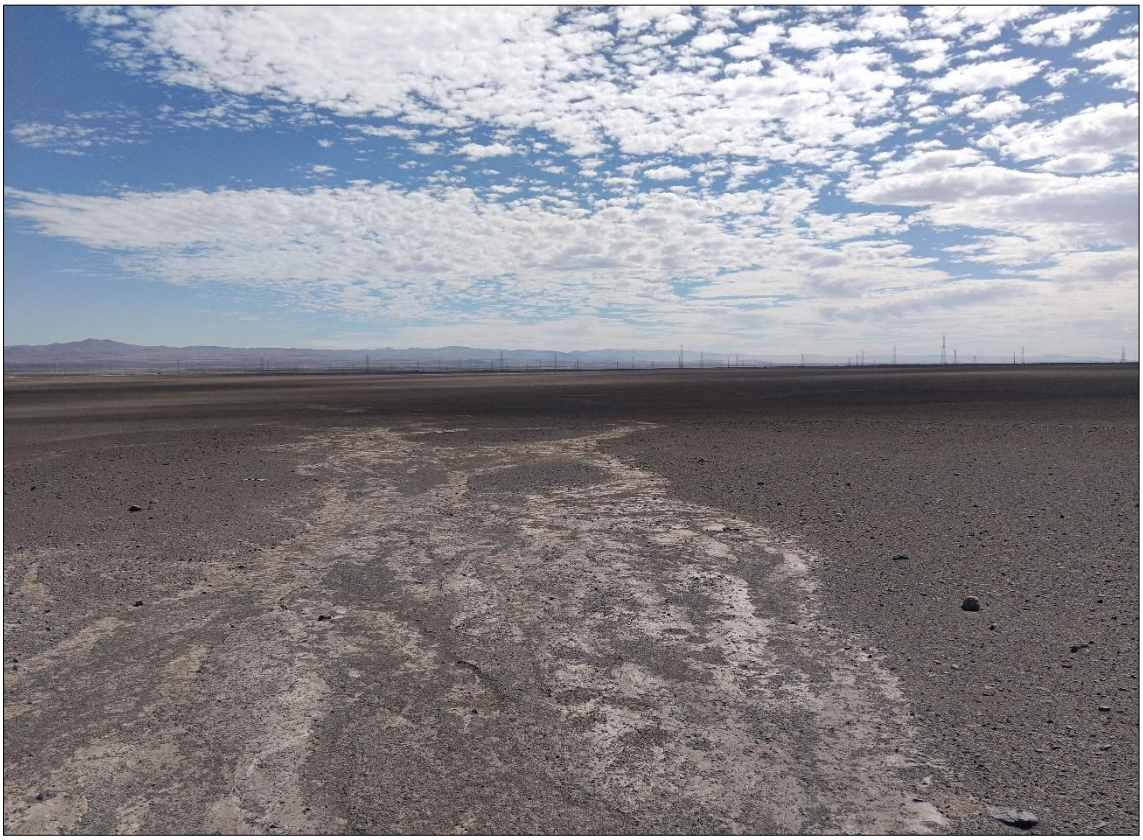


Punto	Estructura E10	**Coordenadas UTM**	E 449.442 m / N 7.535.227 m
Cota	1220 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Superficie desértica seca y de pendiente suave, sin escurrimiento superficial activo visible al momento de la inspección.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.12. Estructura E11

Figura 22. Vista del sector de Estructura E11.



Punto	Estructura E11	**Coordenadas UTM**	E 449.598 m / N 7.534.986 m
Cota	1239 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Superficie seca, predominantemente mineral y de baja pendiente; no se observa escurrimiento superficial activo.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.13. Estructura E12

Figura 23. Vista del sector de Estructura E12.



Punto	Estructura E12	**Coordenadas UTM**	E 449.797 m / N 7.534.680 m
Cota	1247 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Superficie desértica seca con un rasgo lineal superficial visible. A partir del registro fotográfico, por sí solo, no corresponde asignarle una condición hidráulica; no se observa escurrimiento activo.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.14. Estructura E13

Figura 24. Vista del sector de Estructura E13.



Punto	Estructura E13	**Coordenadas UTM**	E 450.025 m / N 7.534.329 m
Cota	1263 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Superficie seca con relieve local suavemente convexo; no se observa escurrimiento superficial activo ni un cauce definido en el punto.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.15. Estructura E14

Figura 25. Vista del sector de Estructura E14.



