



DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

Santiago, RM

**DIAGNÓSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
RED NACIONAL DE ALERTA DE EVENTOS
HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS**

S.I.T. N° 481 de 2021

ETAPA IV

TOMO I REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA

INFORME FINAL

REALIZADO POR:

INRHED SPA- EMERGE INGENIERÍA

Santiago, Octubre 2021

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Ingeniero Civil Industrial Sr. Alfredo Moreno Charme

Director General de Aguas
Ingeniero Comercial Sr. Oscar Cristi Marfil

Jefe de División de Hidrología
Ingeniero Civil, Sr. Luis Alberto Moreno

Inspector Fiscal
Geógrafo, Sr. Rodrigo Sáez

INRHED SPA
Reynaldo Payano Almánzar
Jefe de Estudio
Ingeniero Civil, Hidrólogo PhD

Profesionales:
Ingeniero de Proyecto Jorge Andrés Smith Irazábal
Economista Jean Maldonado
Especialista Geomensura, Carlos Castro
Ingeniero de Proyecto, Carla Bravo
Ingeniero Civil, Alexander Fuentealba
Sociólogo Andrés Santander

Tabla de Contenido General

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	OBJETIVOS.....	2
1.1.1	Objetivo General	2
1.1.2	Objetivos específicos	2
2	METODOLOGÍA.....	4
3	RECOPIACIÓN Y REVISIÓN DE ANTECEDENTES	7
4	DIAGNÓSTICO DE LA RED HIDROMÉTRICA	26
4.1	VARIABLES MONITOREADAS, GEORREFERENCIACIÓN Y SISTEMAS HIDROGRÁFICOS ASOCIADOS 26	
4.2	CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS	31
4.3	CARACTERÍSTICAS DE EMPLAZAMIENTO	34
4.4	CUMPLIMIENTO DE MONITOREO EFICIENTE.....	35
4.5	IMPACTO ECONÓMICO EVENTOS EXTREMOS.....	36
5	REUNIÓN CON DGA REGIONAL	39
6	PROTOCOLO DGA – ONEMI	41
7	VISITAS A TERRENO	42
8	ESTACIONES CRÍTICAS PRELIMINARES.....	49
8.1	POBLACIÓN VULNERABLE.....	49
8.2	REGISTRO DE EVENTOS EXTREMOS.....	49
8.3	ESTACIONES CRÍTICAS	50
8.3.1	Estaciones Fluviométricas.....	51
8.3.2	Estaciones Meteorológicas	52
8.3.3	Estaciones nuevas propuestas	52
8.4	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	55
9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	63
9.1	DISPONIBILIDAD DE DATOS	63
9.2	PRECIPITACIONES MEDIAS.....	68
9.3	TEMPERATURAS MEDIAS	70
9.4	CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS.....	72
9.5	PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES	75
9.6	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL	77
10	ANÁLISIS DE CALIDAD	79

10.1	RED HIDROMÉTRICA	79
11	RESUMEN FICHAS DIAGNÓSTICO	81
12	RED HIDROMÉTRICA CRÍTICA FINAL	87
12.1	ESTACIONES CRÍTICAS FINALES	88
12.2	ESTACIONES NUEVAS.....	89
12.3	RED HIDROMÉTRICA CRÍTICA FINAL.....	89
13	PLAN DE ACCIÓN	92
13.1	ESTACIÓN ESTÁNDAR.....	92
	13.1.1 Estación meteorológica estándar	92
	13.1.2 Estación fluviométrica estándar.....	106
13.2	VALORIZACIÓN DE LA RED	126
13.3	IDENTIFICACIÓN DE BRECHAS	126
	13.3.1 Estaciones meteorológicas.....	127
	13.3.2 Estaciones fluviométricas	127
13.4	EVALUACIÓN DE COSTOS	129
	13.4.1 Estaciones meteorológicas.....	130
	13.4.2 Estaciones fluviométricas	131
	13.4.3 Costo total	131
14	RED PIEZOMÉTRICA.....	132
14.1	VARIABLES MONITOREADAS, GEORREFERENCIACIÓN Y SISTEMAS HIDROGRÁFICOS ASOCIADOS	132
14.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	135
	14.2.1 Disponibilidad de Datos.....	135
	14.2.2 Niveles estáticos y dinámicos.....	135
	14.2.3 Distribución Espacial.....	136
14.3	ANÁLISIS DE CALIDAD	138
	14.3.1 Red Piezométrica	138
14.4	PLAN DE ACCIÓN RED PIEZOMÉTRICA	141
	14.4.1 Pozo estándar	145
	14.4.2 Evaluación de costos	147
15	GUÍA COMPONENTE SIG	148
15.1	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	148
15.2	SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	148
15.3	CONTENIDO	150
15.4	DICCIONARIO SIG.....	152
16	CONCLUSIONES	154
16.1	DISPONIBILIDAD DE DATOS.....	154
16.2	EVENTOS EXTREMOS	154
16.3	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL.....	154

16.4	RED HIDROMÉTRICA FINAL	154
16.5	RED PIEZOMÉTRICA.....	155

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 DIAGRAMA ETAPA I: SELECCIÓN DE ESTACIONES CRÍTICAS PRELIMINARES.....	4
FIGURA 2.2 DIAGRAMA ETAPA II: REVISIÓN ESTACIONES CRÍTICAS SELECCIONADAS	5
FIGURA 2.3 DIAGRAMA ETAPA III: SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	5
FIGURA 2.4 DIAGRAMA ETAPA IV: PLAN DE ACCIÓN.....	6
FIGURA 2.5 DIAGRAMA METODOLOGÍA ANÁLISIS CRÍTICO RED PIEZOMÉTRICA	6
FIGURA 3.1 FICHA TIPO DE RESUMEN DE ESTUDIOS	8
FIGURA 4.1 UBICACIÓN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.....	27
FIGURA 4.2 UBICACIÓN ESTACIONES METEOROLÓGICAS, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.....	29
FIGURA 7.1 FICHA ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO SAN JOSÉ EN AUSIPAR, PÁGINAS 1 Y 2	43
FIGURA 7.2 FICHA ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO SAN JOSÉ EN AUSIPAR, PÁGINAS 3 Y 4	44
FIGURA 7.3 FICHA ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO SAN JOSÉ EN AUSIPAR, PÁGINA 5.....	45
FIGURA 7.4 FICHA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AZAPA, PÁGINAS 1 Y 2.....	46
FIGURA 7.5 FICHA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AZAPA, PÁGINAS 3 Y 4.....	47
FIGURA 7.6 FICHA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AZAPA, PÁGINA 5.....	48
FIGURA 8.1 ESTACIONES CRÍTICAS PRELIMINARES	54
FIGURA 8.2 CUENCAS APORTANTES	60
FIGURA 8.3 DIAGRAMA UNIFILARES ESTACIONES CRÍTICAS PRELIMINARES.....	61
FIGURA 8.4 DIAGRAMAS UNIFILARES ESTACIONES NUEVAS PROPUESTAS.....	62
FIGURA 9.1 ISOYETAS DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.....	69
FIGURA 9.2 ISOTERMAS DE TEMPERATURA MEDIA ANUAL, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	71
FIGURA 9.3 CAUDALES Y ALTURAS MÁXIMAS DE LA ESTACIÓN CRÍTICA RÍO LLUTA EN TOCONTASI....	72
FIGURA 9.4 CAUDALES Y ALTURAS MÁXIMAS DE LA ESTACIÓN CRÍTICA RÍO TICNAMAR EN ANGOSTURA	73
FIGURA 9.5 CAUDALES Y ALTURAS MÁXIMAS DE LA ESTACIÓN CRÍTICA RÍO SAN JOSÉ EN AUSIPAR ..	73
FIGURA 9.6 CAUDALES Y ALTURAS MÁXIMAS DE LA ESTACIÓN CRÍTICA RÍO CAMARONES EN CHILPE .	74
FIGURA 9.7 CAUDALES Y ALTURAS MÁXIMAS DE LA ESTACIÓN CRÍTICA RÍO CAMARONES EN CONANOXA	74
FIGURA 9.8 PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HORAS, ESTACIÓN RÍO TICNAMAR EN ANGOSTURA	76
FIGURA 9.9 PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HORAS, ESTACIÓN RÍO CAMARONES EN CHILPE	76
FIGURA 9.10 POLÍGONO DE THIESSEN ESTACIONES METEOROLÓGICAS, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.....	78

FIGURA 11.1 EJEMPLO FICHA RESUMEN ESTACIÓN CRÍTICA RÍO LLUTA EN TOCONTASI, PÁGINA 1....	82
FIGURA 11.2 EJEMPLO FICHA RESUMEN ESTACIÓN CRÍTICA RÍO LLUTA EN TOCONTASI, PÁGINA 2....	83
FIGURA 11.3 EJEMPLO FICHA RESUMEN ESTACIÓN CRÍTICA RÍO LLUTA EN TOCONTASI, PÁGINA 3....	84
FIGURA 12.1 RED HIDROMÉTRICA CRÍTICA FINAL	91
FIGURA 13.1 LETRERO TIPO IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN.....	95
FIGURA 13.2 DIMENSIONES LETRERO TIPO IDENTIFICACIÓN.....	96
FIGURA 13.3 LETRERO TIPO PELIGRO ESTACIÓN	96
FIGURA 13.4 LETRERO TIPO ZONA DE INUNDACIÓN	98
FIGURA 13.5 LETRERO TIPO DE VÍA DE EVACUACIÓN	98
FIGURA 13.6 SECCIÓN DE AFORO	109
FIGURA 13.7 LETRERO TIPO IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN.....	114
FIGURA 13.8 DIMENSIONES LETRERO TIPO IDENTIFICACIÓN.....	115
FIGURA 13.9 LETRERO TIPO PELIGRO ESTACIÓN	115
FIGURA 13.10 LETRERO TIPO ZONA DE INUNDACIÓN.....	117
FIGURA 13.11 LETRERO TIPO VÍA DE EVACUACIÓN	117
FIGURA 14.1 UBICACIÓN POZOS DGA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.....	133
FIGURA 14.2 DENSIDAD Y CLASIFICACIÓN DE POZOS, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.....	137
FIGURA 14.3 LIMITACIÓN DE ACUÍFEROS, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.....	139
FIGURA 14.4 COMPORTAMIENTO DINÁMICO	140
FIGURA 14.5 POZOS ESTÁTICOS	141
FIGURA 14.6 PROPUESTA DE ESTACIONES PIEZOMÉTRICAS, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	144
FIGURA 14.7 ANTEPROYECTO TIPO ESTACIÓN PIEZOMÉTRICA DGA	146

Índice de Tablas

TABLA 4.1 INFORMACIÓN BÁSICA ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.	28
TABLA 4.2 INFORMACIÓN BÁSICA ESTACIONES METEOROLÓGICAS, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	30
TABLA 4.3 INSTRUMENTACIÓN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS	32
TABLA 4.4 INSTRUMENTACIÓN ESTACIONES METEOROLÓGICAS	33
TABLA 4.5 ESTACIONES VISITADAS, CARACTERÍSTICAS DE EMPLAZAMIENTO	35
TABLA 4.6 ESTACIONES VISITADAS, CARACTERÍSTICAS DE MONITOREO	36
TABLA 6.1 ESTACIONES PROTOCOLO DGA-ONEMI, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	41
TABLA 8.1 POBLACIÓN POR LOCALIDAD	49
TABLA 8.2 CRONOGRAMA EVENTOS EXTREMOS	50
TABLA 8.3 SELECCIÓN DE POSIBLES ESTACIONES CRÍTICAS FLUVIOMÉTRICAS	52
TABLA 8.4 ESTACIÓN METEOROLÓGICA NUEVA	53
TABLA 8.5 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS Y TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE LAS CUENCAS DEFINIDAS EN BASE A LAS ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS CRÍTICAS DE LA REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	56
TABLA 8.6 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS Y TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN DE LAS CUENCAS DEFINIDAS EN BASE A LAS POBLACIONES VULNERABLES DE LA REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	57
TABLA 8.7 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS Y TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE LAS CUENCAS DEFINIDAS EN BASE A LAS ESTACIONES METEOROLÓGICA NUEVAS PROPUESTAS DE LA REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	58
TABLA 8.8 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS Y TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE LAS CUENCAS DEFINIDAS EN BASE A LAS POBLACIONES VULNERABLES CONSIDERANDO LAS ESTACIONES NUEVAS PROPUESTAS DE LA REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	58
TABLA 9.1 DISPONIBILIDAD DE DATOS FLUVIOMETRÍA	65
TABLA 9.2 DISPONIBILIDAD DE DATOS PLUVIOMETRÍA	66
TABLA 9.3 DISPONIBILIDAD DE DATOS TEMPERATURA.....	67
TABLA 9.4 ÁREA POLÍGONOS DE THIESSEN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS	77
TABLA 10.1 CARACTERIZACIÓN DE LA DATA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA CADA ESTACIÓN CRÍTICA DE LA REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	80
TABLA 13.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PINTURA.....	94
TABLA 13.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LETRERO DE IDENTIFICACIÓN.....	95
TABLA 13.3 ESPECIFICACIONES LETRERO DE PELIGRO.....	97
TABLA 13.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLATAFORMA SATELITAL	100
TABLA 13.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PANEL SOLAR.....	101

TABLA 13.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BATERÍA 55AH.....	101
TABLA 13.7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLUVIÓMETRO	102
TABLA 13.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DISDRÓMETRO.....	103
TABLA 13.9 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD.....	103
TABLA 13.10 PRESUPUESTO ESTACIÓN METEOROLÓGICA ESTÁNDAR, PLUVIÓMETRO CONVENCIONAL	104
TABLA 13.11 PRESUPUESTO ESTACIÓN METEOROLÓGICA ESTÁNDAR, DISDRÓMETRO	105
TABLA 13.12 CARACTERÍSTICAS GAVIONES.....	108
TABLA 13.13 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PINTURA	113
TABLA 13.14 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LETRERO DE IDENTIFICACIÓN	114
TABLA 13.15 ESPECIFICACIONES LETRERO DE PELIGRO.....	116
TABLA 13.16 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SENSOR DE NIVEL	118
TABLA 13.17 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLUVIÓMETRO.....	120
TABLA 13.18 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS TERMÓMETRO	121
TABLA 13.19 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PANELES SOLARES	121
TABLA 13.20 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BATERÍA 55AH.....	122
TABLA 13.21 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLATAFORMA SATELITAL	122
TABLA 13.22 PRESUPUESTO ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA ESTÁNDAR	125
TABLA 13.23 VALOR DE LAS ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS CRÍTICAS RED ARICA Y PARINACOTA ..	126
TABLA 13.24 BRECHAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS CRÍTICAS, REGIÓN ARICA Y PARINACOTA .	127
TABLA 13.25 BRECHAS ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS CRÍTICAS, REGIÓN ARICA Y PARINACOTA ..	128
TABLA 13.26 FACTOR ELEVACIÓN.....	129
TABLA 13.27 FACTOR DE ACCESIBILIDAD.....	129
TABLA 13.28 FACTOR TAMAÑO ESTACIÓN	129
TABLA 13.29 CAUDALES ASOCIADOS A UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS.....	130
TABLA 13.30 COSTOS PLAN DE ACCIÓN ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	130
TABLA 13.31 COSTOS PLAN DE ACCIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA	131
TABLA 14.1 INFORMACIÓN BÁSICA POZOS, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	134
TABLA 14.2 SHAC SEPARADOS POR TIPO DE LIMITACIÓN	138
TABLA 14.3 CANTIDAD DE POZOS PROPUESTOS.....	142
TABLA 15.1 RESUMEN DE LA ESTRUCTURA DEL ANEXO.....	149
TABLA 15.2 ESTRUCTURA Y CONTENIDO DE CADA DIRECTORIO DE LA CARPETA 02_LAYERS.....	150
TABLA 15.3 ESTRUCTURA DE LOS DIRECTORIOS	153
TABLA 15.4 SHAPEFILES CREADOS PARA EL ESTUDIO	153
TABLA 15.5 ESTRUCTURA DE LOS SHAPEFILES CREADOS	153

1 INTRODUCCIÓN

La Dirección General de Aguas (DGA), ha encargado el estudio “**Diagnóstico para la implementación de Red Nacional de Alerta de Eventos Hidrometeorológicos Extremos**”. DGA-MOP ID 1019-22-LQ21” a la UTP INRHED SPA – EMERGE INGENIERÍA, con el objetivo de diagnosticar de forma interdisciplinaria el estado de la Red Hidrométrica de las Macro Zonas Norte y Centro Norte del país y establecer medidas de infraestructura necesarias para dar cobertura a las debilidades críticas de la red de monitoreo hidrométrico con enfoque en la protección civil, y la gestión temprana de riesgos naturales. Lo anterior enfocado a futuro para la elaboración de una red de alerta.

El estudio comprende cuatro etapas, cada una de ellas complementa e integra nuevos antecedentes con la finalidad de desarrollar un producto integrado que entregue cumplimiento a lo exigido en las bases técnicas y propuesta metodológica de las consultoras.

El presente informe corresponde a la etapa final del proyecto, que incluye el desarrollo de las etapas I, II, III y IV. A su vez este informe se encuentra dividido en tomos por cada región en estudio y ordenados de norte a sur, los cuales son los siguientes:

- Tomo I. Informe Red Arica y Parinacota
- Tomo II. Informe Red Tarapacá
- Tomo III. Informe Red Antofagasta
- Tomo IV. Informe Red Atacama
- Tomo V. Informe Red Coquimbo
- Tomo VI. Informe Red Valparaíso
- Tomo VII. Informe Red Metropolitana

A continuación, se presenta el Tomo I correspondiente a la Red de la Región de Arica y Parinacota, enfocado en los siguientes temas principales:

- Recopilación y análisis de antecedentes
- Evaluación y diagnóstico del estado actual de la red hidrométrica de la región
- Reunión con los Jefes Regionales de Hidrología
- Visitas a terreno

- Análisis estadístico y de calidad de la red hidrométrica
- Determinación de estaciones críticas
- Fichas diagnóstico de las estaciones críticas
- Evaluación y diagnóstico del estado actual de la red piezométrica
- Plan de acción
- Archivos SIG generados

Siendo la finalidad de este informe poder entregar todos los antecedentes necesarios para poder contar con una red robusta pensando en la protección civil.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Diagnosticar de forma interdisciplinaria el estado de la Red Hidrométrica de las Macro Zonas Norte y Centro Norte del país y establecer las medidas de infraestructuras necesarias para dar cobertura a las debilidades críticas de la red de monitoreo hidrométrico con enfoque en la protección civil y la gestión temprana de riesgos naturales.

Diagnosticar de forma interdisciplinaria el estado de la Red Piezométrica de las Macro Zonas Norte y Centro Norte del país, estableciendo mejoras en aumentar la red de monitoreo con enfoque en los Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común que se encuentren en categoría de prohibición y restricción.

1.1.2 Objetivos específicos

- 1- Revisar y recopilar los antecedentes bibliográficos que permitan conocer estudios de carácter similar, así como también adquirir nuevos conocimientos respecto a la zona de estudio.
- 2- Realizar visitas a terreno que permitan conocer el estado actual de la red hidrométrica.
- 3- Elaborar fichas de las estaciones visitadas, que reflejen los problemas generales de la red hidrométrica.
- 4- Definir estaciones críticas preliminares y nuevas para la protección civil, la gestión de desastres y la gestión integrada de recursos hídricos.

- 5- Determinar tiempos de concentración de las estaciones críticas preliminares y nuevas.
- 6- Realizar visitas a terreno a las estaciones críticas preliminares, que permitan conocer el estado de estas estaciones.
- 7- Elaborar fichas de las estaciones críticas finales visitadas, que reflejen los problemas de cada estación.
- 8- Validar las estaciones hidrométricas determinadas como críticas preliminares, dando paso a la clasificación de estaciones críticas finales.
- 9- Efectuar una revisión de los registros estadísticos que permita establecer relaciones entre el registro de precipitación máxima, el caudal máximo instantáneo y eventos extremos ocurridos en las zonas de estudio.
- 10- Definir una estación meteorológica estándar.
- 11- Determinar las brechas y realizar una evaluación económica entre la estación meteorológica estándar y las estaciones definidas como críticas finales.
- 12- Definir una estación fluviométrica estándar.
- 13- Determinar las brechas y realizar una evaluación económica entre la estación fluviométrica estándar y las estaciones definidas como críticas finales.
- 14- Realizar un análisis crítico de la red piezométrica con la finalidad de obtener un diagnóstico panorámico, estableciendo posibles mejoras relativas a aumentar la red de monitoreo para enfrentar eventos extremos de sequía.

2 METODOLOGÍA

A continuación, se presenta la metodología para el desarrollo del presente estudio. La metodología se divide en 4 etapas: 1) Selección de estaciones críticas preliminares, 2) Revisión de las estaciones críticas seleccionadas, 3) Generación del SIG y 4) Plan de Acción. La Figura 2.1, Figura 2.2, Figura 2.3 y Figura 2.4 muestran un diagrama conceptual de las Etapas I, II, III y IV, respectivamente.

Etapa I: Selección de estaciones críticas preliminares

1. Recopilación y revisión antecedentes
2. Diagnóstico de la red hidrométrica
3. Reuniones con los Jefes Regionales de Hidrología
4. Estaciones protocolo DGA - ONEMI
5. Visitas a terreno N°1
6. Selección estaciones críticas preliminares
7. Población vulnerable
8. Tiempo de concentración

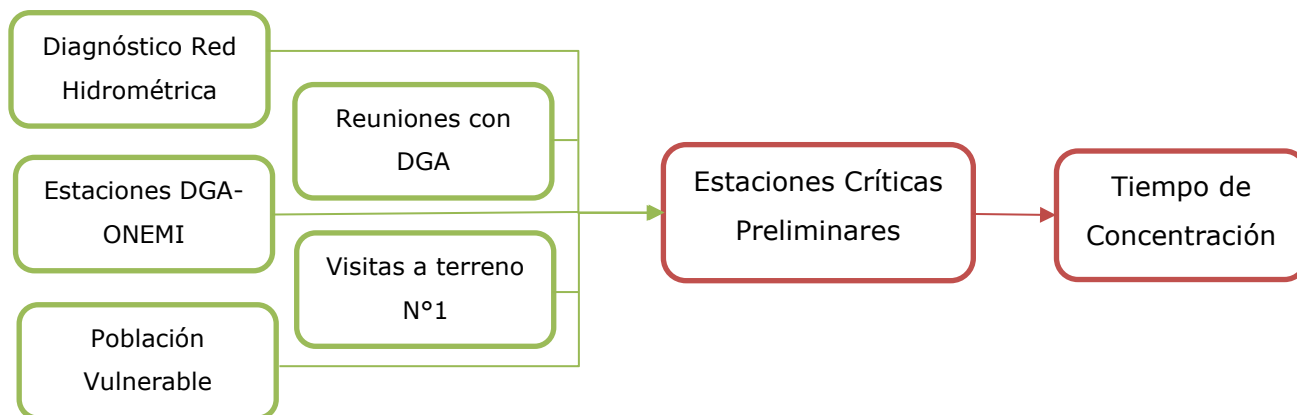


Figura 2.1 Diagrama Etapa I: Selección de estaciones críticas preliminares

Etapa II: Revisión de estaciones críticas seleccionadas

9. Análisis estadístico y calidad de la red
10. Reunión de validación con los Jefes Regionales de Hidrología
11. Visita a terreno N°2
12. Propuesta final estaciones críticas
13. Fichas estaciones críticas
14. Conclusiones

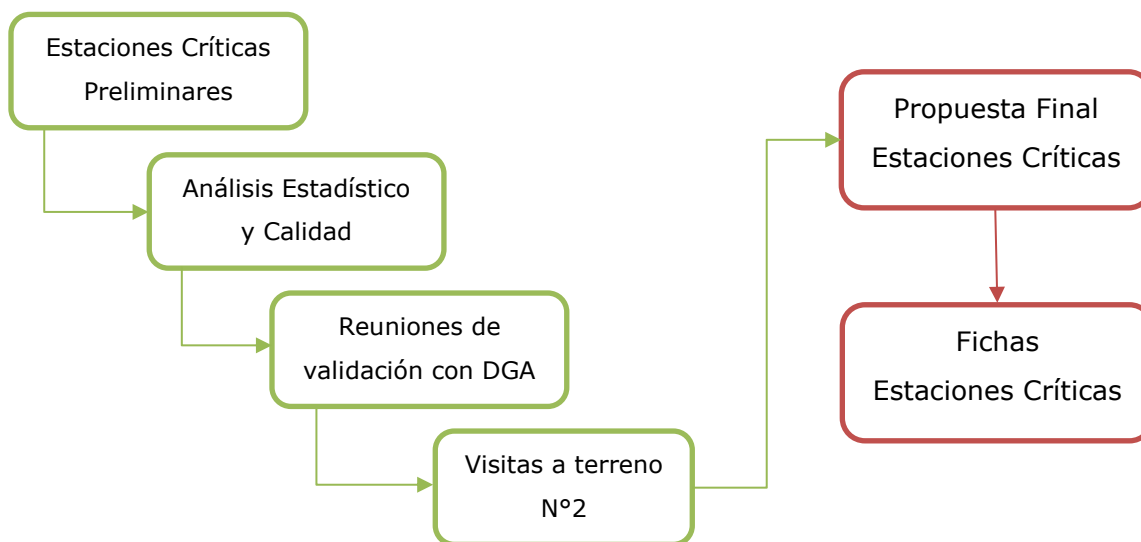


Figura 2.2 Diagrama Etapa II: revisión estaciones críticas seleccionadas

Etapa III: Generación del Sistema de Información Geográfica (SIG)

15. Entrega de información para Geodatabases o shape files.



Figura 2.3 Diagrama Etapa III: Sistema de Información Geográfica

Etapa IV: Plan de Acción

16. Estaciones críticas finales
17. Definición de estación estándar
18. Identificación de brechas
19. Evaluación de costos



Figura 2.4 Diagrama Etapa IV: Plan de Acción

Paralelamente, en la Figura 2.5 se presenta la metodología del análisis crítico de la red piezométrica.

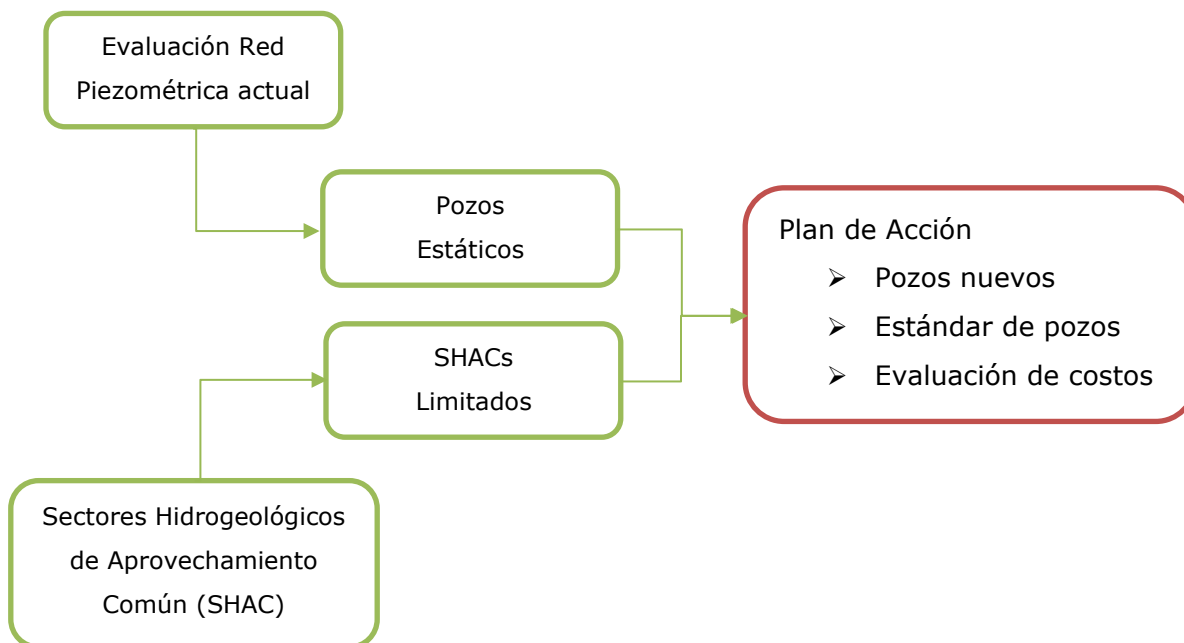


Figura 2.5 Diagrama metodología análisis crítico Red Piezométrica

3 RECOPIACIÓN Y REVISIÓN DE ANTECEDENTES

Para el desarrollo de esta consultoría se ha efectuado una completa recopilación de antecedentes, necesarios para el desarrollo y actualización del presente trabajo.

Se realizó una revisión bibliográfica en los siguientes organismos:

- Dirección general de Aguas (DGA)
- Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
- Comisión Nacional de Riego (CNR)
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN)
- Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)
- Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE)
- Instituto Geográfico Militar (IGM)
- Universidades y centros de investigación
- Otras fuentes (CR2, Meteored, etc.)

Para cada uno de los antecedentes revisados se ha generado una ficha que contiene características generales, objetivos y una breve reseña, incluidas en el **Anexo 1**. Se muestra a modo de ejemplo en la Figura 3.1 la ficha del estudio *Balance Hídrico (DGA, 1987)*.



**DIAGNÓSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RED NACIONAL DE ALERTA DE EVENTOS
HIDROMETEOROLÓGICOS
EXTREMOS ID: 1019-22-LQ21**




ESQUEMA FICHA RESUMEN ESTUDIOS				
TIPO DE INFORMACIÓN	INFORME			
TÍTULO	BALANCE HÍDRICO DE CHILE			
AÑO	1987			
ELABORADO POR (ES)	DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA)			
AUTOR (ES)	DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA)			
LINK DE DESCARGA	https://snia.mop.gob.cl/sad/SUP1540.pdf			
ALCANCE GEOGRÁFICO	NACIONAL	INTER-REGIONAL	REGIONAL	CUENCA (S)
	x			
ÁMBITO GEOGRÁFICO	REGIÓN	PROVINCIA	CUENCA (S)	
	Todas las regiones de Chile (Excepto territorio Antártico)			
TIPO DE ANTECEDENTES	PLANES GIRH	MODELACIÓN HIDROLÓGICA	MODELACIÓN HIDROGEOLÓGICA	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA
	x			
OBJETIVO DE LA INFORMACIÓN				
Informe enfocado a entregar la información general sobre los recursos hídricos, características hidrogeológicas, conocimiento del balance hídrico en un periodo estadístico de tiempo largo, y mostrar mediante mapas y tablas la representación de la información hídrica nacional.				
RESULTADOS DE INTERÉS				
El estudio muestra la metodología desarrollada para el cálculo de la ecuación de balance hídrico, el cual realiza integración espacial de un gran volumen de información. Se describe y explican los parámetros utilizados para cálculo y consideraciones generales y especiales. El estudio entrega a modo general conclusiones en cuanto a precipitaciones, temperatura, evaporación y caudales a nivel regional, nacional desglosados en tres grandes macroregiones, a saber: I y II regiones, III a X regiones y XI y XII regiones. También el informe entrego resultados de dentro del contexto América del Sur y Mundial (fase terrestre). Se excluyo del análisis el territorio Antártico Chileno.				

Figura 3.1 Ficha tipo de resumen de estudios

Los principales estudios y referencias relacionados con la Red Hidrométrica Nacional, se presentan a continuación, con un resumen de los aspectos que son de interés para el desarrollo de la presente consultoría.

1. Análisis Hidrométrico de las Redes Hidrométricas, Zona Sur. DGA (2014), SIT N° 344, realizado por Sociedad de Servicios Profesionales en Recursos Hídricos y Medio Ambiente Ltda.

Este estudio consideró el análisis crítico de la red hidrométrica de seis regiones (Biobío, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes) conformada por un total de 557 estaciones vigentes. Se efectuó una recopilación de antecedentes, tales como: estudios similares anteriores, características de las cuencas y geografía del país, así como también, información sobre metodologías o enfoques para el análisis de redes hidrométricas tanto a nivel nacional como internacional, considerando criterios previamente establecidos por la DGA. Posteriormente se realizó un análisis sobre la evolución de la red y cómo ésta ha respondido a los requerimientos tanto públicos como privados, dando paso a un diagnóstico de la situación actual, analizando el número de estaciones en operación, ubicación y la información que entregaba cada una de ellas. Además, se efectuó una recopilación de antecedentes que permitió evaluar la influencia del cambio climático en las proyecciones y tendencias hidrológicas futuras, estableciendo zonas críticas en cuanto a la demanda de información hidrológica, evaluando la vigencia de la tecnología empleada en el monitoreo y proponiendo (en algunos casos) la implementación de métodos vanguardistas que propenden la eficiencia del servicio. Asimismo, se recopilaron antecedentes sobre los principales usos del agua, demandas de derechos de aprovechamiento de aguas, requerimientos de datos en tiempo real, necesidades de fiscalización (ambiental y Código de Aguas), proyecciones futuras de necesidad de información y otros requerimientos de las distintas áreas de trabajo de la DGA. También se realizó un análisis en forma general sobre la calidad de la estadística que entregaba la red hidrométrica en ese momento, relacionándola con las necesidades actuales y futuras de información, visitas de terreno a las Oficinas Regionales DGA y a algunas estaciones para poder conocer y verificar los antecedentes sobre la ubicación de nuevos puntos de control. Finalmente, se evaluó la factibilidad de compatibilizar y complementar la red hídrica DGA con redes pertenecientes a otros servicios y organismos, tales como: el Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED), la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), el Sistema Nacional de Medición Ambiental (SNIA), entre otros. Junto con ello, se evaluó la factibilidad económica de implementar nuevas estaciones y de mejorar las existentes, considerando entre otros aspectos, los costos de inversión y, los costos asociados a la operación de la red (operarios, mantención de equipos, etc.).

2. Análisis Crítico de las Redes Hidrométricas, Regiones V a VII y Región Metropolitana. DGA (2013), realizado por KRAL Consultores Ltda.

Este estudio correspondió al análisis crítico de la situación de la red hidrométrica, pluviométrica, meteorológica y sedimentológica de las regiones V a VII y Región Metropolitana en el año 2013, cuyo objetivo principal fue entregar un diagnóstico de las necesidades actuales y futuras de las redes hidrométricas, y proponer mejoras. El estudio estuvo enfocado en el análisis de distintas variables, tales como: número de estaciones, ubicación, antecedentes de uso actual de agua y estadística existente. El trabajo presentó como resultados los aspectos operacionales levantados para las estaciones de las regiones estudiadas en cuanto a: fallas presentadas, equipamiento, ubicación, operadores (personal), así como también aspectos financieros y de diseño. Se realizó la evaluación del impacto de acuerdo con el grado de importancia, seguido de una propuesta de mejora de las estaciones actuales, así como el emplazamiento de nuevas estaciones desde el criterio de su ubicación. En cuanto a la propuesta de estaciones de tipo piezométricas se enfatizó el criterio de que las mismas fueran consideradas como puntos de control. Además, se propuso el establecimiento de una red especial bajo las siguientes consideraciones: a) Red por efecto de embalses, b) Actividad Volcánica y c) Control de crecidas e inundaciones. Finalmente, se entregó una estimación de costos, resaltando la importancia del establecimiento de una red con enfoque de protección a la población civil.

3. Análisis del Comportamiento Espacial y Temporal de las Precipitaciones en la Región de Los Ríos, la Región de Los Lagos y la Región de Aysén. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal, UTAL (2009).

El estudio de esta Memoria de Título se basó en el aumento del nivel de información cuantitativa y cualitativa de las precipitaciones (mensuales y anuales), tanto en su forma espacial como temporal. Para el análisis se utilizaron los registros de 35 estaciones pluviométricas: 7 estaciones en la Región de Los Ríos, 11 estaciones en la Región de Los Lagos y 17 estaciones en la Región de Aysén. Dichos datos se analizaron con los Promedios Móviles y la Función de Distribución de Probabilidad de Gumbel, y se calcularon los Índices de Fournier (IF), Modificado de Fournier (IMF), Modificado de Fournier-Maule (IMFM) y el Índice de Concentración de las Precipitaciones (ICP).

Luego, con los resultados obtenidos se verificó si había una tendencia al aumento o disminución de precipitaciones (comportamiento temporal). Además, se analizó la agresividad climática (con los índices de IF e IMF) y la concentración de las precipitaciones (ICP), verificando que el IMFM fue el que mejor se relacionó con las precipitaciones. Como resultado se alcanzó una tendencia al aumento de las precipitaciones en las regiones de Los Ríos y Los Lagos, y una disminución en la región de Aysén; una tendencia al aumento de la agresividad de las precipitaciones en las regiones de Los Ríos y Los Lagos, y una tendencia a la disminución en la región de Aysén.

4. Análisis de Vulnerabilidad del Sector Silvoagropecuario, Recursos Hídricos y Edáficos de Chile frente a Escenarios de Cambio Climático. CONAMA-MINAGRI-AGRIMED (2008).

El estudio (CONAMA-MINAGRI-AGRIMED) tuvo por objetivo analizar las zonas de mayor riesgo frente a eventos de cambio climático (erosión pluvial) ante escenarios severos, y en el cual se aplicó un modelo de ecuación revisada universal de pérdida de suelo llamado por sus siglas RUSLE, el cual se ajusta a terrenos con pendientes inferiores a 22%. La modelación tuvo como horizonte de estudio de proyección al año 2040. El modelo RUSLE fue diseñado para guiar en la selección de prácticas de conservación para diseños específicos y para lo cual se calcularon índices de vegetación. Como resultado el estudio (2008) mostró que el riesgo de erosión es consecuencia del aumento de la intensidad de las precipitaciones, lo que a mayor cobertura vegetal disminuye el riesgo. Factores como la erosividad y falta de cobertura en zonas de relieve complejos se presentan mayormente en la costa y precordillera especialmente en el valle central. Además, dio cuenta que en zonas cultivadas este efecto es nulo, evidenciando una fragilidad en el componente geomorfológico, relevante aportación de sedimentos originados en precordillera (lagos, humedales, embalses y cursos superficiales). Se concluyó que el mayor riesgo se evidencia en la cordillera de la costa y precordillera de los Andes, llegando a niveles críticos en la región del Bio-bio donde existe una notoria degradación del recurso edáfico.

5. Análisis de los efectos de distintos escenarios de registro histórico en la estimación de caudales de crecida. Aplicación a obras hidráulicas de la cuenca del Río Maule. Claudio Arias, Memoria de Título Universidad de Chile, 2011.

El estudio tuvo por objetivo analizar el efecto que produce la longitud del registro hidrológico utilizado en la magnitud del caudal estimado mediante análisis de frecuencias, centrándose en las obras hidráulicas existentes en la cuenca del Maule Alto. El análisis se apoyó en las estaciones fluviométricas afluentes a cada una de estas obras, beneficiándose de la gran cantidad de datos disponibles debido al alto interés en los recursos hídricos de esta zona. El estudio caracteriza detalladamente los registros existentes en cada estación analizada.

Las conclusiones del estudio indicaron que la estimación de crecidas de origen pluvial está condicionada por el periodo de registro seleccionado, existiendo un aumento considerable al utilizar periodos de registros más cortos y actuales. La situación es diferente para la estimación de crecidas de origen nival, donde la longitud del periodo de registro considerado no produce un efecto claro en la magnitud del caudal determinado, siendo variable según la estación analizada. Por otro lado, se comprueba que existe un aumento en el número y magnitud de crecidas pluviales a lo largo de los últimos años en la cuenca del río Maule, siendo esta la razón del aumento de los caudales calculados al utilizar un periodo de registro más corto. En tanto, las crecidas de origen nival se han mantenido constantes en magnitud a lo largo de los años analizados.

Finalmente, el estudio concluye que todas las obras analizadas poseen una seguridad hidrológica menor a la calculada al momento de su diseño, siendo esto condicionado por el aumento en la magnitud de las crecidas pluviales ocurridas posteriormente a la construcción de las obras.

6. Análisis meteorológico de los aluviones de Antofagasta y Santiago de Chile en el período 1991-1993. René Gatreud y José Rutifani (1996).

Dentro de los principales objetivos del estudio, se encontraron los siguientes: a) describir en escala hemisférica, sinóptica y regional local la ocurrencia de los aluviones catastróficos en Antofagasta (1991) y Santiago de Chile (1993) debido a anomalías atmosféricas por eventos de El Niño; a) presentar un análisis de las condiciones

meteorológicas que precedieron y acompañaron estos aluviones y; por último, c) describir geográficamente las zonas de Antofagasta y de Santiago. El paper entregó un resumen de las características geográficas y climáticas de estas ciudades. Además, en el documento se presentan las características generales de la circulación atmosférica, configuración barotrópica en relación con las anomalías de presión al nivel del mar y las anomalías de altura geopotencial y condición de bloqueo al flujo oeste. Luego, narra la presencia de un anticiclón debilitado que favoreció el desvío de las trayectorias ciclónicas hacia las zonas central y norte de Chile. Para el caso de 1993, las anomalías presentaron una menor amplitud en la costa suroccidental de Sudamérica con una vaguada fría. Específicamente, en el aluvión de Antofagasta, se evidenció un contraste térmico por calentamiento en la troposfera baja y un enfriamiento del aire polar y acceso orográfico. Por otra parte, el aluvión de Santiago se debió a las altas temperaturas en la troposfera sobre la costa occidental de América del Sur.

7. Análisis de eventos hidrometeorológicos extremos en el país. Caudales máximos y mínimos. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, AC Ingenieros Consultores Ltda., Ayala Cabrera y Asociados Ltda., 1995.

El estudio tuvo como objetivo mejorar la estimación de caudales extremos del país en cuencas que poseían escasa o nula información fluviométrica. Para esto se utilizaron diferentes métodos utilizados en la época con la finalidad de seleccionarlos y validar los más adecuados. Los métodos más comunes utilizados fueron: análisis de frecuencia como; Fórmula Racional y Verni y King, para caudales máximos de origen pluvial. Además, se utilizaron métodos de estimación del hidrograma de crecida de origen pluvial y para la generación de escorrentía directa la infiltración de la lluvia, así como el Método de la Curva Número.

Se recopilaron (a nivel nacional) los datos de 672 estaciones de control fluviométrico en el país en los periodos comprendidos entre 1915 y 1992. Esto complementado al estudio "Eventos Hidrometeorológicos Extremos, Precipitaciones Máximas en 1,2 y 3 días" realizado para la DGA en 1989. Para el procesamiento de estos datos se utilizó como filtro que al menos tuvieran 20 años de información las estaciones que se estudiaron, utilizándose finalmente 234 estaciones que cumplían con estas condiciones y 39 cuencas en total.

En el análisis, se estimó un coeficiente representativo de cada región o para los grupos de cuencas, para cada periodo de retorno. Entre otras recomendaciones para facilitar la estimación de los caudales máximos o mínimos susceptibles de ocurrir en un lugar de interés, asociados a distintas probabilidades de excedencia.

8. Balance hídrico de Chile, DGA, 1987.

El informe (DGA) estuvo enfocado a entregar la información general sobre los recursos hídricos, características hidrogeológicas, conocimiento del balance hídrico en un periodo estadístico de tiempo largo, y mostrar mediante mapas y tablas la representación de la información hídrica nacional. El informe (1987) mostró la metodología desarrollada para el cálculo de la ecuación de balance hídrico, el cual realiza integración espacial de un gran volumen de información. Se describieron y explicaron los parámetros utilizados para cálculo, así como las consideraciones generales y especiales. Entregó a modo general conclusiones en cuanto a precipitaciones, temperatura, evaporación y caudales a nivel regional, nacional desglosados en tres grandes macro-regiones, a saber: I y II regiones, III a X regiones y XI y XII regiones y también mostró los resultados dentro del contexto América del Sur y Mundial (fase terrestre). Se excluyó del análisis el territorio Antártico Chileno.

9. Determinación de los umbrales de alerta de caudales, lluvias y temperaturas del sistema de transmisión de datos de la DGA / Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Agua, División de Hidrología, Rodhos Asesorías y Proyectos Ltda.

El objetivo de este estudio fue realizar una actualización, en todo el país, del sistema de umbrales de crecidas de las estaciones fluviométricas o pluviométricas que así lo requirieron. Para esta actualización fue necesario revisar: las estaciones satelitales y no satelitales incluidas en el actual sistema de alerta, los puntos de inundación que requerirían un sistema de alerta, las estaciones estratégicas de control, las variables que explican la crecida, analizar la necesidad de incluir algunas variables adicionales a las consideradas originalmente (como temperaturas y niveles de lagos), y por último, a través de un análisis hidrológico y meteorológico, los rangos a los cuales se asocian los tres umbrales de alerta (azul, amarilla y roja) de cada una de las variables. Las recomendaciones para determinar estos umbrales fueron no considerar para todos los eventos la misma cantidad de días de lluvia al relacionar caudales con precipitaciones;

sumar el caudal de las estaciones fluviométricas cuando las precipitaciones se explican con más de una estación fluviométrica; en cuencas que tienen una porción mixta o nival, estudiar una relación entre los caudales y la temperatura además de la precipitación; y finalmente, actualizar los umbrales con cada evento de inundación o daño que se registre por crecidas.

Con los resultados obtenidos se verificó que, metodológicamente, no se pueden establecer umbrales de alerta de caudal si no hay un evento de inundación con lugar, fecha y caudal correspondiente; en el norte y centro de Chile. Importante destacar que el índice de precipitación antecedente (IPA) cuando se hace el análisis de la relación entre precipitaciones y caudales, lo que no se observa más al sur, donde los suelos están permanentemente más húmedos, y no tiene una gran influencia el IPA. Se plantea controlar las entradas y salidas de embalses, específicamente en la Región III (embalse Lautaro), en la región IV (embalses Puclaro, Paloma y Corrales), y en la Región VI (embalse Convento Viejo); equipar algunas estaciones con sistemas de transmisión de datos en tiempo real; instalar estaciones nuevas y rehabilitar estaciones suspendidas o mejorar estaciones existentes en mal estado.

10. Estudio de prefactibilidad mejoramiento sistema de riego en Río San Pedro, San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta. ARRAU Ingeniería EIRL. Consultores de Ingeniería Hidráulica y de Riego, 2014.

El estudio tuvo por objetivo principal el análisis completo a nivel de prefactibilidad, para proponer y evaluar alternativas de mejoramiento del sistema actual de riego de la comuna de San Pedro de Atacama, donde se planteó mejorar las condiciones del riego, mitigar los daños que producen las crecidas del invierno altiplánico en la agricultura y otros sectores, y finalmente, evaluar la posibilidad de generar energía hidroeléctrica en una mini central asociada al embalse. Para cumplir con lo anterior, se realizó un diagnóstico completo de la infraestructura de riego, de los posibles sitios de embalse, y se llevan a cabo diversos estudios topográficos, geotécnicos, geofísicos, hidrológicos, sedimentológicos y de laboratorio. Con dichos antecedentes se propusieron una serie de alternativas, las cuales son evaluadas mediante un modelo hidrológico y operacional del Río San Pedro bajo los diferentes escenarios. Posteriormente se realizó una evaluación económica de las distintas opciones de solución y sus variantes. Finalmente, se concluyó que la alternativa más favorable a precios sociales es la que considera el uso múltiple de la obra, lo que permite mejorar la calidad de las aguas de riego, controlar las crecidas

y la generación de energía eléctrica, sin embargo, esta misma opción a precios privados no resulta rentable. De todas formas, con los resultados obtenidos se recomienda proseguir a un estudio de factibilidad, complementando la alternativa descrita con otros estudios de técnicos y de ingeniería que permitan esclarecer ciertos aspectos y dar mayor robustez al análisis.

11. Estudio de prefactibilidad, alternativas de obras de regulación y control de crecidas en la hoya del Río Salado (afluente Río Loa), Región de Antofagasta. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas, ARRAU Ingeniería EIRL, 2013.

El estudio presentó una caracterización de la cuenca, y un estudio hidrológico e hidráulico del río Salado. Este río es el principal afluente del río Loa, presenta crecidas provocadas por el invierno altiplánico, las que al no existir obras de regulación o de control de crecidas, causan serios daños en la infraestructura pública y privada.

Además, en el documento se analizó la prefactibilidad de diferentes alternativas de obras asociadas a crecidas extraordinarias como la del año 2001. Entre las alternativas se encuentran: un embalse regulador de crecidas en diferentes ubicaciones; una cuenca de retardo correspondiente a una superficie extensa y plana o de baja pendiente que tendría por objetivo desviar una parte de las aguas de las crecidas del río Salado y; varias obras de defensa fluvial (gaviones y encauzamientos de la caja del río).

Finalmente, el estudio contempló una identificación y descripción del área de influencia del Proyecto, conocer e incorporar una medida técnica y económicamente viable, analizar las implicaciones sociales y legales.

12. Estimación del valor económico de uso de pronósticos del tiempo en la gestión de riesgo ante eventos hidrometeorológicos extremos: estudio de caso en el Río Biobío, 11 de julio de 2006. Wilson Ureta Parraguez, Memoria de Título Universidad de Chile, 2010.

El objetivo principal de la memoria de título consistió en generar una estimación del valor económico del uso de pronósticos del tiempo, para la mitigación del desastre ocasionado por el evento hidrometeorológico extremo asociado al desborde del Río Biobío en 2006. Para ello, se describe el evento de acuerdo a los pronósticos informados y las precipitaciones y caudales registrados antes y durante el día del evento en el área

de estudio. Además, se realizó un análisis de frecuencia de los caudales máximos anuales instantáneos del Río Biobío. Se analizó la gestión realizada por las Asociaciones de Canalistas y ENDESA, y se determinaron los principales impactos del desastre, principalmente asociados a la actividad agrícola. El 11 de julio de 2006, se registró una precipitación de 241 mm en 24 horas, lo que generó un importante aumento de caudal, que derivó en el desborde del sistema de canales de Biobío Norte, Biobío Sur y Biobío Negrete. La gestión del evento por parte de las Asociación de Canalistas y ENDESA evidenció graves falencias de infraestructura y procedimientos para disminuir los efectos de la crecida, lo que terminó con la muerte de 7 personas, 11.525 damnificados y el deterioro de viviendas y caminos. En su conjunto, el análisis anterior llevó a la conclusión de que el uso adecuado de los pronósticos del tiempo podría haber disminuido en forma gravitante los daños provocados por la crecida estudiada. Sin embargo, no es posible afirmar que el valor económico de uso de los pronósticos corresponde al ahorro de la totalidad de los costos estimados, ya que en la concreción de éstos también influyeron la extraordinaria magnitud del evento, la exactitud de los pronósticos y la vulnerabilidad y capacidad de la infraestructura existente para contener la crecida del río.

13. Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información Fluviométrica. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Agua, AC Ingenieros Consultores Ltda. 1995.

Este manual detalla los métodos para el cálculo de caudales máximos y mínimos en cuencas naturales del país, con nula o escasa información fluviométrica; estos métodos son válidos para períodos de retorno inferiores a 100 años (valor usual para el diseño de obras hidráulicas de pequeña a mediana importancia) y aplican para la estimación de caudales máximos en periodo pluvial y de deshielo.

Para la elaboración del manual se consideró la información hidrológica disponible de estaciones hidrométricas y estudios anteriores. Con esta información se calibraron los métodos utilizados habitualmente en el cálculo de caudales extremos y se elaboraron nuevas expresiones de cálculo, los que fueron validados para una gran parte del territorio nacional (desde la IIIª a la Xª Región). Previo a la utilización de los métodos propuestos se requirió determinar los parámetros morfométricos de la cuenca aportante, las precipitaciones del sector y la ubicación geográfica del área de estudio; los demás valores requeridos por los métodos propuestos se indican en el mismo manual.

14. Mejoramiento de la red fluviométrica para el control de crecidas. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, CONIC-BF Ingenieros Civiles Consultores Ltda., 2011.

A la fecha de licitación del estudio, se constataba que la información hidrométrica de las grandes crecidas no estaba siendo bien registrada por las estaciones fluviométricas de la DGA. Esto se debía, en parte, al diseño de las estaciones y al aumento de la frecuencia de crecidas en los últimos 5 años, lo que además produjo la destrucción o daño de varias estaciones. El objetivo de este estudio estuvo en generar un diseño de una red fluviométrica para el control de crecidas en un período de retorno mayor a 25 años en las Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Coquimbo. Inicialmente se realizó un diagnóstico de todas las estaciones fluviométricas existentes, con fin de identificar las estaciones, períodos de tiempo y situaciones más recurrentes donde se produce la pérdida de información. Además, se realizó un estado del arte en relación a las diferentes metodologías de controles específicos y complementarios, con el fin de proponer e identificar la mejor alternativa para el control de crecidas. La alternativa seleccionada fue la que utilizaba radares de sensor sin contacto, la cual se adecúa a la realidad de las estaciones existentes en las diferentes regiones. Se seleccionaron los puntos estratégicos donde se aplicará la alternativa seleccionada, distribuyéndose en dos por cada región de estudio. En cada uno de ellos se realiza un estudio de caudales de crecida y eje hidráulico, con el fin de determinar la mejor ubicación de la estación. Finalmente, se elaboraron los presupuestos de las obras civiles e instrumentación para cada estación.

15. Modelación y análisis de inundaciones para la cuenca del río Copiapó, Departamento de Estudios-CSIRO, Dirección General de Aguas, 2017.

El proyecto contempló el desarrollo de una herramienta que permitiría modelar y predecir posibles escenarios de amenazas de inundaciones futuras, realizando simulaciones de diferentes escenarios de inundaciones que involucran precipitaciones y caudales. Se centró en el estudio de la cuenca del río Copiapó porque corresponde a un sector con eventos de precipitación esporádicos, los que ocasionalmente generan fuertes escorrentías y provocan aluviones; basándose específicamente en los eventos extremos de inundaciones históricas ocurridos en marzo de 2015 y mayo de 2017.

El software desarrollado por CSIRO, SWIFT (*Shallow Water Integrated Flood Tool*, (SWIFT Website, 2018)), fue utilizado para realizar modelamiento de inundaciones y validado con los antecedentes de los eventos anteriormente mencionados, obteniendo resultados coincidentes entre la simulación y lo registrado. Por lo anterior, se considera que SWIFT está preparado para ser utilizado en un diverso rango de aplicaciones sobre la cuenca del río Copiapó, entendiendo que una validación más completa requeriría considerar otros eventos históricos extremos. De los resultados obtenidos se obtuvieron las siguientes conclusiones: el análisis comparativo entre los resultados de las simulaciones y los datos registrados posterior al evento se basó en criterios cualitativos, por lo que se recomendó complementar el análisis considerando métricas cuantitativas; una baja resolución para describir la topografía del terreno puede sobreestimar el tiempo de arribo del agua a determinados sectores, y/o introducir artefactos artificiales en la grilla de simulación, tales como un suavizamiento excesivo en la caja de un río o incluso la eliminación de esta, lo cual implicaba que el agua se desplazara por sectores sin seguir el comportamiento esperado, y en cambio una muy alta resolución podría requerir un tiempo de cómputo significativamente mayor, y también podría incluir elementos no propios del terreno, como tuberías, lo cual distorsionaría el movimiento del flujo y generaría resultados erróneos.

16. Plan regional de infraestructura y gestión del recurso hídrico al 2021.

Región de Antofagasta. MOP, 2012.

La región de Antofagasta es la segunda con mayor extensión del país. Posee una geomorfología variada, debido a lo mismo, los riesgos naturales a los que está expuesta son diversos dependiendo del sector analizado, destacando las comunidades costeras que están expuestas a sismos, tsunamis y aluviones, comunidades interiores en el altiplano expuestas a sismos, riesgo volcánico y grandes avenidas de agua producto del invierno altiplánico. En el año 2012, se lograron identificar dentro de la región 14 quebradas de importancia de las cuales solo cuatro cuentan con obras de control aluvial.

Al 2012, la esta región contaba con siete cauces principales, adicionalmente la explotación de agua subterránea es vital, debido a las características climáticas de la zona (escasas precipitaciones), si se considera además el crecimiento poblacional existente.

En el estudio se resalta que la infraestructura hidrométrica de la región al 2012 era de 32 estaciones fluviométricas, 34 meteorológicas, 1 calidad de agua subterránea, 19 calidad de agua superficiales y 29 que registraban los niveles estáticos de aguas subterránea.

**17. Pronóstico de crecidas en tiempo real usando redes neuronales recurrentes.
Milena Muñoz Bonacic, Memoria de Título Universidad de Chile, 2008.**

El estudio de esta Memoria de Título se basó en analizar la eficiencia de modelos de redes neuronales recurrentes aplicados al pronóstico de crecidas en tiempo real. El estudio se enfocó principalmente en la cuenca del río Mapocho, perteneciente a la hoya hidrográfica del río Maipo con la finalidad de encontrar los tipos de redes recurrentes, modelos y arquitecturas más apropiados para realizar pronósticos de crecidas adecuados que resulten útiles como alternativas preventivas y de mitigación. Además, el estudio se basó en la utilización de redes neuronales de tipo recurrente, los que son aplicadas a crecidas pluviales y de deshielo, cuyo pronóstico se enfoca al caso de caudales instantáneos, donde las variables relevantes son definidas a partir de registros de caudales, precipitaciones y temperaturas en tiempo horario; eligiendo como óptima a aquella red neuronal que tenga el menor error en el pronóstico.

Con los resultados obtenidos se verificó que, para pronosticar crecidas pluviales y de deshielo, las redes neuronales recurrentes de Elman resultan más eficientes que las redes prealimentadas y los modelos paramétricos, lo cual es más notorio en pronósticos pluviales; una red recurrente tipo Elman necesita, para modelar un fenómeno, la misma cantidad de neuronas en las capas ocultas que si se modela con una red prealimentada; un pronóstico con RRS (red neuronal recurrente simple) necesita alrededor del triple de tiempo que utilizar redes prealimentadas; los pronósticos obtenidos para entrenamientos de tipo unitario y continuo en una red neuronal recurrente de Elman son mejores que los obtenidos mediante el uso de una red prealimentada considerando ambos tipos de entrenamiento; en los modelos RARMAX entrenados unitariamente, los modelos formados a partir del entrenamiento con los datos de las crecidas con menores amplitudes de frecuencia presentan los menores errores.

18. Plan de manejo técnico del Río Loa a su paso por Calama y plan maestro de evacuación y drenaje de aguas lluvias de Calama, II Región. Informe Final. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas, CONIC BF Ingenieros Civiles Consultores Ltda., 2004.

Del plan de manejo técnico del río Loa se pudieron identificar un total de 10 sectores críticos que presentan problemas con desbordes del río e inundaciones. Las principales razones por las que ocurren estos eventos fueron: Existencia de infraestructura inadecuada ubicada en el cauce, como son puentes, alcantarillas, bocatomas, entre otras. Estas estructuras alteran el libre escurrimiento del río, debido a un mal diseño, pudiendo causar inundaciones en las zonas aledañas a estas, se sugiere entonces poder mejorar los diseños existentes y en el caso en que lo obra no sea vital se sugiere su eliminación. Otra razón sería la poca capacidad de algunos tramos del río. Esto es debido a la poca limpieza del cauce, sección muy pequeña o riberas muy bajas, la solución propuesta por tanto es el aumento de sección, en caso de ser necesario y la limpieza sistemática de este. Por último, otra de las razones por las que se pudo identificar que ocurren estas inundaciones fueron la inestabilidad de taludes de la ribera, proponiéndose como solución el recubrimiento de estos taludes existentes con un material que resista las velocidades de escurrimientos.

Referente al plan maestro de evacuación de drenaje de aguas lluvias se identificó que la ciudad de Calama no presenta graves problemas referentes a esta temática, debido principalmente a las escasas precipitaciones que corren en la zona.

19. Proyecto de Reposición de la Red Hidrométrica Cuenca Río Huasco, Dirección General de Aguas Región de Atacama.

El proyecto consistió en la reposición de las Estaciones Fluviométricas dañadas durante el evento meteorológico de marzo del año 2015. Dicho proyecto se basó en el Estudio Ingeniería de Detalles Estaciones Fluviométricas DGA Cuenca Río Huasco realizado por 4C CONSULTORES EN INGENIERÍA CIVIL LTDA. En este estudio se realizó un diagnóstico completo de la zona, con estudios hidrológicos, hidráulicos, entre otras especialidades, para el diseño de las estaciones que se consideraron prioritarias para el funcionamiento de la Red Hidrométrica. Además, en este estudio se entregaron especificaciones técnicas generales, planos y sectores en detalle de la construcción de la red.

20. Proyecto de Reposición de la Red Hidrométrica Cuenca Río Copiapó, Dirección General de Aguas Región de Atacama, 2015.

El evento ocurrido en marzo del 2015, el cual llevó a la realización de este estudio y rediseño y reparación de estaciones debió ser estudiado por métodos indirectos debido a que las estaciones fluviométricas existentes no eran capaces de medir los caudales de crecida. Las estaciones hasta esa fecha funcionaban de manera correcta solo para eventos asociados a periodos de retorno menores, que son los recurrentes en la zona.

Debido a los eventos ocurridos en el año 2015 y a lo antes mencionado se sugirió reubicar algunas de las estaciones de esta red, además de la reparación de las que fueron dañadas en esta crecida. Esto con la finalidad de poder modernizar la red y llevar a cabo un correcto control y medición de los caudales.

21. Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos. Octavio Rojas, María Mardones, José Luis Arumi y Mauricio Aguayo. Revista de geografía Norte Grande N°57, 2014.

Este artículo realiza una revisión bibliográfica de inundaciones fluviales históricas en el período 1574-2012 a través de diferentes publicaciones, con el objetivo de analizar, explicar y sistematizar causas o factores detonantes, así como también, períodos de recurrencia, distribución y efectos geográficos de las inundaciones acaecidas en Chile continental. Identificaron 5 tipos principales de inundaciones, asociadas a los detonantes de procesos volcánicos, procesos nivoglaciares, deslizamientos, intervenciones antrópicas y precipitaciones. Relacionaron este último factor al 71% de las inundaciones en el periodo analizado. También se realizó un análisis a nivel nacional donde se observó un patrón zonal de los tipos de eventos dividido en 5 áreas homogéneas, cuya mayor recurrencia se concentró en el dominio climático mediterráneo, consistente con montos pluviométricos intensos y cambios ambientales ocurridos durante las últimas tres décadas. Finalmente, se consideró un incremento, desde la segunda mitad del siglo XX hasta 2014, de inundaciones catastróficas, relacionadas principalmente con procesos nivoglaciares e intervenciones antrópicas.

22. Atlas del Agua, Chile 2016. Dirección General de Aguas, 2016.

La presente versión del atlas tuvo como objetivo entregar una herramienta para conocer la realidad hídrica de Chile al año 2016. Corresponde a un compendio orientado para el

uso por parte de especialistas, profesionales, sector público y privado, el cual presenta información relevante y actualizada sobre los recursos hídricos del país, así como de su utilización; las tendencias de consumo y disponibilidad; la institucionalidad y entidades vinculadas a la gestión del recurso y las cuencas que conforman las respectivas macrozonas. Esta versión expone en la parte introductoria el problema de escasez hídrica, producto del cambio climático, lo que hace que se estructure una nueva estratégica. Recalca la importancia del agua como recurso esencial, y requerimientos como inversiones acumulación de aguas /eficientizar sistemas de riego y acopio de nuevos recursos. Destaca programas como APR y los esfuerzos en el ámbito normativo e institucional. Este Atlas propone ser una herramienta de información veraz y para empaparse de la realidad hídrica, contextualizando el desarrollo de la información en macrozonas. Luego en el documento se describe como se mide e investiga el agua, muestra además la estadística sobre gestión y administración del recurso. Se realizó un mapeo de las distintas dimensiones físicas del agua en país y desafíos a abordar fenómenos como el cambio climático, la sequía y la recurrencia de los eventos extremos. Finalmente, se realizó un resumen mediante mapas/ imágenes la heterogeneidad hídrica (grandes diferencias de magnitud de las variables hidrometeorológicas).

23.Actualización del Balance Hídrico Nacional. Dirección General de Aguas, 2017.

Nace de la necesidad de incorporar 30 años de nuevos registros y fuentes de información, para cuantificar la disponibilidad de los recursos hídricos en el país. El objetivo del estudio fue servir como línea de base de cualquier estudio hidrológico, como de consultorías a nivel nacional. Teniendo una metodología uniforme y viable que permitiera incorporar procesos físicos en su estimación considerando el tipo, calidad y extensión de los datos existentes.

Para la actualización se analizaron diversos estudios y fuentes de información, entre las que destacan; brechas existentes entre las distintas cuencas y macrozonas climáticas establecidas por el Atlas del agua (DGA, 2016), caracterizar las cuencas de acuerdo al nivel de información y un análisis crítico de la información.

Los resultados de este trabajo entregan información relevante sobre la precipitación entre escorrentía total y evapotranspiración, en cuencas modeladas en régimen natural.

Se destaca que la caracterización del balance hídrico presentado está sujeta a la calidad de las forzantes meteorológicas, como a los resultados del modelo hidrológico.

El estudio hace mención de diferentes recomendaciones: forzantes meteorológicas, modelación hidrológica, evapotranspiración, recarga de agua subterránea, variabilidad y cambio climático.

24. Guía para el Diseño de Proyectos de Telemetría Hidrométrica. ICASS – KV Ingeniería, 2018.

Aborda el diseño de sistemas de medición y control hídrico en las cuencas del país, promoviendo interoperabilidad entre equipos y redes. En general, la guía se trata de un conjunto de pautas y recomendaciones que se presentan de forma ordenada y sistematizada para el desarrollo de telemetría hidrométrica a diferentes escalas. Debido a la escasez hídrica se ha potenciado el desarrollo de sistemas de telemetría, por lo que la guía permite orientar para la aplicación de estándares tecnológicos de telemetría hidrométrica para abordar el diseño de sistemas de medición. Además, en la guía se reúnen los estándares para unificar criterios a distintas variables y se realizan recomendaciones generales de las componentes de un sistema de telemetría hidrométrica, pasando por almacenamiento de la información, autonomía energética, protección de equipos, hasta la transmisión de datos y los sensores de acuerdo a las variables a monitorear. Desarrolla las variables monitoreadas o de intereses, tales como son: meteorológicas, hidrológicas y de calidad. Finalmente, entrega conceptos sobre los fundamentos, fallas, procesamiento de los datos que generan, discretización de la información, especificaciones generales de las características mínimas que deben tener los equipos, visualización de la información, etc. En fin, la guía, resulta una herramienta eficaz para técnicos especializados ante eventualidad de inoperatividades de estos sistemas y hacia otros usuarios para facilitar la toma de decisiones.

25. Protocolo entre ONEMI y DGA, Dirección General de Aguas -ONEMI, 2019.

El principal objetivo fue establecer los mecanismos de comunicación y coordinación entre ONEMI y DGA para el monitoreo y la alerta ante el Sistema Nacional de protección civil frente a crecidas de ríos y aumento de niveles de lagos. Adicionalmente, tiene como objetivo, permitir adoptar oportunamente las medidas preventivas destinados a impedir o mitigar los riesgos asociados.

En documento se definen las responsabilidades de cada una de las instituciones: por parte de la ONEMI en recopilar la información de crecidas e informar para alertar a la población y por parte de la DGA, en recibir los datos para que las autoridades de ONEMI y MOP adopten medidas preventivas para la mitigación de riesgos hidrológicos. Además, se definen los procedimientos para ambas instituciones y se exponen acuerdos complementarios, vocerías a través de los distintos sistemas de alerta y direcciones de ONEMI. Finalmente, presenta una definición del procedimiento en el caso que se realicen modificaciones al protocolo y de las coordinaciones que se designarán, así como el establecimiento de la vigencia del mismo.

4 DIAGNÓSTICO DE LA RED HIDROMÉTRICA

4.1 Variables monitoreadas, georreferenciación y sistemas hidrográficos asociados

La región de Arica y Parinacota posee un sistema hidrométrico con 50 estaciones entre fluviométricas (21) y meteorológicas (29). En cuanto a la distribución, las estaciones se encuentran bien distribuidas, monitoreando los principales cauces de la región.

A continuación, se presentan las figuras y tablas asociadas a cada una de las variables medidas, incluyendo las coordenadas oficiales y el sistema hidrográfico al que pertenecen.

Fluviometría

La Figura 4.1 muestra la ubicación espacial de las estaciones fluviométricas de la región. Mientras que la Tabla 4.1 muestra la información básica sobre la ubicación de cada una de ellas. Además, se distinguen las estaciones pertenecientes al protocolo DGA-ONEMI, definidas en el "Protocolo entre la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública y la Dirección Nacional de Aguas, 2021".

Meteorología

La Figura 4.2 muestra la ubicación espacial de las estaciones meteorológicas de la región. Mientras que la Tabla 4.2 muestra la información básica sobre la ubicación de cada una de ellas.

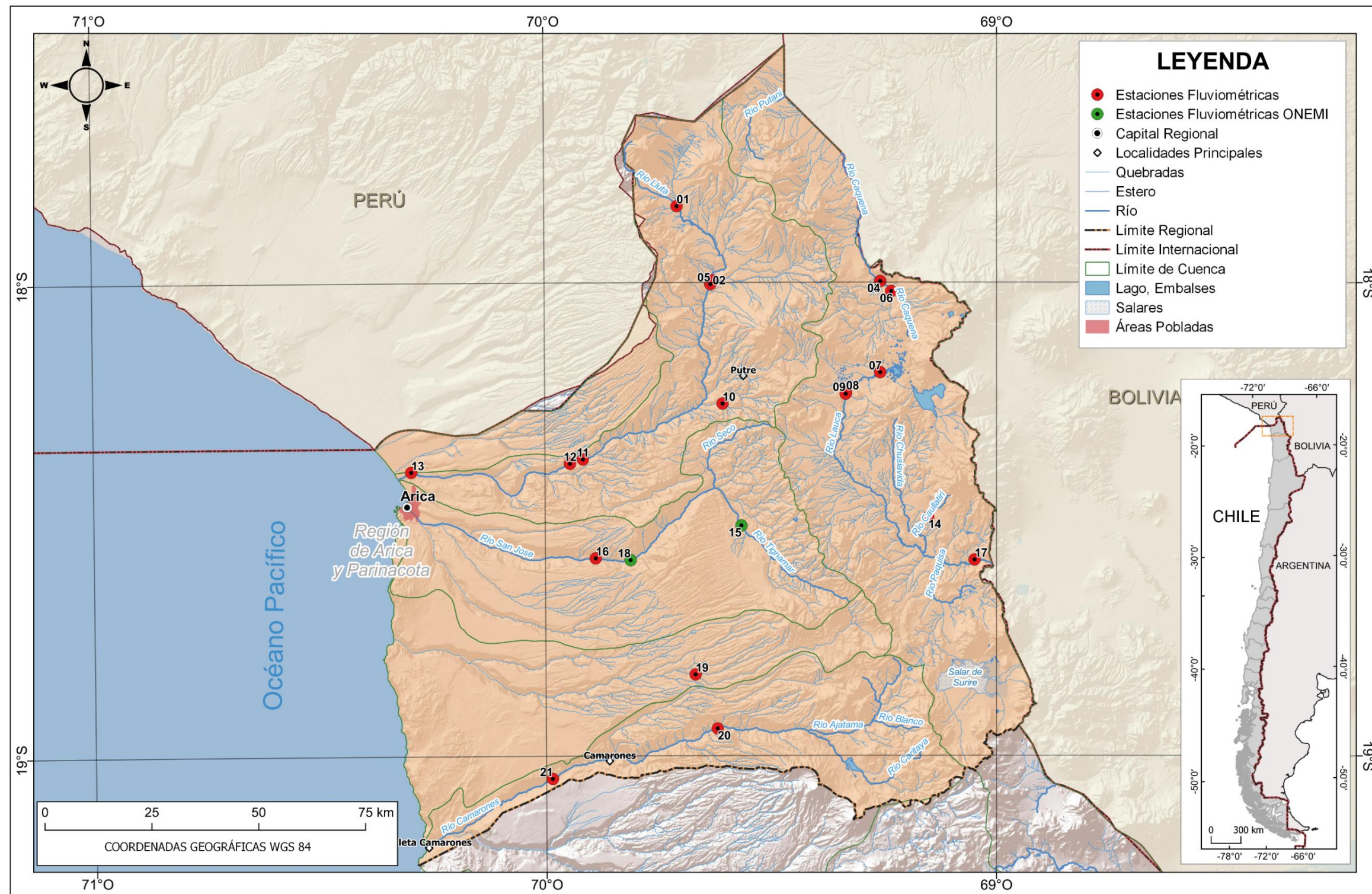


Figura 4.1 Ubicación estaciones fluviométricas, Región de Arica y Parinacota

Tabla 4.1 Información básica estaciones fluviométricas, Región de Arica y Parinacota

ID	Código	Nombre	Coordenadas UTM WGS84 19S		Cuenca	Subcuenca	Subsubcuenca
			Este	Norte			
1	01201005-2	Río Caracarani en Humapalca	425.138	8.027.538	Río Lluta	Río Lluta Alto	Río Lluta bajo Río Azufre
2	01201001-K	Río Colpitas en Alcérreca	433.562	8.010.220	Río Lluta	Río Lluta Alto	Río Lluta entre Río Azufre y bajo Quebrada Huaylas
3	01001002-0	Río Caquena en Vertedero	472.792	8.010.036	Altiplánicas	Entre Límite Perú-Bolivia y Río Lauca	Río Caquena hasta frontera (Río Cosapilla)
4	01001006-3	Canal El Embudo en Bt Caquena	472.778	8.010.032	Altiplánicas	Entre Límite Perú-Bolivia y Río Lauca	Río Caquena hasta frontera (Río Cosapilla)
5	01201003-6	Río Lluta en Alcérreca	433.023	8.009.292	Río Lluta	Río Lluta Alto	Río Lluta entre Río Azufre y bajo Quebrada Huaylas
6	01001003-9	Río Colpacagua en Desembocadura	475.354	8.007.698	Altiplánicas	Entre Límite Perú-Bolivia y Río Lauca	Río Caquena hasta frontera (Río Cosapilla)
7	01020002-4	Río Desaguadero Cotacotani	472.778	7.988.713	Altiplánicas	Río Lauca	Río Lauca antes Río Guallatire
8	01020004-0	Canal Lauca en Sifón N° 1 (Km. 3.3)	464.802	7.984.026	Altiplánicas	Río Lauca	Río Lauca antes Río Guallatire
9	01020003-2	Río Lauca en estancia El Lago	464.703	7.983.681	Altiplánicas	Río Lauca	Río Lauca antes Río Guallatire
10	01202013-9	Quebrada Socoroma	435.895	7.981.378	Río Lluta	Río Lluta Alto	Río Lluta entre Quebrada Huaylas y Quebrada de Socoroma
11	01210001-9	Río Lluta en Tocontasi	403.222	7.968.291	Río Lluta	Río Lluta Bajo	Río Lluta entre Quebrada Socoroma y Quebrada Poconchile
12	01300002-6	Río Laco en Cosapilla	400.212	7.967.281	Río Lluta	Río Lluta Bajo	Río Lluta entre Quebrada Socoroma y Quebrada Poconchile
13	01211001-4	Río Lluta en Panamericana	363.056	7.965.141	Río Lluta	Río Lluta Bajo	Río Lluta entre junta Quebrada Poconchile y Desembocadura
14	01021002-K	Río Guallatire en Guallatire	484.016	7.954.867	Altiplánicas	Río Lauca	Río Lauca entre antes Río Guallatire y la frontera
15	01300009-3	Río Ticnamar en Angostura (ONEMI)	440.319	7.952.869	Río San José	Azapa Alto	Río Seco, Quebrada Chusmiza y Río Tignamar
16	01310004-7	Acueducto Azapa en Bocatoma	406.241	7.945.166	Río San José	Río San José	Río San José
17	01021001-1	Río Lauca en Japu (O en el Límite)	494.853	7.944.915	Altiplánicas	Río Lauca	Río Lauca entre antes Río Guallatire y la frontera
18	01310002-0	Río San José en Ausipar (ONEMI)	414.405	7.944.763	Río San José	Río San José	Río San José
19	01410004-0	Río Codpa en Cala-Cala	429.591	7.918.027	Costeras R. San José-Q. Camarones	Quebrada Vitor	Quebrada Vitor
20	01502008-3	Río Camarones en Chilpe	434.783	7.905.397	Q. Río Camarones	Río Camarones Antes Junta Quebrada de Chiza	Río Camarones entre E. Veco, R. Caritaya y Q. de Chiza
21	01502002-4	Río Camarones en Conanoxa	396.224	7.893.581	Q. Río Camarones	Río Camarones Antes Junta Quebrada de Chiza	Río Camarones entre E. Veco, R. Caritaya y Q. de Chiza

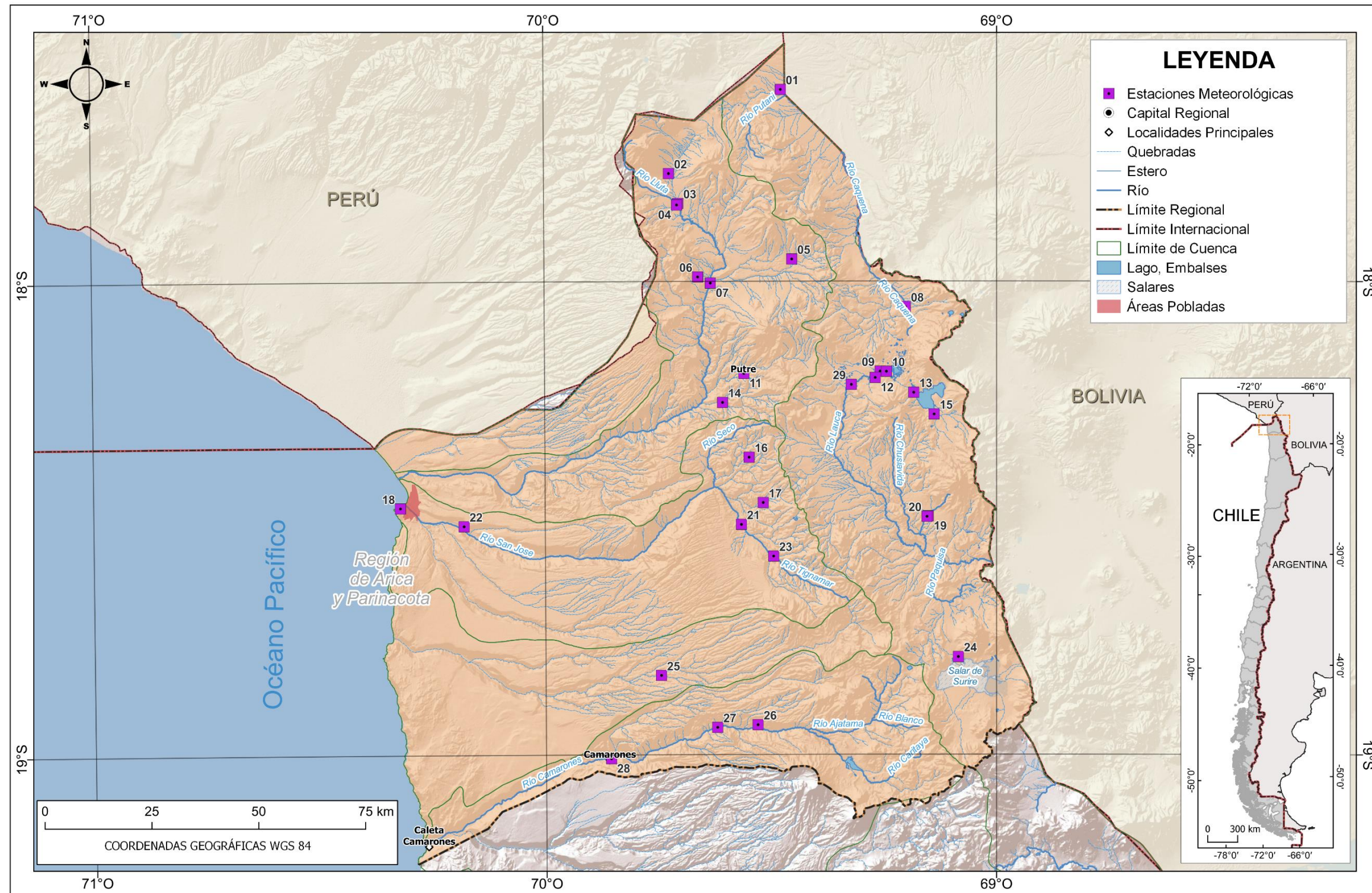


Figura 4.2 Ubicación estaciones meteorológicas, Región de Arica y Parinacota

Tabla 4.2 Información básica estaciones meteorológicas, Región de Arica y Parinacota

ID	Código	Nombre	Coordenadas UTM WGS84 19S		Cuenca	Subcuenca	Subsubcuenca
			Este	Norte			
1	01000005-K	Visviri	449.416	8.054.572	Altiplánicas	Entre Límite Perú-Bolivia y Río Lauca	Ríos Uchusuma, Colpas, Putani y Cosapilla
2	01200002-2	Villa Industrial (Tacora)	423.234	8.034.895	Río Lluta	Río Lluta Alto	Río Lluta bajo Río Azufre
3	01200003-0	Humapalca	425.418	8.027.904	Río Lluta	Río Lluta Alto	Río Lluta bajo Río Azufre
4	01201005-2	Río Caracarani en Humapalca	425.138	8.027.538	Río Lluta	Río Lluta Alto	Río Lluta bajo Río Azufre
5	01201011-7	Meteorológica de Colpitas	452.082	8.014.925	Río Lluta	Río Lluta Alto	Río Lluta entre Río Azufre y bajo Quebrada Huaylas
6	01201010-9	Alcérreca	430.067	8.010.722	Río Lluta	Río Lluta Alto	Río Lluta entre Río Azufre y bajo Quebrada Huaylas
7	01201003-6	Río Lluta en Alcérreca	433.023	8.009.292	Río Lluta	Río Lluta Alto	Río Lluta entre Río Azufre y bajo Quebrada Huaylas
8	01001005-5	Caquena	478.657	8.003.813	Altiplánicas	Entre Límite Perú-Bolivia y Río Lauca	Río Caquena hasta frontera (Río Cosapilla)
9	01020002-4	Río Desaguadero Cotacotani	472.778	7.988.713	Altiplánicas	Río Lauca	Río Lauca antes Río Guallatire
10	01020014-8	Cotacotani	474.243	7.988.679	Altiplánicas	Río Lauca	Río Lauca antes Río Guallatire
11	01202012-0	Putre (DCP)	440.879	7.988.163	Río Lluta	Río Lluta Alto	Río Lluta entre Quebrada Huaylas y Quebrada de Socoroma
12	01020017-2	Parinacota ex Endesa	471.615	7.987.222	Altiplánicas	Río Lauca	Río Lauca antes Río Guallatire
13	01010010-0	Chungara Ajata	480.626	7.983.770	Altiplánicas	Lago Chungara	Lago Chungara
14	01202013-9	Quebrada Socoroma	435.895	7.981.378	Río Lluta	Río Lluta Alto	Río Lluta entre Quebrada Huaylas y Quebrada de Socoroma
15	01010007-0	Chungara Reten	485.395	7.978.695	Altiplánicas	Lago Chungara	Lago Chungara
16	01300006-9	Central Chapiquiña	442.121	7.968.569	Río San José	Azapa Alto	Río Seco, Quebrada Chusmiza y Río Tignamar
17	01300007-7	Belén	445.416	7.957.986	Río San José	Azapa Alto	Río Seco, Quebrada Chusmiza y Río Tignamar
18	01310018-7	Arica Oficina	360.557	7.956.456	Río San José	Río San José	Río San José
19	01021002-K	Río Guallatire en Guallatire	484.016	7.954.867	Altiplánicas	Río Lauca	Río Lauca entre antes Río Guallatire y la frontera
20	01021007-0	Guallatire	483.736	7.954.769	Altiplánicas	Río Lauca	Río Lauca entre antes Río Guallatire y la frontera
21	01300009-3	Río Tignamar en Angostura	440.319	7.952.869	Río San José	Azapa Alto	Río Seco, Quebrada Chusmiza y Río Tignamar
22	01310019-5	Azapa	375.451	7.952.288	Río San José	Río San José	Río San José
23	01300008-5	Tignamar	447.864	7.945.454	Río San José	Azapa Alto	Río Seco, Quebrada Chusmiza y Río Tignamar
24	01030003-7	Chilcaya	491.077	7.921.963	Altiplánicas	Salar de Surire	Salar de Surire
25	01410012-1	Codpa	421.621	7.917.556	Costeras R. San José-Q.Camarones	Quebrada Vitor	Quebrada Vitor
26	01502007-5	Esquiña	444.221	7.906.029	Q. Río Camarones	Río Camarones Antes Junta Quebrada de Chiza	Río Camarones entre E. Veco, R. Caritaya y Q. de Chiza
27	01502008-3	Río Camarones en Chilpe	434.783	7.905.397	Q. Río Camarones	Río Camarones Antes Junta Quebrada de Chiza	Río Camarones entre E. Veco, R. Caritaya y Q. de Chiza
28	01502009-1	Meteorológica de Camarones	409.950	7.898.066	Q. Río Camarones	Río Camarones Antes Junta Quebrada de Chiza	Río Camarones entre E. Veco, R. Caritaya y Q. de Chiza
29	01020016-4	Chucuyo Reten	466.018	7.985.610	Q. Río Camarones	Quebrada de Chiza	Quebrada de Chiza

4.2 Características Tecnológicas

Dado que no fue posible contar con los inventarios de las estaciones para esta región se realiza el análisis sobre las estaciones visitadas.

Las estaciones de la red visitadas son las siguientes:

- Río Lluta en Tocontasi (Código 01210001-9)
- Río San José en Ausipar (Código 01310002-0)
- Azapa (Código 013100019-5)

Entre las estaciones visitadas, se encuentra Río San José en Ausipar, la cual es parte del "Protocolo entre la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública y la Dirección Nacional de Aguas", por lo que se encuentra bien equipada, con registro digital y transmisión satelital. En contraste se encuentra Río Lluta en Tocontasi, ubicada a los pies de un cerro, dificultando su acceso y presentando problemas de exposición de horas de luz de su panel solar y con muros en malas condiciones.

La estación meteorológica Azapa también presenta falencias, debido a que su panel solar se encuentra en malas condiciones al igual que su caseta, no presenta letrero de identificación. Se destaca que esta estación cuenta con sistema de comunicación GPRS.

En la Tabla 4.3 y Tabla 4.4, se indica la información de las estaciones fluviométricas y meteorológicas, respectivamente. Las estaciones críticas preliminares se encuentran destacadas, siendo las siguientes:

- Río Ticnamar en Angostura (Código BNA 01300009-3)
- Río San José en Ausipar (Código BNA 01310002-0)
- Río Lluta en Tocontasi (Código BNA 01210001-9)
- Río Camarones en Chilpe (Código BNA 01502008-3)
- Río Camarones en Conanoxa (Código BNA 01502002-4)

Tabla 4.3 Instrumentación estaciones fluviométricas

ID	Código BNA	Nombre	Comienzo Periodo	Instrumentación		
				Sensor Piezométrico	Registro	Transmisión
1	01201005-2	Río Caracarani En Humapalca	1973	S/I	S/I	S/I
2	01201001-K	Río Colpitas En Alcerreca	1961	S/I	S/I	S/I
3	01001002-0	Río Caquena En Vertedero	1970	S/I	S/I	S/I
4	01001006-3	Canal El Embudo En Bt Caquena	S/D	S/I	S/I	S/I
5	01201003-6	Río Lluta En Alcerreca	1961	S/I	S/I	S/I
6	01001003-9	Río Colpacagua En Desembocadura	1988	S/I	S/I	S/I
7	01020002-4	Río Desaguadero Cotacotani	1964	S/I	S/I	S/I
8	01020004-0	Canal Lauca En Sifón N° 1 (Km. 3.3)	1984	S/I	S/I	S/I
9	01020003-2	Río Lauca En Estancia El Lago	1984	S/I	S/I	S/I
10	01202013-9	Quebrada Socoroma	S/D	S/I	S/I	S/I
11	01210001-9	Río Lluta En Tocontasi	1961	Keller	Sutron /Satlink	S/I
12	01300002-6	Río Laco En Cosapilla	1995	S/I	S/I	S/I
13	01211001-4	Río Lluta En Panamericana	1985	S/I	S/I	S/I
14	01021002-K	Río Guallatire En Guallatire	1971	S/I	S/I	S/I
15	01300009-3	Río Ticnamar En Angostura (ONEMI)	2005	S/I	S/I	S/I
16	01310004-7	Acueducto Azapa En Bocatoma	1970	S/I	S/I	S/I
17	01021001-1	Río Lauca En Japu (O En El Límite)	1969	S/I	S/I	S/I
18	01310002-0	Río San José En Ausipar (ONEMI)	1969	Keller	Sutron /Satlink V2	S/I
19	01410004-0	Río Codpa En Cala-Cala	1994	S/I	S/I	S/I
20	01502008-3	Río Camarones En Chilpe	2005	Keller	Sutron /Satlink V2	S/I
21	01502002-4	Río Camarones En Conanoxa	1968	Keller	Sutron /Satlink V2	S/I

S/I: Sin Información.

Tabla 4.4 Instrumentación estaciones meteorológicas

ID	Código BNA	Nombre	Comienzo Periodo	Instrumentación			
				Pluviómetro	Otros Sensores	Registro	Transmisión
1	01000005-K	Visviri	1970	S/I	S/I	S/I	S/I
2	01200002-2	Villa Industrial (Tacora)	1975	S/I	S/I	S/I	S/I
3	01200003-0	Humapalca	1971	S/I	S/I	S/I	S/I
4	01201005-2	Río Caracarani en Humapalca	2013	S/I	S/I	S/I	S/I
5	01201011-7	Meteorológica de Colpitas	2018	S/I	S/I	S/I	S/I
6	01201010-9	Alcerreca	1971	S/I	S/I	S/I	S/I
7	01201003-6	Río Lluta en Alcerreca	2001	S/I	S/I	S/I	S/I
8	01001005-5	Caquena	1971	S/I	S/I	S/I	S/I
9	01020002-4	Río Desaguadero Cotacotani	2015	S/I	S/I	S/I	S/I
10	01020014-8	Cotacotani	1961	S/I	S/I	S/I	S/I
11	01202012-0	Putre (DCP)	2002	S/I	S/I	S/I	S/I
12	01020017-2	Parinacota ex Endesa	1983	S/I	S/I	S/I	S/I
13	01010010-0	Chungara Ajata	1983	S/I	S/I	S/I	S/I
14	01202013-9	Quebrada Socoroma	S/D	S/I	S/I	S/I	S/I
15	01010007-0	Chungara Reten	1962	S/I	S/I	S/I	S/I
16	01300006-9	Central Chapiquiña	1963	S/I	S/I	S/I	S/I
17	01300007-7	Belén	1975	S/I	S/I	S/I	S/I
18	01310018-7	Arica Oficina	1974	S/I	S/I	S/I	S/I
19	01021002-K	Río Guallatire en Guallatire	2015	S/I	S/I	S/I	S/I
20	01021007-0	Guallatire	1969	S/I	S/I	S/I	S/I
21	01300009-3	Río Ticnamar en Angostura	2006	Keller	S/I	S/I	S/I
22	01310019-5	Azapa	1966	S/I	S/I	S/I	S/I
23	01300008-5	Tignamar	1975	S/I	S/I	S/I	S/I
24	01030003-7	Chilcaya	1971	S/I	S/I	S/I	S/I
25	01410012-1	Codpa	1961	S/I	S/I	S/I	S/I
26	01502007-5	Esquiña	1975	S/I	S/I	S/I	S/I
27	01502008-3	Río Camarones en Chilpe	2005	Keller	S/I	S/I	S/I
28	01502009-1	Meteorológica de Camarones	2017	S/I	S/I	S/I	S/I
29	01020016-4	Chucuyo Reten	1960	S/I	S/I	S/I	S/I

S/I: Sin Información.

4.3 Características de Emplazamiento

Para las estaciones fluviométricas se establecen los siguientes criterios de emplazamiento:

1. El cauce en forma natural debe llegar lo más recto posible a la boca de la estación.
2. El cauce debe estar cargado, en forma natural o artificial, hacia el muro guía (donde irán los instrumentos de medición).
3. El sensor de presión debe ir empotrado en el muro guía, y de no existir este muro, debe ir colocado en la orilla donde exista flujo permanente.
4. Se debe verificar que no existan rocas o elementos que interfieran en el libre escurrimiento de las aguas por la estación.
5. No deben existir brazos anexos al cauce que puedan provocar un *bypass* a la estación al momento de una crecida.
6. En estaciones medidas desde puente, este debe estar en buen estado y de preferencia con su baranda pintada cada cierta distancia para así poder realizar un aforo de mejor manera.
7. El lugar donde va la caseta debe tener un cierre perimetral.

Para las estaciones meteorológicas se establecen los siguientes criterios de emplazamiento:

1. Los pluviómetros deben tener un área despejada en un ángulo de 60° desde su boca, además de estar a una altura entre 1,5 a 2 m de altura, y estar nivelados.
2. Todas las estaciones deben tener un letrero de identificación.
3. Contar con un cierre perimetral para la seguridad de la estación.
4. Las casetas tipo DGA deben tener doble sistema de seguridad, esto es candados amaestrados y cierre con llaves tipo T.

En la Tabla 4.5 se detalla el cumplimiento de los criterios de emplazamiento de las estaciones mencionadas.

Tabla 4.5 Estaciones visitadas, características de emplazamiento

Estación	Nombre Estación	Criterios de Emplazamiento
Fluviométrica	Río Lluta en Tocontasi	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere la reubicación del panel solar en la parte superior de la estación. • Muros en malas condiciones. • No posee un buen acceso.
	Río San José en Ausipar	<ul style="list-style-type: none"> • Si Cumple
Meteorológica	Azapa	<ul style="list-style-type: none"> • No posee letrero de identificación.

4.4 Cumplimiento de Monitoreo Eficiente

Para las estaciones fluviométricas se establecen los siguientes criterios de monitoreo:

1. Se debe verificar que no existan rocas o elementos que interfieran en el libre escurrimiento de las aguas por la estación.
2. No deben existir brazos anexos al cauce que puedan provocar un *bypass* a la estación al momento de una crecida.
3. El sensor de presión se debe encontrar en buenas condiciones y ubicado en la orilla donde exista flujo permanente.
4. Si hay carro de aforo verificar que este se encuentre en buen estado, con el cable de aforo pintado en forma correcta con los colores institucionales (azul con blanco) cada 0,5 o 1 m.
5. Los anclajes y el cable del carro de aforo deben estar despejados y sin cortes o torceduras.
6. En las estaciones de concreto no deben existir socavaciones, tanto en la entrada como en la salida de la estación.
7. En estaciones medidas desde puente, este debe estar en buen estado y de preferencia con su baranda pintada cada cierta distancia para así poder realizar un aforo de mejor manera.
8. El lugar donde va la caseta debe tener un cierre perimetral.

Para las estaciones meteorológicas se establecen los siguientes criterios de monitoreo:

1. Los pluviómetros deben tener un área despejada en un ángulo de 60° desde su boca, además de estar a una altura entre 1,5 a 2 m de altura, y estar nivelados.
2. Verificar que la flecha de los sensores de radiación y viento indique hacia el norte.

3. Verificar que los paneles solares se encuentren orientados hacia el norte y no estén tapados con ramas.
4. En pluviómetros Hellman, verificar que esté despejado y con su tubo dentro del recipiente.
5. Todas las estaciones deben tener un letrero de identificación.
6. Contar con un cierre perimetral para la seguridad de la estación.
7. Las casetas tipo DGA deben tener doble sistema de seguridad, esto es candados amaestrados y cierre con llaves tipo T.

En la Tabla 4.6 se detalla el cumplimiento de los criterios de monitoreo de las estaciones visitadas.

Tabla 4.6 Estaciones visitadas, características de monitoreo

Estación	Nombre Estación	Criterios de Monitoreo
Fluviométrica	Río Lluta en Tocontasi	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere la reubicación del panel solar en la parte superior de la estación. • Muros en malas condiciones.
	Río San José en Ausipar	<ul style="list-style-type: none"> • Si cumple
Meteorológica	Azapa	<ul style="list-style-type: none"> • Panel Solar sin mantención. • Caseta en malas condiciones lo que puede generar daños en los equipos. • No posee letrero de identificación.

4.5 Impacto Económico Eventos Extremos

A continuación, se describen los principales impactos asociados a eventos extremos en la región de Arica y Parinacota. Esta información fue recopilada de distintas fuentes donde en la mayoría de los casos no fue posible asociar un valor a dichos daños, aunque si queda en evidencia el impacto de estos eventos en infraestructura y personas damnificadas.

Debemos tener plena conciencia que estos eventos seguirán ocurriendo, así como también las pérdidas asociadas a infraestructura vial, construcciones en general y agricultura. Esto último considerando que, sobre todo en el norte de nuestro país, el asentamiento humano se desarrolla en zonas cercanas a los cursos de agua. Sin embargo, lo que sí se puede prevenir, son las pérdidas de las vidas humanas contemplando una buena red de alerta ante eventos extremos, que permitan avisar con tiempos de respuestas adecuados a las poblaciones vulnerables en el caso de ser necesaria una evacuación y así delimitar zonas seguras ante eventos de tal magnitud.

Enero 1973

Intensas lluvias se registraron el 13 de enero en la provincia y comuna de Arica, con mayor concentración en la cuenca sur del río San José. Ocasionando inundaciones que destruyeron terrenos agrícolas en la quebrada de Azapa. También se registró la destrucción del puente vehicular de las Maitas del valle de Azapa y pasarelas peatonales de la Ciudad de Arica. Además del desborde del Río San José a la altura de la calle Agustín Edwards a la altura de la escuela E -15, inundando gran parte de la Población Maipú Oriente, causando daños en varios domicilios, afectando mayormente a la biblioteca de la Universidad de Chile¹.

2001

Se registra una crecida importante en el valle de Lluta, la cual destruyó y arrasó 4 puentes vehiculares en la ruta 11 CH, pérdida de terrenos agrícolas estimado en 500 hectáreas aproximadamente².

Febrero 2016

El fenómeno asociado al invierno boliviano causó socavones y caídas de roca en la Ruta Internacional 11-CH, causando la interrupción del tránsito por hasta 12 horas. Además, en el Valle de Azapa, se registraron 500 familias damnificadas producto del ingreso del caudal del Río San José a sus parcelas, perdiendo cosechas de frutas y verduras, evaluadas en aproximadamente \$50 millones.

En Arica, el caudal del Río San José desbordó la planta de producción de agua potable, afectando la distribución del recurso, que estuvo interrumpida por más de cinco horas, afectando a 4.165 familias³.

Febrero 2019

Producto del invierno Altiplánico, que afecta a las regiones de Arica Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, en un primer reporte se registran 6 personas fallecidas y alrededor de

¹ Fuente: Municipalidad de Arica. 2019. Plan de Acción Específico por Amenaza de inundación.

² Fuente: Humberto Campos Ortega, Gonzalo Díaz Muñoz y Claudio Campos Ortega. 2007. Plan de Acción Específico por Amenaza de inundación. Aportes sedimentarios de los ríos Lluta y San José en la zona costera de la rada de Arica, Chile.

³ Fuente: La Tercera. 2016. <https://www.latercera.com/noticia/lluvias-causan-inundaciones-y-aludes-en-arica-y-tarapaca/> (ultimo ingreso 04 de octubre de 2021).

114 albergados⁴. Con Posterioridad al evento se decretaron medidas en ayuda de los agricultores de las regiones afectados, con una cifra cercana a los \$2.500 millones de pesos, para recuperar obras de riego, canales y bocatomas⁵.

Febrero 2020

El invierno altiplánico generó daños en el acceso a Putre y principal localidad de Parinacota. Se registraron por lo menos dos aluviones de agua, lodo, rocas y restos de vegetación, cortaron la ruta A-147, que conecta a los poco más de dos mil habitantes de ese poblado con la carretera internacional que a su vez une la ciudad de Arica con el Parque Nacional Lauca, el lago Chungará y la frontera con Bolivia. También se registró el corte de un puente y una vivienda totalmente destruida en la comuna de General Lagos, cerca de su capital Visviri⁶.

⁴ Fuente: El Mostrador. 2019. <https://www.elmostrador.cl/noticias/multimedia/2019/02/08/invierno-altiplanico-las-imagenes-de-los-estragos-que-han-dejado-las-fuertes-lluvias-en-el-norte/>.

⁵ Fuente: INDAP. 2019. <http://www.indap.gob.cl/noticias/detalle/2019/02/10/aluviones-presidente-pi%C3%B1era-anunci%C3%B3-ayuda-en-visita-a-agricultores-afectados-por-aluviones-en-arica> (ultimo ingreso 04 de octubre de 2021).

⁶ Fuente: Grupo de Diarios América. 2020. Invierno altiplánico se reactiva en la zona norte y aluviones bloquean el acceso a Putre. <http://gda.com/detalle-de-la-noticia/?article=4098418> (ultimo ingreso 01 de septiembre de 2021).

5 REUNIÓN CON DGA REGIONAL

El día 30 de abril de 2021 se realizó una reunión entre la UTP INRHED-EMERGE y la DGA, donde por parte de la DGA estaban presentes el Sr. Rodrigo Sáez (Inspector Fiscal Titular) y el Sr. Juan Aguirre (Jefe Regional de Hidrología). La minuta completa se encuentra en el **Anexo 2**.

En la primera parte de la reunión se introduce el proyecto, luego por parte de la DGA se caracteriza la situación actual de la red hidrométrica de la región. Los puntos principales se pueden resumir en los siguientes:

1. Existen 4 cuencas principales en la región (Lluta, Río San José, Costeras R. San José - Q. Camarones y Q. Río Camarones), las cuales se encuentran monitoreadas.
2. En cuanto a la red hidrométrica, se nos señala que la cuenca Lluta se encuentra monitoreada en la parte con mayor altitud por las estaciones meteorológicas Villas Industrial (Tacora) y Humapalca. Por otro lado, en la cuenca Río San José se encuentran las estaciones meteorológicas Belén, Central Chapiquiña, Ticnamar y Ticnamar en Angostura, además de la estación fluviométrica Río San José en Ausipar. En tanto las cuencas Costeras R. San José - Q. Camarones y Q. Río Camarones, se destacan las estaciones fluviométricas Río Codpa en Cala Cala y Camarones en Chilpe, respectivamente.
3. Se plantea la modernización de dos estaciones con GPRS o satelital. Siendo Villa Industrial (Tacora) y Humapalca, ambas localizadas en Río Lluta.
4. En cuanto a los criterios claves para la implementación de una red de alerta, se nos señala que es fundamental determinar la cantidad de caudal que lleva cada valle estableciendo tipos de alerta individuales para cada sector. Acerca de las poblaciones vulnerables, siendo lo más importante en el contexto de este estudio, se nos señala que solamente en el sector de Azapa se han producido daños.
5. Se nos comenta que en la región existe el fenómeno de lluvias focalizadas, lo cual dificulta su observación. Este fenómeno se presenta en los meses de enero y marzo, y a mediados de diciembre en algunos casos.
6. Teniendo en cuenta los eventos ocurridos en la zona, se consideró diseños especiales en la construcción de las estaciones, lo que implicó estructuras con

mayor resistencia y reubicación de las estaciones para tener mayor linealidad con respecto al cauce, entre otros.

7. En cuanto a los pozos solo queda 1 de la red JICA, los restantes pertenecen a privados. Se informa que por el cambio de propietarios se perdió el monitoreo en Lluta y que en Azapa se han realizado nuevas búsquedas, pero no se ha avanzado.
8. Otro punto importante es que a nivel regional se está realizando la hidrometría integrada, a fin de conocer los tiempos de respuesta entre estaciones.
9. Se nos comenta también que la comunicación con los observadores es escasa debido a que no hay buena señal. Además, existen eventos que ocurren en horarios (4 a 5 am) que no existe personal que esté monitoreando.

Posterior a esta reunión y ya finalizando el desarrollo del presente estudio, se realizó una nueva reunión el día 27 de septiembre de 2021, con la finalidad de poder validar los resultados obtenidos. Entre los temas más importantes se validaron las estaciones críticas finales y la estación nueva propuesta. Además, se propuso que la estación Río Ticnamar en Angostura fuera designada como estación de apoyo frente a algún evento extremo en la zona, así como también que se considerara la estación Río Lluta en Alcérreca.

6 PROTOCOLO DGA – ONEMI

La resolución exenta DGA N° 22, del 10 de enero de 2020 define el protocolo que establece el marco general de la coordinación entre la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI) y la Dirección General de Aguas (DGA) (Protocolo DGA-ONEMI, en adelante), para el monitoreo y alertamiento del Sistema Nacional de Protección Civil frente al riesgo de crecidas de los ríos y aumento de lagos, donde la DGA, mantiene instrumentos de medición con transmisión de datos en tiempo real.

El procedimiento correspondiente a la DGA corresponde al siguiente:

1. La DGA pone a disposición de la ONEMI una plantilla de las estaciones fluviométricas de control, destinada para consulta online, que entrega niveles y caudales de los principales cauces del país. Esta información se presentará para las últimas 12 horas.
2. La DGA evaluará y validará eventuales aumentos de niveles de agua.
3. El listado actual de estaciones hidrométricas se presenta en Tabla 6.1, con sus respectivos umbrales de alerta. La DGA podrá establecer y aplicar nuevas metodologías para determinar los umbrales amarillos y rojos.
4. En caso de que la DGA incorpore o elimine estaciones hidrométricas a esta plataforma, le informará a ONEMI oportunamente a través de los medios de comunicación definidos.

Tabla 6.1 Estaciones protocolo DGA-ONEMI, Región de Arica y Parinacota

Estación	Límite Amarillo (m)	Límite Rojo (m)
Río Ticnamar en Angostura	1,4	1,5
Río San José Ausipar	2,7	3,1

7 VISITAS A TERRENO

El día 24 de mayo de 2021 se realizó una campaña de visita de terreno a algunas de las estaciones vigentes de la región, informadas por la inspección fiscal del proyecto.

Las estaciones fluviométricas visitadas fueron las siguientes:

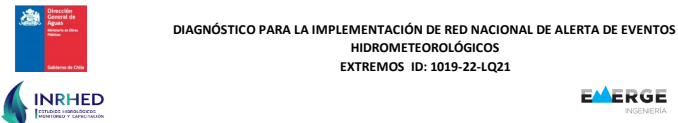

- Río San José en Ausipar (Código BNA 01310002-0)
- Río Lluta en Tocontasi (Código BNA 0210001-9)

La estación meteorológica corresponde a:

- Azapa (Código BNA 01310019-5)

Para cada una de las estaciones visitadas se generó una ficha que detalla características generales y el estado en que se encuentra cada estación. Las fichas generadas para las estaciones fluviométricas se muestran en el **Anexo 3**. En la Figura 7.1 hasta la Figura 7.4 se presenta un ejemplo de las fichas realizadas para las estaciones fluviométricas y meteorológicas, respectivamente.

Se destaca que con posterioridad y una vez definidas las estaciones críticas preliminares de la región, se realizó una nueva ronda de visitas a terreno. Con lo que se generaron fichas detalladas y con información de interés de cada estación, lo que se presenta en el capítulo 11 del presente estudio.

 <p style="text-align: center;">DIAGNÓSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RED NACIONAL DE ALERTA DE EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS ID: 1019-22-LQ21</p>				
FICHA TÉCNICA ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS				
Nombre Estación	RIO SAN JOSÉ EN AUSIPAR			
Ubicación (cuenca)	RIO SAN JOSÉ			
Región /Comuna	REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	ARICA	Código BNA	01310002-0
Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Datum y Huso		
7944763	414405	19 S		
Antigüedad Estación	Mas 10 años	Mas 20 años	Mas 40 años	Mas 60 años
			X	
Subcuenca estudio	RIO SAN JOSÉ			
Uso Actual de la Estación	Red Fluviométrica DGA	Gestión de Presa	Abastecimiento de Agua	Otros
	X			
Acceso Estación	Buena	Regular	Malo	Otros (Comentar)
			X	
Administración y/o Propiedad	DGA	Particular	Otro (indique)	
	X			
Geometría				
Ancho río aguas arriba [m]		Ancho río aguas abajo [m]		
Descripción lugar estación (Insertar foto de 360°)				
Esta estación cuenta con lecho revestido.				



Dotación Eléctrica	SI	NO	Otros (Comentar)	
	X		Batería, panel solar y electricidad.	
Condición Dotación Eléctrica (Insertar Foto)	Buena	Regular	Mala	
	X			
				
Tipo Transmisión	Manual	Satelital	GPRS	
		X		
Condición Transm. (Insertar Foto)	Buena	Mala	Regular	
	X			
				

Figura 7.1 Ficha estación fluviométrica Río San José en Ausipar, páginas 1 y 2




¿Posee Data Logger?	SI	NO		
	X			
Condición Data Logger (Insertar Foto)	Buena	Regular	Mala	
	X			
				
¿Posee Sensor Piezométrico?	SI	NO		
	X			
Tipo Sensor Piezométrico	Flotador	Sonda de Presión	Otro	
		X		Otros (Comentar)
Condición Sensor Piezométrico (Insertar Foto)	Buena	Regular	Mala	
	X			Se encuentra en el interior del pozo, no siendo
				
¿Posee Limnigrafo?	SI	NO		
		X		
Condición Limnigrafo (Insertar Foto)	Buena	Regular	Mala	
				
¿Posee Caseta?	SI	NO		
	X			
Condición Caseta (Insertar Foto)	Buena	Regular	Mala	
	X			

Figura 7.2 Ficha estación fluviométrica Río San José en Ausipar, páginas 3 y 4


¿Mide Crecidas?	SI	NO	
		X	
¿Posee Letrero?	SI	NO	
	X		
Inserta foto de letrero/señalética existente			
			
Estado Letrero	Buena	Regular	Mala
		X	
Condiciones de la Estación, ¿requiere obras?	SI, ¿Cuáles?	NO	
	X		
Mantenición de sus estructuras.			

Figura 7.3 Ficha estación fluviométrica Río San José en Ausipar, página 5

 <p style="text-align: center;">DIAGNÓSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RED NACIONAL DE ALERTA DE EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS ID: 1019-22-LQ21</p> <p style="text-align: center;">FICHA TÉCNICA ESTACIONES METEOROLÓGICA</p>				
Nombre Estación	AZAPA			
Ubicación (cuenca)	RÍO SAN JOSÉ			
Región /Comuna	REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	ARICA	Código BNA	01310019-5
Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Huso y Datum		
7952288	375451	19 S		
Antigüedad Estación	Mas 10 años	Mas 20 años	Mas 40 años	Mas 60 años
			X	
Cuenca estudio	RÍO SAN JOSÉ			
Uso Actual de la Estación	Red Meteorológica DGA	Gestión de Presa	Abastecimiento de Agua	Otros
	X			
Acceso Estación	Buena	Regular	Malo	Otros (Comentar)
	X			
Administración y/o Propiedad	DGA	Particular	Otro (indique)	
	X			
Descripción lugar estación (Insertar foto de 360°)				
Estación ubicada en la parte baja del Río San José y posee comunicación GPRS.				


Dotación Eléctrica	SI	NO	Otro (comentar)
	X		
Condición Dotación Eléctrica (Insertar Foto)	Buena	Regular	Mala
		X	
			
Tipo Transmisión	Manual	Satelital	GPRS
			X
Condición Transm. (Insertar Foto)	Buena	Mala	Regular
	X		
			

Figura 7.4 Ficha estación meteorológica Azapa, páginas 1 y 2



¿Posee Data Logger?	SI X	NO	
Condición Data Logger (Insertar Foto)	Buena X	Regular	Mala
¿Posee Sensor Pluviométrico?	SI X	NO	
Tipo Sensor Pluviométrico	Manual	Bascula	Otro FLOTADOR
Condición Sensor Pluviométrico (Insertar foto)	Buena X	Regular	Mala
			
¿Posee Termómetro?	SI	NO X	
Condición Termómetro (Insertar Foto)	Buena	Regular	Mala
¿Posee Caseta?	SI X	NO	
Condición Caseta (Insertar Foto)	Buena	Regular	Mala X
			

Figura 7.5 Ficha estación meteorológica Azapa, páginas 3 y 4

¿Mide Otras Variables?	SI	NO	
x			
Foto y descripción otras variables medidas			
- Anemómetro, horas sol, radiación solar, humedad, temperatura y precipitaciones.			
¿Posee Letrero?	SI	NO	
X			
Inserta foto de letrero/señalética existente			
Estado Letrero	Buena	Regular	Mala
Condiciones de la Estación, ¿requiere obras?	SI, ¿Cuáles?	NO	
Se puede mejorar el estado de la caseta, considerar la instalación del letrero y mantención al panel solar.			

Figura 7.6 Ficha estación meteorológica Azapa, página 5

8 ESTACIONES CRÍTICAS PRELIMINARES

8.1 Población Vulnerable

Para poder determinar las poblaciones vulnerables se utilizó como base la capa vectorial “Áreas Pobladas” descargada desde la mapoteca de la Biblioteca del Congreso Nacional (BCN, 2021)⁷. Los datos que representa son los asentamientos de población a nivel nacional. Para obtener la población relativa a cada localidad, se cruzaron los datos de la capa vectorial con los del XIX Censo Nacional de Población del año 2017.

La Tabla 8.1 muestra la cantidad de población de las localidades de la región, al año 2017.

Tabla 8.1 Población por localidad

Localidad	Comuna	Habitantes
Arica	Arica	221.364
Putre	Putre	2.765
Cuya	Camarones	289
Visviri	General Lagos	256
Belén	Putre	183
Camarones	Camarones	168
Coronel Alcérreca	General Lagos	149
Caleta Camarones	Camarones	43
Chisculla	General Lagos	0

8.2 Registro de Eventos Extremos

La información de población vulnerable fue complementada con un catastro que se realizó sobre los eventos extremos ocurridos en cada región, teniendo en cuenta como base para esta búsqueda los cuerpos de agua más importante de cada zona.

⁷ Fuente: <https://www.bcn.cl/portal/>

Es importante señalar que, para el caso del Río Lluta, si bien la capa vectorial no identifica zonas pobladas, considerando diversa información recopilada en medios de noticias en internet⁸, se considera esta localidad como población vulnerable.

En la Tabla 8.2 se presenta una cronología con los eventos registrados en la zona.

Tabla 8.2 Cronograma eventos extremos

Fecha	Población	Conectividad	Descripción
13-02-2020	No	Si	Aluvión bloquea acceso a Putre ⁹ .
26-02-2016	Si	Si	Desborde de río Lluta deja a 140 familias damnificadas ¹⁰ .
23-02-2016	No	Si	Anegamiento en diversos puntos de la carretera 11-ch, Putre – Arica, a causa de precipitaciones del ‘invierno altiplánico’ ¹¹ .
26-01-2016	No	Si	Desborde río San José (Azapa) causó socavones y caídas de rocas en la ruta CH-11, el más importante en el km 130, generando además deslizamientos de tierra impidiendo el tránsito vehicular ¹² .
23-06-2001	No	Si	Flujo de detrito en el río Chislluma, en la provincia Parinacota ¹¹ .

8.3 Estaciones Críticas

Se definirá como estación crítica a aquella que sin operatividad presenta un riesgo importante ante la pérdida de data para la evaluación de riesgos hídricos que pudieran afectar a la vida de las personas y/o instalaciones críticas de la red pública.

Las estaciones críticas fueron seleccionadas del total de estaciones de la región, considerando que aportan información de suma importancia al momento de generar una alerta por eventos hidrometeorológicos extremos. Los criterios de selección se basan principalmente en que su ubicación debe ser estratégica para poder resguardar a poblaciones que se encuentran concentradas cercanas de cauces o quebradas, además contar con una distancia considerable de estas localidades que permitan generar alerta con un buen nivel de confianza y que permita un tiempo de reacción adecuado. Además,

⁸ Fuente: Alejandro Pávez W. 2007. Los Aluviones del Lluta. La Estrella de Arica. 19 de enero, 2007. https://www.estrellaarica.cl/prontus4_nots/site/artic/20070119/pags/20070119065845.html (ultimo ingreso 15 de junio de 2021)

⁹ Fuente: Grupo de Diarios América. 2020. Invierno altiplánico se reactiva en la zona norte y aluviones bloquean el acceso a Putre. <http://gda.com/detalle-de-la-noticia/?article=4098418> (ultimo ingreso 1 de septiembre de 2021)

¹⁰ Fuente: El Mostrador. 2016. Desborde del río Lluta. <https://www.elmostrador.cl/noticias/multimedia/2016/02/27/video-desborde-de-rio-lluta-deja-a-140-familias-damnificadas/> (ultimo ingreso 1 de septiembre de 2021)

¹¹ Fuente: SERNAGEOMIN. 2017. Principales Desastres Ocurredos desde 1980 en Chile.

¹² Fuente: Caracterización de la susceptibilidad a la ocurrencia de remoción en masa en el Valle del Río Lluta, entre Chapisca y Socoroma, Región de Arica y Parinacota, Universidad de Chile. 2017.

se proponen nuevas estaciones meteorológicas y fluviométricas con la finalidad de reforzar la red de alerta siempre pensando en la protección civil.

8.3.1 Estaciones Fluviométricas

Para determinar las estaciones fluviométricas críticas, el primer parámetro que se consideró fue que las estaciones formaran parte del "Protocolo DGA-ONEMI". También se consideraron otras de interés teniendo en cuenta la cercanía y el resguardo a poblaciones vulnerables, así como también cauces o quebradas que han presentado eventos hidrometeorológicos extremos, además de la opinión del Jefe Regional de Hidrología y de lo observado en la visita a terreno.

A continuación, se enumeran las estaciones fluviométricas seleccionadas considerando su ubicación dentro de la región en sentido de norte a sur:

1. **Río Lluta en Tocontasi:** Esta estación monitorea al Río Lluta, en una parte estratégica considerando la gran cantidad de quebradas de tipo intermitente que pueden ser monitoreadas antes de llegar a la localidad de Chacalluta, con un tiempo para generar una alerta a dicha localidad de 3,31 horas.
En cuanto a su equipamiento, posee datalogger y transmisión satelital, aunque presenta detalles no menores a mejorar, como la ubicación del panel solar debido a que la estación se encuentra a los pies de un talud, por lo que gran parte del día no recibe luz solar.
2. **Río Ticanamar en Angostura:** Esta estación forma parte del Protocolo DGA-ONEMI. Se encuentra ubicada aguas arriba de la estación Río San José en Ausipar. Por lo tanto, considerando los resultados de los tiempos de concentración obtenidos para cada estación se puede prever que si se registra un dato inusual habrá un tiempo de 2,84 horas en ser registrado por la estación aguas abajo, dando los primeros indicios sobre eventos que puedan ser catalogados como extremos.
3. **Río San José en Ausipar:** Esta estación forma parte del Protocolo DGA-ONEMI. Se considera importante para poder resguardar a la localidad de Arica, siendo la zona con mayor concentración demográfica de la región. Esta estación cuenta con un tiempo de 4,12 horas, para poder generar una alerta a dicha localidad. Respecto a su equipamiento, esta estación posee datalogger y transmisión satelital.

4. **Río Camarones en Chilpe:** Esta estación se encuentra ubicada en el Río Camarones, a una distancia considerable para poder generar una alerta ante un evento extremo con un tiempo de reacción de 2,04 horas para la localidad de Camarones.
5. **Río Camarones en Conanoxa:** Esta estación se considera importante para dar una alerta temprana a la localidad de Cuya, contando con un tiempo de respuesta de 2,10 horas ante el registro de un evento extremo.

La Tabla 8.3 muestra los datos de código BNA, el nombre, la ubicación en coordenadas WGS84 19S, la observación y nomenclatura de cuenca definida para el cálculo del tiempo de concentración de las estaciones seleccionadas como críticas.

Tabla 8.3 Selección de posibles estaciones críticas fluviométricas

Código	Nombre	Coordenadas WGS84 UTM 19S		Observación	Cuenca
		Este	Norte		
01300009-3	Río Ticnamar en Angostura	440.319	7.952.869	ONEMI	CAEF03
01310002-0	Río San José en Ausipar	414.405	7.944.763	ONEMI	CAEF02
01210001-9	Río Lluta en Tocontasi	403.222	7.968.291	Propuesta	CAEF01
01502008-3	Río Camarones en Chilpe	434.783	7.905.397	Propuesta	CAEF04
01502002-4	Río Camarones en Conanoxa	396.224	7.893.581	Propuesta	CAEF04

CAEF Cuenca Aportante Estación Fluviométrica.

8.3.2 Estaciones Meteorológicas

Para determinar las estaciones meteorológicas críticas, se consideraron las zonas donde existe una gran cantidad de quebradas que puedan afectar a localidades cercanas ante su activación o que representen grandes aportes de caudal a cauces cercanos. Para el caso de esta región, teniendo en cuenta la distribución de las estaciones meteorológicas DGA y las poblaciones vulnerables que se desean proteger no se considera necesario asignar la categoría de crítica.

8.3.3 Estaciones nuevas propuestas

Realizando un análisis crítico sobre zonas pobladas cercanas a cauces y/o quebradas se registra una deficiencia en la red de monitoreo para la localidad de Putre, debido a que la estación se encuentra en la localidad, no siendo de utilidad para poder generar una alerta ante un evento extremo. Por lo que se considera de forma preliminar una nueva

estación meteorológica en el sector alto de cuenca Río Lluta entre Quebrada Huaylas y Quebrada Socoroma, con la finalidad de proteger a la localidad mencionada ante un evento extremo.

Respecto a la dotación de instrumentos que debería tener esta estación, se considera de suma importancia que cuente con pluviómetro y sensor de temperatura. Además, de sistema de transmisión satelital y datalogger.

Considerando distintos factores, como el mapa de isoyetas del Balance Hídrico DGA 1987, cronograma de eventos extremos, poblaciones concentradas cerca de quebradas o ríos y acceso vial, se definió la ubicación de la estación, como se aprecia en la Figura 8.1.

Tabla 8.4 Estación meteorológica nueva

Nombre	Coordenadas WGS84 UTM 19S		Observación	Cuenca
	Este	Norte		
Putre	454.927	7.992.622	Nueva	CAEM01

CAEM Cuenca Aportante Estación Meteorológica.

8.4 Tiempo de Concentración

Para evaluar el tiempo de concentración se definieron cuencas aportantes considerando como punto de control las estaciones críticas preliminares (Tabla 8.3), así como también considerando puntos de control las poblaciones vulnerables que se desean proteger. La Tabla 8.5 y Tabla 8.6 muestran el resumen de los parámetros morfológicos de las cuencas aportantes con sus tiempos de concentración, para las estaciones fluviométricas y las localidades, respectivamente.

Por otro lado, en la Tabla 8.7 y Tabla 8.8, se aprecia el resumen de los parámetros morfométricos de las cuencas aportantes con sus tiempos de concentración para las estaciones nuevas propuestas y las localidades que se verían beneficiadas.

Para el cálculo de los tiempos de concentración se tomaron en cuenta los métodos sugeridos tanto en el Manual de Carreteras (MOP, 2020) como en el Manual crecidas de la DGA (DGA, 1995), considerando un promedio entre los métodos desarrollados, e incluyendo el valor obtenido por el método de Giandotti siempre y cuando este se encuentre dentro de su rango de aceptación.

En la Figura 8.2 se muestran la delimitación de las cuencas para cada situación analizada. Mientras que en la Figura 8.3 se presentan los diagramas unifilares donde se aprecian los tiempos de concentración entre las estaciones críticas preliminares y las poblaciones vulnerables, lo cual permite obtener un tiempo de respuesta ante la ocurrencia de eventos extremos en la zona. Se observa que una crecida originada en el Río Lluta tardaría 3,31 horas en llegar a la ciudad de Arica (Chacalluta), mientras que una crecida en la cabecera del Río San José tardaría 4,12 horas. Por otro lado, para el caso del Río Camarones tardaría 2,04 horas en llegar a la localidad de Camarones.

Mientras que en la Figura 8.4 se aprecia el diagrama unifilar para la estación nueva propuesta, donde se puede apreciar que posee un tiempo de respuesta de 1,81 horas para generar una alerta a la localidad de Putre.

Tabla 8.5 Parámetros morfométricos y tiempo de concentración de las cuencas definidas en base a las estaciones fluviométricas críticas de la Región de Arica y Parinacota

Parámetros Morfométricos Generales		Río Lluta en Tocontasi	Río San José en Ausipar	Río Ticnamar en Angostura	Río Camarones en Conanoxa	Río Camarones en Chilpe
		CAEF01	CAEF02	CAEF03	CAEF04	CAEF04
Parámetro	Símbolo	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Perímetro (km)	P	318,90	244,03	134,62	296,33	196,11
Área (km ²)	A	2.440,40	1.282,50	497,30	2.007,10	1.179,40
Longitud cauce principal (km)	LCP	127,70	75,00	33,60	111,80	62,10
Desnivel altitudinal (m)	DA	4.932,00	4.006,00	2.259,00	5.132,00	4.040,00
Parámetros Morfométricos						
Cota máxima (msnm)	cmax	5.976,00	5.268,00	5.268,00	5.585,00	5.585,00
Cota mínima (msnm)	cmin	1.044,00	1.262,00	3.009,00	453,00	1.545,00
Altitud media (msnm)	Am	3.996,30	3.473,60	3.832,70	3.172,70	3.828,10
Pendiente promedio de la cuenca (%)	Smed	25,30%	31,60%	27,60%	30,70%	26,50%
Altitud máxima del cauce	Amxc	5.483,00	4.150,00	4.150,00	4.535,00	4.535,00
Altitud mínima del cauce	Aminc	1.044,00	1.262,00	3.009,00	453,00	1.545,00
Pendiente promedio del cauce (%)	Sc	0,18%	0,23%	0,23%	0,20%	0,25%
Tiempos de Concentración						
Tiempo de concentración (horas) [California Culvert Practice]	Tc	9,74	5,71	2,81	8,23	4,57
Tiempo de concentración (horas) [Kirpich]	Tc	4,71	2,87	1,63	3,95	2,66
Tiempo de concentración (horas) [Giandotti]	Tc	8,95	6,80	6,08	8,31	6,03
	Rango validación	35,47 23,65	20,83 13,89	9,33 6,22	31,06 20,70	17,25 11,50
Tiempo de concentración (horas) [Norma Española]	Tc	15,53	9,94	5,54	13,53	8,90
Tiempo de concentración selección (horas)	Tc	10,00	6,17	3,33	8,57	5,38

Tabla 8.6 Parámetros morfométricos y tiempos de concentración de las cuencas definidas en base a las poblaciones vulnerables de la Región de Arica y Parinacota

Parámetros Morfométricos Generales		Arica (Río Lluta)	Arica (Río San José)	Camarones	Cuya
		CAP01	CAP02	CAP03	CAP04
Parámetro	Símbolo	Valor	Valor	Valor	Valor
Perímetro (km)	P	601,90	373,90	260,50	368,70
Área (km ²)	A	3.248,40	2.117,10	1.894,10	2.307,80
Longitud cauce principal (km)	LCP	181,30	133,60	94,40	142,90
Desnivel altitudinal (m)	DA	5.895,00	5.174,00	4.878,00	5.499,00
Parámetros Morfométricos					
Cota máxima (msnm)	cmax	5.976,00	5.268,00	5.585,00	5.585,00
Cota mínima (msnm)	cmin	81,00	94,00	707,00	86,00
Altitud media (msnm)	Am	3.458,70	2.597,30	3.299,00	2.887,40
Pendiente promedio de la cuenca (%)	Smed	25,90%	26,20%	30,80%	28,90%
Altitud máxima del cauce	Amaxc	5.483,00	4.150,00	4.535,00	4.535,00
Altitud mínima del cauce	Aminc	81,00	94,00	707,00	86,00
Pendiente promedio del cauce (%)	Sc	2,98%	3,04%	4,06%	3,11%
Tiempos de Concentración					
Tiempo de concentración (horas) [California Culvert Practice]	Tc	13,63	10,07	6,90	10,64
Tiempo de concentración (horas) [Kirpich]	Tc	6,12	4,82	3,46	4,88
Tiempo de concentración (horas) [Giandotti]	Tc	10,75	9,60	6,87	9,60
	Rango validación	50,36 33,57	37,11 24,74	26,22 17,48	39,69 26,46
Tiempo de concentración (horas) [Norma Española]	Tc	20,18	15,97	11,89	16,50
Tiempo de concentración selección (horas)	Tc	13,31	10,29	7,42	10,67

CAP Cuenca Aportante Población.

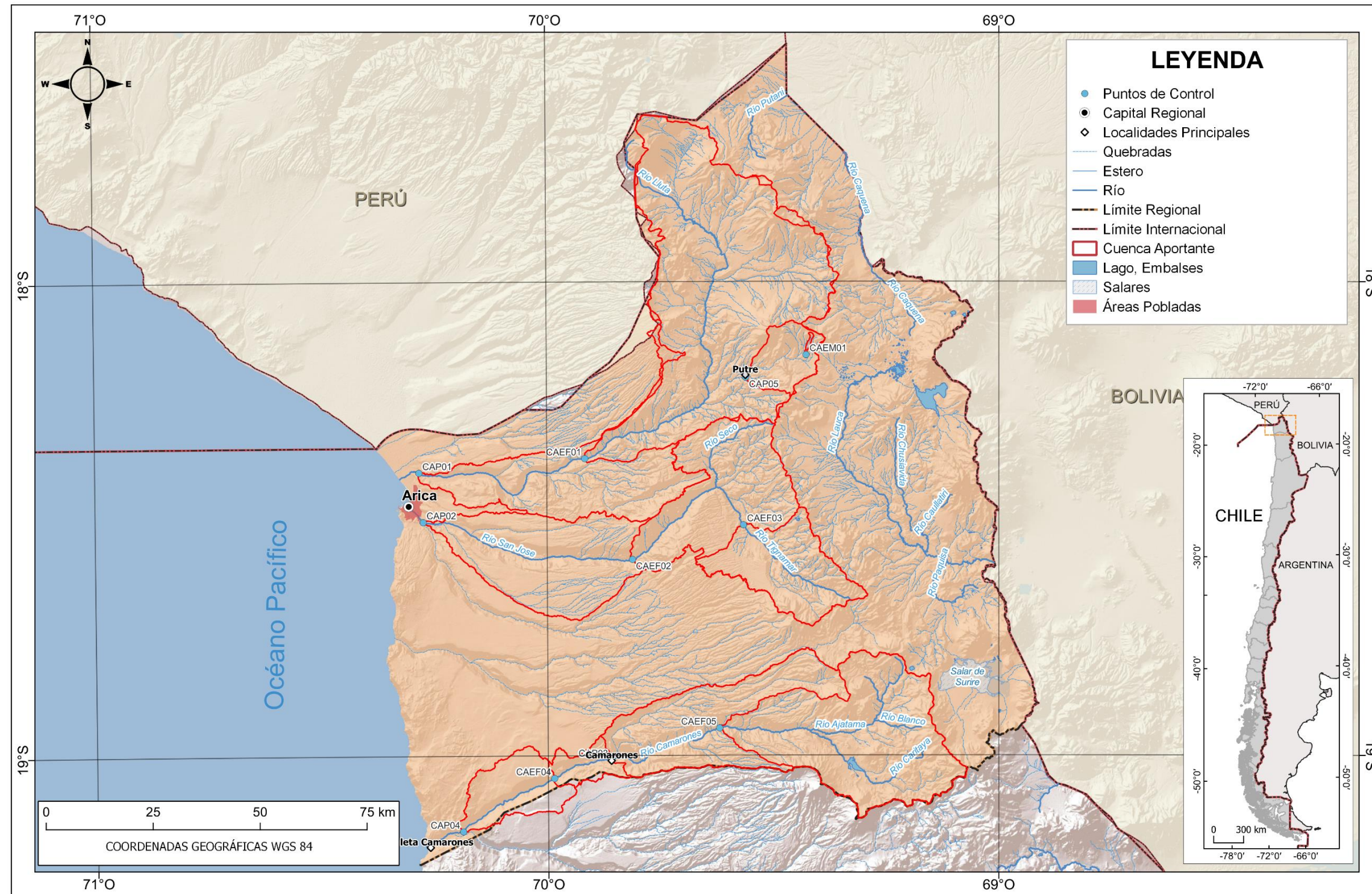
Tabla 8.7 Parámetros morfométricos y tiempo de concentración de las cuencas definidas en base a las estaciones meteorológica nuevas propuestas de la Región de Arica y Parinacota

Parámetros Morfométricos Generales		Putre
		CAEM01
Parámetro	Símbolo	Valor
Perímetro (km)	P	12,95
Área (km ²)	A	3,49
Longitud cauce principal (km)	LCP	4,68
Desnivel altitudinal (m)	DA	688,00
Parámetros Morfométricos		
Cota máxima (msnm)	cmax	5.219,00
Cota mínima (msnm)	cmin	4.531,00
Altitud media (msnm)	Am	4.644,17
Pendiente promedio de la cuenca (%)	Smed	14,82%
Altitud máxima del cauce	Amaxc	4.774,00
Altitud mínima del cauce	Aminc	4.531,00
Pendiente promedio del cauce (%)	Sc	5,19%
Tiempos de Concentración		
Tiempo de concentración (horas) [California Culvert Practice]	Tc	0,46
Tiempo de concentración (horas) [Kirpich]	Tc	0,45
Tiempo de concentración (horas) [Giandotti]	Tc	1,70
	Rango validación	1,30 0,87
Tiempo de concentración (horas) [Norma Española]	Tc	1,39
Tiempo de concentración selección (horas)	Tc	0,77

Tabla 8.8 Parámetros morfométricos y tiempo de concentración de las cuencas definidas en base a las poblaciones vulnerables considerando las estaciones nuevas propuestas de la Región de Arica y Parinacota

Parámetros Morfométricos Generales	
------------------------------------	--

		Putre (Localidad)
		CAP05
Parámetro	Símbolo	Valor
Perímetro (km)	P	67,61
Área (km ²)	A	198,95
Longitud cauce principal (km)	LCP	25,04
Desnivel altitudinal (m)	DA	2.346,00
Parámetros Morfométricos		
Cota máxima (msnm)	cmax	5.837,00
Cota mínima (msnm)	cmin	3.491,00
Altitud media (msnm)	Am	4.579,74
Pendiente promedio de la cuenca (%)	Smed	26,70%
Altitud máxima del cauce	Amaxc	4.774,00
Altitud mínima del cauce	Aminc	3.491,00
Pendiente promedio del cauce (%)	Sc	5,12%
Tiempos de Concentración		
Tiempo de concentración (horas) [California Culvert Practice]	Tc	1,98
Tiempo de concentración (horas) [Kirpich]	Tc	1,32
Tiempo de concentración (horas) [Giandotti]	Tc	3,56
	Rango validación	6,96 4,64
Tiempo de concentración (horas) [Norma Española]	Tc	4,46
Tiempo de concentración selección (horas)	Tc	2,58



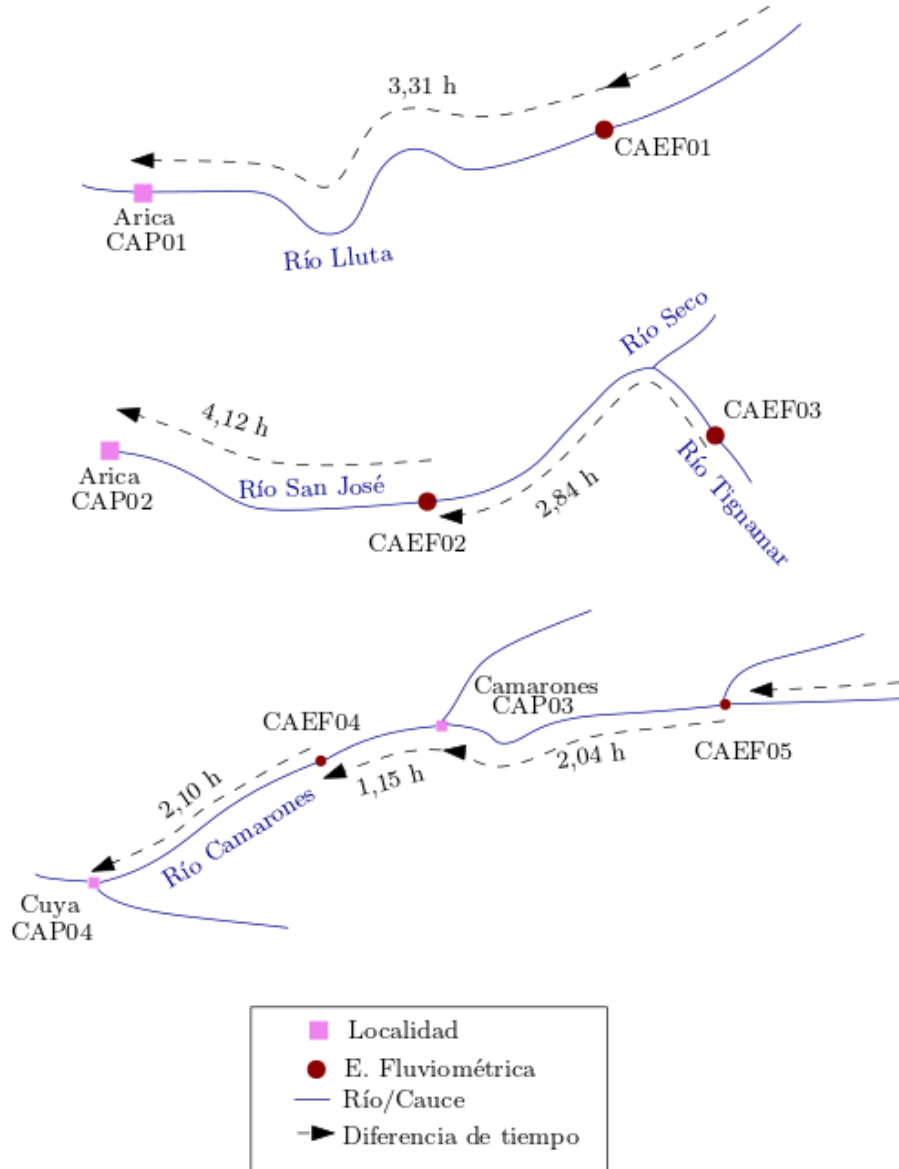


Figura 8.3 Diagrama unifilar estaciones críticas preliminares.

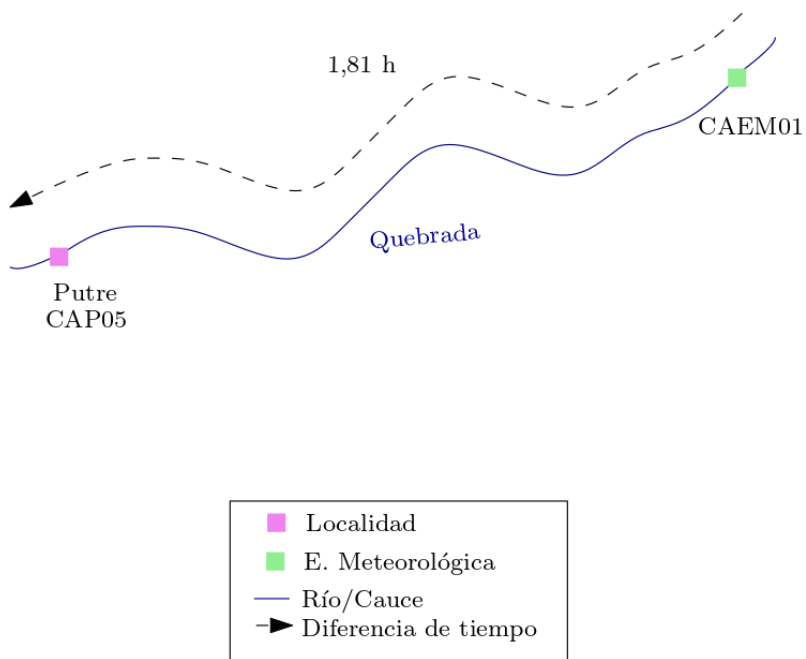


Figura 8.4 Diagramas unifilares estaciones nuevas propuestas.

9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A partir de la información descargada desde la plataforma del SNIA de la DGA (2021)¹³, se realizó un análisis de la estadística media y máxima de los datos, así como de la distribución espacial de las estaciones fluviométricas y meteorológicas en estudio.

Este análisis ha permitido visualizar el comportamiento de las estaciones durante su monitoreo. En los acápites posteriores se realiza un análisis de calidad de la red hidrométrica para las estaciones consideradas como críticas, donde se evidencia que, por lo menos en las estaciones analizadas, se cuenta con una importante escasez de datos.

9.1 Disponibilidad de Datos

En esta sección se presentan las tablas de disponibilidad de datos medios de las variables en estudio. Si bien existen estaciones con información antes del año 1950, para tener una correcta visualización se comienza en dicho año.

Además, se muestra la cantidad de años válidos de las estaciones. Un año válido se define como el año que tiene 9 o más meses con información.

Caudales

La Tabla 9.1 muestra la disponibilidad de datos de las estaciones fluviométricas. De las estaciones críticas seleccionadas se aprecia que la estación Río Lluta en Tocontasi posee 20 años válidos, Río Ticnamar en Angostura posee 11 años válidos, Río San José en Ausipar posee 26 años válidos, Río Camarones en Chilpe solo posee 5 años válidos y Río Camarones en Conanoxa posee 32 años válidos. La estadística descargada se encuentra recopilada y ordenada en el **Anexo 5**.

¹³ <https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes>

Precipitación

La Tabla 9.2 muestra la disponibilidad de datos de las estaciones meteorológicas. La estadística descargada se encuentra recopilada y ordenada en el **Anexo 6**.

Temperatura

La Tabla 9.3 muestra la disponibilidad de datos de temperatura de las estaciones meteorológicas. La estadística descargada se encuentra recopilada y ordenada en el **Anexo 7**.

9.2 Precipitaciones Medias

A partir de la estadística descargada se obtuvieron las precipitaciones medias históricas de las estaciones de la región. Luego se filtraron las estaciones que poseen 10 años válidos o más, para construir las isoyetas relacionadas a la precipitación media anual.

Con respecto a las precipitaciones medias en las estaciones críticas se tiene lo siguiente:

- **Río Ticnamar en Angostura:** Esta es una estación fluviométrica con control de precipitaciones. Posee una precipitación media de 72,6 mm observados en el periodo desde 2006 al 2020 y cuenta con 15 años válidos.
- **Río Camarones en Chilpe:** Esta es una estación fluviométrica con control de precipitaciones. Posee una precipitación media de 18,9 mm observados en el periodo desde 2005 al 2020, cuenta solamente con 15 años válidos.

La Figura 9.1 muestra las isoyetas actualizadas al año 2021, obtenidas mediante interpolación de las estaciones de 10 años válidos o más. Esto con el objetivo de poder vincular en el plano cartográfico la estadística de datos obtenidas y así poder validar esos valores con las isoyetas del Balance Hídrico DGA 1987.

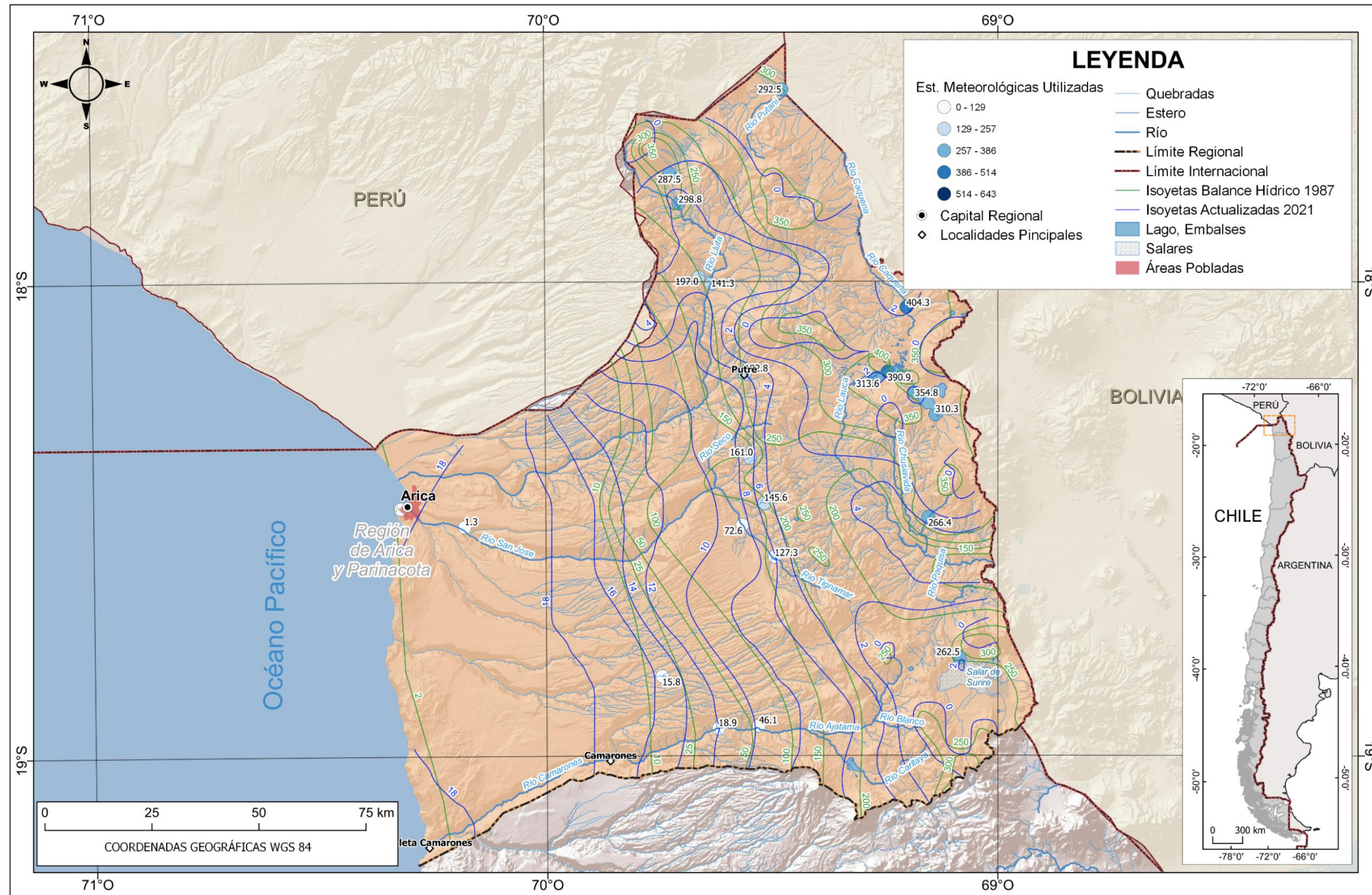


Figura 9.1 Isoyetas de precipitación media anual, Región de Arica y Parinacota

9.3 Temperaturas Medias

A partir de la estadística descargada se obtuvieron las temperaturas medias históricas de las estaciones de la región. Luego se filtraron las estaciones que poseen 10 años válidos o más, para construir las isotermas relacionadas a la temperatura media anual.

Con respecto a las temperaturas medias ninguna estación seleccionada como crítica posee registro. En esta región solo 8 estaciones poseen registro de temperatura media con pocos años considerados como válidos, encontrándose un déficit en esta región para esta variable y generándose pequeñas singularidades en las isotermas.

La Figura 9.2 muestra las isotermas actualizadas al año 2021, obtenidas mediante la interpolación de las estaciones de 10 años válidos o más. Esto con el objetivo de poder vincular en el plano cartográfico la estadística de datos obtenidas y así poder validar esos valores con las isotermas del Balance Hídrico DGA 1987.

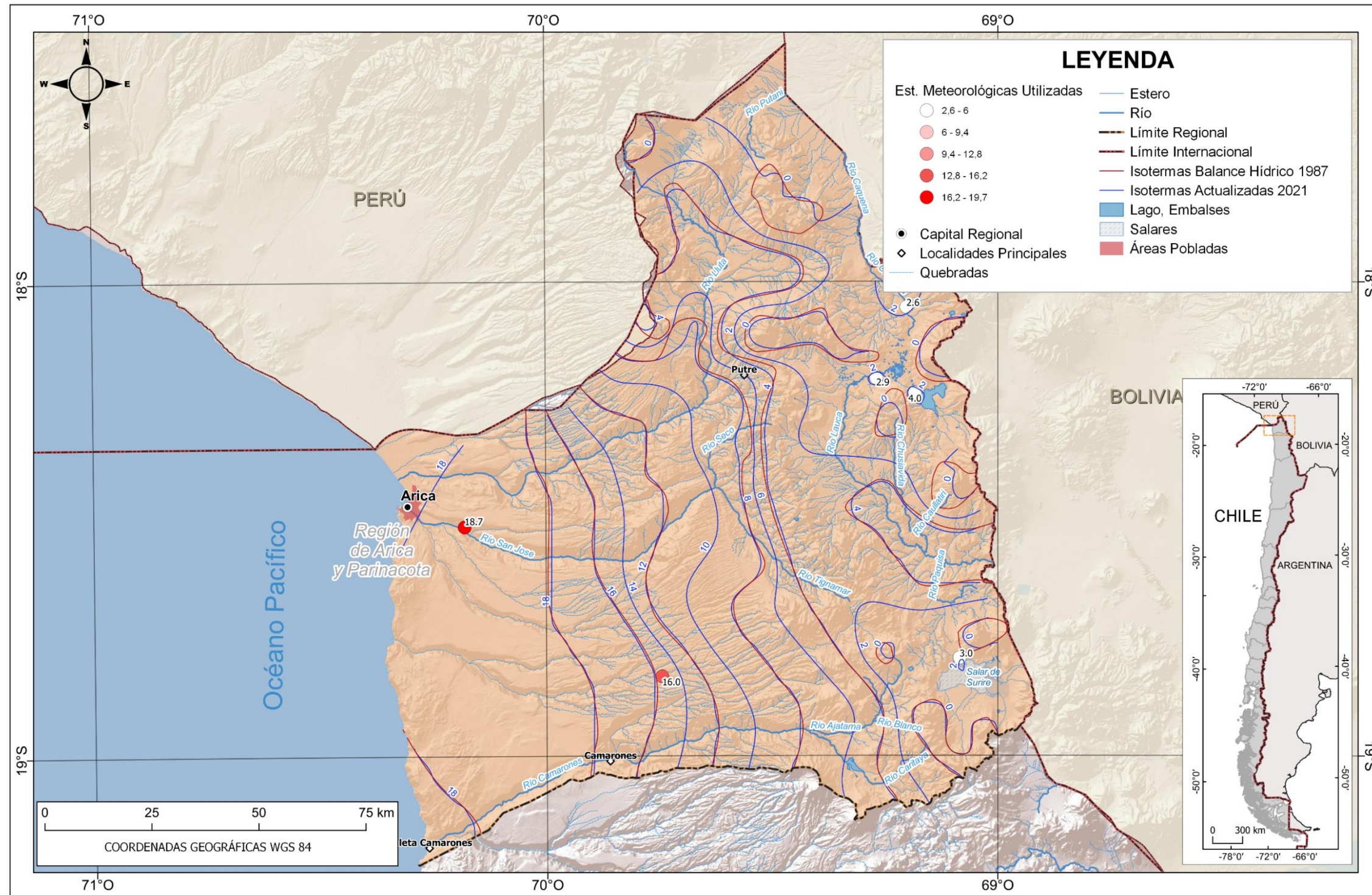


Figura 9.2 Isothermas de temperatura media anual, Región de Arica y Parinacota

9.4 Caudales Máximos instantáneos

A partir de la estadística descargada de caudales máximos instantáneos¹⁴ se construyeron los gráficos de caudal y altura de las estaciones fluviométricas críticas seleccionadas, como se muestra en la Figura 9.3 hasta la Figura 9.7. Las estaciones pertenecientes al Protocolo DGA-ONEMI tienen definidos límites de alerta amarilla y roja que se incluyen en los gráficos. En el **Anexo 8** se muestra la estadística de las estaciones.

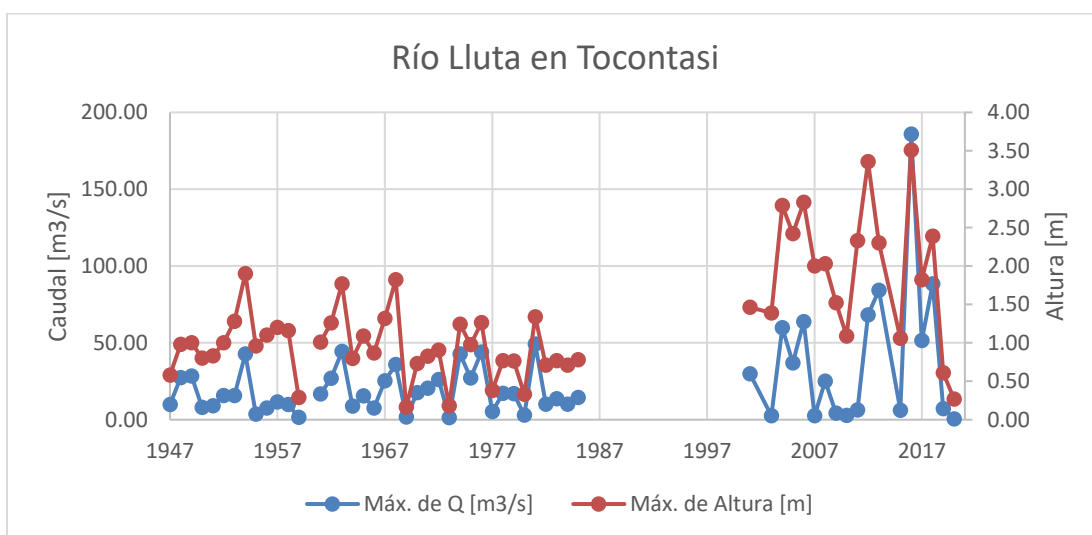


Figura 9.3 Caudales y alturas máximas de la estación crítica Río Lluta en Tocontasi

¹⁴ Fuente: Estadística Estaciones DGA. <https://dga.mop.gob.cl/servicioshidrometeorologicos/Paginas/default.aspx>

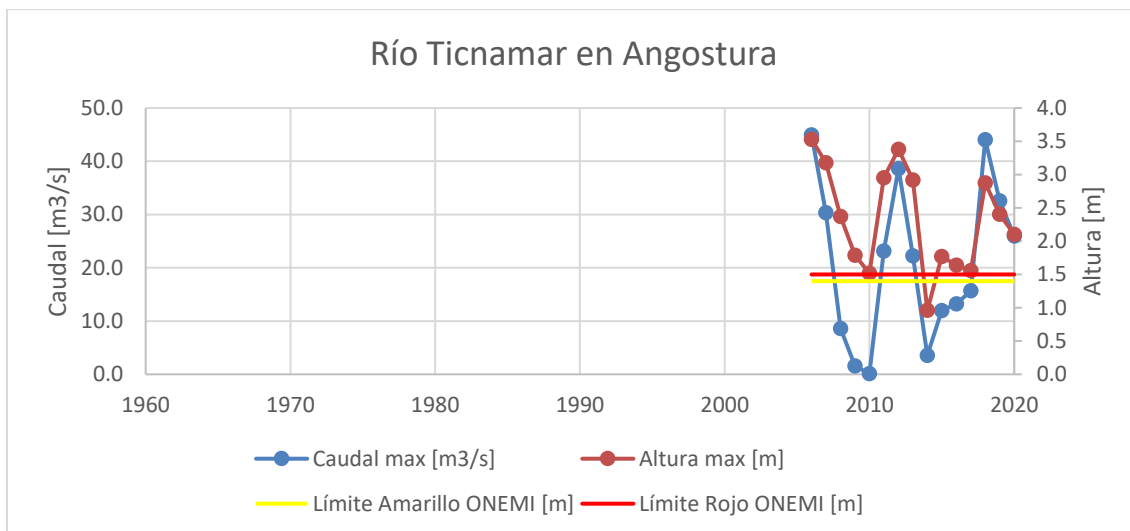


Figura 9.4 Caudales y alturas máximas de la estación crítica Río Ticnamar en Angostura

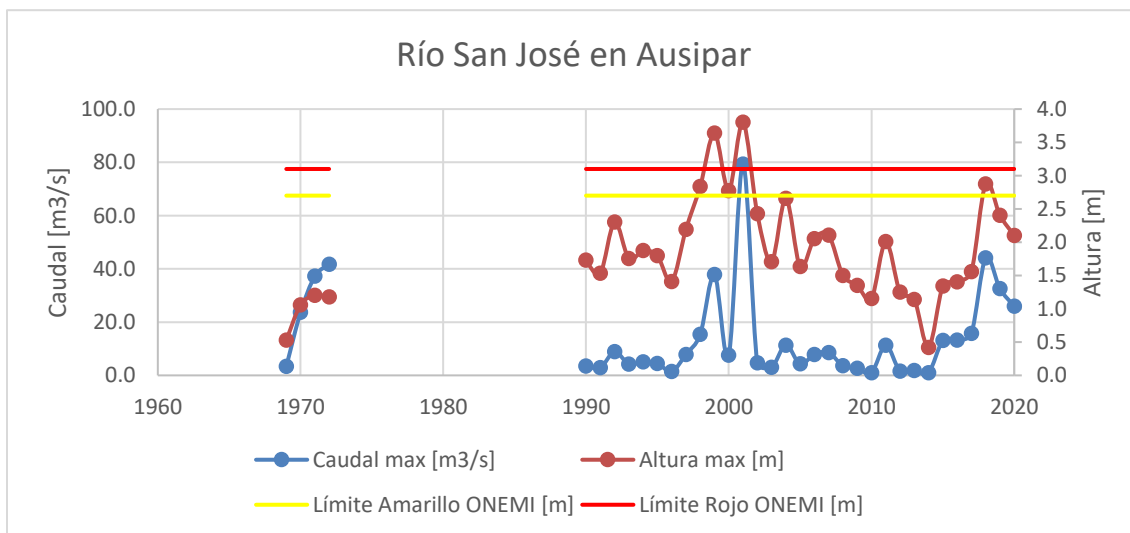


Figura 9.5 Caudales y alturas máximas de la estación crítica Río San José en Ausipar

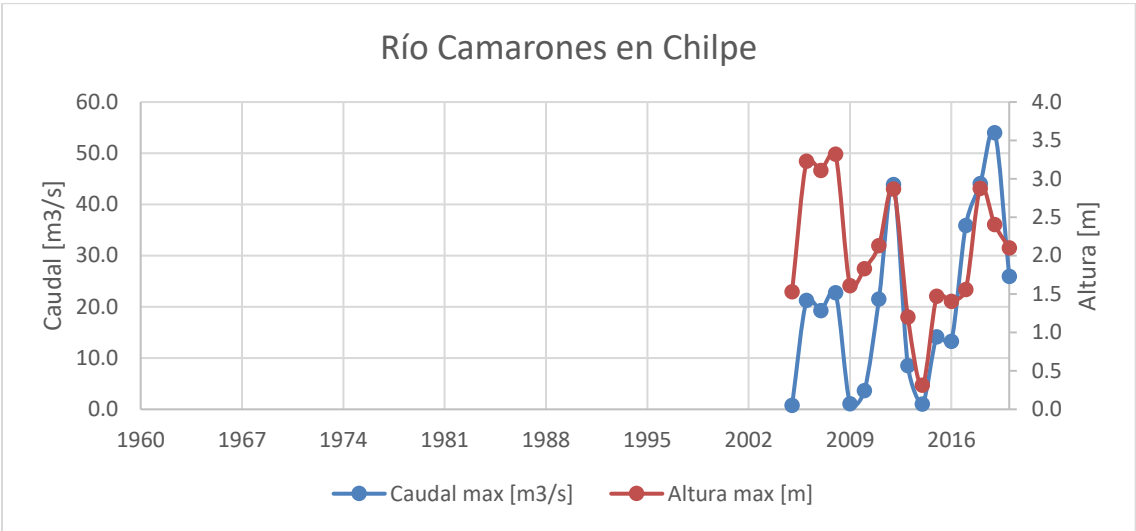


Figura 9.6 Caudales y alturas máximas de la estación crítica Río Camarones en Chilpe

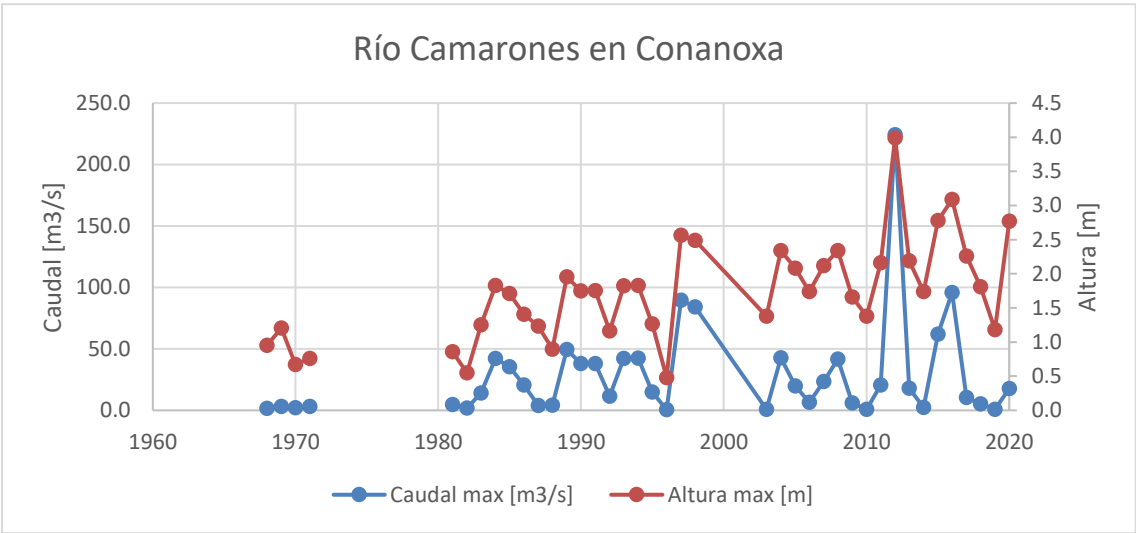


Figura 9.7 Caudales y alturas máximas de la estación crítica Río Camarones en Conanoxa

A partir de las figuras se puede comentar lo siguiente:

- La estación Lluta en Tocontasi no tiene definidos límites de alerta. Desde el año 1961 se registraron 5 crecidas importantes (años 2004, 2006, 2012, 2016 y 2018).
- La estación Río Ticnamar en Angostura superó el límite de la alerta roja desde el año 2006 hasta el 2020, exceptuando 1 ocasión (año 2014).
- La estación Río San José en Ausipar superó el límite de la alerta roja en 2 ocasiones, la mayor de ellas registrada el año 2001. En cuanto al límite de la alerta amarilla lo superó en 2 ocasiones (1998 y 2018).
- Las estaciones Río Camarones en Chilpe y Río Camarones en Conanoxa, no tienen definidos límites de alerta. Desde el año 1960 la estación Río Camarones en Chilpe registra 6 crecidas importantes (años 1977, 1984, 1995, 2001, 2012 y 2018). La estación Río Camarones en Conanoxa desde el año 1968 registra 3 crecidas importantes (años 1997, 2012 y 2016).

9.5 Precipitaciones máximas anuales

A partir de la estadística descargada de precipitaciones máximas en 24 horas se construyeron los gráficos que se muestran en la Figura 9.8 y Figura 9.9. Comparando las precipitaciones registradas en las estaciones críticas que tienen también un registro fluviométrico, se pudo observar que la estación Río Ticnamar en Angostura presenta una relación entre los valores registrados y los eventos ocurridos en los años 2019. La estadística descargada se encuentra recopilada y ordenada en el **Anexo 9**.

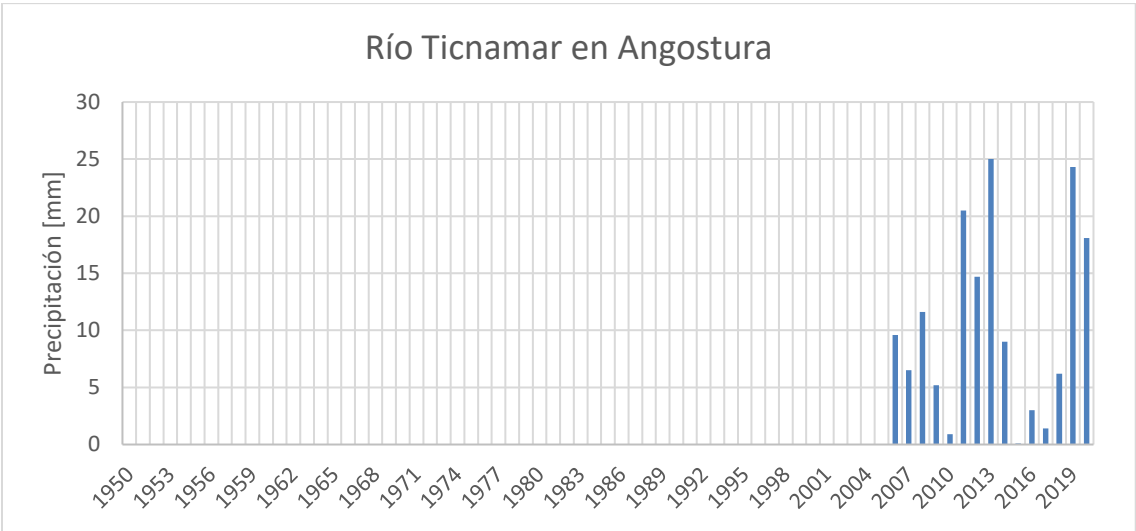


Figura 9.8 Precipitaciones máximas anuales en 24 horas, estación Río Ticnamar en Angostura

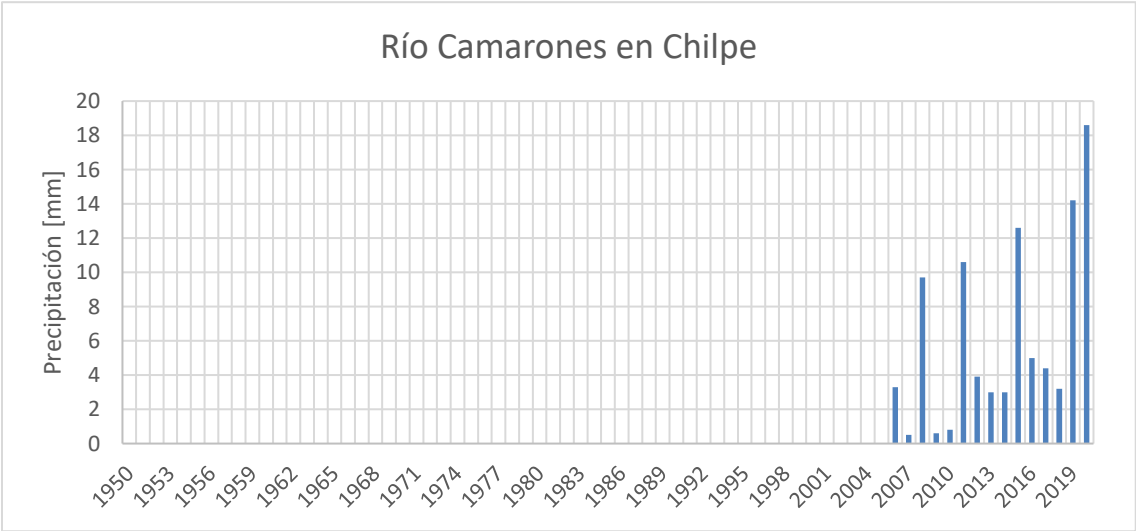


Figura 9.9 Precipitaciones máximas anuales en 24 horas, estación Río Camarones en Chilpe

9.6 Distribución Espacial

Estaciones Meteorológicas

Para realizar el análisis de la distribución espacial de las estaciones se construyeron los polígonos de Thiessen con las estaciones meteorológicas en estudio. El área correspondiente a las estaciones va desde los 54 km² hasta los 4.158 km². La Tabla 9.4 muestra las áreas correspondientes a cada estación, mientras que en la Figura 9.10 se aprecia las áreas asociadas a cada estación.

Tabla 9.4 Área polígonos de Thiessen de las estaciones meteorológicas

ID	Código BNA	Nombre	Coordenadas UTM WGS84 19 S		Área [km ²]
			Este	Norte	
28	01502009-1	Meteorológica de Camarones	409.950	7.898.066	4.158
22	01310019-5	Azapa	375.451	7.952.288	2.244
24	01030003-7	Chilcaya	491.077	7.921.963	1.341
25	01410012-1	Codpa	421.621	7.917.556	1.167
26	01502007-5	Esquiña	444.221	7.906.029	930
14	01202013-9	Quebrada Socoroma	435.895	7.981.378	898
5	01201011-7	Meteorológica de Colpitas	452.082	8.014.925	830
23	01300008-5	Tignamar	447.864	7.945.454	829
21	01300009-3	Rio Ticnamar En Angostura	440.319	7.952.869	727
20	01021007-0	Guallatire	483.736	7.954.769	570
27	01502008-3	Rio Camarones En Chilpe	434.783	7.905.397	533
1	01020016-4	Chucuyo Reten	466.018	7.985.610	476
1	01000005-K	Visviri	449.416	8.054.572	475
16	01300006-9	Central Chapiquiña	442.121	7.968.569	401
11	01202012-0	Putre (DCP)	440.879	7.988.163	400
18	01310018-7	Arica Oficina	360.557	7.956.456	395
8	01001005-5	Caquena	478.657	8.003.813	394
2	01200002-2	Villa Industrial (Tacora)	423.234	8.034.895	392
19	01021002-K	Rio Guallatire en Guallatire	484.016	7.954.867	355
6	01201010-9	Alcerreca	430.067	8.010.722	329
15	01010007-0	Chungara Reten	485.395	7.978.695	297
17	01300007-7	Belén	445.416	7.957.986	295
7	01201003-6	Rio Lluta en Alcerreca	433.023	8.009.292	276
3	01200003-0	Humapalca	425.418	8.027.904	199
4	01201005-2	Rio Caracarani en Humapalca	425.138	8.027.538	150
13	01010010-0	Chungara Ajata	480.626	7.983.770	147
10	01020014-8	Cotacotani	474.243	7.988.679	74
9	01020002-4	Rio desaguadero Cotacotani	472.778	7.988.713	74
12	01020017-2	Parinacota ex Endesa	471.615	7.987.222	54

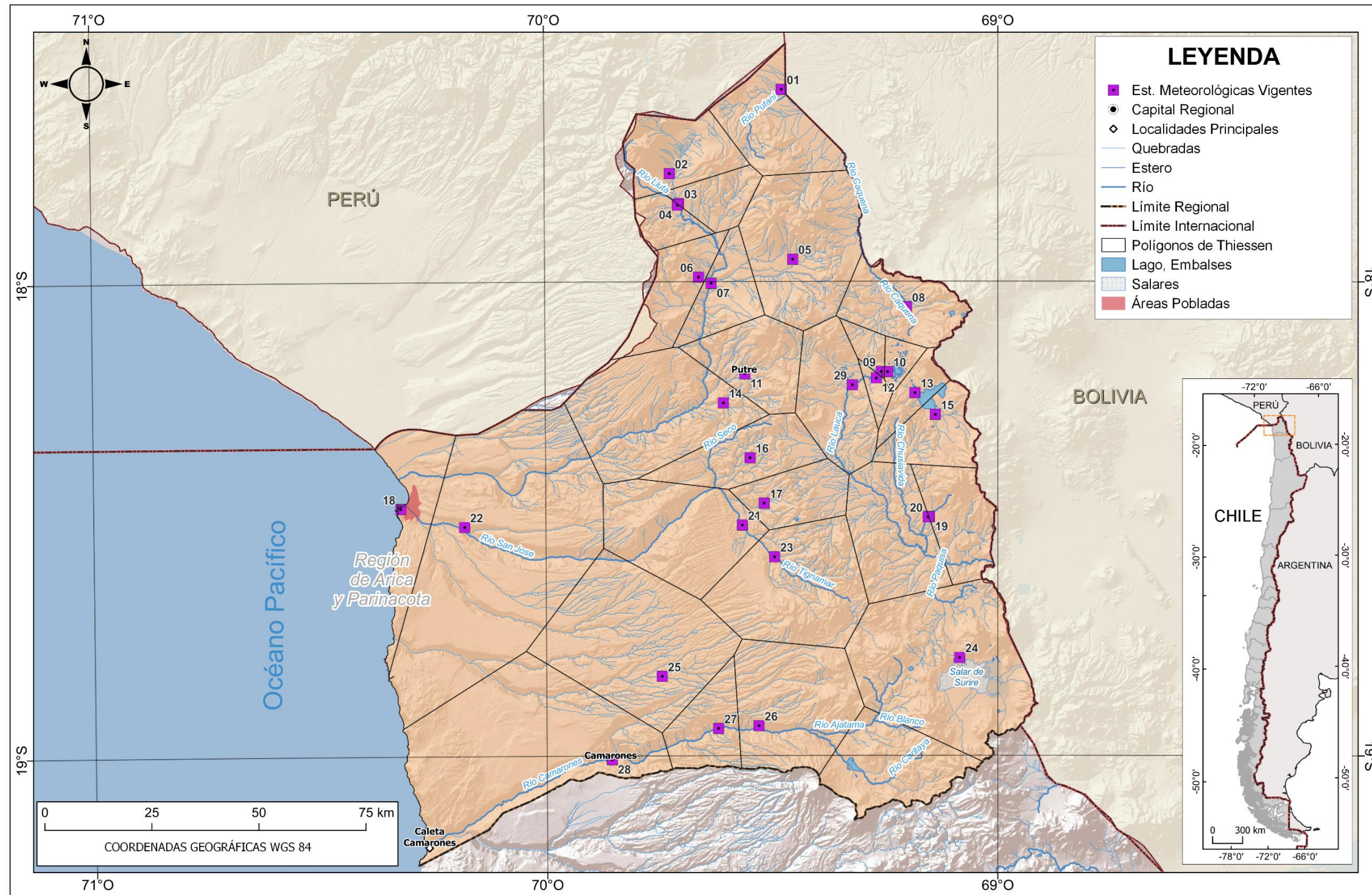


Figura 9.10 Polígono de Thiessen estaciones meteorológicas, Región de Arica y Parinacota

10 ANÁLISIS DE CALIDAD

10.1 Red Hidrométrica

Del análisis de los registros de caudales medios de las estaciones críticas definidas en la Región de Arica y Parinacota, se construye la Tabla 10.1, donde se presenta la siguiente información para cada estación: Año de inicio y término de los registros, duración total de funcionamiento de la estación, cantidad de años con data completa e incompleta y cantidad de meses que poseen registros completos e incompletos. En las últimas 3 columnas se agregaron las relaciones entre años completos e incompletos, meses completos e incompletos y cantidad de cortes que existen en los registros. Estos parámetros permiten definir la calidad de los valores registrados por cada estación, ayudando a conocer la confiabilidad de ésta como crítica.

Se observa que en general la relación a nivel anual entre la data completa y total no cumple para ninguna estación con el mínimo establecido de un **75%**, donde además se obtiene que el valor promedio de las estaciones presenta un índice de 26%, llegando en el caso de la estación Río Lluta en Tocontasi (ID 11) apenas a un 17%.

A nivel mensual, se estableció el porcentaje mínimo aceptable en **75%**, el cual no se cumple para ninguna estación, siendo el valor más bajo nuevamente en Río Lluta en Tocontasi con un 45%.

**Tabla 10.1 Caracterización de la data de caudales medios mensuales para
cada estación crítica de la región de Arica y Parinacota**

ID	Periodo	Duración de los registros	Años completos	Años incompletos	Años completos / Años totales registro	Meses con datos	Meses sin datos	Meses con datos / Meses totales	Cantidad de cortes en la data
11	1961-2019	59	10	49	0,17	320	388	0,45	44
15	2005-2021	17	3	14	0,18	140	64	0,69	15
18	1969-2019	51	18	33	0,35	335	277	0,55	20
20	2005-2019	15	3	12	0,20	98	82	0,54	16
21	1968-2020	53	21	32	0,40	410	226	0,64	23

Media	39,00	11,00	28,00	0,26	260,60	207,40	0,57	23,60
Desviación estándar	21,21	8,34	15,28	0,11	134,51	136,10	0,09	11,84
Máxima	59,00	21,00	49,00	0,40	410,00	388,00	0,69	44,00
Mínima	15,00	3,00	12,00	0,17	98,00	64,00	0,45	15,00

Escala	Cumple	No cumple
--------	--------	-----------

11 RESUMEN FICHAS DIAGNÓSTICO

Para la presentación de la información de diagnóstico de las estaciones críticas seleccionadas se elaboraron fichas de resumen de diagnóstico. Las fichas se elaboraron con la información recopilada desde bases de datos SIG, las entrevistas con los jefes regionales, la estadística de la DGA y las visitas a terreno.

Cada ficha resume las siguientes características de las estaciones:

- I. Identificación
- II. Equipamiento
- III. Estadística general
- IV. Descripción de obras existentes y deficiencia en infraestructura
- V. Eventos extremos
- VI. Mapa general
- VII. Población vulnerable
- VIII. Diagnóstico final

Desde la Figura 11.1 a la Figura 11.3 muestra el ejemplo de ficha de la estación Río Lluta en Tocontasi. Las fichas resumen de las estaciones críticas de la región se encuentran en el **Anexo 10**. Las estaciones críticas seleccionadas corresponden a las siguientes:

1. Río Ticnamar en Angostura (Código BNA 01300009-3)
2. Río San José en Ausipar (Código BNA 01310002-0)
3. Río Lluta en Tocontasi (Código BNA 01210001-9)
4. Río Camarones en Chilpe (Código BNA 01502008-3)
5. Río Camarones en Conanoxa (Código BNA 01502002-4)



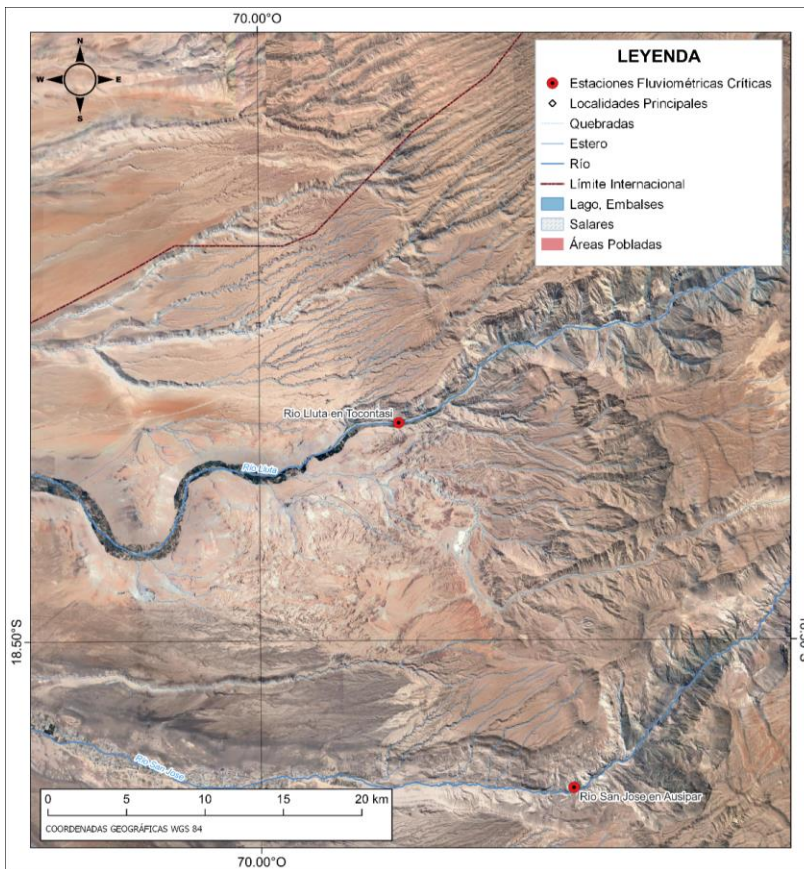
		
DIAGNÓSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RED NACIONAL DE ALERTA DE EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS ID: 1019-22-LQ21		
FICHA TÉCNICA ESTACIÓN		
I. IDENTIFICACIÓN		
Nombre Estación	Río Lluta en Tocontasi	
Código BNA	01210001-9	
Coordenadas WGS84 UTM 19 S	Coordenada Norte (m)	Coordenada Este (m)
	403.222	7.968.291
Cuenca	Río Lluta	
Subcuenca	Río Lluta Bajo	
Región / Comuna	Arica y Parinacota / Arica	
Tipo	Fluviométrica	
II. EQUIPAMIENTO		
Sensor piezométrico	Keller	
Sensor pluviométrico	-	
Data Logger	Sutron /Satlink	
Transmisión	s/i	
Otros		
III. ESTADÍSTICA		
a. Caudales		
Periodo	1961 - 2019	
Años Válidos	20	
Q med [m3/s]	2,66	
Q max [m3/s]	185,87 (26/02/2016)	
b. Precipitación		
Periodo	-	
Años Válidos	-	
Pp med [mm/año]	-	
Pp max [mm/24h]	-	
		

Figura 11.1 Ejemplo ficha resumen estación crítica Río Lluta en Tocontasi, página 1

IV. DESCRIPCIÓN DE OBRAS EXISTENTES Y DEFICIENCIA DE INFRAESTRUCTURA	
Año ultima licitación	2021
Monto ultima licitación	\$142.283.044
Caudal de diseño [m3/s]	No existe registro de caudal de diseño en licitación.
<ul style="list-style-type: none"> • Acceso: Para poder acceder a la estación se debe desviar de la ruta A-15, por medio de un camino de tierra llegando a la ribera izquierda del Río Lluta. Mientras que los instrumentos de medición y caseta, se encuentran ubicados en la ribera derecha, esto debido al encauzamiento del río. • Emplazamiento: La estación posee un buen emplazamiento respecto al cauce. • Estructura: Solo posee muro guía en la ribera derecha. • Instrumentación: Posee datalogger y transmisión satelital, pero sus instrumentos de medición actualmente se encuentran colgados debido al bajo caudal. Además, su panel solar se encuentra a los pies de un talud por lo que se presume que gran parte del día no recibe luz solar. • Otros: Posee caseta en muy buen estado, pero su letrero de identificación se encuentra en pésimas condiciones. 	
V. EVENTOS EXTREMOS	
<ul style="list-style-type: none"> • La estación Lluta en Tocontasi no tiene definidos límites de alerta. Desde el año 1961 se registran 5 crecidas importantes (años 2004, 2006, 2012, 2016 y 2018). • Se destaca que en el cronograma de eventos extremos se registra en el Río Lluta un evento importante el día 26 de febrero de 2016, dato que fue registrado por la estación. Incluso es el mayor registro en la estadística de caudales máximos instantáneos de la estación. 	

Figura 11.2 Ejemplo ficha resumen estación crítica Río Lluta en Tocontasi, página 2

VI. MAPA GENERAL



VII. POBLACIÓN VULNERABLE

- Chacalluta ($T_c=3,31$ hrs)

VIII. DIAGNÓSTICO FINAL

Esta estación es considerada como crítica, debido a que ayuda a proteger a la localidad de Chacalluta que, si bien no se encuentra en el mapa vectorial utilizado para identificar poblaciones vulnerables, si cuenta con un registro en el cronograma de eventos extremos. La estación se encuentra bien emplazada desde un punto de vista hidráulico, permitiendo que el flujo llegue de manera recta a la estación, pero presenta graves problemas en cuanto a su estructura, solo posee un muro guía en malas condiciones, no posee canal de estiaje y sus instrumentos actualmente no se encuentran midiendo debido al bajo caudal y su distribución.

Figura 11.3 Ejemplo ficha resumen estación crítica Río Lluta en Tocontasi, página 3

A modo global se presenta un pequeño resumen sobre los puntos más importantes de las fichas elaboradas.

- **Estadística general:** De forma global se aprecia que en la región la mayoría de las estaciones poseen años incompletos de datos, así como también una gran cantidad de cortes en sus data.

Entre los registros de caudal destaca la estación Río Camarones en Conanoxa, que registra un caudal de 224,17 m³/s ocurrido el año 2012 y la estación Río Lluta en Tocontasi con un caudal de 185,87 m³/s registrado el año 2016.

- **Obras existentes y deficiencias:**
 - **Acceso:** En el caso de las estaciones visitadas en esta región se destaca que la mayoría posee dificultad en el acceso. Incluso en el caso de la estación Río Lluta en Tocontasi el camino de ingreso es por la ribera izquierda del Río Lluta mientras que los instrumentos de medición se encuentran en la ribera derecha.
 - **Emplazamiento:** Para el caso de las estaciones fluviométricas visitadas, poseen un buen emplazamiento respecto al cauce, ubicadas en secciones rectas de los ríos.
 - **Estructura:** Respecto a la estructura de las estaciones fluviométricas visitadas, la estación Río Lluta en Tocontasi requiere reparación en su muro guía y no posee gaviones de protección. Por otro lado, llama la atención que la estación Río Camarones en Chilpe fue reparada el año 2020 pero presenta varios cables sin protección, mientras que la estación Río Camarones en Conanoxa se encuentra en proceso de reconstrucción.
 - **Instrumentación:** Las estaciones se encuentran bien equipadas, cuentan con datalogger y transmisión satelital. En el caso de la estación Río Lluta en Tocontasi su panel solar se encuentra a los pies de un talud por lo que se presume que gran parte del día no recibe luz solar.
 - **Otro:** En general las estaciones necesitan mantención y reparaciones menores a excepción de Río Lluta en Tocontasi.
- **Población vulnerable:** Con estas estaciones se contempla que 221.864 habitantes serán resguardados en la región de Arica y Parinacota, distribuidos en las siguientes zonas: Arica (221.364 hab.), Chacalluta, Cuya (289 hab.), Caleta Camarones (43 hab.) y Camarones (168 hab.).
- **Diagnóstico final:** Se necesita realizar mantenciones, reparaciones menores y reconstrucción en el caso de la estación Río Lluta en Tocontasi, de esta manera

se podrá contar con una red robusta de monitoreo para la región. En cuanto a su equipamiento son estaciones completas, que poseen datalogger y transmisión satelital.

12 RED HIDROMÉTRICA CRÍTICA FINAL

A partir de todos los análisis anteriores, se definió la red hidrométrica crítica final de la región. Además, se consideró una validación de las estaciones críticas preliminares seleccionadas, junto con la segunda ronda de visitas a terreno realizadas y la opinión de los jefes regionales.

Algunas de las estaciones críticas preliminares fueron descartadas por motivo de que no se consideró que fueran de gran aporte en la generación de alertas a la población vulnerable ante eventos hidrometeorológicos extremos. Algunas de las estaciones descartadas son importantes en la región, ya sea por su ubicación o que son muy regulares, por lo que se consideraron como estaciones de "apoyo", para poder dar una mejor caracterización a las crecidas que se podrían generar en las distintas cuencas de la región.

En el caso de la Región de Arica y Parinacota, existen 2 estaciones de apoyo, las cuales son:

- 1- **Río Ticnamar en Angostura (Estación de Apoyo):** Esta estación es parte del Protocolo DGA-ONEMI, por lo que en una primera instancia se seleccionó como estación crítica. No obstante, observando la capa shape de localidades e imágenes satelitales no existen poblaciones vulnerables por el río Ticnamar hasta la llegada a la estación Río San José en Ausipar, esto fue confirmado en la visita a terreno realizada. Otro dato que se observa en terreno es el mal acceso a la estación, ya que se debe cruzar el río en dos ocasiones, por lo que luego de una crecida de proporciones es muy probable que no sea posible el ingreso a la estación, requiriendo de un despeje con maquinaria pesada. Por estos motivos la estación fue descartada como crítica, pero considerando la opinión del Jefe Regional de Hidrología se determina como estación de apoyo.
- 2- **Río Lluta en Alcérreca (Estación de Apoyo):** Esta estación es considerada como importante para el Jefe regional de Hidrología, debido a que monitorea la parte alta del río Lluta. Si bien en ese cauce se ha considerado como crítica la estación Río Lluta en Tocontasi, ya que debido a su ubicación monitorea un mayor número de quebradas, se ha tomado en cuenta de todas formas la opinión del Jefe Regional de Hidrología considerando la estación como apoyo.

12.1 Estaciones Críticas Finales

A continuación, se presentan los argumentos que reafirman la calidad de críticas de las estaciones seleccionadas preliminarmente.

- 1- **Río San José en Ausipar:** Esta estación es parte del Protocolo DGA-ONEMI, por lo que se seleccionó como estación crítica. Observando la capa shape de localidades y en imágenes satelitales es posible distinguir población vulnerable en el valle de Azapa, y luego la ciudad de Arica. En la visita a terreno se confirma la presencia de población vulnerable. Además, se observa el estado de la estación, que requiere de varias mejoras, entre otras cosas la estación tiene malas terminaciones en el hormigón, y un mal acceso, ya que es necesario ingresar por el río, lo que luego de una gran crecida se hace imposible. Sin embargo, la estación da una señal de alerta a la ciudad de Arica y personas que habitan el valle de Azapa, además de las personas que podrían estar trabajando en actividades de agricultura en el mismo valle, por lo que se reafirma su clasificación de estación crítica.
- 2- **Río Lluta En Tocontasi:** Observando la capa shape de localidades y en imágenes satelitales es posible distinguir población vulnerable en el valle del río San José. En la visita a terreno se confirma la presencia de algunas poblaciones dispersas en el valle y una gran cantidad de actividades agrícolas. Además, se constató que la estación se encuentra iniciando su reconstrucción, por lo que no se puede evaluar las deficiencias de la estación. Finalmente, por motivos de ubicación con respecto a la población vulnerable en el valle y en el sector de la desembocadura (Chacalluta) con un sector industrial importante, es que se reafirma su clasificación de estación crítica. Cabe decir que actualmente está en construcción el embalse Chironta, ubicado aguas arriba de la construcción, cuyo objetivo es, entre otros, de regulación de crecidas, por lo que luego de su construcción se debe reevaluar la clasificación de estación crítica.
- 3- **Río Camarones En Chilpe:** Observando la capa shape de localidades y en imágenes satelitales es posible distinguir población vulnerable en el valle aguas abajo de la estación. En la visita a terreno se confirma la presencia de algunas poblaciones pequeñas en el valle de la quebrada y actividades agrícolas a pequeña escala. Además, se observa que la estación tiene un mal acceso, donde se ingresa a un camino en zona de quebradas, que no tienen ningún

mantenimiento por parte de Vialidad. El camino frecuentemente tiene rodados, que caen por la ladera del cerro, que deben ser despejados para poder atravesar. Existen grandes probabilidades que el problema de rodados haga imposible el acceso. Entre otros problemas observados en la estación tiene una estructura deficiente en su entrada y salida. Finalmente, la estación es importante para poder generar una alerta para las pequeñas poblaciones que existen en el valle de Camarones, por lo que se reafirma su calidad de estación crítica.

- 4- **Río Camarones En Conanoxa:** Esta estación protege a las localidades de Cuya y Caletas Camarones, poblaciones que se encuentran en la parte baja de la cuenca Q. Río Camarones. Esta estación además logra identificar nuevos aportes de quebradas que no han sido captados por la estación Río Camarones En Chilpe, logrando tener un registro más certero sobre la magnitud de un evento extremo. El acceso a la estación es por caminos de tierra en buen estado y actualmente se encuentra en proceso de reparación de sus muros guías y construcción de canal de estiaje.

12.2 Estaciones Nuevas

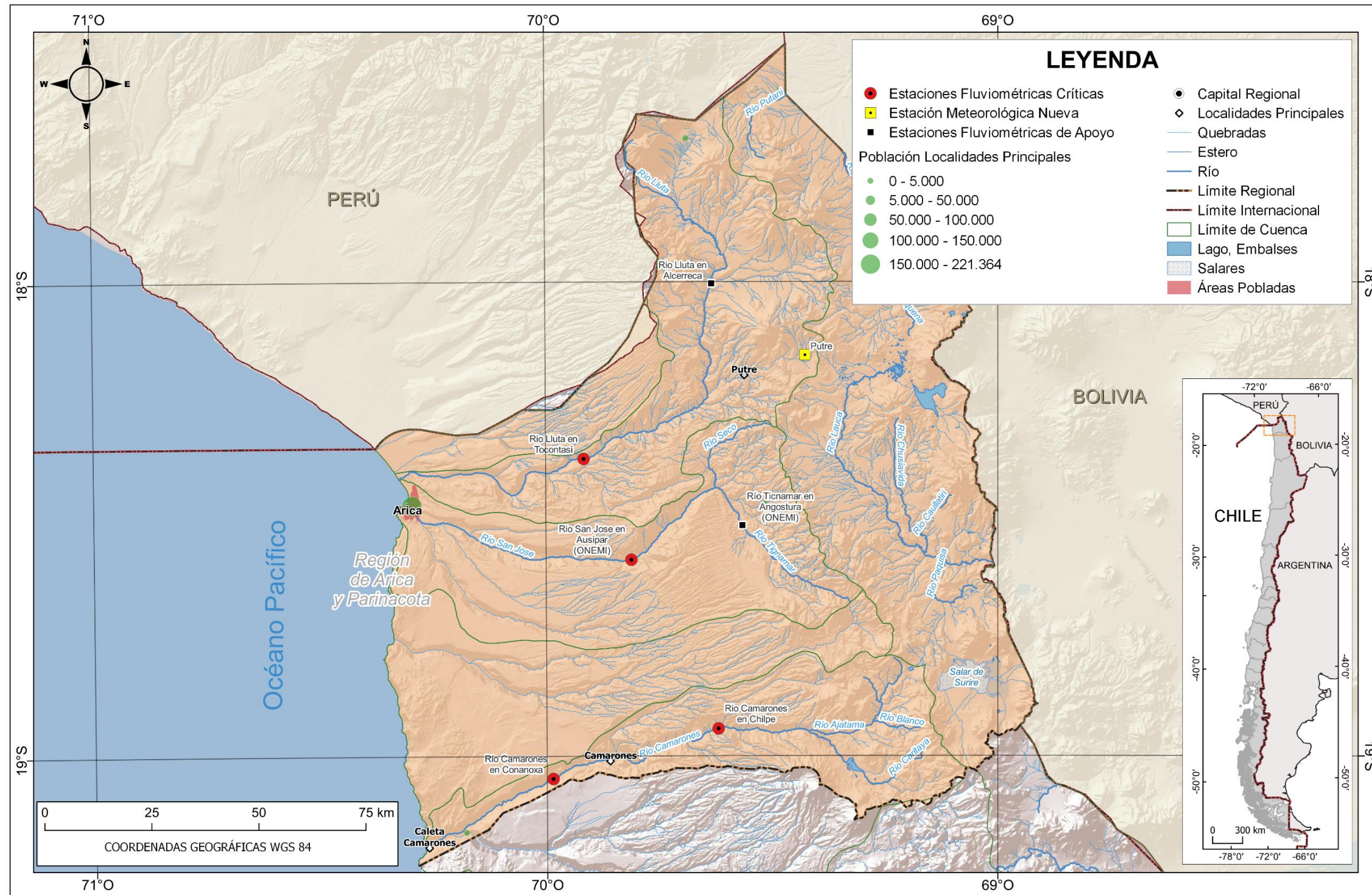
En el desarrollo de este estudio se identificó una deficiencia en la red de monitoreo para la localidad de Putre, debido a que la estación se encuentra en la misma localidad, no siendo de utilidad para poder generar una alerta ante un evento extremo. La estación nueva propuesta otorga un tiempo de 1,81 horas para generar una alerta en caso de ser necesario a la localidad de Putre. Por lo tanto, se propone una estación meteorológica nueva en esa zona denominada "Putre".

12.3 Red Hidrométrica Crítica Final

La Figura 12.1 muestra la configuración de la red hidrométrica final compuesta por las siguientes estaciones.

- Estaciones fluviométricas de apoyo
 - Río Ticnamar en Angostura
 - Río Lluta en Alcérreca
- Estaciones fluviométricas críticas
 - Río San José en Ausipar
 - Río Lluta En Tocontasi

- Río Camarones En Chilpe
- Río Camarones En Conanoxa
- Estaciones meteorológicas nuevas
 - Putre



13 PLAN DE ACCIÓN

13.1 Estación Estándar

13.1.1 Estación meteorológica estándar

A continuación, se detalla y describe los instrumentos de medición, el sistema de transmisión, la estructura y seguridad, que debería contar una estación meteorológica pensando en un estándar idóneo de monitoreo para proteger a la población.

Estructura y seguridad

- Caseta

La caseta meteorológica (denominada Caseta tipo DGA) es una garita utilizada por la DGA para contener/resguardar el datalogger, batería y otros instrumentos necesarios para las mediciones atmosféricas.

Se deberá confeccionar e instalar la caseta para datalogger con pedestal de acuerdo al plano tipo DGA, se instalará mediante la construcción de fundación de hormigón de superficie 0,5x0,5m y profundidad de 0,50 m.

Las dimensiones de la caseta son 0,6 m de alto en los extremos, 0,75 m de alto en el centro, 0,90 m de ancho y 0,50 m de fondo.

Se deberá considerar la instalación de revestimiento interior mediante el uso de polietileno expandido de 30 mm de espesor y terciado marino de 10 mm de espesor.

Tendrá detalle de cerrojo de seguridad (previo a la instalación será aprobado por el IF a cargo del proyecto).

- Torre meteorológica (incluye soporte de instrumentos)

Esta torre es una estructura en la cual se colocan los instrumentos meteorológicos. Varía por los instrumentos que se utilizarán en cada estación meteorológica, debe estar acondicionado con un sistema de señales, de transmisión y de registro.

Respecto a la fundación de la torre, esta debe ser de hormigón estructural, en la que se empleará árido grueso con tamaño máximo de 1". El hormigón será de grado G20, NC 90. Cualquiera sea el modo de colocación, el hormigón deberá compactarse por vibración.

El hormigón deberá ser colocado antes de 60 minutos, medidos desde la salida de la hormigonera. El sistema de transporte será tal que permita una colocación continua. No se deberán aceptar interrupciones del hormigonado de más de 15 minutos.

El asentamiento de cono no deberá ser más de 7,0 cm. Se permitirá el uso de aditivos para hormigón, retardantes y/o plastificantes cuando sean aprobados por un IF.

La temperatura del concreto no debe ser mayor a los 32°C en el momento de colocarlo.

La torre debe ser un poste metálico de 4" de diámetro y 4,0 m de altura, debe tener un soporte de caseta metálica, antena, panel solar y sensores, con placa metálica en su base para fijación. Se deben considerar 0,50 m para instalar bajo el terreno. Además, se deben considerar 2 brazos metálicos de un metro de largo para adosar al poste metálico mediante un sistema que permita desmontaje, el objetivo es que permita alojar sensores a 1,5 m desde la base del poste.

- Cerco perimetral

El cerco es la estructura que permite limitar el acceso a la estación (de personas y animales), previniendo accidentes y el mal uso o el robo de la instrumentación.

Se deberá considerar la instalación del cerco metálico malla Eurofence (12 ml), el cual deberá instalarse perimetralmente a la caseta metálica y con postes metálicos de diámetro de 3".

Deberá tener una altura de 1,8 m y configurar un cuadrante de 3,0 x 3,0 m (9 metros cuadrados). Cabe destacar que la altura se considerada podría sufrir modificaciones debido a la zona donde se encuentra emplazada la estación, así como también las medidas de seguridad asociadas.

- Pintura

Se deberán pintar todas las estructuras metálicas con dos manos de antióxido y dos manos de pintura Triple Acción Metal de acuerdo a los colores especificados en la Tabla 13.1.

Tabla 13.1 Especificaciones técnicas pintura

Pintura estructuras		
Tipo estructura	Color	Descripción
Torres metálicas	Azul pacifico	Triple acción
Hormigones	Blanco	Caucho clorado 30R
Caseta tipo DGA	Azul pacifico	Triple acción
Mástil	Azul pacifico	Triple acción
Cerco malla Euroforence 2,50x2,50m Alt. 1,80 m	Azul pacifico	Triple acción

- Letrero identificación estación

El letrero de identificación de la Estación Meteorológica, debe cumplir con los estándares actuales de la DGA. Forma rectangular apaisada de 120 x 70 cm. Plancha de 2,5 mm de espesor, cubierto en toda su extensión con lámina reflectiva Tipo I o superior según Norma ASTM 4956. Debe poseer tratamiento anticorrosivo, letras tipo vial, con el logotipo del MOP y DGA, entre otras. A continuación, se presentan las características principales.

Tabla 13.2 Especificaciones técnicas letrero de identificación

Letreros de identificación para estaciones Fluviométricas o Hidrometeorológicas		
N°	Características	Exigencias
1	Forma	Rectangular apaisada 1,20 x 0,70 m
2	Plancha	Acero laminado en caliente de 2.5 mm de espesor, galvanizado en caliente, según Norma ASTM 123, con un mínimo de 65 µm (micras) de espesor. Además, debe contar con perforaciones para su soporte en los postes Omega.
3	Anverso	El fondo de la placa deberá cubrirse con lámina reflectante al menos Tipo I de acuerdo a la Norma ASTM 4956 de color blanco o Vinilo fundido autoadhesivo de 2.0 milésimas de pulgada de grosor, con adhesivo sensible a la presión y removible con calor, ambas láminas deben ser compatibles con impresión digital con tintas solventes e impresión con equipos electrostáticos. Los símbolos y leyendas se realizarán mediante impresión digital con tintas solventes e impresión con equipos electrostáticos. La señal además deberá contar con una lámina para la protección contra los rayos UV.
4	Color Fondo	Azul: Modelo de color RGB, Rojo:68, Verde:114, Azul:196
5	Letras y Dimensiones	Tipo: gobCL, color blanco. Texto 1: Estación Fluviométrica, altura de letra mínima 35 mm, centrado, en una línea. Texto 2: Nombre Estación, altura de letra mínima 40 mm, según la extensión del texto debe ser ajustado en 2 líneas, negrita, centrado. Texto 3: Información Estación, altura de letra mínima 35 mm, centrado. Iconos de medición: centrados.
6	Logotipo	MOP/DGA, Red Hidrométrica Nacional e Iconos de Medición serán proporcionados por DGA, según estación.
7	Código QR	Será proporcionado por DGA, según estación.
8	Postes	2 postes del tipo Omega de 3,0 m, 2,5 mm de espesor con tratamiento anticorrosivo mediante galvanizado en caliente, según Norma ASTM 123, con un mínimo de 65 µm (micras) de espesor
9	Fundaciones Postes	Corresponderá a Hormigón G-10 o H-10.
10	Fijaciones	8 pernos por letrero (tuercas y golillas, 4 por poste). Pernos zincados de 6,0X64 mm, tuercas zincadas.



Figura 13.1 Letrero tipo identificación estación

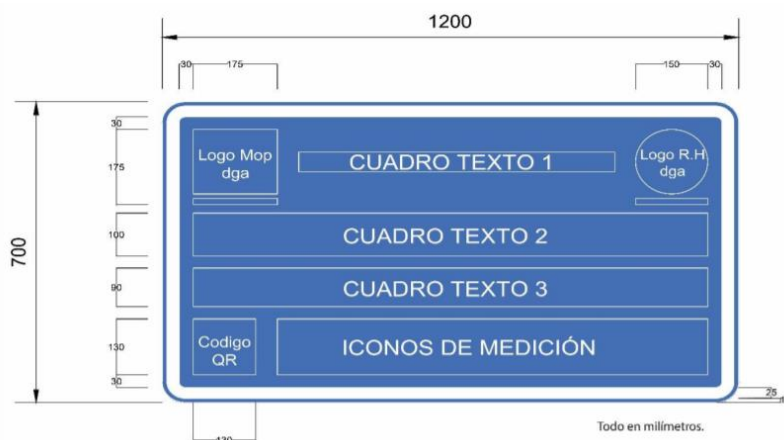


Figura 13.2 Dimensiones letrero tipo identificación estación

- Letrero de peligro

El letrero de peligro advierte y debe prevenir la circulación peatonal o vehicular en el recinto de la estación meteorológica. Debe cumplir con los estándares actuales del MOP y la DGA.

Las placas deben cubrirse por el anverso con lámina retrorreflectante color blanco Tipo I o superior según Norma ASTM 4956. Los símbolos y letras podrán ser elaborados de las siguientes formas:

1. Confección de plantilla para las letras y autoadhesivo para los 3 logotipos (Ministerial, D.G.A. y Calavera de Peligro) que se incluyen, o
2. Confección con autoadhesivo único que incluye las letras y logotipos.



Figura 13.3 Letrero tipo peligro estación

Los textos deben ser considerando los colores que se presentan en la Tabla 13.3.

Tabla 13.3 Especificaciones Letrero de Peligro

Peligro	Rojo
Prohibido el uso y acceso a personas no autorizadas	Negro
La Dirección General de Aguas no se responsabiliza por accidentes ocurridos en sus instalaciones.	Azul

- Letrero advertencia de inundación y Letrero de vía de evacuación

El letrero de advertencia de inundación es para prevenir la circulación peatonal o vehicular en zonas de peligro (Figura 13.4).

El letrero de vía de evacuación tendrá como función indicar la dirección de evacuación hacia las zonas seguras durante los eventos extremos (Figura 13.5).

Los letreros deberán cumplir con el ícono y textos en un vinilo reflectivo, estarán en planchas de aluminio de 800 x 600 mm de 2,5 mm de espesor, con esquinas redondas. La cara posterior se terminará con 2 manos de pintura gris y la cara anterior se terminará con lámina reflectante Tipo: alta densidad.

Los postes de sustentación serán de un perfil de acero galvanizado, tipo omega de 110 mm de ancho, 38 mm de alto y 2,5 mm de espesor y se protegerán con 2 manos de esmalte negro.

El largo será de 3.000 mm y será reforzado con una lámina de acero de 2,5 mm de espesor, 80 mm de ancho y 1.750 mm de longitud, que se extenderá a partir de 920mm de la parte superior y alcanzará a 300mm de la extremidad interior.

Las placas se deberán fijar a los postes con pernos zincados de 6,0 x 64 mm, las tuercas también serán zincadas y ambos deberán estar ajustados según lo dispuesto en la NCH 301.



Figura 13.4 Letrero tipo zona de inundación

Diseñado por C. Bravo; R. Pardo, N. Salamanca & A. Fuentealba (2021). UTP INRHED -EMERGE.



Figura 13.5 Letrero tipo de vía de evacuación

Diseñado por C. Bravo; R. Pardo N. Salamanca & A. Fuentealba (2021). UTP INRHED -EMERGE.

Instrumentos

- Plataforma satelital

La plataforma satelital sirve para la transmisión inalámbrica de los datos. Se recomienda el uso de una plataforma de instalación fija, con una manga de montaje que sea de fácil instalación a un mástil externo.

Se recomienda un datalogger, que venga en conjunto con la plataforma satelital. El datalogger es un registrador de datos remoto para las estaciones meteorológicas y su finalidad es proporcionar acceso instantáneo a datos ambientales específicos del sitio en cualquier lugar.

Tabla 13.4 Especificaciones técnicas plataforma satelital

Plataformas satelitales		
N°	Características	Exigencias
1	Rango voltaje de entrada	Operable en el rango 11 volt a 14 volt
2	Temperatura de operación	A lo menos -40°C a +50°C
3	Humedad	A lo menos 0% a 85% H/R (no condensado)
4	Consumo horario de la plataforma	Stand-by máximo 30 mA
4		Uso GPS inferior o igual 355 mA, y transmisión (en base a 300Bd) máximo 4,5A
5	Software	Basado en Windows
6	Software aplicación	Incluido para cada equipo en español y/o inglés, con sus respectivas licencias en caso de ser necesario. Debe trabajar en Windows XP y 7 como mínimo
7	Status	Leds indicadores
8	Cable comunicación	Debe incluir cable de comunicación a puerto USB del computador
Etapas de Almacenamiento de datos		
1	Memoria de almacenamiento	Mínimo 2MB, y tarjeta electrónica o similar: para rescate de datos (Incluida)
2	Intervalos de grabación	Mínimo 5, 15, 30 min.; 1, 12 y 24 hrs
3	Tipo y cantidad de señales de entrada de datos	A lo menos 12 canales SDI-12 (lógicos), 1 canal de pulso y 4 entradas de Voltaje
4	Precisión de reloj	Máximo 1 min/mes
5	Procesos	Debe contar con la posibilidad de añadir offset (pendiente y constante de la recta) por parámetro
6	Extracción de archivos	Texto sin codificar, TXT, EXCEL o CSV
Etapas Transmisión		
1	Satélite	GOES CS2
2	Certificación	NESDIS (Incluir certificado)
3	Velocidad de transmisión	Compatible con sistema satelital GOES de la NOAA. (al menos con 300 Bd)
4	Mantenimiento horario	Con GPS
5	Potencia de salida	Compatible con satélite GOES
6	Rango frecuencia	Cubre al menos 401,701 (CH01) a 402,0985 (CH266) MHZ
7	FailSafe	Reset físico o por software
8	Protocolo	ASCII
9	Rango voltaje de entrada	Operable al menos en el rango 11 volt a 14 volt
10	Mensaje transmisión	Deseable sin codificar. En caso contrario, incluir proceso de decodificación.
11	Accesorios por transmisor	Antena de transmisión con mínimo 8 metros de cable; Antena GPS mínimo 5 metros de cable
12	Conector antena transmisión	Tipo N o Adaptador a N (Salida a RF)

- Panel Solar

Proporciona energía a la estación meteorológica, aprovechando la energía solar para su carga y generando energía electricidad durante las 24 horas del día. Se consideró para el presupuesto un panel solar de 40w.

Tabla 13.5 Especificaciones técnicas Panel Solar

Paneles solares 40 watts y 12 volts		
N°	Características	Exigencias
1	Potencia máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	Mínimo 40 Watts
2	Corriente de carga	Mínimo 2,3 A
3	Voltaje a circuito abierto (VOC)	Mínimo 17 Volts
4	Celda	Policristalino o Monocristalino
5	Regulador de voltaje y protecciones	Compatible para el panel solar con salida a 12 V (incluido)
6	Temperatura de operación	Al menos -40°C a +50°C
7	Peso	Máximo 8 kilogramos
8	Cable	Mínimo 10 m de longitud con conductores diferenciados (ej.: colores, números, etc.) Debe venir conectado al panel solar.
9	Soporte y protección	Brazo ajustable en azimut-elevación para mástil de 2 ^{1/4} a 3 ^{1/4} pulgadas de diámetro. Alta resistencia a la acción del viento y condiciones climáticas extremas. El sistema de soporte debe venir instalado al panel.

- Batería

Las baterías son necesarias para guardar la carga del panel solar. Se contempla una batería de tipo 55Ah. En la Tabla 13.6, se presentan las especificaciones técnicas contempladas.

Tabla 13.6 Especificaciones técnicas Batería 55Ah

Batería 55Ah		
N°	Características	Exigencias
1	Tipo	12V/55 Ah. Sellada de libre de mantención
2	Voltaje nominal	12 V
3	Capacidad nominal mínima	Capacidad nominal mínima 20 hrs a 2.75 A 10.5V, 55Ah
4	Temperatura operación	Mínimo -5°C a +-50°C (carga y descarga)
5	Ciclo de vida	Mínimo 500 ciclos
6	Peso máximo	20 kg
7	Dimensiones máximas	300mm x 300mm x 200mm
8	Calidad	Alta calidad en componentes y operación, Tipo PowerSonic, Hace, entre otras.

- Pluviómetro

El pluviómetro es el instrumento empleado para la recolección y medición de datos de precipitaciones. Se considera que las estaciones meteorológicas deben tener un pluviómetro que mida de modo fiable y preciso tanto la cantidad, como intensidad de precipitaciones en estado líquido, sólido y mezclado. Se recomienda para las estaciones meteorológicas un pluviómetro al menos con las características descritas en la Tabla 13.7.

Tabla 13.7 Especificaciones técnicas pluviómetro

Sensor de Precipitación		
N°	Características	Exigencias
1	Tipo	Tippingbucket
2	Resolución o peso pulso	0,1 mm
3	Peso	Máximo 4 kg
4	Diámetro colector	≤ 12 pulgadas
5	Altura máxima	Máximo 65 cm
6	Temperatura de operación	al menos de 0°C a +50°C
7	Error de medición	≤ 5%
8	Largo cable comunicación	≥ 8 m
9	Señal de salida	Pulso
10	Soporte y protección	Fijación para instalación en mástil de 2 1/4 a 3 1/4 pulgadas de diámetro que otorgue alta resistencia a la acción del viento y condiciones climáticas extremas

- Sensor de Precipitación disdrómetro

El disdrómetro es un instrumento utilizado para medir la distribución del tamaño de la gota y la velocidad de las precipitaciones que caen. Se recomienda utilizar disdrómetro para estaciones que se encuentren en zonas de transición (entre la precordillera y cordillera). En la Tabla 13.8 se presentan las características mínimas a considerar.

Tabla 13.8 Especificaciones técnicas disdrómetro

Sensor de Precipitación y Disdrómetro		
N°	Características	Exigencias
1	Tipo	Radar
2	Consumo	≤ 100 mA
3	Peso	Máximo 1 kg
4	Protección	Al menos IP 65
5	Temperatura de operación	Al menos -20°C a +50°C
6	Error de medición	≤ 10%
7	Largo del cable	≥ 8 metros
8	Tipo de precipitación	Al menos discriminar, nieve, lluvia y granizo
9	Señal de salida	SDI - 12
10	Alimentación	Operable a 12 Volts
11	Soporte y protección	Fijación para instalación en mástil o brazo

- Sensor de Temperatura y Humedad

El termómetro es un instrumento empleado para medir la temperatura a diversas horas del día en una estación. Se considera para las estaciones meteorológicas un transmisor de temperaturas con las características descritas en la Tabla 13.9.

Tabla 13.9 Especificaciones técnicas sensor de temperatura y humedad

Sensor de Temperatura y Humedad		
N°	Características	Exigencias
1	Alimentación	Operable a 12 Volt
2	Rango de medición	A lo menos: -20°C a +50°C. 0% a 100% Humedad Relativa del aire.
3	Precisión de temperatura	≤ ± 0,5°C
4	Precisión de humedad	≤ + 5% de humedad
5	Señal de salida	SDI-12
6	Consumo	Máximo 25 mA
7	Cable conexión	Largo ≥ 8 metros y conductores diferenciados (ej: colores, números, etc.)
8	Protección	Pagoda protección solar incluida
9	Soporte	Fijación para instalación en mástil de 2 1/4 a 3 1/4 pulgadas de diámetro que otorgue alta resistencia a la acción del viento y condiciones climáticas extremas

- Diseño de Estación Meteorológica

Se considera dos tipos de estaciones, la estación meteorológica estándar que contempla un pluviómetro para la medición de precipitaciones líquidas y la estación meteorológica de transición, esta última estará ubicada en sectores que estén a

mayor altitud y presentará un disdrómetro para medir precipitaciones líquidas y sólidas.

En la Tabla 13.10 muestra el presupuesto final asociado a la construcción de la estación meteorológica estándar con la opción de un pluviómetro convencional y la Tabla 13.11 el presupuesto asociado a la opción de un disdrómetro (para zonas de transición de precipitación).

Tabla 13.10 Presupuesto estación meteorológica estándar, pluviómetro convencional

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	Estructura				
1.1	Instalación de Faena	un	1	\$ 988.000	\$ 988.000
1.2	Limpieza y Despeje del Terreno	un	1	\$ 590.200	\$ 590.200
1.3	Pollos de hormigón H-25	un	6	\$ 35.000	\$ 210.000
1.4	Torre Meteorológica 4 m (incluye soporte de instrumentos)	un	1	\$ 749.372	\$ 749.372
1.6	Pintura	un	1	\$ 757.055	\$ 757.055
1.7	Cerco Perimetral 3,0m x 3,0m	gl	1	\$ 1.615.172	\$ 1.615.172
1.8	Letrero de Identificación de la Estación	gl	1	\$ 455.000	\$ 455.000
1.9	Letrero de Peligro	gl	1	\$ 78.000	\$ 78.000
1.10	Letrero de Zona de inundación y Vía de Evacuación**	gl	1	\$ 150.952	\$ 150.952
2	Instrumental				
2.1	Plataforma Satelital (incluye transmisor + datalogger y antena)	un	1	\$ 3.104.400	\$ 3.104.400
2.2	Panel Solar 40W	un	1	\$ 113.400	\$ 113.400
2.3	Batería 55AH	un	1	\$ 144.000	\$ 144.000
2.4	Pluviómetro modelo RG1(400), con 10 m de cable	un	1	\$ 624.000	\$ 624.000
2.5	Sensor de Temperatura y Humedad	un	1	\$ 696.000	\$ 696.000
2.6	Caseta tipo DGA	un	1	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Total Neto					\$ 11.975.551
IVA (19%)					\$ 2.275.355
Total					\$ 14.250.906

** Los letreros de zona de inundación y de vía de evacuación serán empleados cercano a poblaciones vulnerables.

Tabla 13.11 Presupuesto estación meteorológica estándar, disdrómetro

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	Estructura				
1.1	Instalación de Faena	un	1	\$ 988.000	\$ 988.000
1.2	Limpieza y Despeje del Terreno	un	1	\$ 590.200	\$ 590.200
1.3	Pollos de hormigón H-25	un	6	\$ 35.000	\$ 210.000
1.4	Torre Meteorológica 4 m (incluye soporte de instrumentos)	un	1	\$ 749.372	\$ 749.372
1.6	Pintura	un	1	\$ 757.055	\$ 757.055
1.7	Cerco Perimetral 3,0m x 3,0m	gl	1	\$ 1.615.172	\$ 1.615.172
1.8	Letrero de Identificación de la Estación	gl	1	\$ 455.000	\$ 455.000
1.9	Letrero de Peligro	gl	1	\$ 78.000	\$ 78.000
1.10	Letrero de Zona de inundación y Vía de Evacuación**	gl	1	\$ 150.952	\$ 150.952
2	Instrumental				
2.1	Plataforma Satelital (incluye transmisor + datalogger y antena)	un	1	\$ 3.104.400	\$ 3.104.400
2.2	Panel Solar 40W	un	1	\$ 113.400	\$ 113.400
2.3	Batería 55AH	un	1	\$ 144.000	\$ 144.000
2.4	Sensor Precipitación / Disdrómetro, con 10 m de cable	un	1	\$ 1.050.000	\$ 1.050.000
2.5	Sensor de Temperatura y Humedad	un	1	\$ 696.000	\$ 696.000
2.6	Caseta tipo DGA	un	1	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
				Total Neto	\$ 12.401.551
				IVA (19%)	\$ 2.356.295
				Total	\$ 14.757.846

** Los letreros de zona de inundación y de vía de evacuación serán emplazados cercano a poblaciones vulnerables.

13.1.2 Estación fluviométrica estándar

A continuación, se detalla y describe los instrumentos de medición, el sistema de transmisión, la estructura y seguridad, que debería contar una estación estándar pensando en un estándar idóneo de monitoreo para proteger a la población.

Construcción y Estructura

- Enrocado de entrada y salida

El enrocado es un tipo de defensas fluviales que se coloca en las estaciones fluviométricas, generalmente en su base para proteger de la erosión de los cauces.

Las piedras o rocas que se usarán en el enrocado deberán ser sanas, sin grietas u otras imperfecciones, y no deben presentar señales de meteorización. Además, deberán ser de formas regulares adecuadas para la ejecución de las obras, evitándose el uso de aquella con forma de cuña.

El volumen de las piedras a usar no deberá ser menor que 40 L, y su menor espesor deberá ser igual o superior a 30 cm. También podrá usarse piedra chancada que cumpla con los requisitos de calidad, forma y tamaños antes indicados.

El mortero para asentamiento de las piedras se hará con una mezcla de una parte de cemento Portland por dos partes de arena en volumen, además se podrá agregar como aditivo, una cantidad de cal hidratada igual al 10% del cemento en volumen. Mientras que el cemento Portland usado deberá cumplir con las normas chilenas de fabricación, envase y transporte, y su almacenamiento en obras.

Las piedras, previamente limpias y mojadas, para asegurar que ellas no absorban agua del mortero, se colocarán asentándolas firmemente sobre una capa de mortero, hasta que la mezcla empiece a salir por la parte inferior y ésta quede fija y estable.

El espesor mínimo del mortero entre los distintos elementos será de 3,0 cm. Los espacios entre las piedras que forman la mampostería deberán ser llenados con piedras chicas o lajas hasta presentar una superficie aproximadamente plana.

Entre el terreno existente y los elementos pétreos y el mortero no deben quedar huecos.

La mampostería deberá mantenerse húmeda durante el trabajo de relleno de las juntas y por lo menos hasta por tres días después del término.

- Gaviones de protección de laderas aguas arriba aguas abajo

Estructuras en forma de canasta rectangular, construidos con una malla metálica de acero inoxidable o hierro galvanizado. Tiene diferentes usos, siendo el más común el control de erosión de ríos y canales.

La construcción de gaviones debe considerar una cama de apoyo, consiste en material del cauce compactado en forma manual cuidadosamente en capas de espesores no mayor a 10 cm.

Previo a la colocación de la cama de apoyo, se deberá emparejar el fondo de la excavación, eliminando gravas o elementos de cantos angulosos.

Además, se debe considerar el relleno del respaldo de muro de gaviones con material del cauce compactado en forma manual, en capas de espesores no mayores a los 15 cm.

La compactación se debe realizar en la superficie de la capa de material en la condición óptima de humedad.

Los gaviones deberán estar constituidos por módulos de forma prismática y sección rectangular, construidos con mallas de alambre, divididos en compartimientos por medio de diafragmas o tabiques interiores del mismo tipo de mallas, y rellenos con piedras o bloques de roca.

Los gaviones deberán tener las dimensiones que se indiquen en cada proyecto, con una tolerancia de $\pm 5\%$.

La malla deberá consistir de un tejido de alambre, con triple torsión dejando aberturas de forma hexagonal alargada de 2,4 mm de diámetro, aceptándose una tolerancia máxima de hasta el 3,0% en el diámetro.

La calidad del acero deberá ser la adecuada para obtener alambres por trefilado. El contenido máximo de carbono será 0,10% y los contenidos máximos de Fósforo y

Azufre serán de 0,04% y 0,05%, respectivamente. La resistencia media a la ruptura por tracción estará comprendida entre 370 MPa y 490 MPa.

Las aristas o bordes de los gaviones deberán ser reforzados para impedir que la malla se deshiele. El alambre a usar en estos refuerzos deberá tener un diámetro al menos un 20% mayor que el de la malla.

El alambre para amarre y para tirantes deberá ser similar al de la malla tanto en lo concerniente a diámetro como la calidad del acero y del recubrimiento de protección.

Todos los alambres empleados en el tejido de las mallas, aristas, tirantes y amarres de los módulos deberán ser galvanizados.

Se utilizarán gaviones galvanizados ejecutados según el procedimiento de inmersión en un baño de zinc fundido con una pureza mínima de 99,15% en peso. El galvanizado tendrá un peso no menor que 240g de zinc por m² de superficie cubierta.

Tabla 13.12 Características Gaviones

Gaviones		
N°	Características	Exigencias
1	Abertura de la malla nominal	80x120 mm
2	Diámetro alambre malla	2,4 mm
3	Diámetro alambre borde	3,0 mm
4	Diámetro de los alambres costuras	2,4 mm
5	Resistencia de los alambres	40-50 kg/mm ²

El armado se debe efectuar a través de la costura de las distintas aristas que conforman los gaviones. Todos deben ir amarrados entre sí, tanto que son adyacentes, como los que están interpuestos. Se recomienda utilizar encofrados metálicos o de madera.

Para el relleno de los gaviones se deberán utilizar piedras naturales de canto o canto vivo, debiéndose evitar utilizar las piedras con aristas vivas en los gaviones en contacto directo con la malla de alambre recubierto. Las piedras deben ser planas, duras y no alterables por el agua o los agentes atmosféricos.

- Canal o sección de aforo

Su función es dirigir el flujo para que los instrumentos puedan medir el caudal que tiene el cauce.

Para la construcción de sección de aforo debe considerarse un ancho y largo según el diseño de la estación. Para la confección de la estación fluviométrica estándar se consideró un ancho de 4 metros y largo de 6 metros. Esta sección debe estar compuesta por un canal de aguas bajas de 1 metro de ancho y 30 cm de profundidad, y una losa de radier de 3 metros de ancho con una pendiente de un 1%. También deben considerarse muros laterales de 1,5 metros de alto y 25 cm de ancho con una longitud de 6 metros. Estos muros deben considerar tanto en aguas arriba como aguas abajo muros de encauzamientos de 1 metro de alto y 25 cm de ancho. Finalmente se deberá considerar enrocado de protección tanto aguas arriba como aguas abajo de la sección de aforo. En la siguiente figura se aprecia la ubicación de esta obra.

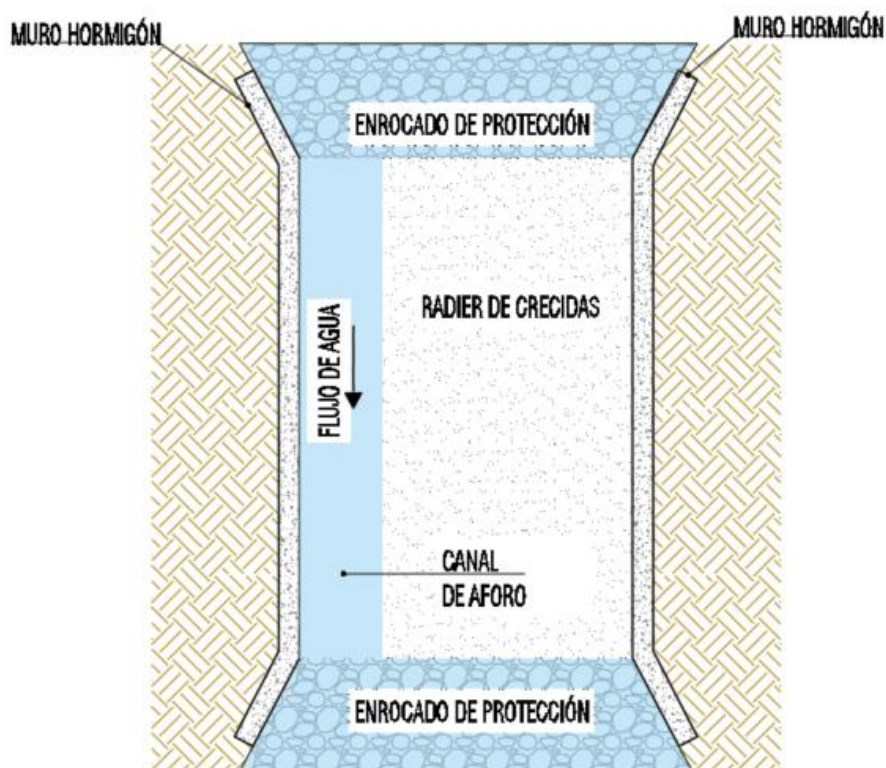


Figura 13.6 Sección de Aforo

- Losa o radier de crecida

Canal hecho en una estación fluviométrica, el cual debe aguantar un caudal de crecida mínimo de T=50 años. Su sección depende del diseño de la estación. Para la estación fluviométrica estándar se consideró con un ancho de 3,0 metros y una pendiente de un 1%, según lo mencionado en el punto anterior.

- Muros guía o estructurales

Sirven para mantener una sección de control en la estación fluviométrica. Generalmente, se construyen con hormigones de alta resistencia, por ejemplo: hormigón de G-30. En el punto de sección de aforo se hace mención de las medidas que se recomienda para los muros guías.

- Estructura para instalación del sensor de nivel

Para la instalación del sensor de nivel se deberá empotrar en el muro guía (ribera izquierda) un perfil cuadrado de 100 x 100 mm por toda la altura del muro, más 50 cm bajo la cota del radier. Este perfil debe tener puertas de inspección y aducciones de 2", ubicada a una distancia máxima de 30 cm de la regla limnimétrica.

- Carro de aforo

El carro de aforo debe ser diseñado según planos que entregue la DGA. En la construcción e instalación del carro de aforo, debe considerarse la construcción de la fundación para el montaje de las torres metálicas la cual será determinada según el diseño de cada estación fluviométrica. Para el caso de la estación fluviométrica estándar se consideró fundaciones con el espesor de al menos 1,0 m y un área de 3,8 m x 3,8 m, que en total corresponden a un volumen aproximado de 14,5 m³. En esta losa de fundación estarán comprendidos los apoyos de las torres, las cuales contemplan la instalación de 4 fierros con resaltes de 20 mm de diámetro por pata de la torre. La armadura de la losa de hormigón deberá estar constituida por un enmallado de fierro con resaltes de 20 mm de diámetro, a una separación de 30 cm

entre fierros, que comprenda todo su volumen. Las fundaciones deben ser construidas en ambas riberas del cauce.

Respecto a la construcción e instalación de 2 torres de 4 patas, deben ser construidas según planos entregados por la DGA. La altura dependerá del diseño que se haga para cada estación.

Respecto a la adquisición, montaje y tensado de cable de acero. Se deberá seguir diagrama de tensado, con una longitud indicada según diseño de cada estación, deberá ser fijado en sus extremos con grilletes nuevos tipo Crosby, 16 unidades en total, al igual que los dos guardacabos.

- Bodega para carro de aforo

Bodega para guardar el carro de aforo. Se recomienda que sea una estructura de bloques o muros de hormigón con una puerta metálica.

- Escalines de acceso

Los escalines corresponden a la escalera de acceso para visualizar el nivel del cauce en la regla limnimétrica.

- Cerco perimetral

El cerco es para limitar el acceso a la estación, previniendo accidentes y el mal uso o el robo de la instrumentación.

Se deberá considerar la instalación del cerco metálico malla Eurofence (12 ml), el cual deberá instalarse perimetralmente a la caseta metálica y con postes metálicos de diámetro de 3".

Deberá tener una altura de 1,8 m y configurar un cuadrante de 3,0 x 3,0 m (9,0 metros cuadrados). Cabe destacar que la altura se considerada podría sufrir modificaciones debido a la zona donde se encuentra emplazada la estación, así como también las medidas de seguridad asociadas.

- Caseta DGA

La caseta meteorológica (denominada Caseta tipo DGA) es una garita utilizada por la DGA para contener/resguardar el datalogger, batería y otros instrumentos necesarios para las mediciones atmosféricas.

Se deberá confeccionar e instalar la caseta para datalogger con pedestal de acuerdo al plano tipo DGA, se instalará mediante la construcción de fundación de hormigón de superficie 0,5x0,50 m y profundidad de 0,5 m.

Las dimensiones de la caseta son 0,6 m de alto en los extremos, 0,75 m de alto en el centro, 0,90 m de ancho y 0,50 m de fondo.

Se deberá considerar la instalación de revestimiento interior mediante el uso de polietileno expandido de 30 mm. de espesor y terciado marino de 10 mm. de espesor, Además se considera cerrojo de seguridad.

- Torre meteorológica (incluye soporte de instrumentos)

Esta torre es una estructura en la cual se colocan los instrumentos meteorológicos. Varía por los instrumentos que se utilizarán en cada estación meteorológica, debe estar acondicionado con un sistema de señales, de transmisión y de registro.

Respecto a la fundación de la torre, esta ser de hormigón estructural, en la que se empleará árido grueso con tamaño máximo de 1". El hormigón será de grado G20, NC 90. Cualquiera sea el modo de colocación, el hormigón deberá compactarse por vibración.

El hormigón deberá ser colocado antes de 60 minutos, medidos desde la salida de la hormigonera. El sistema de transporte será tal que permita una colocación continua. No se deberán aceptar interrupciones del hormigonado de más de 15 minutos.

El asentamiento de cono no deberá ser más de 7 cm. Se permitirá el uso de aditivos para hormigón, retardantes y/o plastificantes cuando sean aprobados por un IF.

La temperatura del concreto no debe ser mayor a los 32°C en el momento de colocarlo.

La torre debe ser un poste metálico de 4" de diámetro y 4 m de altura, debe tener un soporte de caseta metálica, antena, panel solar y sensores, con placa metálica en su base para fijación. Se deben considerar 0,5 m para instalar bajo el terreno.

Se deben considerar 2 brazos metálicos de un metro de largo para adosar al poste metálico mediante un sistema que permita desmontaje, el objetivo es que permita alojar sensores a 1,5 m desde la base del poste.

- Pintura

Se deberán pintar todas las estructuras metálicas con dos manos de antióxido y dos manos de pintura Triple Acción Metal de acuerdo a colores especificados en la Tabla 13.13.

Tabla 13.13 Especificaciones técnicas pintura

Pintura estructuras		
Tipo estructura	Color	Descripción
Torres metálicas	Azul pacifico	Triple acción
Hormigones (Fundaciones y machones)	Blanco	Caucho clorado 30R
Cable andarivel	Blanco	Caucho clorado 30R
Caseta tipo DGA	Azul pacifico	Triple acción
Mástil	Azul pacifico	Triple acción
Escalera acceso a regla	Azul pacifico	Triple acción
Cerco malla Euroforence 2,50x2,50m. Alt. 1,80 m	Azul pacifico	Triple acción

- Letrero identificación estación

El letrero de identificación de la Estación Fluviométrica, debe cumplir con los estándares actuales de la DGA. Forma rectangular apaisada de 120 x 70 cm. Plancha de 2,5 mm de espesor, cubierto en toda su extensión con lámina reflectiva Tipo I o superior según Norma ASTM 4956. Debe poseer tratamiento anticorrosivo, letras tipo vial, con el logotipo del MOP y DGA, entre otras. A continuación, en la Tabla 13.14 se presentan las características principales.

Tabla 13.14 Especificaciones técnicas letrero de identificación

Letreros de identificación para estaciones Fluviométricas o Hidrometeorológicas		
N°	Características	Exigencias
1	Forma	Rectangular apaisada 1,20 x 0,70 m
2	Plancha	Acero laminado en caliente de 2.5 mm de espesor, galvanizado en caliente, según Norma ASTM 123, con un mínimo de 65 µm (micras) de espesor. Además, debe contar con perforaciones para su soporte en los postes Omega.
3	Anverso	El fondo de la placa deberá cubrirse con lámina reflectante al menos Tipo I de acuerdo a la Norma ASTM 4956 de color blanco o Vinilo fundido autoadhesivo de 2.0 milésimas de pulgada de grosor, con adhesivo sensible a la presión y removible con calor, ambas láminas deben ser compatibles con impresión digital con tintas solventes e impresión con equipos electrostáticos. Los símbolos y leyendas se realizarán mediante impresión digital con tintas solventes e impresión con equipos electrostáticos. La señal además deberá contar con una lámina para la protección contra los rayos UV.
4	Color Fondo	Azul: Modelo de color RGB, Rojo:68, Verde:114, Azul:196
5	Letras y Dimensiones	Tipo: gobCL, color blanco.
		Texto 1: Estación Fluviométrica, altura de letra mínima 35 mm, centrado, en una línea.
		Texto 2: Nombre Estación, altura de letra mínima 40 mm, según la extensión del texto debe ser ajustado en 2 líneas, negrita, centrado.
6	Logotipo	MOP/DGA, Red Hidrométrica Nacional e Iconos de Medición serán proporcionados por DGA, según estación.
7	Código QR	Será proporcionado por DGA, según estación.
8	Postes	2 postes del tipo Omega de 3,0 m., 2,5 mm de espesor con tratamiento anticorrosivo mediante galvanizado en caliente, según Norma ASTM 123, con un mínimo de 65 µm (micras) de espesor
9	Fundaciones Postes	Corresponderá a Hormigón G-10 o H-10.
10	Fijaciones	8 pernos por letrero (tuercas y gollillas, 4 por poste). Pernos zincados de 6X64 mm, tuercas zincadas.



Figura 13.7 Letrero tipo identificación estación

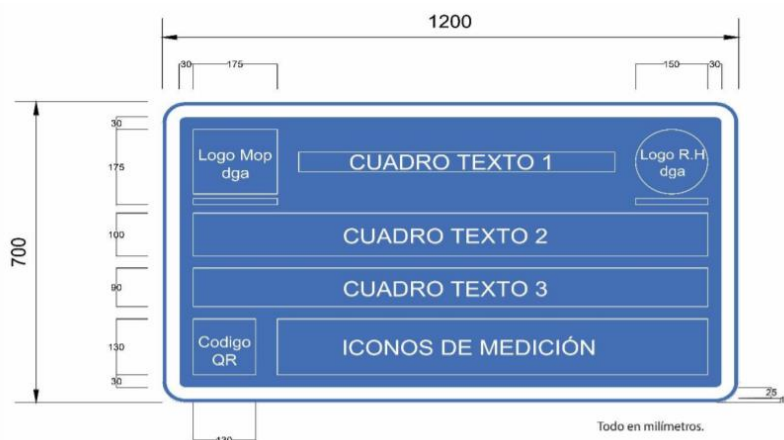


Figura 13.8 Dimensiones letrero tipo identificación estación

- Letrero de peligro

El letrero de peligro advierte y debe prevenir la circulación peatonal o vehicular en el recinto de la estación meteorológica. Debe cumplir con los estándares actuales del MOP y la DGA.

Las placas deben cubrirse por el anverso con lámina retrorreflectante color blanco Tipo I o superior según Norma ASTM 4956. Los símbolos y letras podrán ser elaborados de las siguientes formas:

1. Confección de plantilla para las letras y autoadhesivo para los 3 logotipos (Ministerial, D.G.A. y Calavera de Peligro) que se incluyen, o
2. Confección con autoadhesivo único que incluye las letras y logotipos.



Figura 13.9 Letrero tipo peligro estación

Los textos deben ser considerando los colores que se presentan en Tabla 13.15.

Tabla 13.15 Especificaciones Letrero de Peligro

Peligro	Rojo
Prohibido el uso y acceso a personas no autorizadas	Negro
La Dirección General de Aguas no se responsabiliza por accidentes ocurridos en sus instalaciones.	Azul

- Letrero advertencia de inundación y Letrero de vía de evacuación

El letrero de advertencia de inundación es para prevenir la circulación peatonal o vehicular en zonas de peligro (Figura 13.10).

El letrero de vía de evacuación tendrá como función indicar la dirección de evacuación hacia las zonas seguras durante los eventos extremos (Figura 13.11).

Los letreros deberán cumplir con el ícono y textos en un vinilo reflectivo, estarán en planchas de aluminio de 800x600mm de 2,5mm de espesor, con esquinas redondas. La cara posterior se terminará con 2 manos de pintura gris y la cara anterior se terminará con lámina reflectante Tipo: alta densidad.

Los postes de sustentación serán de un perfil de acero galvanizado, tipo omega de 110 mm de ancho, 38 mm de alto y 2,5 mm de espesor y se protegerán con 2 manos de esmalte negro.

El largo será de 3.000 mm y será reforzado con una lámina de acero de 2,5 mm de espesor, 80 mm de ancho y 1.750 mm de longitud, que se extenderá a partir de 920 mm de la parte superior y alcanzará a 300 mm de la extremidad interior.

Las placas se deberán fijar a los postes con pernos zincados de 6,0x64 mm, las tuercas también serán zincadas y ambos deberán estar ajustados según lo dispuesto en la NCH 301.



Figura 13.10 Letrero tipo zona de inundación

Diseñado por C. Bravo; R. Pardo, N. Salamanca & A. Fuentealba (2021). UTP INRHED -EMERGE.



Figura 13.11 Letrero tipo vía de evacuación

Diseñado por C. Bravo; R. Pardo, N. Salamanca & A. Fuentealba (2021). UTP INRHED -EMERGE.

Instrumentos

- Sensor de nivel

Instrumento para medir el nivel de agua, el cual debe tener las características mínimas descritas en la Tabla 13.16.

Tabla 13.16 Especificaciones técnicas de sensor de nivel

Sensor de nivel		
N°	Características	Exigencias
1	Protocolo de comunicación	SDI-12
2	Unidad de medición	metros y °C
3	Compensación	Por temperatura
4	Precisión nivel	Presión atmosférica a través de capilar integrado ±0,05% en relación al valor final del margen de medición
5	Temperatura de compensación	Rango mínimo 0°C a +30°C
6	Precisión temperatura	≤1°C
7	Temperatura de servicio	Al menos -10°C a +50°C
8	Alimentación eléctrica	Operable a 12 volt
9	Carcasa	Titanio o Acero inoxidable
10	Consumo eléctrico	Pasivo ≤ 1 mA
11	Dimensiones	Diámetro ≤ 35 mm, largo ≤30 cm
12	Tipo de membrana y protección	Membrana cerámica o metálica, con su protección respectiva
13	Desecante para capilar	Incluido
14	Cable conexión	Conductores diferenciados

El sensor debe tener la capacidad de conectarse al sistema de transmisión satelital que ya está instalado a la estación fluviométrica seleccionada.

- Tuberías o Barbacanas para sensor

Corresponde a la instalación de tuberías galvanizadas de diámetro de 3", la longitud depende del proyecto. Esta tubería será utilizada para llevar y proteger el cable del sensor de nivel que se instalará en la sección de aforo y cuyo extremo opuesto del cable se conectará con el equipo de almacenamiento instalado al interior de la caseta metálica.

La tubería deberá atravesar la sección de aforo por debajo de éste, hasta conectar con la estructura del sensor de nivel empotrada en muro guía.

Se debe considerar, además, la fijación de parte de la tubería en roca existente en el cauce.

- Regla limnimétrica

Forman parte del equipo básico de una estación fluviométrica para medir la medición del nivel del agua o flujo. Estas se empotrarán en el muro de hormigón proyectado.

Esta partida debe incluir todos los materiales necesarios, incluyendo la fijación o empotramiento de la regla limnimétrica. Debe asegurarse la medición desde la cota de fondo hasta la cota de crecida para T=50 años, según muestre el plano de cada proyecto.

La instalación de la regla limnimétrica, deberá realizarse referenciada a la coordenada geodésica y cota de monolito PR.

Las especificaciones técnicas para la confección de la regla limnimétrica y fichas de fierro fundido son las siguientes:

- Las reglas de fierro fundido gris, de 120 mm de ancho por 1 metro de largo y 20 mm de espesor, con división en decímetros y centímetros en relieve, y precisión milimétrica.
- Espesor bajo relieve será de 12 mm.
- Las dimensiones de la numeración tendrán 50 mm de altura, en relieve, dispuestos en un ancho de 30 mm y línea de 100 mm de largo con espesor de 5 mm cada 100 mm.
- Las graduaciones de la regla serán de 0 a 100, destacándose en sobre relieve los centímetros y los decímetros, debiendo tener la regla una medida exacta de 1,00 metros.
- Las reglas y las fichas deben contar con un tratamiento anticorrosivo.
- El fondo de la regla y las fichas deben ser de color blanco, en tanto las graduaciones de la regla y la numeración de la ficha deben destacar en color azul pacífico. La pintura será de alta calidad (Stierling o Chilcorrofin) para asegurar su durabilidad.
- La regla debe llevar distribuida en forma uniforme, 6 orejas perforadas, tres por cada lado, dispuestas conforme a lo especificado en plano tipo.
- En el costado superior izquierdo, deberá llevar una placa de 52 mm. de ancho por 100 mm de largo, como lo indica el plano, con el objeto de colocar la ficha con la respectiva numeración que indica la regla.

- Las fichas indicativas serán de fierro fundido gris y fijadas sobre la placa mencionada en el párrafo anterior, deben ser fabricadas con las siguientes dimensiones; 100 mm de alto por 95 mm de ancho con 15 mm de espesor, además de contar con 2 orificios de 3/8 para apernarlas a la placa.
- La regla debe llevar distribuida en forma uniforme, 6 perforaciones de 3/8", las cuales no deben alterar la graduación de esta.
- Una vez fabricada se deberá presentar la muestra para verificar que cumple con las especificaciones, previo a la autorización formal de confección de las reglas y juegos de fichas.

- Pluviómetro

El pluviómetro es un instrumento empleado para la recolección y medición de datos de precipitaciones. Se considera que en las estaciones fluviométricas también deben tener un pluviómetro que mida de modo fiable y preciso tanto la cantidad, como intensidad de precipitaciones en estado líquido, sólido y mezclado. Se recomienda para las estaciones fluviométricas un pluviómetro al menos con estas características descritas en la Tabla 13.17.

Tabla 13.17 Especificaciones técnicas pluviómetro

Sensor de Precipitación		
N°	Características	Exigencias
1	Tipo	Tippingbucket
2	Resolución o peso pulso	0,1 mm
3	Peso	Máximo 4 kg
4	Diámetro colector	≤ 12 pulgadas
5	Altura máxima	Máximo 65 cm
6	Temperatura de operación	al menos de 0°C a +50°C
7	Error de medición	≤ 5%
8	Largo cable comunicación	≥10
9	Señal de salida	Pulso
10	Soporte y protección	Fijación para instalación en mástil de 2 1/4 a 3 1/4 pulgadas de diámetro que otorgue alta resistencia a la acción del viento y condiciones climáticas extremas

- Sensor de Temperatura y Humedad

El termómetro es un instrumento empleado para medir la temperatura a diversas horas del día en una estación. Se considera para las estaciones fluviométricas tenga un sensor de temperaturas con las características mencionadas en la Tabla 13.18.

Tabla 13.18 Especificaciones técnicas termómetro

Sensor de Temperatura y Humedad		
N°	Características	Exigencias
1	Alimentación	Operable a 12 Volt
2	Rango de medición	A lo menos: -20°C a +50°C. 0% a 100% Humedad Relativa del aire.
3	Precisión de temperatura	$\leq \pm 0,5^\circ\text{C}$
4	Precisión de humedad	$\leq + 5\%$ de humedad
5	Señal de salida	SDI-12
6	Consumo	Máximo 25 mA
7	Cable conexión	Largo ≥ 8 metros y conductores diferenciados (ej: colores, números, etc.)
8	Protección	Pagoda protección solar incluida
9	Soporte	Fijación para instalación en mástil de 2 1/4 a 3 1/4 pulgadas de diámetro que otorgue alta resistencia a la acción del viento y condiciones climáticas extremas

- Panel Solar

Proporciona energía a la estación meteorológica, aprovechando la energía solar para su carga y generando energía eléctrica durante las 24 horas del día. Se consideró para el presupuesto un panel solar de 40w.

Tabla 13.19 Especificaciones técnicas de Paneles Solares

Paneles solares 40 watts y 12 volts		
N°	Características	Exigencias
1	Potencia máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	Mínimo 40 Watts
2	Corriente de carga	Mínimo 2,3 A
3	Voltaje a circuito abierto (VOC)	Mínimo 17 Volts
4	Celda	Policristalino o Monocristalino
5	Regulador de voltaje y protecciones	Compatible para el panel solar con salida a 12 V (incluido)
6	Temperatura de operación	Al menos -40°C a +50°C
7	Peso	Máximo 8 kilogramos
8	Cable	Mínimo 10 m de longitud con conductores diferenciados (ej.: colores, números, etc.) Debe venir conectado al panel solar.
9	Soporte y protección	Brazo ajustable en azimut-elevación para mástil de 2 1/4 a 3 1/4 pulgadas de diámetro. Alta resistencia a la acción del viento y condiciones climáticas extremas. El sistema de soporte debe venir instalado al panel.

- **Batería**

Las baterías son necesarias para guardar carga de los paneles solares, se recomienda tener dos, para cada panel solar. También se considera que deberán ser de tipo 55Ah.

Tabla 13.20 Especificaciones técnicas Batería 55Ah

Batería 55Ah		
N°	Características	Exigencias
1	Tipo	12V/55 Ah. Sellada de libre de mantención
2	Voltaje nominal	12 V
3	Capacidad nominal mínima	Capacidad nominal mínima 20 hrs a 2.75 A 10.5V, 55Ah
4	Temperatura operación	Mínimo -5°C a +50°C (carga y descarga)
5	Ciclo de vida	Mínimo 500 ciclos
6	Peso máximo	20 kg
7	Dimensiones máximas	300mm x 300mm x 200mm
8	Calidad	Alta calidad en componentes y operación, Tipo PowerSonic, Hace, entre otras.

- **Plataforma Satelital**

La plataforma satelital sirve para la transmisión inalámbrica de los datos. Se recomienda el uso de una plataforma de instalación fija, con una manga de montaje que sea de fácil instalación a un mástil externo.

Se recomienda un datalogger, que venga en conjunto con la plataforma satelital. El datalogger es un registrador de datos remoto para las estaciones meteorológicas y su finalidad es proporcionar acceso instantáneo a datos ambientales específicos del sitio en cualquier lugar.

Tabla 13.21 Especificaciones técnicas Plataforma Satelital

Plataformas satelitales		
N°	Características	Exigencias
1	Rango voltaje de entrada	Operable en el rango 11 volt a 14 volt
2	Temperatura de operación	A lo menos -40°C a +50°C
3	Humedad	A lo menos 0% a 85% H/R (no condensado)
4	Consumo horario de la plataforma	Stand-by máximo 30 mA Uso GPS inferior o igual 355 mA, y transmisión (en base a 300Bd) máximo 4,5A
5	Software	Basado en Windows
6	Software aplicación	Incluido para cada equipo en español y/o inglés, con sus respectivas licencias en caso de ser necesario. Debe trabajar en Windows XP y 7 como mínimo

DIAGNÓSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RED NACIONAL DE ALERTA DE EVENTOS
HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS". DGA-MOP

Plataformas satelitales		
N°	Características	Exigencias
7	Status	Leds indicadores
8	Cable comunicación	Debe incluir cable de comunicación a puerto USB del computador
Etapa de Almacenamiento de datos		
1	Memoria de almacenamiento	Mínimo 2MB, y tarjeta electrónica o similar: para rescate de datos (Incluida)
2	Intervalos de grabación	Mínimo 5, 15, 30 min.; 1, 12 y 24 hrs
3	Tipo y cantidad de señales de entrada de datos	A lo menos 12 canales SDI-12 (lógicos), 1 canal de pulso y 4 entradas de Voltaje
4	Precisión de reloj	Máximo 1 min/mes
5	Procesos	Debe contar con la posibilidad de añadir offset (pendiente y constante de la recta) por parámetro
6	Extracción de archivos	Texto sin codificar, TXT, EXCEL o CSV
Etapa Transmisión		
1	Satélite	GOES CS2
2	Certificación	NESDIS (Incluir certificado)
3	Velocidad de transmisión	Compatible con sistema satelital GOES de la NOAA. (al menos con 300 Bd)
4	Mantenimiento horario	Con GPS
5	Potencia de salida	Compatible con satélite GOES
6	Rango frecuencia	Cubre al menos 401,701 (CH01) a 402,0985 (CH266) MHZ
7	FailSafe	Reset físico o por software
8	Protocolo	ASCII
9	Rango voltaje de entrada	Operable al menos en el rango 11 volt a 14 volt
10	Mensaje transmisión	Deseable sin codificar. En caso contrario, incluir proceso de decodificación.
11	Accesorios por transmisor	Antena de transmisión con mínimo 8 metros de cable; Antena GPS mínimo 5 metros de cable
12	Conector antena transmisión	Tipo N o Adaptador a N (Salida a RF)

- Diseño de Estación Fluviométrica

Se considera que el diseño de la estación fluviométrica estará dado por el caudal asociado a un periodo de retorno de 50 años. Además de la accesibilidad y altitud de donde se emplazará la estación, se debe considerar una ingeniería de detalle respaldada por estudios específicos del lugar donde se instalarán las estaciones, tales como:

- Estudio geomorfológico
- Estudio topográfico (+ aerofotogramétrico y batimétrico)
- Estudio hidrológico
- Estudio hidráulico (+Modelación hidráulica 1D y 2D)
- Diseño y verificación de las obras (para T=50 años y T=100 años)
- Informe de mecánica de suelos
- Descripción detallada de las obras propuestas.

En la Tabla 13.22 se muestra el presupuesto final asociado a la construcción de la estación fluviométrica estándar.

Tabla 13.22 Presupuesto estación fluviométrica estándar

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	Construcción y estructura				
1.1	Instalación de Faena	un	1	\$ 1.950.000	\$ 1.950.000
1.2	Limpieza y Despeje del Terreno	un	1	\$ 1.856.400	\$ 1.856.400
1.3	Desembanque y Encauzamiento	un	1	\$ 2.031.120	\$ 2.031.120
1.4	Enrocado de Protección	un	1	\$ 37.453	\$ 37.453
1.5	Gaviones (1,0x1,0m+fundación 1,5x0,5m)	gl	1	\$ 5.180.630	\$ 5.180.630
1.6	Construcción de Sección de Aforo	gl	1	\$ 3.075.000	\$ 3.075.000
1.7	Muros Estructurales (Ambas riberas)	gl	2	\$ 3.472.300	\$ 6.944.600
1.8	Estructura para Instalación del Sensor de Nivel	gl	1	\$ 700.000	\$ 700.000
1.9	Carro de Aforo (incluye cable, soporte, base concreto y torre para el carro)	un	1	\$ 15.775.000	\$ 15.775.000
1.10	Escalines de acceso a la regla limnimétrica	un	1	\$ 139.750	\$ 139.750
1.11	Pollos de hormigón H-25	un	5	\$ 35.000	\$ 175.000
1.12	Cerco Perimetral 3,0m x 3,0m	gl	1	\$ 1.615.172	\$ 1.615.172
1.13	Caseta DGA	un	1	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
1.14	Torre Meteorológica 4 m (incluye soporte de instrumentos)	un	1	\$ 749.372	\$ 749.372
1.15	Pintura General de Estructuras	gl	1	\$ 757.055	\$ 757.055
1.16	Letreros de Identificación de la Estación	gl	1	\$ 455.000	\$ 455.000
1.17	Letrero Peligro	gl	1	\$ 78.000	\$ 78.000
1.18	Letrero de Zona de inundación y Vía de Evacuación**	gl	1	\$ 150.952	\$ 150.952
2	Instrumental				
2.1	Fluviométrica				
2.1.1	Sensor de nivel (con 10 m de cable autocompensado)	un	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
2.1.2	Regla Limnimétrica	un	1	\$ 310.050	\$ 310.050
2.2	Meteorológica				
2.2.1	Pluviómetro modelo RG1(400), con 10 m de cable	un	1	\$ 624.000	\$ 624.000
2.2.2	Sensor de Temperatura y Humedad	un	1	\$ 696.000	\$ 696.000
2.3	Estación				
2.3.1	Batería 55AH	un	1	\$ 144.000	\$ 144.000
2.3.2	Plataforma Satelital (incluye transmisor + datalogger y antena)	un	1	\$ 3.104.400	\$ 3.104.400
2.3.3	Panel Solar 40W	un	1	\$ 113.400	\$ 113.400
3	Diseño				
3.1	Diseño de Estación Fluviométrica (incluye planos y memorias de cálculo)	gl	1	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000
				Total Neto	\$ 64.862.354
				IVA (19%)	\$ 12.323.847
				Total	77.186.201

** Los letreros de zona de inundación y de vía de evacuación serán empleados cercano a poblaciones vulnerables.

13.2 Valorización de la Red

Para la valorización de la red de estaciones críticas, en el caso de las estaciones meteorológicas se consideró la estación estándar y para las estaciones fluviométrica se realizó un catastro de licitaciones históricas, identificando un valor aproximado del costo asociado a una estación totalmente nueva. Para esto las estaciones críticas finales se clasificaron de acuerdo a su caudal de 50 años de periodo de retorno en estaciones pequeñas, medianas, grandes con losa y grandes sin losa. Además, se consideró un factor que pondera la accesibilidad de la estación. La Tabla 13.23 muestra el valor de las estaciones fluviométricas perteneciente a la red de Arica y Parinacota, sumando un total de \$1.470 millones de pesos. Si a este valor le sumamos el costo total de la red piezométrica desarrollada en el capítulo 14.4 del presente estudio y una estación meteorológica, el costo total de la implementación de una red totalmente nueva asciende a **\$1.575 millones de pesos**. En el **Anexo 11** se incluyen los cálculos de la estimación de los precios.

Tabla 13.23 Valor de las estaciones fluviométricas críticas Red Arica y Parinacota

Código BNA	Nombre	Caudal T=50 [m ³ /s]	Clasificación	Factor	Precio
01502008-3	Río Camarones en Chilpe	125,26	3	1	\$ 296.398.485
01502002-4	Río Camarones en Conanoxa	150,01	3	1	\$ 352.139.905
01310002-0	Río San José en Ausipar	161,34	3	1	\$ 377.665.102
01210001-9	Río Lluta en Tocontasi	190,90	3	1	\$ 444.757.846
Total					\$1.470.961.339

13.3 Identificación de Brechas

Para la identificación de brechas se consideró una comparación entre las características definidas para la estación estándar, en cuanto a infraestructura, instrumentación y otros (letrero de identificación, de peligro y de inundación), con cada estación considerada como crítica.

13.3.1 Estaciones meteorológicas

En la Tabla 13.24 se identifican las brechas para la estación meteorológica considerada como nueva propuesta para esta región, esta estación se emplazaría a una altitud aproximadamente de 4.550 m.s.n.m.

Tabla 13.24 Brechas estaciones meteorológicas críticas, Región Arica y Parinacota

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	
			Estación estándar	Putre
1 Estructura				
1.1	Instalación de Faena	un	1	1
1.2	Limpieza y Despeje del Terreno	un	1	1
1.3	Pollos de hormigón H-25	un	6	6
1.4	Torre Meteorológica 4 m (incluye soporte de instrumentos)	un	1	1
1.6	Pintura	un	1	1
1.7	Cerco Perimetral 3,0X3,0m	gl	1	1
1.8	Letrero de Identificación de la Estación	gl	1	1
1.9	Letrero de Peligro	gl	1	1
1.1	Letrero de Zona de inundación y Vía de Evacuación**	gl	1	1
2 Instrumental				
2.1	Plataforma Satelital (incluye transmisor + datalogger y antena)	un	1	1
2.2	Panel Solar 40W	un	1	1
2.3	Batería 55AH	un	1	1
2.4	Pluviómetro modelo RG1(400), con 10 m de cable	un	1	1
2.5	Sensor de Temperatura y Humedad	un	1	1
2.6	Caseta tipo DGA	un	1	1

13.3.2 Estaciones fluviométricas

En la Tabla 13.25 se identifican las brechas identificadas de las estaciones fluviométricas críticas Río San José en Ausipar, Río Lluta en Tocontasi, Río Camarones en Chilpe y Río Camarones en Conanoxa.

Tabla 13.25 Brechas estaciones fluviométricas críticas, Región Arica y Parinacota

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad				
			Estación Estandar	Río San José en Ausipar	Río Lluta En Tocontasi	Río Camarones En Chilpe	Río Camarones En Conanoxa
1	Construcción y estructura						
1.1	Instalación de Faena	un	1	1	1	1	0
1.2	Limpieza y Despeje del Terreno	un	1	1	1	1	0
1.3	Desembanque y Encauzamiento	un	1	1	1	1	0
1.4	Enrocado de Protección	un	1	1	1	1	0
1.5	Gaviones (1,0x1,0m+fundación 1,5x0,5m)	gl	1	1	1	1	0
1.6	Construcción de Sección de Aforo	gl	1	1	1	0	0
1.7	Muros Estructurales (Ambas riberas)	gl	2	0	1	0	0
1.8	Estructura para Instalación del Sensor de Nivel	gl	1	0	1	0	0
1.9	Carro de Aforo (incluye cable, soporte, base concreto y torre para el carro)	un	1	1	1	1	0
1.1	Escalines de acceso a la regla limnimétrica	un	1	1	1	1	0
1.11	Pollos de hormigón H-25	un	5	0	1	1	0
1.12	Cerco Perimetral 3,0m x 3,0m	gl	1	0	1	1	0
1.13	Caseta DGA	un	1	0	0	0	0
1.14	Torre Meteorológica 4 m (incluye soporte de instrumentos)	un	1	0	0	0	0
1.15	Pintura General de Estructuras	gl	1	0	0	0	0
1.16	Letreros de Identificación de la Estación	gl	1	0	1	0	0
1.17	Letrero Peligro	gl	1	1	1	0	0
1.18	Letrero de Zona de inundación y Vía de Evacuación**	gl	1	1	1	1	1
2	Instrumental						
2.1	Fluviométrica						
2.1.1	Sensor de nivel (con 10 m de cable autocompensado)	un	1	0	0	0	0
2.1.2	Regla Limnimétrica	un	1	0	1	0	0
2.2	Meteorológica						
2.2.1	Pluviómetro modelo RG1(400), con 10 m de cable	un	1	0	0	0	0
2.2.2	Sensor de Temperatura y Humedad	un	1	1	1	0	0
2.3	Estación						
2.3.1	Batería 55AH	un	1	0	0	0	0
2.3.2	Plataforma Satelital (incluye transmisor + datalogger y antena)	un	1	0	0	0	0
2.3.3	Panel Solar 40W	un	1	0	0	0	0
3	Diseño						
3.1	Diseño de Estación Fluviométrica (incluye planos y memorias de cálculo)	gl	1	0	1	1	0

13.4 Evaluación de Costos

A partir de las brechas identificadas y el presupuesto de las estaciones estándar presentados en la sección 13.1, se elaboraron los costos de cada estación de la red hidrométrica crítica.

Para la evaluación de los costos de la estructura se utiliza una metodología de ponderación mediante factores que consideran la elevación, la accesibilidad a la estación y para el caso de las estaciones fluviométricas el caudal asociado a un periodo de retorno de 50 años. La Tabla 13.26 muestra los factores de ponderación en base a la elevación, considerando que las dificultades de construcción se agravan a una elevación mayor a los 3.000 m.s.n.m. La Tabla 13.27 muestra los factores de accesibilidad considerados, este es un criterio subjetivo, basado en las observaciones en terreno y en la opinión del Jefe Regional de Hidrología de la DGA, mientras que la Tabla 13.28 muestra los factores asociados a los caudales con periodo de retorno de 50 años en el caso de las estaciones fluviométricas, los rangos de caudal también se definieron considerando las visitas a terreno realizadas.

Tabla 13.26 Factor elevación

Elevación [m.s.n.m]	Factor
0 – 3.000	1
3.000 – 5.000	1,4

Tabla 13.27 Factor de accesibilidad

Accesibilidad	Factor
Buena	1
Regular	1,1 – 1,3
Mala	1,4 – 1,6

Tabla 13.28 Factor tamaño estación

Tipo Estación	Tamaño estación	Rango caudal T=50 [m ³ /s]	Factor
1	Pequeña	> 33	0,6
2	Mediana	33-100	1
3	Grande con losa	100-200	2
4	Grande sin losa	200 >	1,5

En la Tabla 13.29 se aprecian los caudales obtenidos para un periodo de retorno de 50 años, de las estaciones críticas finales para esta región.

Tabla 13.29 Caudales asociados a un periodo de retorno de 50 años

Código BNA	Estación	Caudal T=50 [m ³ /s]	Método	TIPO
01502008-3	Río Camarones en Chilpe	125,26	Transposición de caudales	3
01502002-4	Río Camarones en Conanoxa	150,01	Análisis de frecuencias	3
01310002-0	Río San José en Ausipar	161,34	Análisis de frecuencias	3
01210001-9	Río Lluta en Tocontasi	190,90	Análisis de frecuencias	3

13.4.1 Estaciones meteorológicas

La Tabla 13.30 muestra el costo asociado a la estación nueva propuesta en la localidad de Putre a una altitud cercana a los 4.550 m.s.n.m. El plan de acción de esta estación asciende a un total de aproximadamente \$26 millones de pesos.

Tabla 13.30 Costos Plan de Acción estación meteorológica

Ítem	Descripción	Valor Putre
1	Estructura	\$ 5.593.751
2	Instrumental	\$ 6.381.800
Total Neto		\$ 11.975.551
Factor de elevación		x1,4
Factor de accesibilidad		x1,3
Total Neto Ponderado		\$ 21.795.503
IVA (19%)		\$ 4.141.146
Total		\$ 25.936.648

13.4.2 Estaciones fluviométricas

La Tabla 13.31 muestra el costo asociado a la identificación de brechas de las estaciones fluviométricas de la región. Se destaca que para el caso de la estación Río Camarones en Conanoxa solo se considera la implementación del letrero de zona de inundación y vía de evacuación. En el caso de las estaciones Río San José en Ausipar, Río Lluta en Tocontasi y Río Camarones Chilpe, requieren obras mayores. El plan de acción de esta estación asciende a un total de aproximadamente \$303 millones de pesos.

Tabla 13.31 Costos Plan de Acción estación fluviométrica

Ítem	Descripción	Río San José en Ausipar	Río Lluta en Tocontasi	Río Camarones en Chilpe	Río Camarones en Conanoxa
1	Construcción Y Estructura	\$ 30.274.305	\$ 36.551.777	\$ 28.771.477	\$ 150.952
2	Instrumental	\$ 696.000	\$ 1.006.050	-	-
3	Diseño	-	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000	-
Total Neto		\$ 30.970.305	\$ 52.557.827	\$ 43.771.477	\$ 150.952
Factor de Elevación		x1	x1	x1	x1
Factor de Accesibilidad		x1	x1	x1	x1
Factor Tamaño		x2	x2	x2	x2
Total Neto Ponderado		\$ 61.940.610	\$ 105.115.654	\$ 87.542.954	\$ 301.904
IVA (19%)		\$ 11.768.716	\$ 19.971.974	\$ 16.633.161	\$ 57.362
Total		\$ 73.709.32	\$ 125.087.628	\$ 104.176.115	\$ 359.266

13.4.3 Costo total

El costo total del plan de acción de las estaciones críticas asciende a **\$329 millones de pesos**. Este monto sería utilizado para llevar a la calidad de estándar definido en el estudio a 4 estaciones fluviométricas y 1 estación meteorológica nueva.

14 Red Piezométrica

14.1 Variables monitoreadas, georreferenciación y sistemas hidrográficos asociados

La Región de Arica y Parinacota posee un sistema hidrométrico con 32 estaciones piezométricas. En cuanto a la distribución, se encuentran concentradas en el noroeste de la región, registrando una debilidad en la red hidrométrica en el resto de la zona.

En la Figura 14.1 se muestran los Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC) y la ubicación espacial de los pozos de la región, destacando los SHAC monitoreados. Y en la Tabla 14.1 se muestran los datos principales asociados a la información de cada estación piezométrica.

Mencionar que la instrumentación utilizada para obtener los niveles de pozo corresponde a mediciones manuales ejecutadas con pozómetros.

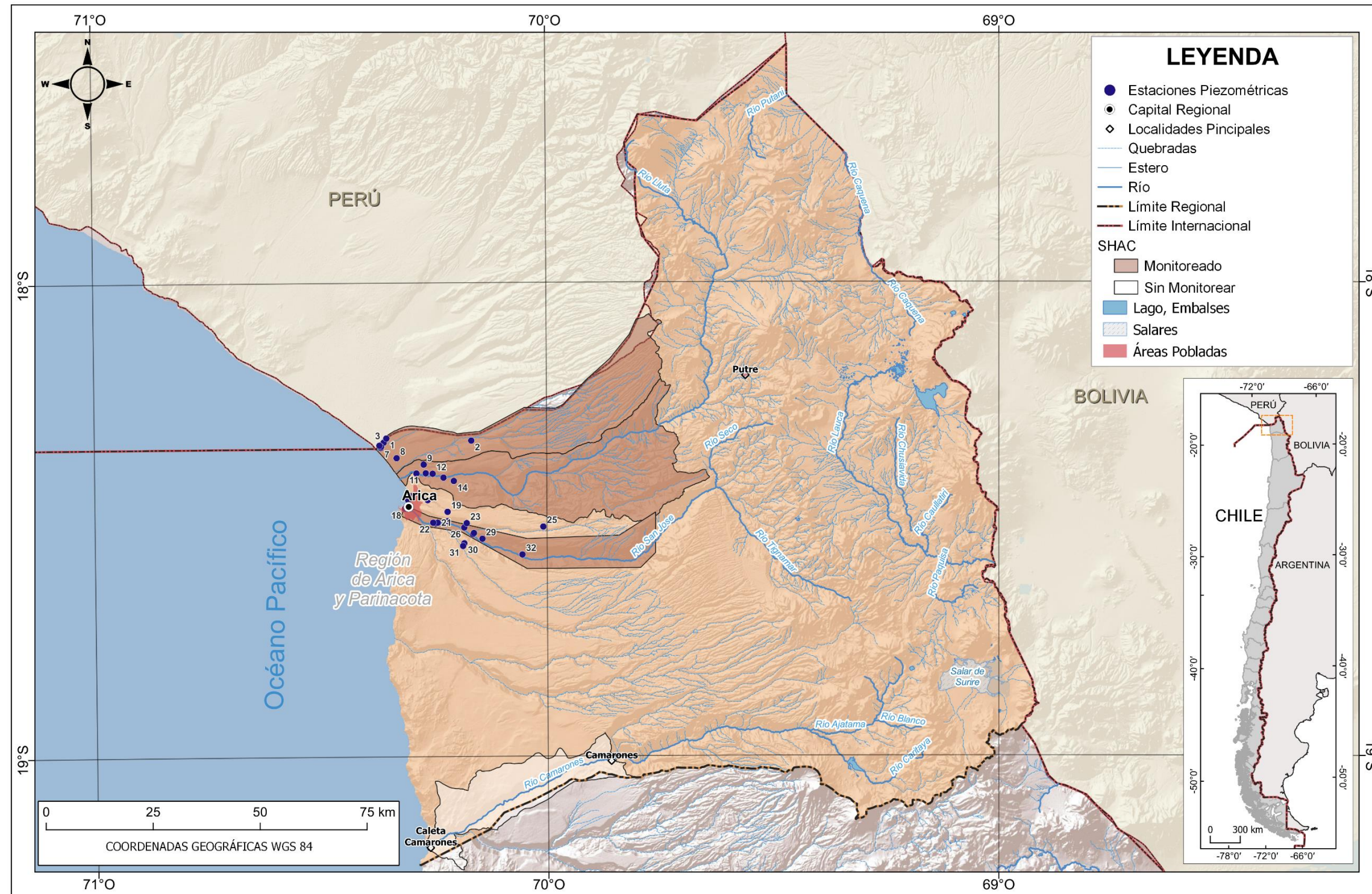


Figura 14.1 Ubicación pozos DGA, Región de Arica y Parinacota

Tabla 14.1 Información básica pozos, Región de Arica y Parinacota

ID	Código	Nombre	Coordenadas UTM WGS84 19S		Acuífero	SHAC	Tipo Limitación	Año Inicio	Año Fin	Comportamiento
			Este	Norte						
1	01110006-6	La Concordia D3	356.865	7.972.994	Quebrada de la Concordia	Concordia	Acuífero Abierto	1967	2021	Estático
2	01310062-4	Hospital	376.715	7.972.515	Quebrada de la Concordia	Concordia	Acuífero Abierto	1989	1997	Dinámico
3	01110005-8	La Concordia D4	356.249	7.972.024	Quebrada de la Concordia	Concordia	Acuífero Abierto	1967	2014	Estático
4	01110007-4	La Concordia B2	355.242	7.971.351	Quebrada de la Concordia	Concordia	Acuífero Abierto	1967	2013	Estático-Dinámico
5	01110010-4	La Concordia B4	355.257	7.971.311	Quebrada de la Concordia	Concordia	Acuífero Abierto	1967	2021	Estático-Dinámico
6	01110008-2	La Concordia B3	355.641	7.971.060	Quebrada de la Concordia	Concordia	Acuífero Abierto	1967	2021	Estático-Dinámico
7	01110004-K	La Concordia B1	355.581	7.970.787	Quebrada de la Concordia	Concordia	Acuífero Abierto	1983	2021	Estático
8	01110009-0	Aeropuerto Chacalluta A1	359.277	7.968.399	Quebrada de la Concordia	Concordia	Acuífero Abierto	1983	2007	Dinámico
9	01110003-1	La Concordia D2	365.598	7.966.907	Río Lluta	Lluta Bajo	Área de Restricción	1967	2006	Dinámico
10	01211009-K	J - 2 (Pozos JICA)	366.082	7.964.881	Río Lluta	Lluta Bajo	Área de Restricción	2000	2009	Dinámico
11	01211007-3	J - B (Pozos JICA)	363.899	7.964.829	Río Lluta	Lluta Bajo	Área de Restricción	2000	2013	Dinámico
12	01310048-9	Avenida Azola	367.697	7.964.770	Río Lluta	Lluta Bajo	Área de Restricción	1974	1989	Dinámico
13	01211010-3	J - A (Pozos JICA)	370.231	7.963.864	Río Lluta	Lluta Bajo	Área de Restricción	2000	2017	Dinámico
14	01211008-1	J - 1 (Pozos JICA)	372.638	7.963.082	Río Lluta	Lluta Bajo	Área de Restricción	2000	2021	Dinámico
15	01310033-0	Saucache	362.570	7.959.507	N/A	N/A	N/A	1975	2001	Dinámico
16	01310032-2	Algodonal	366.537	7.958.613	N/A	N/A	N/A	1975	1998	Dinámico
17	01310034-9	Avenida Balmaceda	361.990	7.958.581	N/A	N/A	N/A	1975	2006	Dinámico
18	01310067-5	Hotel El Paso	361.195	7.956.569	Río San José	Azapa	Zona de Prohibición	1989	2013	Dinámico
19	01310065-9	Las Dunas (Dorotea Sorta)	371.190	7.955.879	N/A	N/A	N/A	1989	1998	Dinámico
20	01310061-6	Las Animas	371.293	7.953.697	Río San José	Azapa	Zona de Prohibición	1988	2005	Dinámico
21	01310072-1	Pago Gómez	368.891	7.953.342	Río San José	Azapa	Zona de Prohibición	2001	2005	Estático
22	01310074-8	San Juan Ocurica	367.835	7.953.335	Río San José	Azapa	Zona de Prohibición	2000	2006	Dinámico
23	01310070-5	Escuela G-9	375.666	7.953.234	N/A	N/A	N/A	1989	2005	Dinámico
24	01310027-6	Las Vargas	368.453	7.953.168	Río San José	Azapa	Zona de Prohibición	1977	2020	Dinámico
25	01310035-7	Facundo Gutiérrez	393.560	7.952.451	N/A	N/A	N/A	1971	2012	Dinámico
26	01310045-4	Pago Gómez San Elías	375.086	7.952.216	Río San José	Azapa	Zona de Prohibición	1976	2002	Dinámico
27	01310069-1	Santa Irene Sur	377.336	7.950.918	Río San José	Azapa	Zona de Prohibición	1989	2012	Dinámico
28	01310024-1	Las Riveras De Madrid	377.139	7.950.644	Río San José	Azapa	Zona de Prohibición	1962	2016	Dinámico
29	01310064-0	Pascual Roco (Noria 062)	379.333	7.949.600	Río San José	Azapa	Zona de Prohibición	1989	2020	Dinámico
30	01310026-8	Las Maitas L Violetas	375.111	7.948.527	N/A	N/A	N/A	1975	2012	Dinámico
31	01310046-2	Las Maitas	374.821	7.947.910	N/A	N/A	N/A	1975	2007	Dinámico
32	01310036-5	Escuela Chitita N 28	388.683	7.945.925	Río San José	Azapa	Zona de Prohibición	1985	2020	Estático-Dinámico

N/A : No aplica

14.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A partir de la información descargada desde la plataforma del SNIA de la DGA, se realizó un análisis estadístico de los datos, así como de la distribución espacial de las estaciones en estudio.

14.2.1 Disponibilidad de Datos

En la Tabla 14.1 se indican los años en que se comenzaron a medir los niveles de pozo y el último año en el que se registró un valor, cabe mencionar que varios de los datos de niveles entregados por la plataforma de la DGA corresponden al valor cero, por lo que dichos valores se entienden como errores de la plataforma y no fueron considerados en el análisis.

14.2.2 Niveles estáticos y dinámicos

Basado en la información de niveles de pozo disponible, estos se han clasificado como estático, dinámico y estático-dinámico.

Se entiende por nivel estático al valor medido en profundidad (en metros) respecto a la cota de terreno, que representa el nivel natural del agua subterránea en el acuífero. En este tipo de medición el equipo de bombeo no se encuentra en funcionamiento y no existen pozos en etapa de bombeo que afecten el comportamiento natural de este.

El nivel dinámico, corresponde al valor medido durante el bombeo del pozo, por lo que el valor obtenido en profundidad respecto de la cota de terreno, dependerá del caudal extraído y de la etapa del bombeo en la que se encuentre el pozo (tiempo temprano o tardío).

El comportamiento estático-dinámico se observa, generalmente, en pozos donde inicialmente se registraron valores correspondientes a un nivel estático, pero en los años posteriores se miden niveles dinámicos. En algunos casos, los catalogados como pozos que miden niveles estáticos, presentan niveles dinámicos, pero existe un predominio de los niveles estáticos.

En la Tabla 14.1 se detalla la clasificación del comportamiento de los pozos seleccionados para la región. Es importante recalcar que el análisis es de tipo cualitativo y pueden

existir errores en la determinación del comportamiento del pozo, la única manera efectiva de clasificar si el nivel medido es dinámico o estático, es cerciorándose en terreno al momento del registro.

14.2.3 Distribución Espacial

En la Figura 14.2 se muestra la ubicación de los pozos y se clasifican respecto a su comportamiento (estático y/o dinámico). La concentración en cuanto a la ubicación de estos se presenta como mapa de calor, donde el color rojo indica la zona con mayor cantidad de pozos y el color verde la zona con menor cantidad. Por lo que las zonas marcadas en el mapa cuentan con una densidad de pozos suficientes para un correcto monitoreo desde el punto de vista de la ubicación geoespacial (en el plano XY, sin considerar la profundidad del pozo, ni la ubicación de las cribas), ya que para hablar de un monitoreo completo se requiere considerar también la calidad del valor monitoreado.

Se observa que solo en una parte de la superficie de la región se identifican SHAC (abiertos, en área de restricción o en zona de prohibición) y que la mayoría de las estaciones piezométricas se encuentran en un SHAC existiendo algunos ubicados fuera de estos.

En cuanto a la clasificación del tipo de comportamiento de los pozos, solo en un sector al noroeste de la región se presentan pozos identificados como estáticos o estático-dinámico. Por lo que dicha zona presenta una calidad de la información alta, en lo que respecta a la utilidad de los registros para la realización de estudios hidrogeológicos.

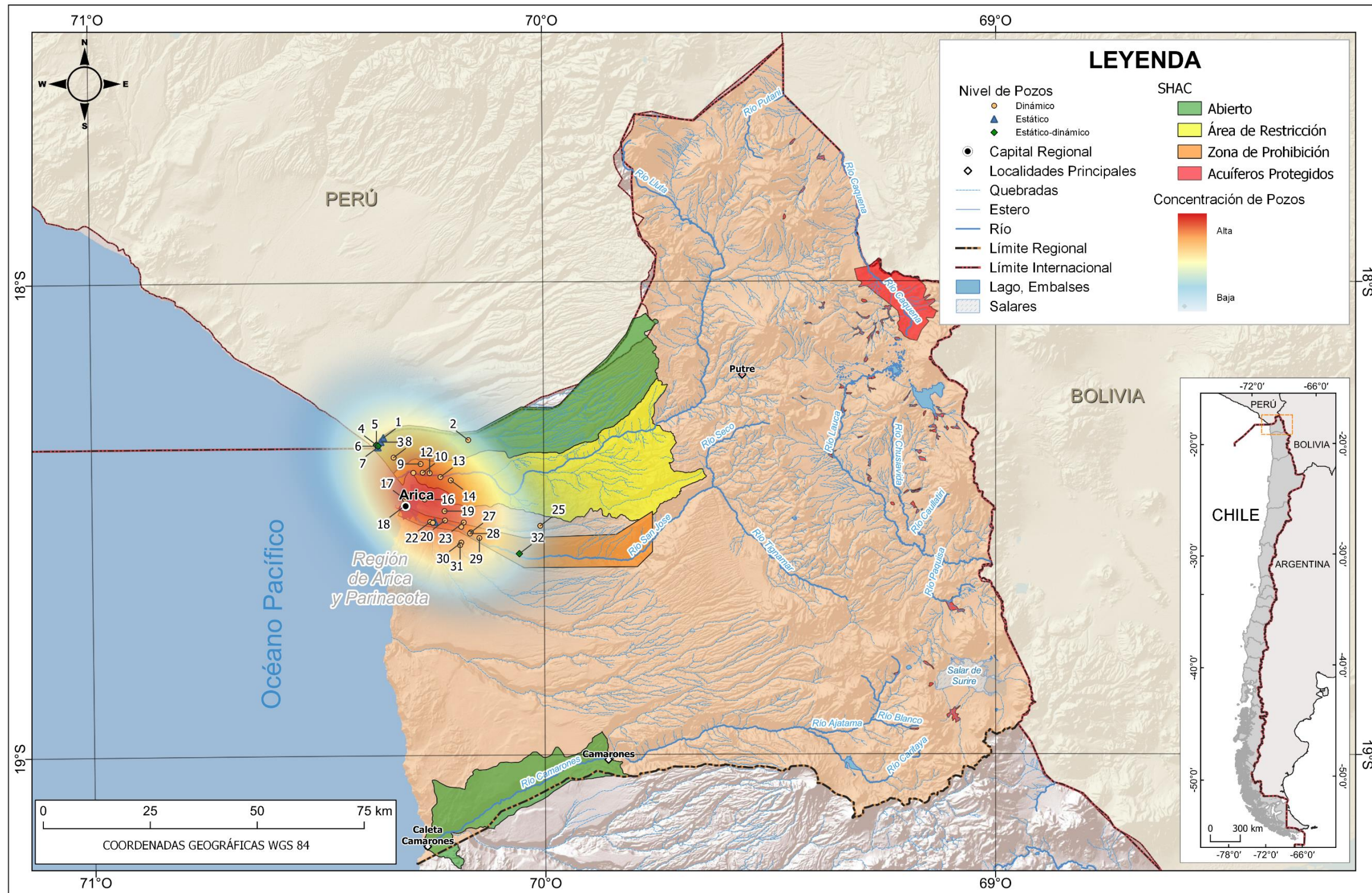


Figura 14.2 Densidad y clasificación de pozos, Región de Arica y Parinacota

14.3 ANÁLISIS DE CALIDAD

14.3.1 Red Piezométrica

En la Figura 14.3 se observa que una parte de la superficie, al oeste de la región, cuenta con SHAC, identificándose un total de 4 SHAC en toda la región. Además, se observa que gran parte de las estaciones piezométricas se encuentran en SHAC con algún tipo de restricción y/o prohibición. Entre los SHAC que presentan la mayor concentración de estaciones piezométricas destacan los que se ubican en los acuíferos Río San José, Río Lluta, y Quebrada de la Concordia.

En la Tabla 14.2 se detalla la cantidad de SHAC que cuentan con estaciones piezométricas y los que no (monitoreados y sin monitorear, respectivamente). Mencionar que, en la región de Arica y Parinacota no existen SHAC compartidos con otras regiones.

Tabla 14.2 SHAC separados por tipo de limitación

SHAC	Monitoreado	Sin Monitorear	Total SHAC	Total pozos
Abierto	1	1	2	8
Área de restricción	1	0	1	6
Zona de prohibición	1	0	1	10
Zona sin SHAC	-	-	-	8

SHAC sin monitorear:

- Río Camarones

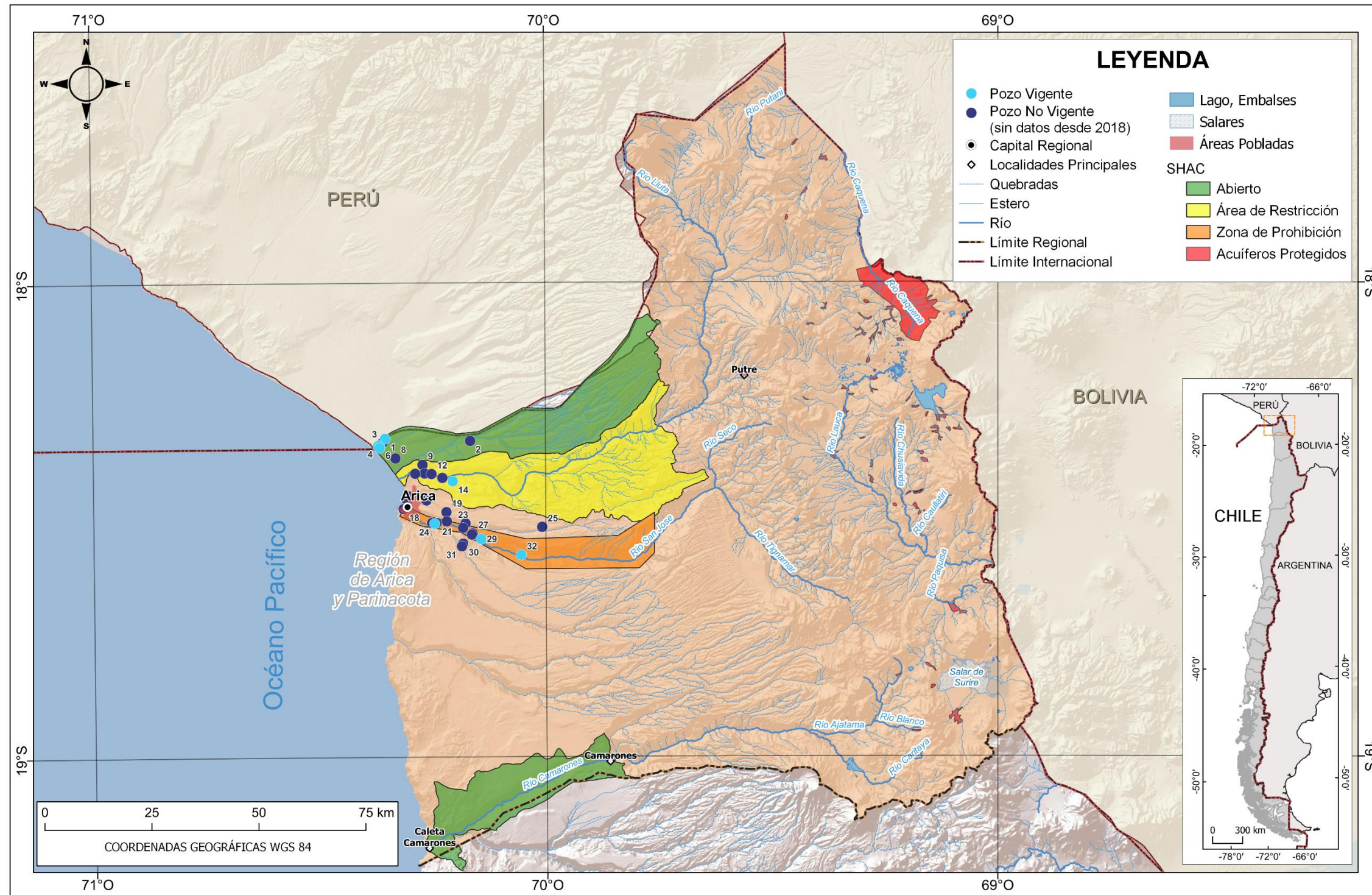


Figura 14.3 Limitación de acuíferos, Región de Arica y Parinacota

Gran parte de los pozos medidos corresponden a niveles dinámicos, lo cuales no ayudan a determinar de manera fiable el comportamiento natural del acuífero. A continuación, en el gráfico de la Figura 14.4 se presenta, a modo de ejemplo, la precipitación diaria de la estación DGA Arica Oficina y los niveles medidos del pozo Hotel El Paso (ID 18) clasificado como dinámico, en base a la gran dispersión de valores medidos. Lo que apunta al uso prácticamente continuo del derecho de explotación de aguas subterráneas en dicho pozo.

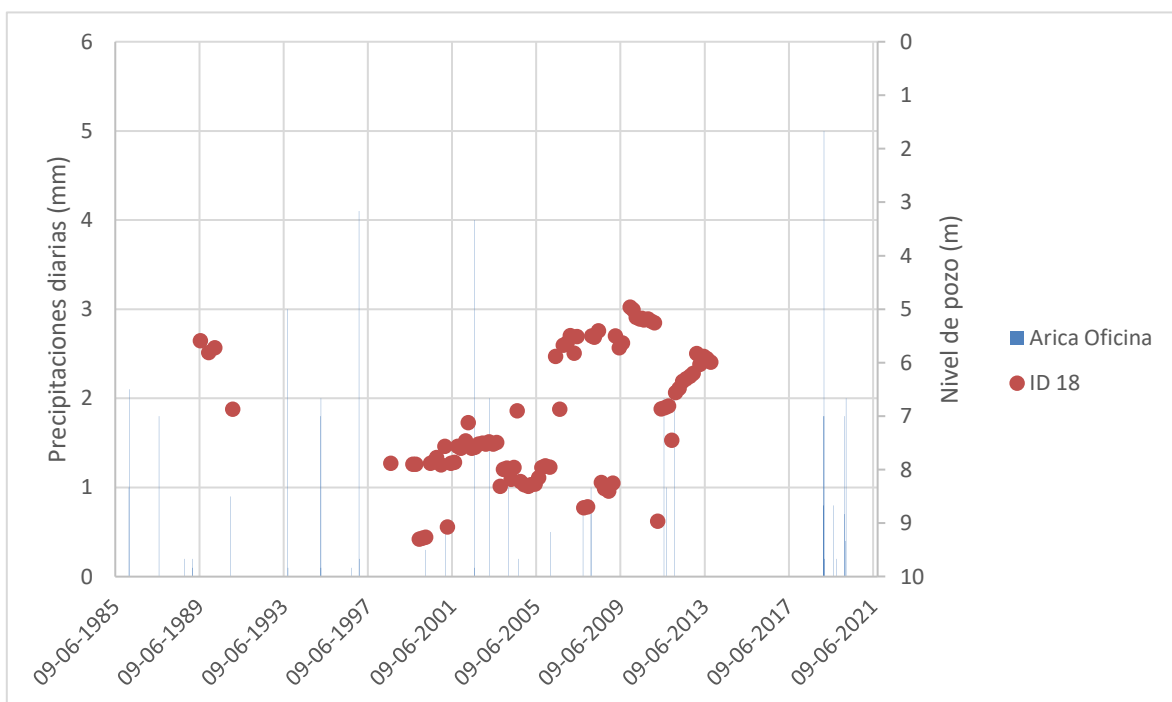


Figura 14.4 Comportamiento dinámico

En los gráficos de la Figura 14.5 se muestran la precipitación diaria de la estación DGA Arica Oficina y los niveles de algunos pozos clasificados como estáticos. Dicha caracterización está definida por los que tengan una cantidad de valores estáticos considerables, entendiéndose que en algunas ocasiones algunos pozos muestren niveles dinámicos debido a bombeos del mismo pozo de medición o bombeo de pozos cercanos que alteren la dinámica de este.

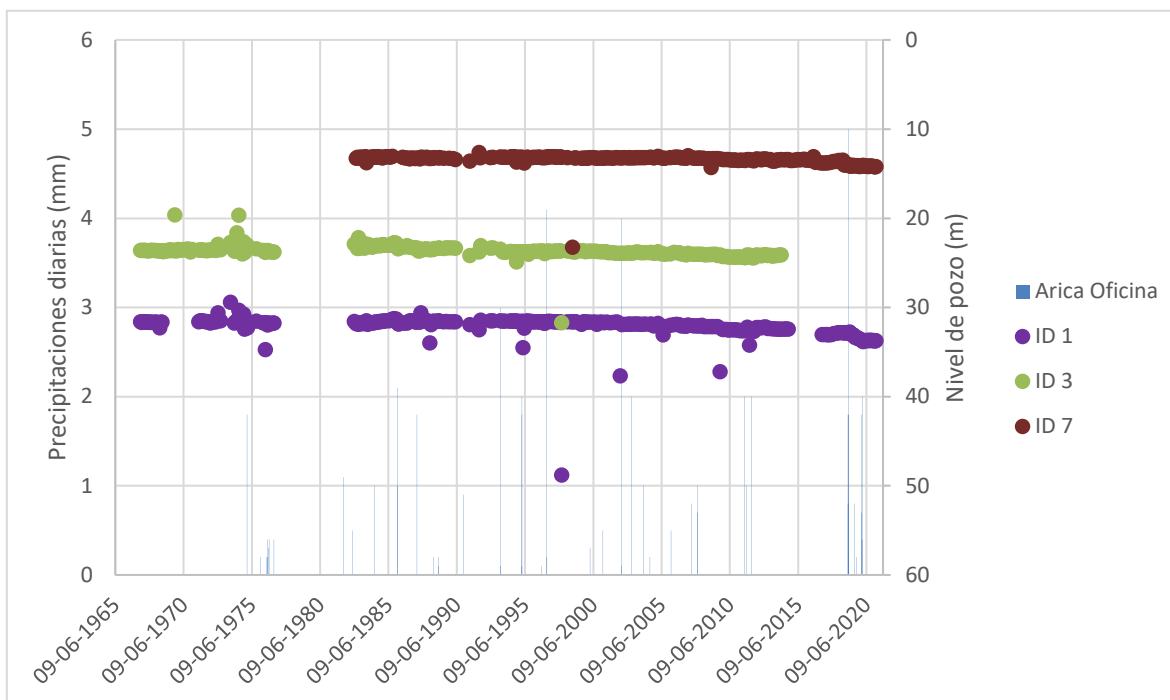


Figura 14.5 Pozos estáticos

Se observa un comportamiento predominante, en el que los niveles se han mantenido a lo largo del tiempo, especialmente después del año 1980 a la fecha. Pevio a dichas fechas, de los pozos se puede inferir un comportamiento estacional.

Es importante conservar y/o resguardar la medición de niveles en dichos pozos, por sobre otros que muestren valores netamente dinámicos, como el pozo Hotel El Paso (ID 18) mostrado en la Figura 14.4. Evitando, a modo ejemplo, que se produzca el fenómeno del pozo La Concordia D4 (ID 3), en el que la medición de niveles estáticos no se ha realizado hace más de 5 años.

En cuanto a los pozos que miden niveles dinámicos, sería relevante considerar el caudal de explotación, por lo que dicho pozo podría entrar en la estadística de la DGA de "Extracciones Efectivas".

14.4 Plan de Acción Red Piezométrica

La red piezométrica propuesta para la Región de Arica y Parinacota consiste en mantener los pozos estáticos que se mantienen vigentes (pozos con mediciones hasta el año 2018

y posterior), agregar nuevos pozos en SHAC que no se encuentran monitoreados, y en puntos estratégicos donde no existe medición de niveles estáticos.

Se considera como pozo vigente a aquellos con mediciones hasta el año 2018 y posterior, basado en que durante los años 2019 y 2021 han ocurridos eventos a nivel nacional que podrían haber impedido realizar las mediciones correspondientes (COVID-19, entre otros).

Basado en los criterios indicados anteriormente (monitoreo de acuíferos y SHAC), en la Figura 14.6 se muestran las estaciones piezométricas propuestas y las con mediciones estáticas que se mantienen vigentes.

En la Tabla 14.3 se indica la cantidad de pozos propuestos en cada SHAC, las coordenadas referenciales en las que se ubican, y el tipo de limitación en el que se encuentra.

Tabla 14.3 Cantidad de pozos propuestos

ID	SHAC	Tipo de restricción	Cantidad de pozos propuestos	Coordenadas Referenciales UTM WGS84	
				Este (m)	Norte (m)
1	Lluta Bajo	Área de Restricción	1	368.799	7.963.811
2	Azapa	Zona de Prohibición	1	375.759	7.951.631
3	Río Camarones	Acuífero Abierto	1	373.975	7.880.249
Total Pozos Propuestos			3		

La ubicación referencial de la red de pozos propuestos está basada en la importancia de la medición de los niveles estáticos, su utilidad a la hora de desarrollar modelos conceptuales y en modelos numéricos de aguas subterráneas.

Los principales criterios utilizados para la propuesta son:

1. Mantener los pozos que miden niveles estáticos, debido a que cuentan con un registro importante de niveles que es prioridad conservar.
2. Los acuíferos que cuentan con algún tipo de limitación en cuanto a nuevos derechos de agua, ya sea restricción o prohibición, deben tener al menos un pozo midiendo niveles estáticos.

3. La utilización del monitoreo de extracciones efectivas de pozos que no extraen caudales pero que de todas maneras reportan niveles a la DGA. Esto se propone de manera provisoria en los SHAC que se encuentran abiertos.

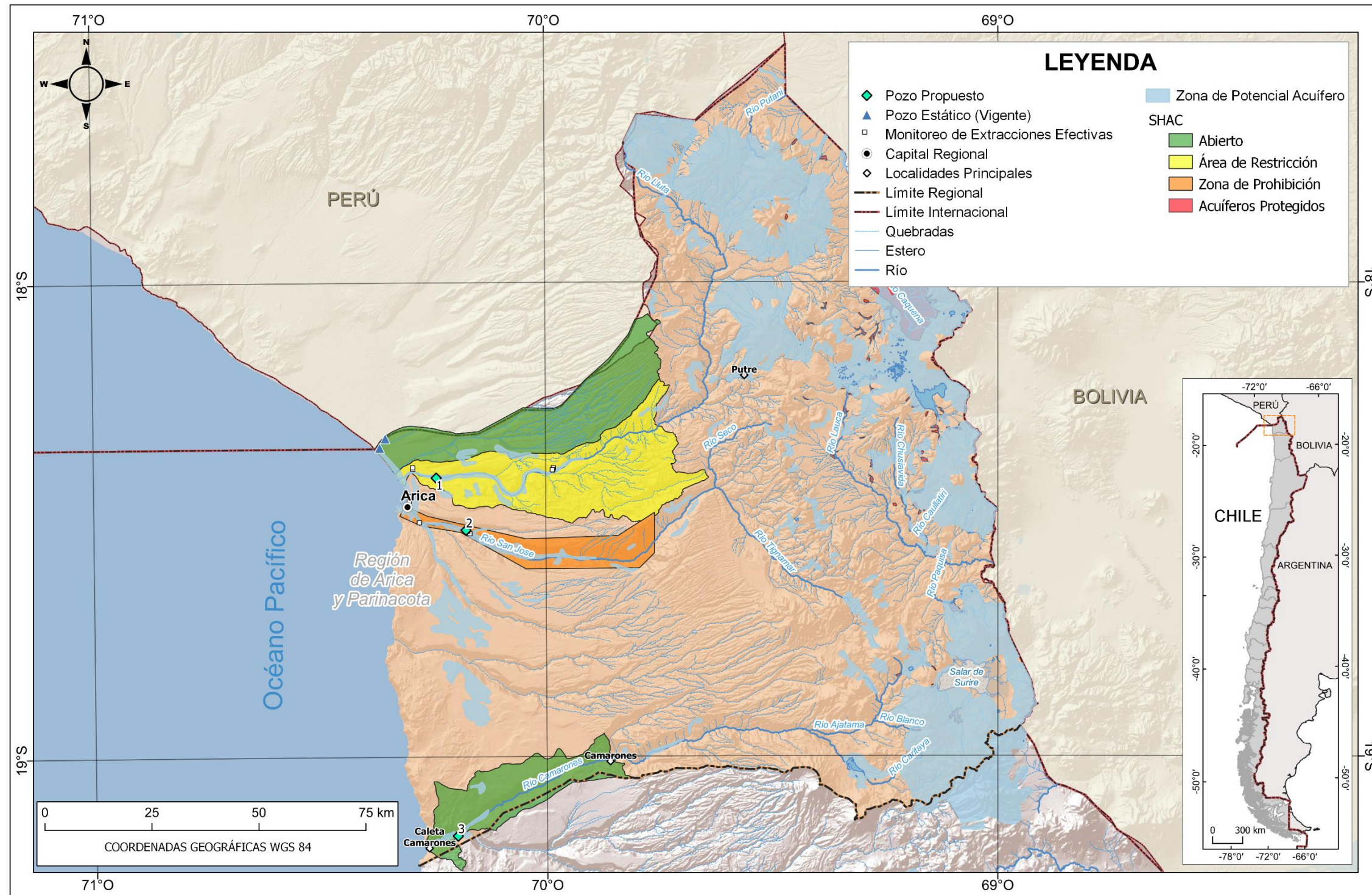


Figura 14.6 Propuesta de estaciones piezométricas, Región de Arica y Parinacota

14.4.1 Pozo estándar

Para la construcción de pozos se propone considerar el siguiente equipamiento como mínimo:

- Cierre de 3 x 3 m con malla ACMA (o tipo gallinero con refuerzo, soldadas a un perfil L como en las fotos)
- Puerta de entrada con candado
- Tapa Pozo de fierro con candado
- Letrero de identificación del pozo
- Letrero de Peligro
- Caseta tipo DGA
- Sensor de nivel
- Datalogger que permita la transmisión GPRS y Satelital
- Antena Satelital

Basado en un modelo estándar de estación piezométrica, en cada una se construirá un pozo en método aire reverso con diámetro mínimo de 10". La habilitación del pozo se materializará mediante la colocación de tubería de Acero Inoxidable en diámetro 8" como mínimo.

Además, para la habilitación de pozos se deberán verificar los siguientes aspectos:

- El filtro de gravilla en el espacio anular pozo-tubería deberá tener un espesor de 2" como mínimo.
- La postura de la gravilla deberá realizarse con barras tipo BX o equivalente, y de llenado ascendente.
- Si se utilizan lodos de perforación, se deberá sanitizar el pozo antes de entregarlo al mandante.
- Sello sanitario en superficie.
- Monumentación mediante placa de aluminio, la cual debe incluir:
 - Título
 - Nombre del Pozo
 - Coordenadas UTM (Datum WGS84)
 - Diámetro y profundidad final del sondaje

- Instalación de brocal en superficie de hormigón y tapa metálica con pestillo que permita insertar un candado, según el Anteproyecto Tipo, definido por la DGA para las nuevas estaciones piezométricas y de calidad de aguas de la red hidrométrica regional, el que se presenta en la Figura 14.7.

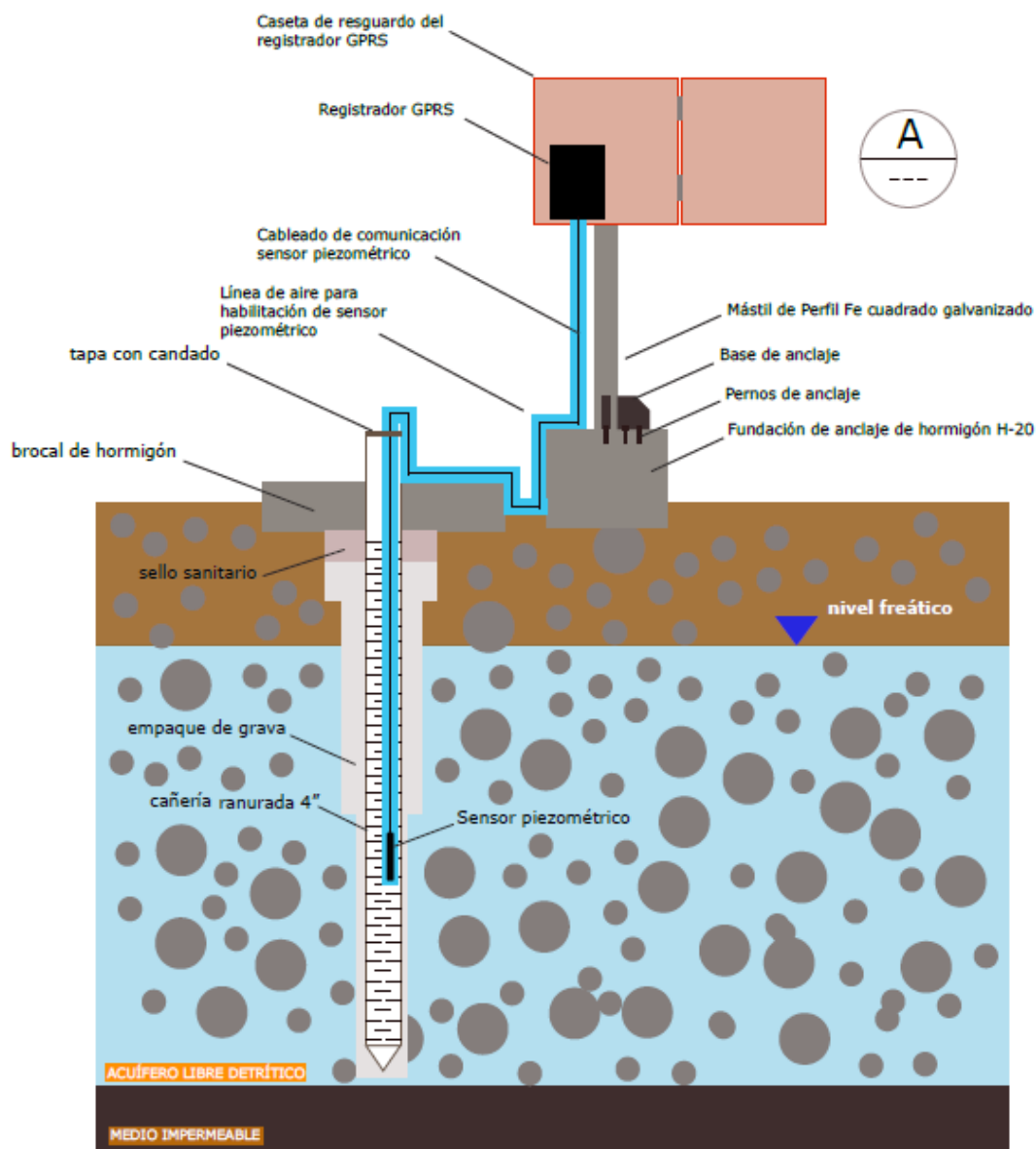


Figura 14.7 Anteproyecto tipo estación piezométrica DGA

14.4.2 Evaluación de costos

Respecto al costo monetario de un pozo de la red piezométrica estándar, éste queda determinado por costos estructurales asociados a la instalación de la estación, costos de transmisión y un costo variable que queda establecido por la profundidad del sondaje.

Un pozo estándar de la red de una profundidad de 50 metros y habilitado para la transmisión satelital de niveles tiene un costo aproximado de 30 millones de pesos.

En una primera etapa, donde se tiene como prioridad los SHAC con algún tipo de limitación, se propone la construcción de 3 pozos de monitoreo. Para lo anterior se requiere 150 metros lineales de sondaje, los cuales serán repartidos entre las 3 estaciones, procurando llegar al nivel freático actual y que permita medir el nivel freático a futuro.

El costo de perforación alcanza los 870 mil pesos, y el costo de la red completa habilitada para la transmisión tiene un costo aproximado de 90,5 millones de pesos para la Región de Arica y Parinacota.

15 GUÍA COMPONENTE SIG

El presente capítulo corresponde a la guía de la componente SIG (Sistema de Información Geográfica) asociada al "Diagnóstico para La Implementación de Red Nacional de Alerta de Eventos Hidrometeorológicos Extremos". En este capítulo se busca orientar a los usuarios o revisores del SIG, de manera tal que con los datos digitales disponibles se permita asociar la información de manera óptima y sencilla.

Esta componente, es una herramienta sistemática para referir geográficamente una serie de información que permite realizar una serie de operaciones entre ellas; la fácil superposición, cuantificación y síntesis de los datos. Los cuales sirven para capturar, almacenar, analizar y desplegar la información que ha sido recopilada en la elaboración de este informe para las diferentes regiones y sus cuencas.

Cabe destacar que los datos son esenciales para generar las capas vectoriales, ya que son el punto de partida para empezar a trabajar con los SIG, lo que nos permitirá analizar y extraer la información para la visualización y el análisis del contenido.

El objetivo principal de este informe es presentar el ordenamiento de la información, contenido y estructura principal de la componente SIG.

15.1 Sistema de Información Geográfica

En conformidad a lo planteado en las Bases Administrativas y Técnicas del Proyecto, la información espacial fue trabajada íntegramente en un Sistema de Información Geográfica (SIG) de software libre, en este caso se utilizó específicamente el software QGIS.

Adicionalmente, se debe mencionar que tanto los archivos y proyectos, como la cartografía generada, están construidos bajo el sistema de coordenadas UTM Huso 19 Sur y el Datum de referencia WGS 1984.

15.2 Sistematización de la Información

La carpeta Anexo SIG (**Anexo 12**) entregada en esta etapa, se compone de toda la información espacial digital que ha sido representada en los productos cartográficos de

las Etapas I y II. Gran parte de los archivos que contiene la carpeta, han sido obtenidos a través de bases de datos públicas, como son las mapotecas de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile y de la DGA. Sin embargo, estos archivos no corresponden a las versiones originales, ya que han sido modificados y/o adaptados para su correcta representación según las necesidades del estudio.

Por otro lado, a partir de los análisis realizados durante el proceso de diagnóstico de la red hidrométrica, se han generado nuevas capas vectoriales que también están incorporadas en la carpeta Anexo SIG.

Esta carpeta está subdividida en 3 carpetas principales, que corresponden a 01_Proyectos, 02_Layers y 03_Figuras. La estructura general del anexo se muestra a continuación en la Tabla 15.1 y se detalla más adelante.

Tabla 15.1 Resumen de la estructura del Anexo

	Subcarpeta	Directorio
Anexo SIG	01_Proyectos	
	02_Layers	CARTA_BASE
		DGA
	03_Figuras	ESTUDIO

Fuente: Elaboración propia.

- **01_Proyectos:** corresponde a los proyectos en formato *.qgz de cada una de las figuras elaboradas para el estudio. Cada figura posee su propio proyecto, en el cual están cargadas únicamente las capas vectoriales representadas en la cartografía. Si bien el proyecto considera todas las regiones que están involucradas en este estudio, tiene cargadas las composiciones de cada región por separado, con todos los elementos cartográficos de cada figura.
- **02_Layers:** esta carpeta contiene todos los archivos vectoriales en formato shapefile utilizados en este estudio, los cuales se subdividen según su origen y función en 3 carpetas, las que corresponden a CARTA_BASE, DGA y ESTUDIO.
- **03_Figuras:** en esta ubicación existen carpetas para cada una de las figuras generadas en este estudio. Cada subcarpeta contiene las figuras en formato *.jpg de cada una de las regiones analizadas.

Para la correcta visualización de los archivos, se debe descargar la carpeta del Anexo SIG y copiarla directamente en el disco C, ya que los proyectos si bien tienen ruta relativa con los archivos vectoriales, tienen como directorio raíz el disco C.

15.3 Contenido

Como una forma de interiorizarse con la información espacial entregada en este anexo, a continuación, se resume en la Tabla 15.2 cada uno de los directorios presentes en la carpeta 02_Layers y el detalle de cada uno de los archivos en formato shapefile que componen cada directorio.

Tabla 15.2 Estructura y contenido de cada directorio de la carpeta 02_Layers

Directorio	Nombre del Shapefile
CARTA_BASE	Capitales_Regionales
	Población_Región
	Localidades_Principales
	Areas_Pobladas_BCN
	Sudamérica
	Regiones_Estudio
	Regiones_BCN
	Límite_Internacional
	Límite_Interrregional
	Oceano_Pacífico
	Masas_Lacustres_BCN
	Red_Hidrográfica_BCN
	DGA
Acuíferos_Estudio	
Acuíferos_protegidos_I_II_XV	
Niveles_Pozos_DGA_Correlativo	
Estaciones_Meteorológicas_DGA_Correlativo	
Estaciones_Fluviométricas_DGA_Correlativo	
BH87_Isotermas	
BH87_Isoyetas	
ESTUDIO	Estaciones_Fluviométricas_ONEMI
	Estaciones_Meteorológicas_Críticas
	Estaciones_Fluviométricas_Críticas
	Nuevas_Estaciones_Fluviométricas
	Nuevas_Estaciones_Meteorológicas
	Puntos_Control_TC
	Cuencas_Aportantes_TC
	Estaciones_PPMED
	Estaciones_TMED
	Isotermas_Actualizadas_2021
	Isoyetas_Actualizadas_2021
Thiessen_Meteorológicas	

Fuente: Elaboración propia.

El directorio CARTA_BASE contiene los archivos que conforman el lienzo de la cartografía. Cabe mencionar que estos shapefile están proyectados sobre un raster público de ESRI, llamado ESRI Shaded Relief. Los archivos de este directorio que no se han modificado, sino que corresponden a los originales descargados desde la mapoteca de la Biblioteca del Congreso Nacional, tienen el sufijo BCN.

Por otro lado, en el directorio DGA se encuentran todas aquellas capas que se han descargado desde la mapoteca de la DGA, pero que han sido modificadas para adaptarse a la dimensión del área de estudio y a las necesidades de visualización de cada región.

Finalmente, en el directorio ESTUDIO, están aquellas capas que se obtuvieron como producto a partir del proceso de análisis y diagnóstico de la red hidrométrica. A continuación, se entrega una breve descripción de cada uno de ellos.

- Estaciones_Fluviométricas_ONEMI: shapefile que individualiza la ubicación de todas aquellas estaciones fluviométricas que pertenecen al protocolo DGA-ONEMI.
- Estaciones_Meteorológicas_Críticas: presenta la ubicación de todas aquellas estaciones meteorológicas que han sido categorizadas como Estación Crítica, es decir, que son fundamentales en la generación de información para la alerta de eventos hidroclicmáticos extremos.
- Estaciones_Fluviométricas_Críticas: contiene la ubicación de todas aquellas estaciones fluviométricas que han sido categorizadas como Estación Crítica, es decir, que son fundamentales en la generación de información para la alerta de eventos hidroclicmáticos extremos.
- Nuevas_Estaciones_Fluviométricas: localización de las nuevas estaciones fluviométricas propuestas por este estudio con el fin de reforzar la red de alerta ante eventos hidroclicmáticos extremos.
- Nuevas_Estaciones_Meteorológicas: emplazamiento de las nuevas estaciones meteorológicas propuestas por este estudio con el fin de reforzar la red de alerta ante eventos hidroclicmáticos extremos.

- Puntos_Control_TC: ubicación de los puntos de control asignados en estaciones fluviométricas, meteorológicas y localidades vulnerables, que se utilizaron para obtener los tiempos de concentración de las cuencas aportantes a dichos puntos.
- Cuencas_Aportantes_TC: marca la morfología, dimensión y ubicación de las cuencas aportantes definidas para cada uno de los puntos de control.
- Estaciones_PPMED: localización de las estaciones meteorológicas con datos de precipitación de 10 años válidos o más y a través de las cuales se obtuvo la precipitación media.
- Estaciones_TMED: ubicación de las estaciones meteorológicas con datos de temperatura de 10 años válidos o más y a través de las cuales se obtuvo la temperatura media.
- Isotermas_Actualizadas_2021: líneas de isothermas actualizadas en el presente estudio, interpoladas a través de los datos de temperatura media de las estaciones meteorológicas.
- Isoyetas_Actualizadas_2021: distribución de las líneas de isoyetas actualizadas en el presente estudio, interpoladas a partir de los datos de precipitación media de las estaciones meteorológicas.
- Thiessen_Meteorológicas: distribución espacial de las estaciones meteorológicas, considerando la metodología de polígonos de Thiessen, donde se determina el área de influencia de cada estación analizada.

15.4 Diccionario SIG

El diccionario SIG contenido en el documento antes mencionado (Diccionario_Anexo_SIG.xlsx) pretende dar mayor detalle de los shapefiles incorporados en los distintos directorios y el detalle de los archivos que estos contienen.

La primera hoja en el documento "Diccionario 03_Figuras" contiene el listado de todas las Figuras utilizadas en la Etapa 2, en la segunda hoja "Diccionario 02_Layers" se

observan los shapefiles que están al interior de cada directorio, la carpeta donde se encuentran ubicados, tipo de shapefile, una breve descripción de cada uno de ellos, su fuente de origen y estado (original o modificado).

La Tabla 15.3, corresponde a la estructura empleada para describir cada directorio:

Tabla 15.3 Estructura de los directorios

Directorio	Carpeta	Shapefile	Tipo	Descripción	Fuente	Estado
------------	---------	-----------	------	-------------	--------	--------

Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes pestañas del documento "Diccionario_Anexo_SIG.xlsx" se visualizan las capas nuevas creadas para el estudio, donde se encuentran los campos de los shapefiles, la descripción y la unidad de medida (si corresponde). A continuación, se presenta en la Tabla 15.4 las hojas correspondientes a los shapefiles elaborados para el presente Estudio:

Tabla 15.4 Shapefiles creados para el Estudio

ESTUDIO	Estaciones_Fluviométricas_ONEMI
	Estaciones_Meteorológicas_Críticas
	Estaciones_Fluviométricas_Críticas
	Nuevas_Estaciones_Fluviométricas
	Nuevas_Estaciones_Meteorológicas
	Puntos_Control_TC
	Cuencas_Aportantes_TC
	Estaciones_PPMED
	Estaciones_TMED
	Isotermas_Actualizadas_2021
	Isoyetas_Actualizadas_2021
	Thiessen_Meteorológicas

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 15.5, se muestra la estructura que tienen los shapefiles mencionados en la Tabla 15.4:

Tabla 15.5 Estructura de los shapefiles creados

Shapefile:		
Campo	Descripción	Unidades

16 CONCLUSIONES

16.1 Disponibilidad de datos

Las estaciones críticas fluviométricas seleccionadas poseen sobre 35 años de estadística, pero con pocos años considerados como válidos. A excepción de Río Camarones en Chilpe que solo posee 5 años válidos.

En la región de Arica y Parinacota las estaciones críticas fluviométrica seleccionadas también poseen registros meteorológicos, es el caso de la estación Río Camarones en Chilpe que posee 15 años válidos de estadística y se encuentra en estado vigente.

16.2 Eventos extremos

Las estaciones fluviométricas críticas seleccionadas han registrado gran cantidad de estadística y dentro de ella varios eventos extremos. En los gráficos de caudales y alturas máximas es posible observar la magnitud de las crecidas, donde en las últimas dos décadas existen alrededor de 4 eventos que sobresalen con respecto a los otros (2012, 2013, 2016 y 2018), además se evidencia la importancia de tener todas las estaciones vigentes y por sobre todo las que son de cierre, que estarían aguas arriba de poblaciones importantes.

16.3 Distribución espacial

Se aprecia una buena distribución de estaciones meteorológicas en toda la región, con una importante densidad y distribución en las zonas donde pueden ayudar a registrar datos en ayuda de proteger a poblaciones vulnerables. Salvo por la localidad de Putre, donde esta localidad se propone una estación meteorológica que otorga un tiempo de respuesta de 1,81 horas a dicha localidad.

16.4 Red Hidrométrica Final

En una primera instancia para esta región se consideraron 5 estaciones críticas, las cuales a lo largo del desarrollo de este estudio y con los antecedentes que se recopilaban se rectificó la elección de 4 de ellas y 1 paso a ser categorizada como de apoyo, considerando las observaciones del Jefe Regional de Hidrología. Por otro lado, se detectó

una deficiencia en la localidad de Putre, lo cual dio paso a proponer 1 estación nueva. Finalmente, las estaciones críticas finales en resguardo de la población son:

- Estaciones fluviométricas de apoyo
 - Río Ticnamar en Angostura
 - Río Lluta en Alcérreca
- Estaciones fluviométricas
 - Río San José en Ausipar
 - Río Lluta En Tocontasi
 - Río Camarones En Chilpe
 - Río Camarones En Conanoxa
- Estaciones nuevas
 - Putre

16.5 Red Piezométrica

La red piezométrica en la región de Arica y Parinacota presenta un total de 32 estaciones piezométricas, de las cuales la mayoría están en los acuíferos Río San José, Río Lluta, y Quebrada de la Concordia. La calidad de la información presentada en dichos acuíferos por las estaciones proviene de un porcentaje importante de pozos ubicados en la zona oeste del acuífero.

Respecto a los SHAC, algunos están en condición crítica, es decir, están clasificados como área de restricción o zona de prohibición, y el acuífero Río Camarones que corresponde a un acuífero abierto no cuenta con estaciones piezométricas.

Los SHAC que no cuentan con pozos que miden niveles estáticos son:

SHAC en área de restricción:

- Lluta Bajo

SHAC en zona de prohibición:

- Azapa

Estos SHAC tienen problemas de disponibilidad del recurso hídrico, ya sea por falta de oferta o por sobredemanda, por lo que para tener una idea más acabada de la situación

particular se recomienda la instalación de estaciones piezométricas. En base a lo mismo se sugiere la construcción de pozos en las zonas donde no se cuenta con pozos estáticos o que ya no cuentan con medición (considerar que constructivamente sean lo más similar posible a dichos pozos), con el fin de rescatar y continuar con la estadística ya medida.