Punto	Estructura E14	**Coordenadas UTM**	E 450.193 m / N 7.534.070 m
Cota	1250 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Superficie desértica seca con huellas de tránsito y variaciones locales de microrelieve; no se observa escurrimiento superficial activo.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.16. Estructura E15

Figura 26. Vista del sector de Estructura E15.



Punto	Estructura E15	**Coordenadas UTM**	E 450.209 m / N 7.533.868 m
Cota	1248 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Superficie seca, de pendiente suave y sin escurrimiento superficial activo visible en el momento de la inspección.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.17. PO Kimal

Figura 27. Vista del sector de PO Kimal.



Punto	PO Kimal	**Coordenadas UTM**	E 450.210 m / N 7.533.820 m
Cota	1247 m.s.n.m.	**Fecha Campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Sector intervenido asociado a infraestructura eléctrica y huellas de tránsito; no se observa escurrimiento superficial activo en el punto de observación.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.18. Río Loa

Figura 28. Vista del sector de Río Loa.



Punto	Río Loa	**Coordenadas UTM**	E 442.090 m / N 7.536.369 m
Cota	1172 m.s.n.m.	**Fecha campaña**	30 de junio al 3 de julio de 2026
Observación	Punto de referencia hidrográfica regional en el cual se observa el cauce del río Loa y vegetación asociada a su entorno inmediato.		

Fuente: Elaboración propia, campaña de terreno 2026.

2.10.5.6.19. Síntesis del Reconocimiento Visual

Durante la inspección de los sectores correspondientes a las estructuras E01 a E15 no se registró escurrimiento superficial activo. Los registros muestran predominantemente superficies desérticas secas, de pendiente suave, con variaciones locales de microrelieve, presencia puntual de depresiones someras y huellas de tránsito. En determinados puntos se observan rasgos lineales o cambios locales de superficie.

El punto correspondiente al río Loa se incorpora como referencia hidrográfica regional y permite contextualizar visualmente el principal sistema fluvial de la cuenca respecto del ambiente árido en que se emplazan las obras. En consecuencia, el presente registro constituye un respaldo de terreno para la línea de base y debe ser interpretado de manera integrada con los antecedentes cartográficos, topográficos e hidrológicos del componente.

2.10.5.7. Consideración del Cambio Climático en la Caracterización Hidrológica

La consideración del cambio climático se incorpora como un antecedente complementario de la caracterización hidrológica del Proyecto, atendiendo a que la respuesta de los sistemas de drenaje efímeros del área depende principalmente de la ocurrencia de eventos de precipitación de baja frecuencia y corta duración. El análisis se desarrolla para la comuna de María Elena, en concordancia con la Guía metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA (SEA, 2024) y con la información territorial disponible en el Atlas de Riesgos Climáticos para Chile (ARClim) del Ministerio del Medio Ambiente.

2.10.5.7.1. Proyecciones Climáticas Relevantes para el Componente Hidrología

Para la comuna de María Elena, las proyecciones climáticas disponibles para el período futuro 2035–2065, respecto del período histórico 1980–2010, muestran como señales de interés hidrológico un aumento de la precipitación máxima diaria del orden de 22,96 %, un aumento de la precipitación anual acumulada cercano a 9,65 % y un incremento de la temperatura media anual de aproximadamente 2,09 °C. Estos antecedentes corresponden a proyecciones de escala comunal y se utilizan para contextualizar tendencias climáticas generales, no como registros observados directamente en el emplazamiento del Proyecto.

Desde el punto de vista hidrológico, la variable de mayor relevancia corresponde al cambio proyectado en la precipitación máxima diaria, debido a que los cauces y drenajes del área de estudio son predominantemente efímeros y su activación depende de episodios capaces de generar escorrentía superficial. El aumento de la precipitación anual acumulada constituye un antecedente complementario de tendencia, pero no implica una distribución uniforme de las lluvias durante el año ni un aumento permanente de escurrimiento. Por su parte, el aumento de la temperatura media anual puede reforzar las condiciones de aridez y la demanda evaporativa, aunque su efecto sobre los caudales de crecida es indirecto.

2.10.6. CONCLUSIONES

El área de emplazamiento del Proyecto se localiza en la cuenca del río Loa, específicamente en la Subcuenca Loa Medio entre Río Salado y Quebrada de Barrera y en la Subsubcuenca Río Loa entre Río San Salvador y Quebrada Amarga. A escala local, el área se caracteriza por condiciones de marcada aridez, ausencia de cursos de agua permanentes en los sectores de intervención y presencia de cauces efímeros, drenajes temporales y sectores de concentración de escorrentía cuya activación se asocia a eventos de precipitación.

La configuración topográfica corresponde principalmente a la porción distal de un sistema de abanicos aluviales, donde predominan pendientes suaves y una menor definición del drenaje superficial. Para la caracterización local se reconocieron dos cuencas aportantes principales, de aproximadamente 223,3 km² y 2,1 km², utilizadas como unidades de análisis para comprender el origen y la dirección general de los escurrimientos que pueden alcanzar los sectores de emplazamiento del Proyecto.

El análisis fluviométrico del río Loa, mediante las estaciones Río Loa en La Finca y Río Loa en Desembocadura, confirma una variación estacional asociada a la influencia de las precipitaciones estivales de los sectores altos de la cuenca. Estos registros se emplean exclusivamente como antecedentes del contexto hidrológico regional.

El análisis de precipitaciones extremas, muestra una alta variabilidad espacial de las precipitaciones máximas. Para la caracterización del área se adoptó como antecedente una precipitación máxima en 24 horas de 14 mm para un período de retorno de 10 años. Complementariamente, las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia permiten representar eventos de menor duración y mayor intensidad; para el evento de referencia de 100 años y 30 minutos se consideran 6,9 mm de precipitación acumulada y una intensidad media de 13,8 mm/h.

Durante el reconocimiento de terreno efectuado entre el 30 de junio y el 3 de julio de 2026 no se registró escurrimiento superficial activo en los sectores correspondientes a las estructuras E01 a E15. Las observaciones muestran predominantemente superficies desérticas secas, de pendiente suave, con variaciones locales de microrelieve y depresiones someras. Esta condición corresponde al momento de la inspección y debe interpretarse conjuntamente con la cartografía de drenaje, la topografía y el análisis hidrológico, sin utilizarse de manera aislada para descartar la activación eventual de drenajes.

La consideración del cambio climático complementa esta caracterización. Para María Elena, las proyecciones comunales disponibles muestran una tendencia al aumento de la precipitación máxima diaria y de la temperatura media anual.

2.10.7. BIBLIOGRAFÍA

- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). Cartografía base y antecedentes territoriales disponibles para el área de estudio.
- Dirección General de Aguas (DGA). (1995). Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica.
- Dirección General de Aguas (DGA). (2004). Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad. Cuenca del Río Loa.
- Dirección General de Aguas (DGA). Banco Nacional de Aguas (BNA) y Mapoteca Digital. Antecedentes hidrográficos e hidrometeorológicos consultados para el estudio.
- Dirección Meteorológica de Chile (DMC). Sistema de Administración de Datos Climatológicos (SACLIM). Antecedentes climatológicos consultados para el estudio.
- Gestión Ambiental Consultores S.A. (2021). Anexo 7, Permiso Ambiental Sectorial N.° 157, Adenda Complementaria a la Declaración de Impacto Ambiental "Parque Fotovoltaico Alfa Solar".
- Gobierno Regional de Antofagasta. (2020). Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta.
- Instituto Geográfico Militar (IGM). Cartografía regular escala 1:50.000, cartas B038-Toco, B039-Cerros de Chug Chug, B048-Oficina María Elena y B049-Río San Salvador.
- Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad. (2018). Manual de Carreteras, Volumen N.° 3: Instrucciones y Criterios de Diseño.
- Quintana, E. T. (2016). Determinación de Curvas IDF en la Región de Antofagasta.
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2022). Criterio de Evaluación en el SEIA: Contenidos Técnicos para la Evaluación Ambiental del Recurso Hídrico.
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2026). Guía Áreas de Influencia en el SEIA, segunda edición.
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). Cartografía geológica y antecedentes geomorfológicos disponibles para el área de estudio.
- Topoland Ingeniería. (2026). Levantamientos LiDAR y Aerofotogramétricos Proyecto Alfa Solar. Informe Técnico.
- VyR Ingeniería SpA. (2026). Informe Hidráulico Modelación 2D Alfa-Kimal, Rev. B.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Atlas de Riesgos Climáticos para Chile (ARClim). Plataforma de información climática consultada para la comuna de María Elena.
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2024). Guía metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA.