

**GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
REGIÓN DE ATACAMA**

**DIAGNÓSTICO RED DE MONITOREO Y CONTROL DE LA  
CUENCA RÍO COPIAPÓ**

**N° 4194-0000-GA-INF-005\_0**

**INFORME FINAL**

| <b>REV.</b> |              | <b>Ejecutor</b>                                      | <b>Revisor</b> | <b>Aprobador</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>               |
|-------------|--------------|--|----------------|------------------|----------------------------------|
| A           | Nombre Firma | G. Duhamel / J. Monares /<br>M. Rodriguez / P. Araya | P. Zúñiga      | M. Araya         | Coordinación Interna             |
|             | Fecha        | 20.12.13   | 20.12.13       | 20.12.13         |                                  |
| B           | Nombre Firma | G. Duhamel / J. Monares /<br>M. Rodriguez / P. Araya | P. Zúñiga      | M. Araya         | Revisión y Aprobación<br>Cliente |
|             | Fecha        | 26.12.13   | 14/03/2014     | 14/03/2014       |                                  |
| C           | Nombre Firma | G. Duhamel / J. Monares /<br>M. Rodriguez / P. Araya | P. Zúñiga      | M. Araya         | Revisión y Aprobación<br>Cliente |
|             | Fecha        | 09.01.14   | 12/05/2014     | 12/05/2014       |                                  |

# DIAGNÓSTICO RED DE MONITOREO Y CONTROL DE LA CUENCA RÍO COPIAPÓ

## INFORME FINAL

### ÍNDICE

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUCCION.....</b>                                       | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>SITUACIÓN ACTUAL.....</b>                                   | <b>8</b>  |
| 2.1      | Identificación y Caracterización Red de Monitoreo .....        | 8         |
| 2.2      | Nomenclatura de Datos .....                                    | 8         |
| 2.3      | Levantamiento de Infraestructura.....                          | 12        |
| 2.3.1    | Levantamiento Estaciones Fluviométricas .....                  | 12        |
| 2.3.2    | Levantamiento Pozos.....                                       | 23        |
| 2.3.3    | Levantamiento Estaciones Meteorológicas .....                  | 40        |
| 2.4      | Estándares Recolección de Datos .....                          | 44        |
| 2.5      | Procesamiento de Información .....                             | 46        |
| 2.5.1    | Red Fluviométrica .....  | 46        |
| 2.5.2    | Red Meteorológica.....   | 49        |
| 2.5.3    | Red Aguas Subterráneas .....                                   | 51        |
| 2.5.4    | Red Calidad de Aguas.....                                      | 54        |
| 2.5.5    | Sedimentometría .....  | 57        |
| 2.6      | Diagnostico Manejo de Informacion .....                        | 59        |
| 2.6.1    | Diagnóstico por red de monitoreo.....                          | 59        |
| 2.6.2    | Diagnóstico del manejo de información .....                    | 61        |
| 2.7      | Costos Situacion Actual .....                                  | 68        |
| 2.7.1    | Costos por recolección e ingreso de datos .....                | 68        |
| 2.7.2    | Costos Operacionales Informáticos .....                        | 71        |
| <b>3</b> | <b>DEFINICIÓN DE ESTANDAR FRECUENCIA RETIRO DE DATOS .....</b> | <b>73</b> |
| 3.1      | Red Fluviométrica .....  | 74        |
| 3.2      | Red Meteorológica.....   | 76        |
| 3.3      | Red Aguas Subterráneas .....                                   | 77        |
| 3.4      | Red Calidad de Aguas.....                                      | 78        |
| 3.5      | Sedimentometría .....  | 80        |
| <b>4</b> | <b>ALTERNATIVA OPERACIÓN MANUAL.....</b>                       | <b>81</b> |
| 4.1      | Inversiones de Instrumentación .....                           | 81        |
| 4.1.1    | Red Fluviométrica .....  | 81        |
| 4.1.2    | Red Meteorológica.....   | 83        |
| 4.1.3    | Red de Aguas Subterráneas .....                                | 84        |
| 4.1.4    | Red de Calidad de Aguas.....                                   | 87        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>4.2</b> | <b>Programa de Trazado para la Captura y Recoleccion de Datos .....</b> | <b>89</b>  |
| <b>4.3</b> | <b>Recursos Humanos Requeridos .....</b>                                | <b>98</b>  |
| 4.3.1      | Recursos Humanos.....   | 98         |
| 4.3.2      | Costo análisis de muestras en laboratorio.....                          | 98         |
| 4.3.3      | Logística .....   | 98         |
| <b>4.4</b> | <b>Procesamiento de datos.....</b>                                      | <b>99</b>  |
| <b>4.5</b> | <b>Hardware y Software de Sistema .....</b>                             | <b>102</b> |
| 4.5.1      | Componentes en el Punto de Captura .....                                | 102        |
| 4.5.2      | Medios de Recolección y Transporte de Datos .....                       | 102        |
| 4.5.3      | Recursos para la Recepción .....  | 102        |
| 4.5.4      | Red de Proceso de Datos .....   | 102        |
| <b>4.6</b> | <b>Software de Desarrollo y Aplicativos.....</b>                        | <b>109</b> |
| 4.6.1      | Modelo de desarrollo.....   | 109        |
| 4.6.2      | Recurso Humano.....   | 110        |
| 4.6.3      | Software de desarrollo.....   | 112        |
| 4.6.4      | Sistema de Gestión de Bases de Datos .....                              | 112        |
| 4.6.5      | Aplicaciones de Software de la Solución.....                            | 113        |
| <b>4.7</b> | <b>Costos Asociados al Software.....</b>                                | <b>120</b> |
| <b>4.8</b> | <b>Costos de Alternativa Operación Manual.....</b>                      | <b>120</b> |
| <b>5</b>   | <b>ALTERNATIVA OPERACIÓN AUTOMATIZADA .....</b>                         | <b>122</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Descripción Sistema Automatizado .....</b>                           | <b>122</b> |
| 5.1.1      | Red Fluviométrica .....   | 122        |
| 5.1.2      | Red Meteorológica.....  | 123        |
| 5.1.3      | Red de Monitoreo de Aguas Subterráneas .....                            | 124        |
| 5.1.4      | Red de Monitoreo Calidad de Aguas.....                                  | 125        |
| 5.1.5      | Sedimentometría .....   | 127        |
| 5.1.6      | Enlaces de Telemetría .....   | 127        |
| <b>5.2</b> | <b>Desarrollo Técnico y Económico .....</b>                             | <b>128</b> |
| 5.2.1      | Inversiones en Instrumentación .....                                    | 129        |
| 5.2.2      | Enlaces de Telemetría .....   | 138        |
| 5.2.3      | Solución Telemetría Zonas Sin Cobertura GPRS.....                       | 140        |
| 5.2.4      | Costos Movilización de Personal.....                                    | 143        |
| <b>5.3</b> | <b>Procesamiento de Datos .....</b>                                     | <b>145</b> |
| 5.3.1      | Hardware y Software .....   | 147        |
| 5.3.2      | Software de Desarrollo y Aplicativos .....                              | 161        |
| <b>5.4</b> | <b>Costos Asociados al Software.....</b>                                | <b>173</b> |
| <b>5.5</b> | <b>Costos de Alternativa Operación Automatizada.....</b>                | <b>174</b> |
| <b>6</b>   | <b>Evaluación de ALTERNATIVAS.....</b>                                  | <b>176</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Costos de Alternativas .....</b>                                     | <b>176</b> |
| <b>6.2</b> | <b>análisis económico comparativo de alternativas .....</b>             | <b>177</b> |
| <b>7</b>   | <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>                             | <b>179</b> |
| <b>7.1</b> | <b>Conclusiones del estudio.....</b>                                    | <b>179</b> |

---

|  |            |
|--|------------|
| Plazos que Involucran los Procesos Actuales.....           | 179        |
| 7.1.1 Gestión del Recurso Actual .....                     | 180        |
| <b>7.2 Análisis de Alternativas DE MODERNIZACIÓN .....</b> | <b>180</b> |

## LISTADO DE ANEXOS

|         |   |
|---------|---|
| Anexo A | Diseño de Pantallas del Sistema Scada   |
| Anexo B | Aplicaciones de Plataforma Web  |
| Anexo C | Instructivo 06/2010 – Conservación y Mantenición de la Red Fluviométrica Nacional |
| Anexo D | Capacitación para Involucrados en la Red Meteorológica                            |
| Anexo E | Instructivo N°1 – Muestreo de Aguas Superficiales                                 |

## 1 INTRODUCCION

La presente consultoría corresponde a la elaboración del estudio de “Diagnóstico Red de Monitoreo y Control de la Cuenca río Copiapó”, región de Atacama, encargado a ARCADIS Chile por la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas. El estudio considera la evaluación técnica y económica de recursos humanos y equipamiento existente en la red hidro-meteorológica, monitoreo de aguas subterráneas y calidad de agua, a modo de establecer potencialidad de incorporarlos y/o mejorarlos para ser incluidos en la red de monitoreo a implementar.

La cuenca del río Copiapó se encuentra situada en la región de Atacama, Chile, entre los 27 y 29° de latitud sur y los 69 y 71° de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 18.540 Km<sup>2</sup>. Delimita por el oriente con la República de Argentina y sus elevaciones máximas se encuentran en el Nevado Jotabeche a 5.862 m.s.n.m. y en el Volcán Copiapó a 6.050 m.s.n.m. (Ver Figura 1-1). Los afluentes principales del Copiapó son los ríos Manflas, Jorquera y Pulido, los cuales aportan caudales superficiales continuos y de relativa magnitud, aunque suelen desaparecer parcial o totalmente en algunas zonas aluvionales permanentes. El área de estudio definida para este proyecto comprende toda la Cuenca del río Copiapó, abarcando una superficie total de 18.400 Km<sup>2</sup>. En la Figura 1-1 se muestra un esquema de ubicación general de la cuenca del río Copiapó.

En el desarrollo de las alternativas se ha considerado las restricciones actuales de la DGA regional en recursos humanos para el monitoreo, la necesidad de mejorar la instrumentación y tecnología para satisfacer oportunamente los requerimientos de información, y así disponer de una base de datos con foco en la detección oportuna de problemas asociados al recurso hídrico disponible.

El estudio evaluará alternativas que permitan desde el punto de vista telecomunicaciones y en ingeniería informática, la escalabilidad deseable del sistema, para reaccionar y adaptarse sin perder calidad, o también manejar el crecimiento continuo de trabajo de manera fluida, a modo que de crecer en monitoreo sin perder calidad en los procesamientos de datos. De las alternativas se seleccionará la que cumpla con el mejor performance tecnológico, de costos, social y sustentable.

Actualmente la DGA regional, dispone de una red conformada por procesos manuales y otros con aplicación de tecnología para el monitoreo de las aguas subterráneas, meteorología, fluviometría, sedimentos y de calidad de aguas con una cobertura y densidad adecuada, pero no es posible obtener datos con la frecuencia oportuna.

El equipo profesional de la DGA, encargado de mantener este sistema vigente, cuenta con un equipo de un profesional, un técnico y un conductor para desarrollar la recolección de datos, la que se hace en forma manual. Cabe mencionar que 2 de las 10 estaciones que componen la red fluviométrica poseen transmisión de datos en tiempo real, sin embargo de todas maneras la recolección de datos desde las 10 estaciones de la red fluviométrica de la cuenca del río Copiapó, se realiza de forma manual por el equipo de Hidrología D.G.A, bajando la información desde las 8 unidades con equipos datalogger mediante un computador y recopilando los formularios en papel desde las 2 estaciones con limnógrafos.

Lo cual resulta previsiblemente inadecuado, toda vez que además se debe considerar la necesidad de mantener y operar el servicio hidrométrico, así como proporcionar y publicar la información correspondiente. Se suma a lo anterior, la necesaria operación del equipo profesional para la mantención de monitoreo de las cuencas Huasco y Endorreicas, lo cual muestra claramente la limitada capacidad de operación que posee esta Región.

La baja frecuencia en la toma de datos implica una ineficiente gestión de los recursos hídricos en la cuenca, lo cual evidentemente está en contraposición a una de las misiones que fundamenta las actividades de esta institución pública, enfocada a preservar la sustentabilidad de cada sistema hídrico.

En una primera fase del estudio, se realizó un diagnóstico de la actual red de monitoreo en la Cuenca del río Copiapó, considerando las restricciones existentes de la DGA en la región de Atacama en los recursos humanos disponibles para realizar las distintas tareas de monitoreo y las mejoras que se puedan realizar a la instrumentación existente

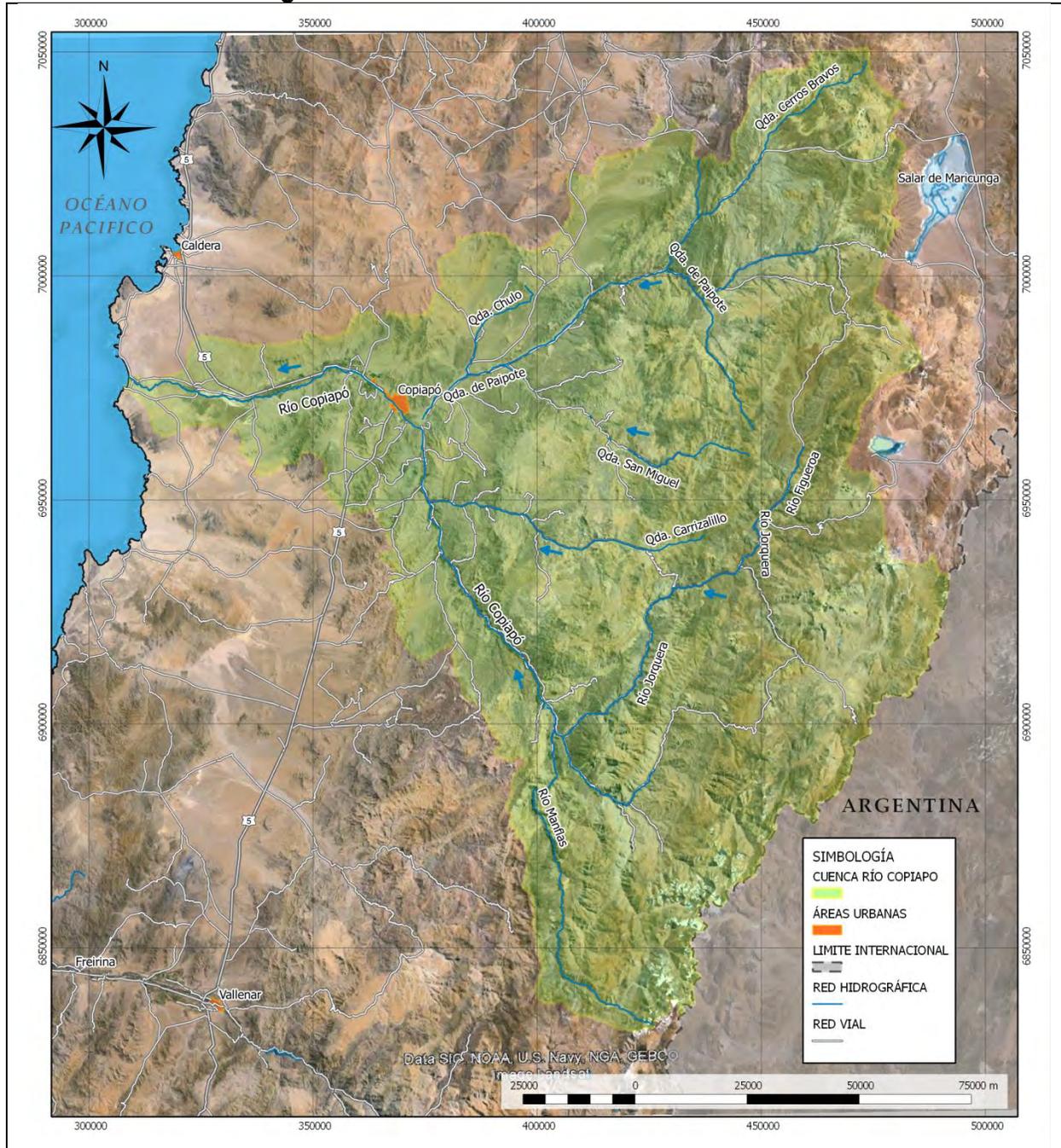
Seguidamente, se presenta el desarrollo de la alternativa de operación manual, entregando los antecedentes del análisis técnico y económico, enfocada a entregar una alternativa óptima en instrumentación, equipos y recolección manual, dependiendo de la ubicación geográfica y factibilidad de cada estación de monitoreo actual de la cuenca del río Copiapó, con el fin de conseguir datos fiables y acceder a estos de la forma más expedita posible de forma diaria.

A continuación se desarrolla la alternativa de del Sistema Automatizado, consignando sus características y sus costos de inversión, operación y mantenimiento.

Como antecedente final del estudio, se entregan los resultados del análisis comparativo entre los costos de inversión, operación y mantención de ambos sistemas alternativos de operación.

La última parte del informe, consigna las recomendaciones de diseño para la opción que resultó más conveniente.

Figura 1-1: Ubicación General Zona de Estudio



## 2 SITUACIÓN ACTUAL

### 2.1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN RED DE MONITOREO

Actualmente en la cuenca del río Copiapó, existe una red de monitoreo que abarca los parámetros de fluviometría, meteorológicos, sedimentológicos, aguas subterráneas y calidad de aguas (ver Figura 2-1: Red de monitoreo existente en la cuenca del río Copiapó).

En la red fluviométrica existen 10 estaciones de monitoreo con la que se administra el recurso hídrico de la zona, midiendo su caudal durante todo el año. Meteorología por su parte cuenta con 10 estaciones, con las cuales se obtiene el dato real de precipitaciones y temperatura de las estaciones de la Cuenca del Río Copiapó.

La red de monitoreo de aguas subterráneas la conforman 54 pozos, donde se monitorea el nivel de agua del acuífero de la cuenca del río Copiapó. Respecto del número de pozos, en el BNA aparecen 54 de estos, pero no todos están midiéndose por encontrarse algunos secos y otros no cuentan con derechos de aprovechamiento regularizados. Sedimentos se acopla en dos estaciones de aguas subterráneas, midiendo los sólidos en suspensión de dichas estaciones. Por último se tiene calidad de agua, la cual cuenta con 14 puntos de medición donde se registran dos tipos de datos, uno Insitu y otro en laboratorio, midiendo en el primer punto la T°, pH, conductividad y OD (oxígeno disuelto). En laboratorio se analizan los metales, Macroelementos y nutrientes.

La red de estaciones meteorológicas D.G.A cuenta con instrumentos y sensores, los cuales permiten medir variables tales como temperatura, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento y evaporación. El número de variables de información que entrega cada estación, está sujeto a los instrumentos y sensores que se encuentren instalados en cada una de ellas.

### 2.2 NOMENCLATURA DE DATOS

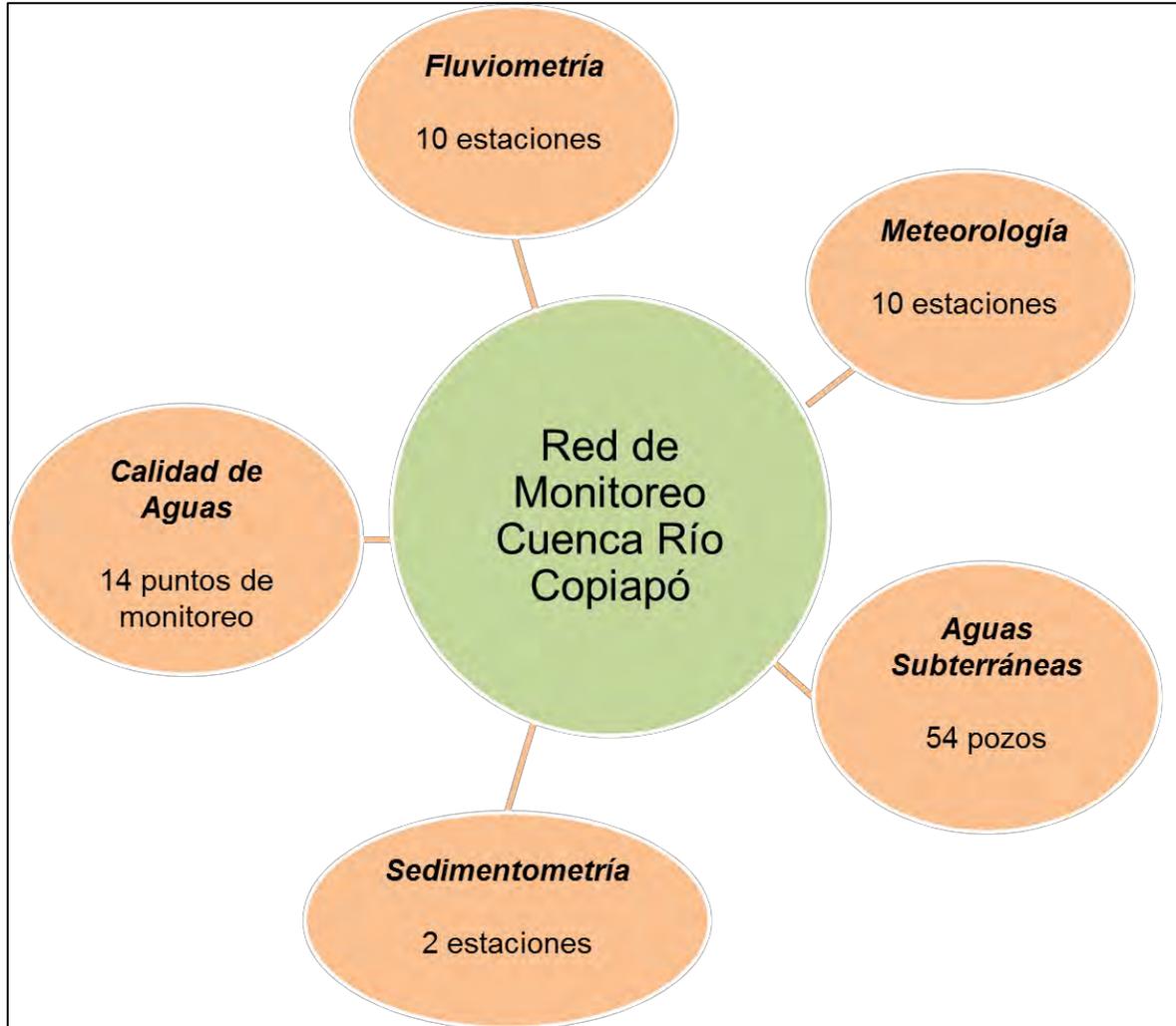
Cada uno de los datos tiene un número de Tag asignado, a modo de identificarlo con su código único dentro de la base de datos. La base de la codificación se sostendrá en la existente en el BNA, solamente como adicional se agrega dos caracteres para indicar el tipo de instrumento o del dato a medir.

La nomenclatura utilizada para la designación de los tag de los instrumentos es:

#### **AAAA – D - FF**

- **AAA:** Corresponde al código BNA, este número tiene incorporado un WBS por regiones (Work Breakdown Structure), por cuencas y subcuencas, ver ejemplo en próxima página.
- **D:** Corresponde al dígito verificador de la DGA en el BNA.
- **FF:** Corresponde a la clasificación del tipo de medición o instrumento de acuerdo a la tabla siguiente.

**Figura 2-1: Red de monitoreo existente en la cuenca del río Copiapó**



En la Tabla 2-1 se identifican las clasificaciones según tipo de instrumentos y/o datos que se obtienen. Seguidamente se muestra un ejemplo de codificación conforme al tipo y ubicación de la estación de monitoreo. En la Figura 2-2 se visualiza las subdivisiones de Subcuencas (WBS) y en cada zona se marcan los dígitos relacionados con la codificación de los datos. Los dos caracteres adicionales “EF” significan que el punto de monitoreo corresponde a una estación fluviométrica. En la misma figura se visualizan en letras pequeñas las subsubcuencas por ejemplo 03434 que es el sector Río Copiapó en Mal Paso.

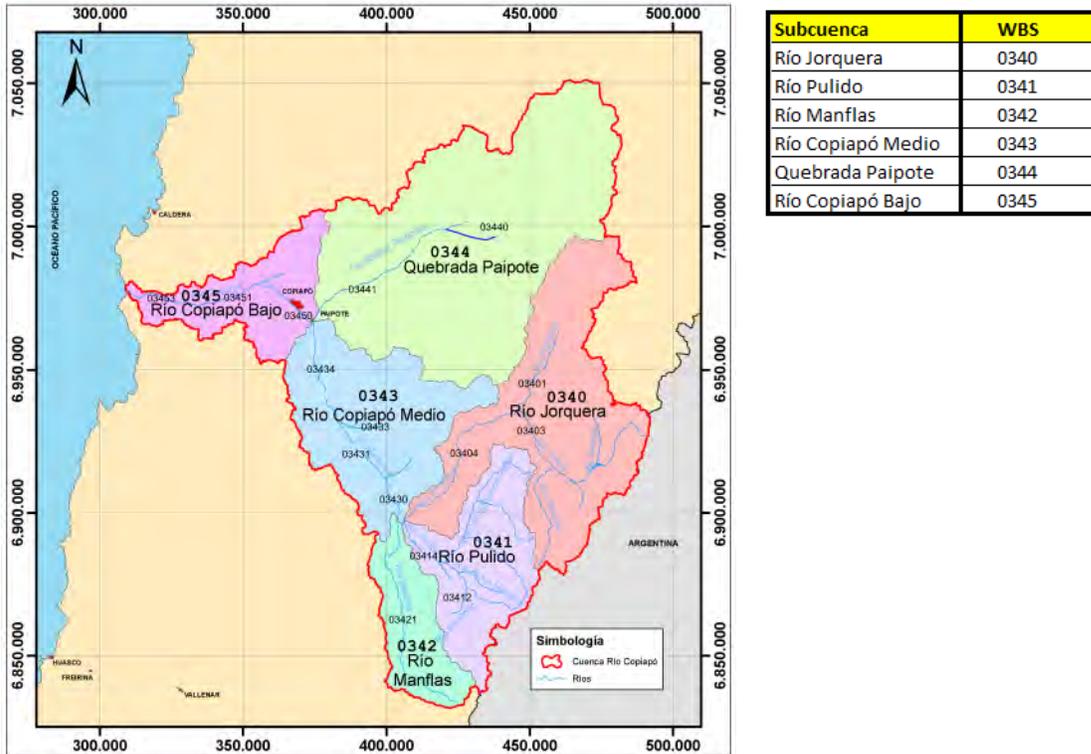
**Tabla 2-1: Clasificación Tipo de Instrumentos y/o Datos**

| Instrumento                       | Nomenclatura FF | Variable             | Unidad de Ingeniería EU |
|-----------------------------------|-----------------|----------------------|-------------------------|
| <b>Hidrométricos</b>              |                 |                      |                         |
| Piezómetros eléctricos            | PE              | Nivel                | m                       |
| Vertedero de aforo flujos menores | VF              | Nivel                | cm                      |
| Estación fluviométrica            | EF              | Nivel                | cm                      |
| Transmisor de flujo (flujómetro)  | FT              | Flujo                | m3/h                    |
| <b>Meteorológicos</b>             |                 |                      |                         |
| Temperatura Ambiente              | TM              | Temperatura amb.     | °C                      |
| Evaporación E. meteorológica      | EM              | mm agua evap.        | mm                      |
| Radiación E. meteorológica        | RM              | Potencia por m2      | w/m2                    |
| Precipitación E. meteorológica    | PM              | mm de agua caída     | mm                      |
| Velocidad del Viento              | VM              | Velocidad            | km/h                    |
| Humedad Relativa E. Meteorológ.   | HM              | H. Relativa del aire | %HR                     |
| <b>Calidad del Agua</b>           |                 |                      |                         |
| Temperatura (Calidad)             | TC              | Temperatura amb.     | °C                      |
| Análisis PH                       | PH              | Acidez               | pH                      |
| Análisis conductividad            | CO              | Conductividad        | µS/cm                   |
| Análisis oxígeno disuelto         | OD              | Concentración        | %Sat.                   |
| Análisis oxígeno disuelto         | OD              | Concentración        | mg/L                    |
| Análisis ORP (Redox)              | OR              | Potencial Redox      | mV                      |
| <b>Sedimentos</b>                 |                 |                      |                         |
| Análisis turbidez                 | TU              | Concentración        | NTU                     |

Ejemplo de codificación:

| <b>ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA</b>     |                         |                                  |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Código BNA                        | <b>03434003-K</b>       |                                  |
| Tag DGA CPPO                      | <b>03434003-K-EF</b>    | Estación Fluviométrica           |
| Nombre Estación                   | RIO COPIAPÓ EN MAL PASO | AGUAS ABAJO CANAL                |
| <b>Detalle de la codificación</b> |                         |                                  |
| Nº de Región (WBS)                | 03                      | III - Región                     |
| Código Cuenca (WBS)               | 034                     | Cuenca Río Copiapó               |
| Código SubCuenca (WBS)            | 0343                    | Río Copiapó Medio                |
| Código SubSubCuenca (WBS)         | 03434                   | Tramo entre T.Amarilla y Paipote |
| Correlativo                       | 003                     | Punto de monitoreo Nº 003        |

**Figura 2-2: Codificación de Datos – WBS subcuencas**



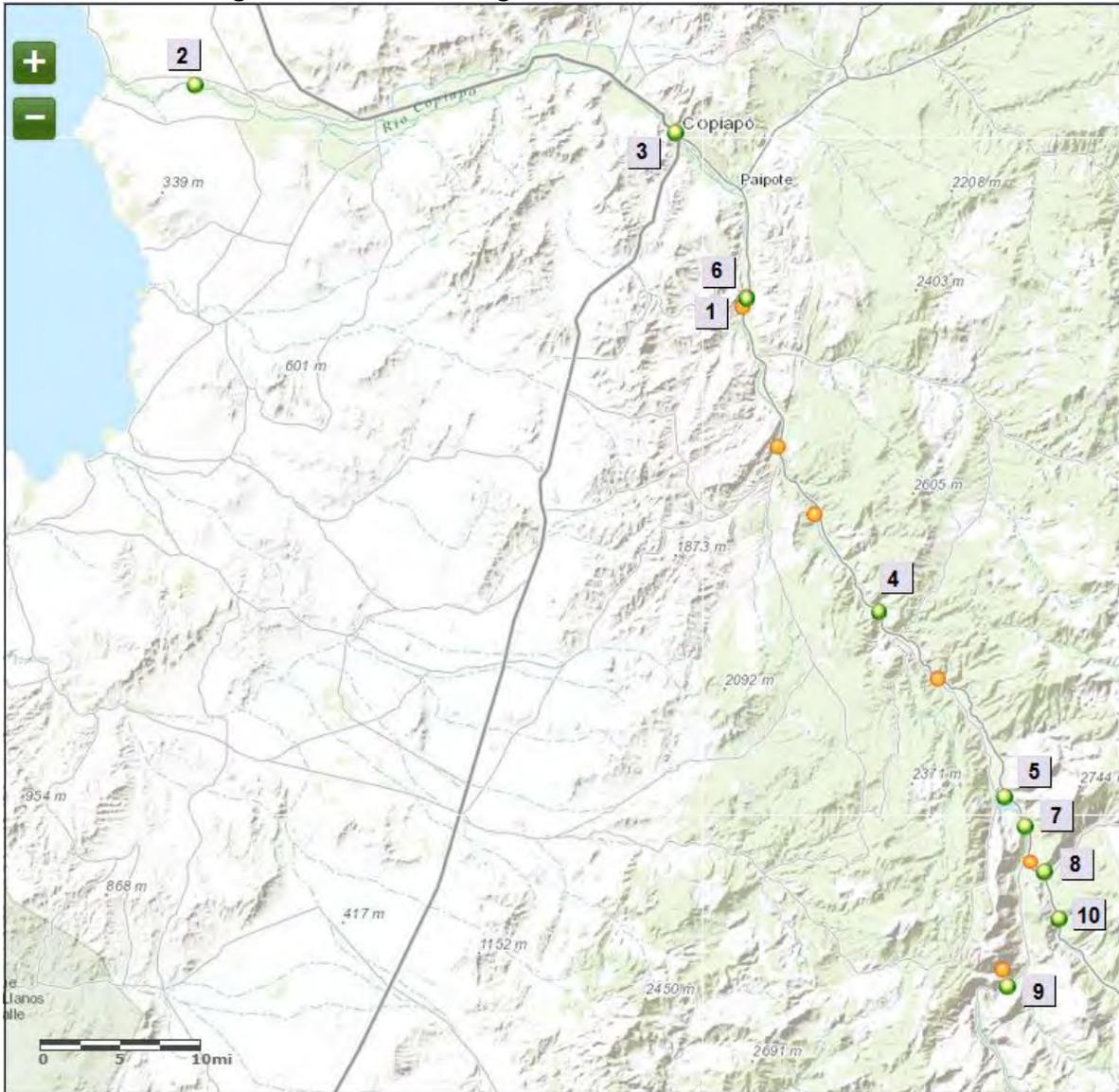
## 2.3 LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA

Durante el mes de Diciembre de 2013 se realizó un levantamiento en terreno de la instrumentación existente, esto en función de la disponibilidad del personal que nos acompaña de DGA, por lo cual se dejó de visitar la estación 3. A continuación se describe las obras visitadas así como de los antecedentes recabados.

### 2.3.1 Levantamiento Estaciones Fluviométricas

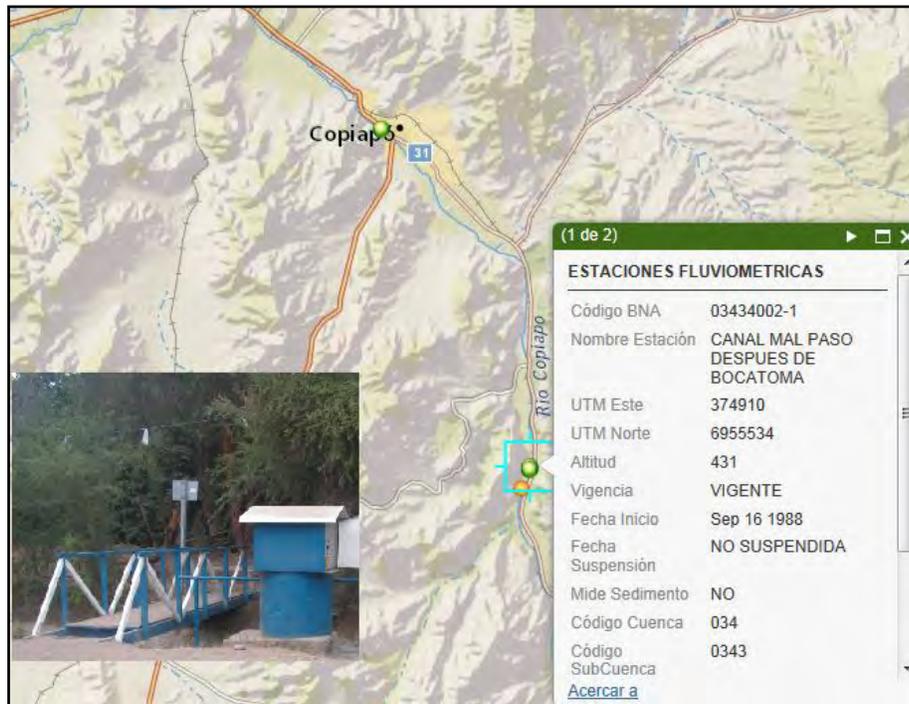
En el levantamiento de estaciones fluviométricas se colocó especial atención en la forma de acceder al punto de monitoreo, en la tecnología instalada para registrar los niveles, en el método actual de comunicación, en la disponibilidad de señal para GPRS y en la forma de alimentar las instalaciones. A continuación se muestra la información recopilada, pudiendo ver la distribución y ubicación relativa de las estaciones en la Figura 2-3.

Figura 2-3: Ubicación general estaciones Fluviométricas



a) **1** Estación Fluviométrica Canal Mal Paso.

Por la ruta C-35 a unos 20 km de Copiapó se encuentra esta estación, en terrenos privados pero a unos 100 m de la ruta, de acceso directo

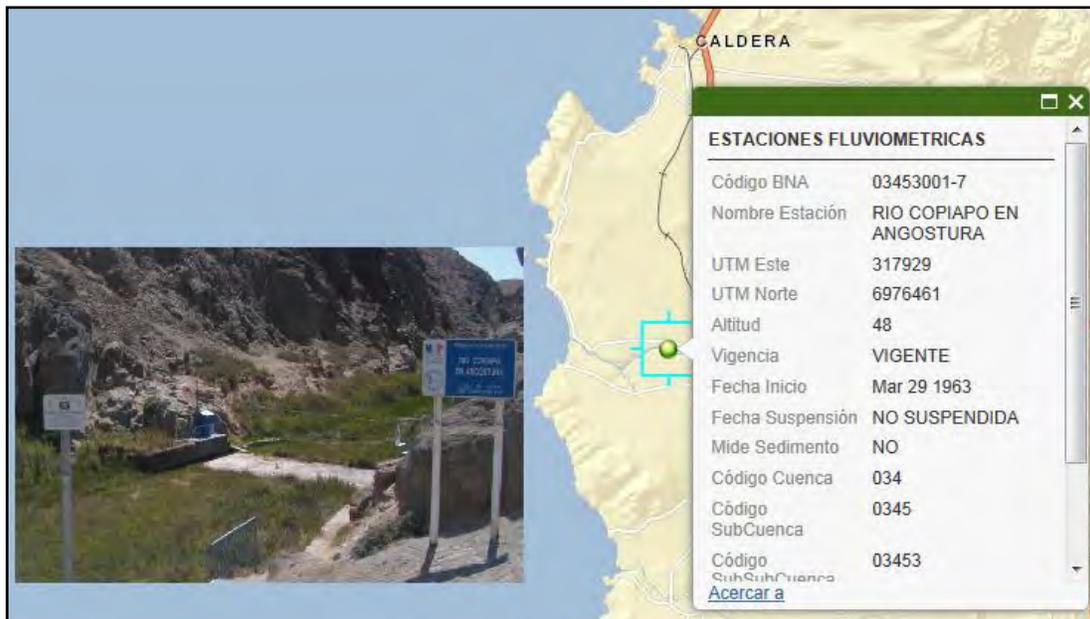


Señal GPRS: Entel - Movistar  
Intensidad Señal: Buena.

- Instrumentación Automatizada:
  - o Sistema Monitoreo Stevens, modelo AXSYS
  - o Variables de medición: Nivel de agua.
  - o Alimentación: Batería de 12v.
  - o Transmisión Datos: Recolección datos por Notebook, Mensual
  - o Frecuencia Muestreo: Cada una hora.
  
- Instrumentación Manual:
  - o Regla Limnimétrica.
  - o Recolección de datos: Mensual.

## b) 2 Estación Fluviométrica Rio Copiapó, Angostura

Estación ubicada sobre el río Copiapó al llegar a la desembocadura del río sobre el mar, a unos 55 Km de Copiapó por la ruta 5 hacia Caldera, tomando la ruta C-138. Saliendo de esta ruta asfaltada son unos 5 Km, por ruta de tierra.



Señal GPRS: Entel – Movistar  
Intensidad Señal: Baja.

- Instrumentación Automatizada:
  - o Sistema Monitoreo Stevens, modelo AXSYS
  - o Variables de medición: Nivel de agua.
  - o Alimentación: Sistema Energía Solar en 12v con batería.
  - o Transmisión Datos: Recolección datos por Notebook, Mensual
  - o Frecuencia Muestreo: Cada una hora.
  
- Instrumentación Manual:
  - o Regla Limnimétrica.
  - o Recolección de datos: Mensual.

**c) 4 Estación Fluviométrica Rio Copiapó - La Puerta**

Estación ubicada sobre el río Copiapó, a unos 50 metros de ruta C-35, a 60 Km de Copiapó. Fácil acceso, directo y de ripio, desde ruta asfaltada.

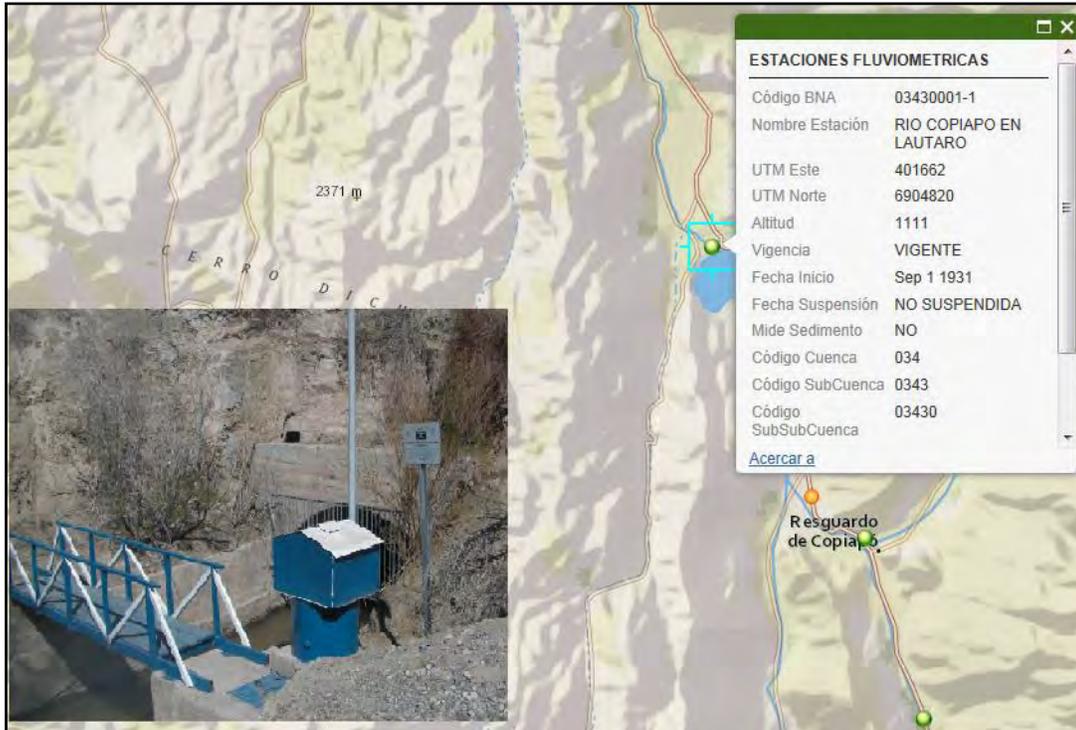


Señal GPRS: Entel – Movistar  
 Intensidad Señal: Buena.

- Instrumentación Automatizada:
  - o Sistema Monitoreo Stevens, modelo AXSYS
  - o Variables de medición: Nivel y Temperatura de agua.
  - o Alimentación: Sistema Energía Solar en 12v con batería.
  - o Transmisión Datos: Satelital y Recolección mensual de datos por Notebook.
  - o Frecuencia Muestreo: Cada una hora.
- Instrumentación Manual:
  - o Regla Limnimétrica.
  - o Recolección de datos: Mensual.

d) **5** Estación Fluviométrica Rio Copiapó en Lautaro.

A 5 km de la Estación Pastillo y a 75 km de Copiapó, se ubica esta estación, el acceso es por un camino rural de unos 2 km con acceso relativamente fácil.

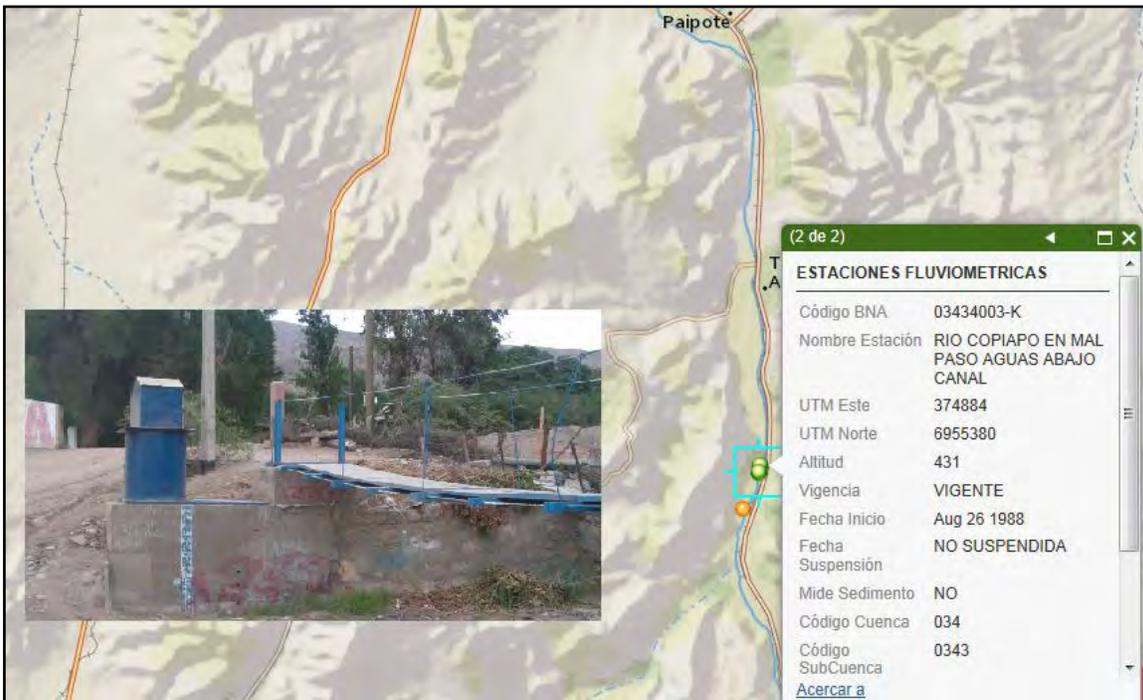


Señal GPRS: Entel - Movistar  
Intensidad Señal: Buena.

- Instrumentación Automatizada:
  - o Sistema Monitoreo Stevens, modelo AXSYS
  - o Variables de medición: Nivel de agua.
  - o Alimentación: Sistema Energía Solar en 12v con batería.
  - o Transmisión Datos: Recolección datos por Notebook, Mensual
  - o Frecuencia Muestreo: Cada una hora.
  
- Instrumentación Manual:
  - o Regla Limnimétrica.
  - o Recolección de datos: Mensual.

e) **6** Estación Fluviométrica Rio Copiapó en Mal Paso.

Por la ruta C-35 a unos 20 km de Copiapó se encuentra esta estación, en terrenos privados pero a unos 100 m de la ruta, de acceso directo. Está muy cercana de la estación anterior.

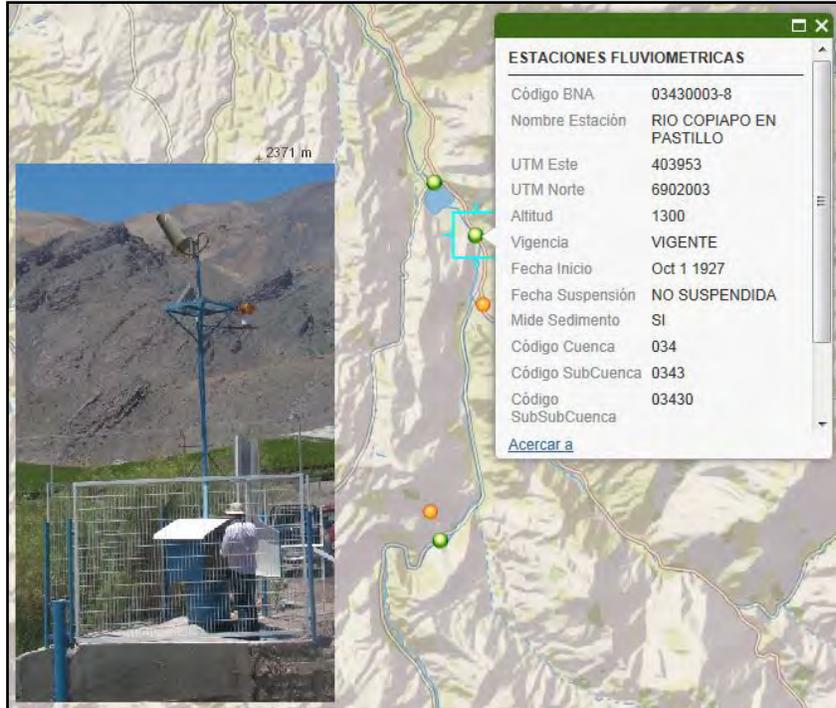


Señal GPRS: Entel - Movistar  
Intensidad Señal: Buena.

- Instrumentación Automatizada:
  - o Sistema mecánico Stevens (lectura visual)
  - o Variables de medición: Nivel de agua.
  - o Alimentación: N/A es sistema mecánico.
  - o Transmisión Datos: Retiro Mensual hoja de datos.
  - o Frecuencia Muestreo: 1 hora por observador.
  
- Instrumentación Manual:
  - o Regla Limnimétrica.
  - o Recolección de datos: Mensual.

f) **7** Estación Fluviométrica Rio Copiapó en Pastillo.

A 82 km de Copiapó por la ruta C-35, y unos 200 metros sobre la ruta C-393 se llega a esta estación de fácil acceso.

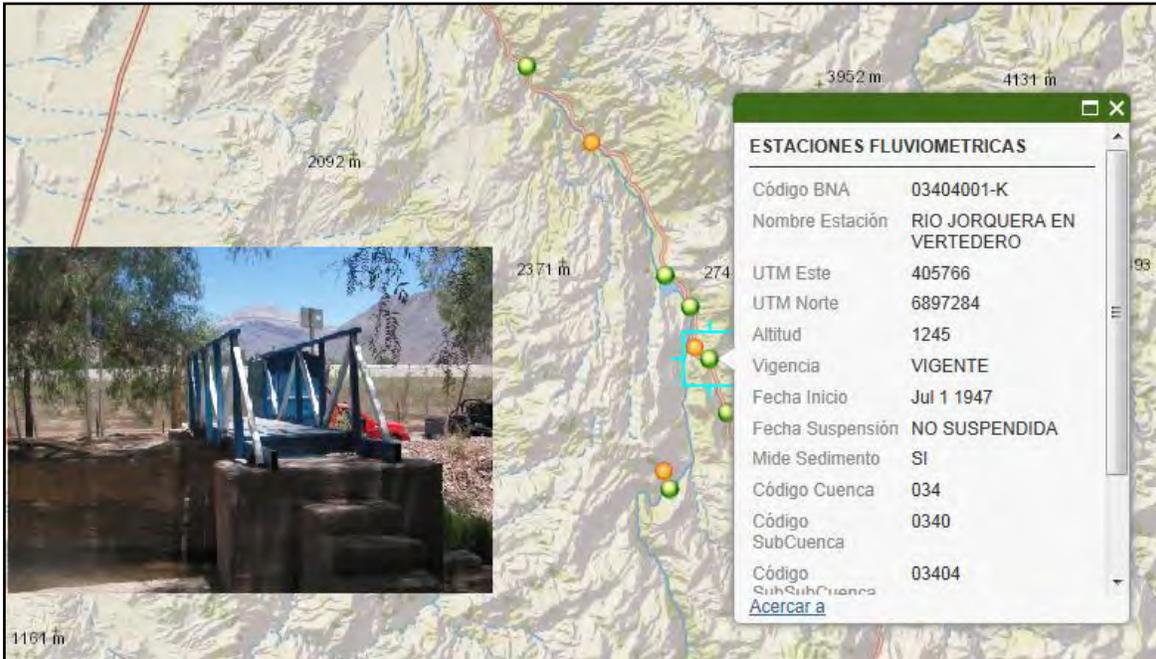


Señal GPRS: Entel - Movistar  
Intensidad Señal: Buena.

- Instrumentación Automatizada:
  - o Sistema Monitoreo Stevens, modelo AXSYS
  - o Variables de medición: Nivel de agua.
  - o Alimentación: Sistema Energía Solar en 12v con batería.
  - o Transmisión Datos: Satelital y Recolección mensual de datos por Notebook.
  - o Frecuencia Muestreo: Cada una hora.
  
- Instrumentación Manual:
  - o Regla Limnimétrica.
  - o Recolección de datos: Mensual.

**g) 8 Estación Fluviométrica Rio Jorquera**

A 91 km de Copiapó por la ruta C-35, y unos 2 km sobre la ruta C-459 se llega a esta estación ubicada en el río Jorquera antes de su desembocadura sobre el río Copiapó.

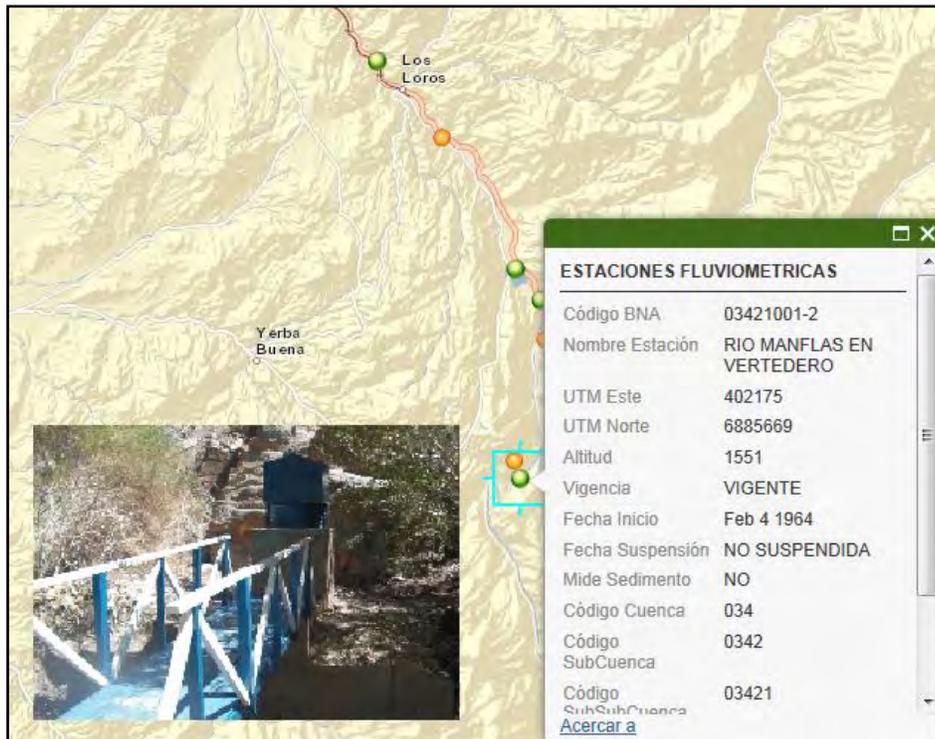


Señal GPRS: No hay

- Instrumentación Automatizada:
  - o Sistema Monitoreo Stevens, modelo AXSYS
  - o Variables de medición: Nivel de agua.
  - o Alimentación: Batería de 12v.
  - o Transmisión Datos: Recolección datos por Notebook, Mensual
  - o Frecuencia Muestreo: Cada una hora.
  
- Instrumentación Manual:
  - o Regla Limnimétrica.
  - o Recolección de datos: Mensual.

## h) 9 Estación Fluviométrica Río Manflas en Vertedero

Saliendo de Copiapó, se recorren 82 km por la ruta C-35. Luego se toma la ruta C-393 asfaltado de unos 10 km de largo; en esta ruta se debe solicitar acceso a los dueños de los terrenos de acceso. Luego se pasa a un camino ripiado de un 7 km de largo, llegando a la Estación ubicada en el Río Manflas.

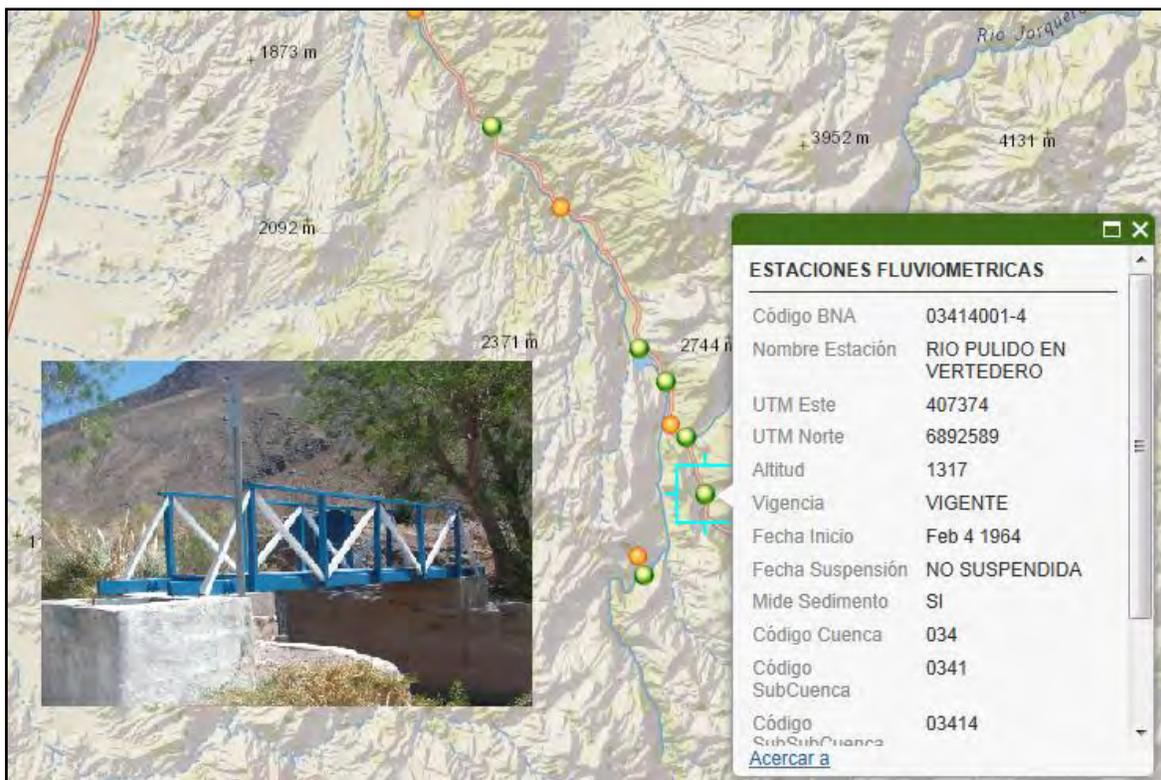


Señal GPRS: No hay

- Instrumentación Automatizada:
  - o Sistema Monitoreo Stevens, modelo AXSYS
  - o Variables de medición: Nivel y Temperatura de agua.
  - o Alimentación: Batería de 12v.
  - o Transmisión Datos: Recolección datos por Notebook, Mensual
  - o Frecuencia Muestreo: Cada una hora.
  
- Instrumentación Manual:
  - o Regla Limnimétrica.
  - o Recolección de datos: Mensual.

**i) 10 Estación Fluviométrica Rio Pulido.**

A 96 km de Copiapó por la ruta C-35, se llega a esta estación de fácil acceso.



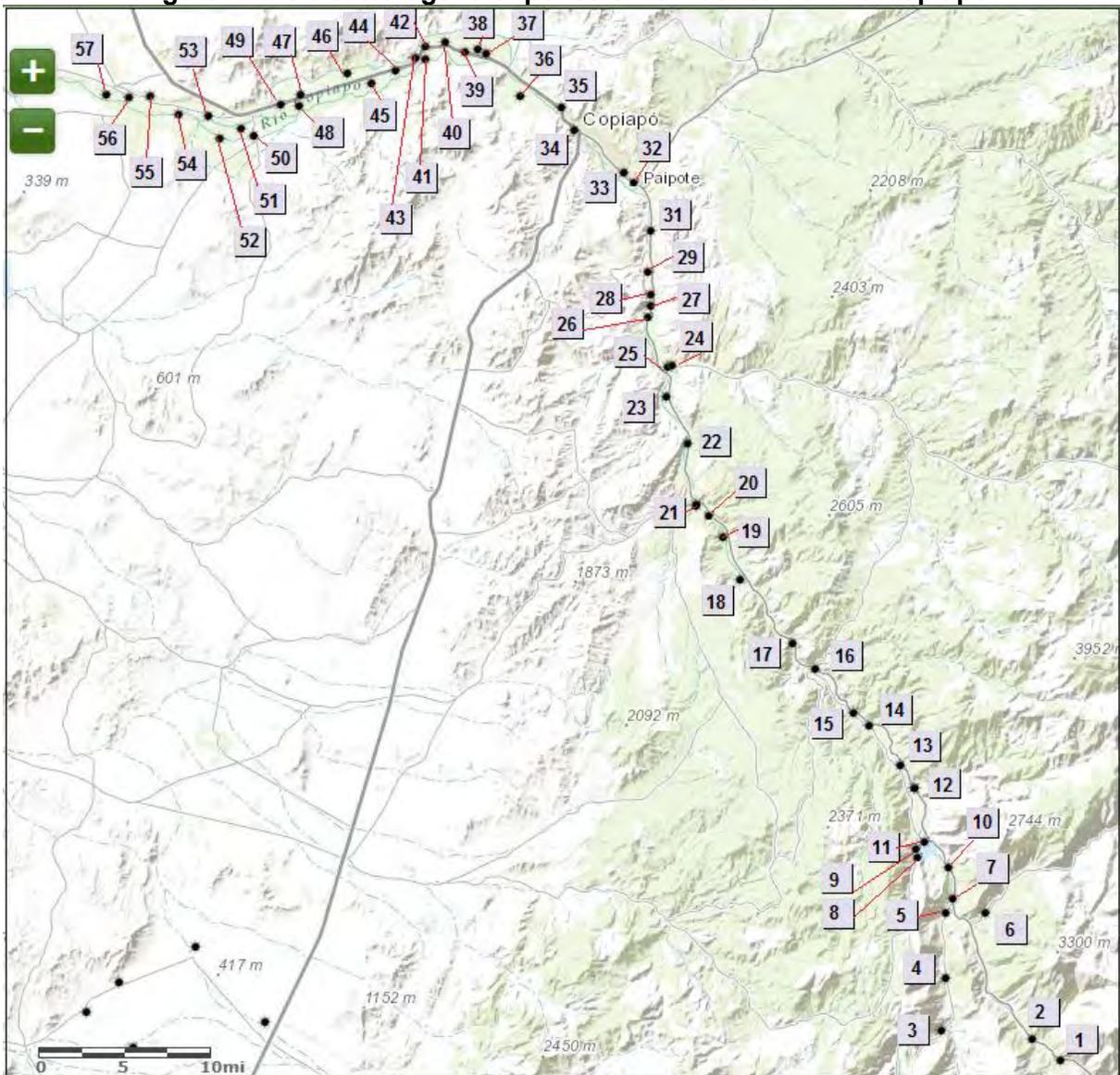
Señal GPRS: Entel - Movistar  
Intensidad Señal: Buena.

- Instrumentación Automatizada:
  - o Sistema Monitoreo Stevens, modelo AXSYS
  - o Variables de medición: Nivel y Temperatura de agua.
  - o Alimentación: Sistema Energía Solar en 12v con batería.
  - o Transmisión Datos: Recolección datos por Notebook, Mensual
  - o Frecuencia Muestreo: Cada una hora.
- Instrumentación Manual:
  - o Regla Limnimétrica.
  - o Recolección de datos: Mensual.

### 2.3.2 Levantamiento Pozos

En el levantamiento de los pozos igualmente se colocó especial atención en la forma de acceder al punto de monitoreo, en la tecnología instalada para registrar los niveles, en la disponibilidad de señal para GPRS y en la forma de alimentar las instalaciones. Cabe señalar que ninguno cuenta con comunicación remota. A continuación se muestra la información recopilada en los pozos 1-2-25-27-37-38-40-45-50-51-52-53-54-55-56 y 57, cuya ubicación realtiva se muestra en la Figura 2-4

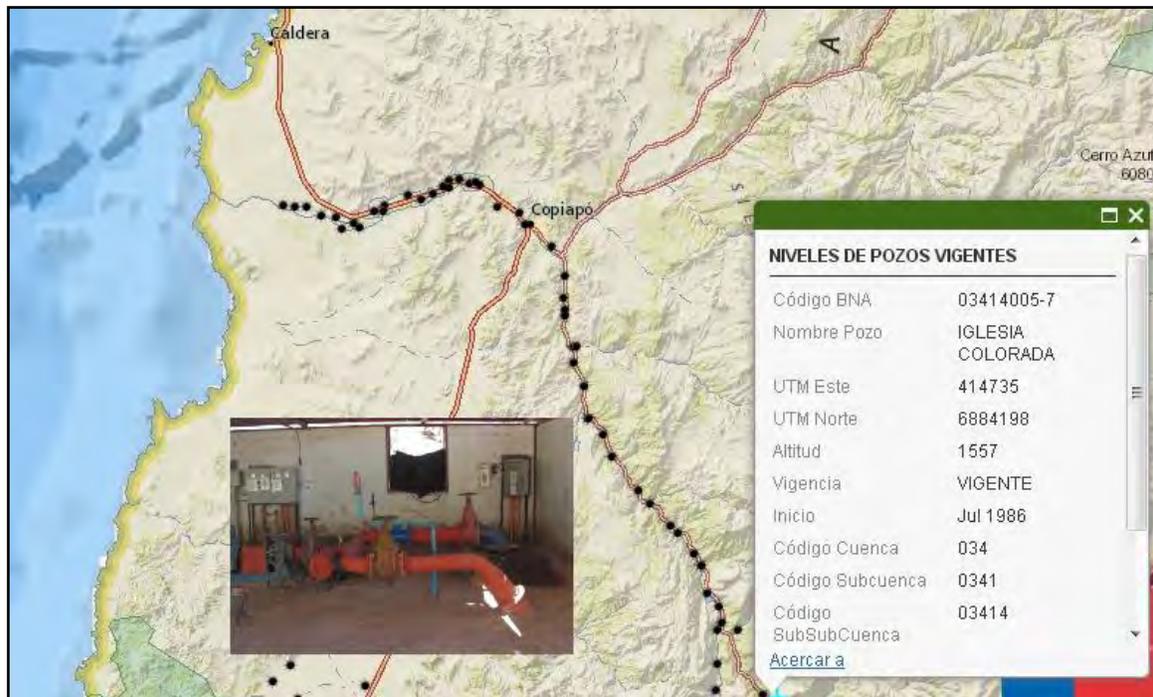
**Figura 2-4: Ubicación general pozos en la Cuenca del Río Copiapó**



Nota: En la figura aparecen 57 puntos, sin embargo son 54 los pozos que se está actualmente monitoreando, los tres que adicionalmente están indicados serán sancionados posteriormente al estudio, pues se encuentran pendientes de eliminar o mantener.

**a) 1 - Pozo Caseta Iglesia Colorada Nro. 2**

Por la ruta C-35, saliendo desde Copiapó hacia Caserones, y después de recorrer 111 km por una ruta asfaltada y de buenas condiciones se llega a este pozo privado.



Pozo de propiedad privada. Actualmente operativo.

Señal GPRS: No Hay

- Instrumentación Manual:
  - o Sistema Monitoreo por Pozómetro de inserción manual.
  - o Variables de medición: Nivel de Agua.
  - o Transmisión Datos: Anotación de datos en planilla.
  - o Recolección de datos: Mensual.
- Monitoreo Privado:
  - o Sistema Monitoreo manual.
  - o Variables de medición: Presión de descarga y Caudal entregado.

b) **2** - Pozo Quebrada Seca (Caseta Nro. 6)

5 km antes de llegar al pozo Nro. 2 está otro pozo, del mismo dueño y a 106 km de Copiapó.



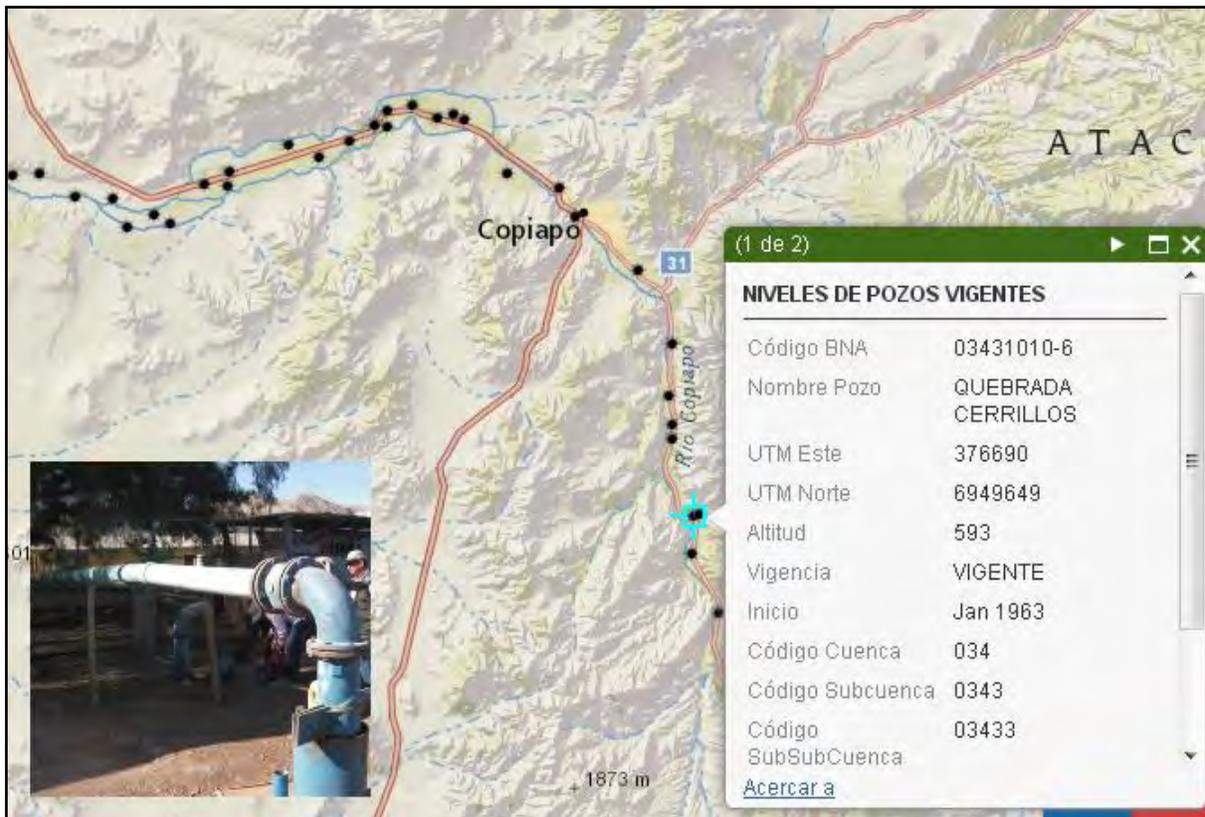
Pozo de propiedad privada.

Señal GPRS: No Hay

- Instrumentación Manual:
  - o Sistema Monitoreo por Pozómetro de inserción manual.
  - o Variables de medición: Nivel de Agua.
  - o Transmisión Datos: Anotación de datos en planilla.
  - o Recolección de datos: Mensual.
  
- Monitoreo Privado:
  - o Sistema Monitoreo manual.
  - o Variables de medición: Caudal entregado

c) **25** - Pozo Quebrada Cerrillos

En la ruta C-35, a 28 km de Copiapó, está este pozo, de uso privado.



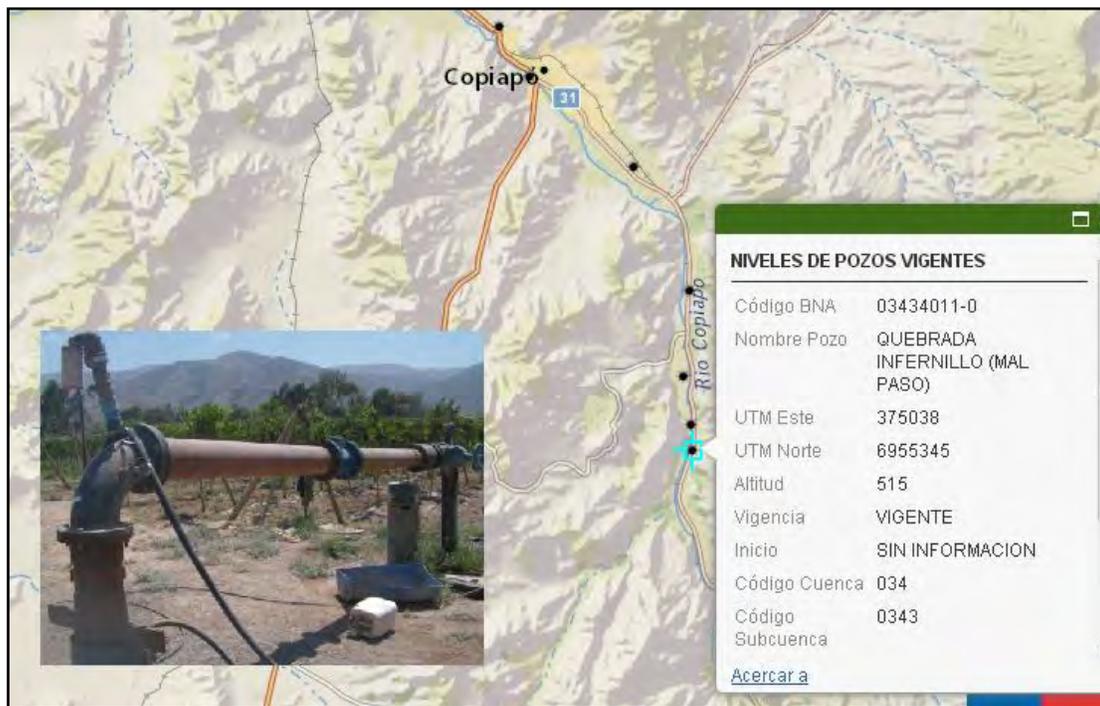
Pozo de propiedad privada. Actualmente en uso.

Señal GPRS: Entel – Movistar  
Intensidad Señal: Buena

- Instrumentación Manual:
  - o Sistema Monitoreo por Pozómetro de inserción manual.
  - o Variables de medición: Nivel de Agua.
  - o Transmisión Datos: Anotación de datos en planilla.
  - o Recolección de datos: Mensual.

d) **27** - Pozo Quebrada Infiernillo

A unos 200 metros de la Estación Fluviométrica del Canal Mal Paso, está este pozo privado de uso agrícola, distante a unos 22 km de Copiapó, por la ruta C-35.



Pozo de propiedad privada. Actualmente en uso.

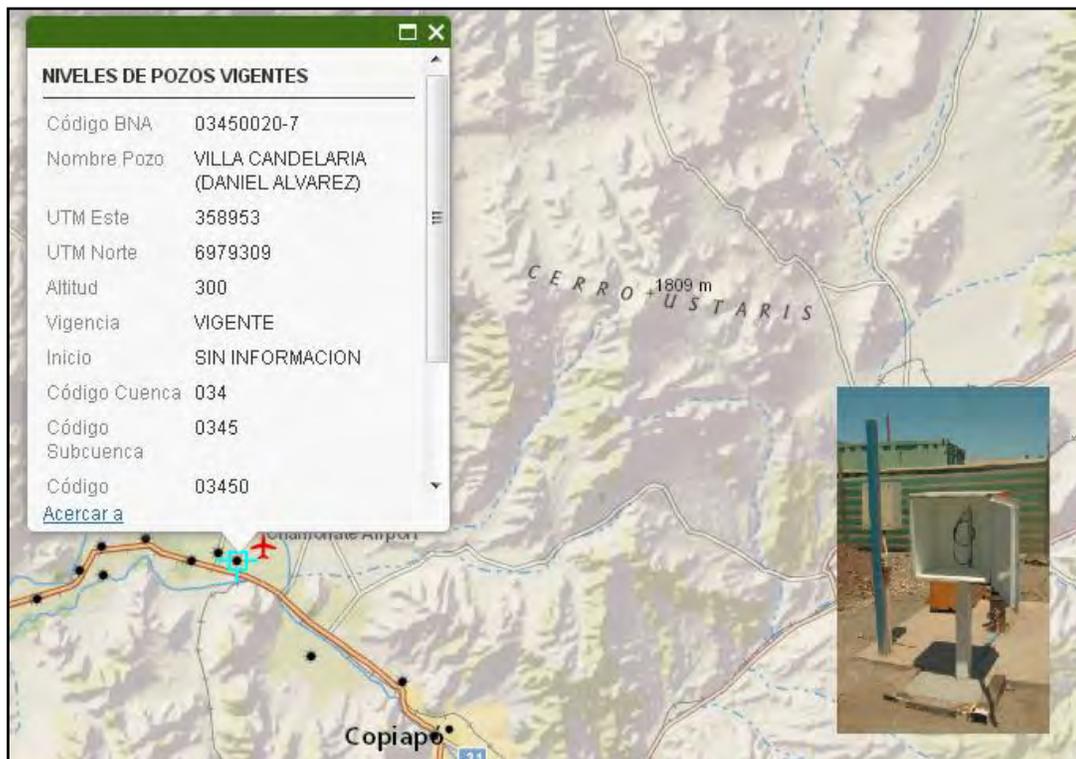
Señal GPRS: Entel – Movistar

Intensidad Señal: Buena

- Instrumentación Manual:
  - o Sistema Monitoreo por Pozómetro de inserción manual.
  - o Variables de medición: Nivel de Agua.
  - o Transmisión Datos: Anotación de datos en planilla.
  - o Recolección de datos: Mensual.
  
- Monitoreo Privado:
  - o Sistema Monitoreo manual.
  - o Variables de medición: Presión de descarga y Caudal entregado.

e) **37** - Pozo Villa Candelaria

Saliendo de Copiapó hacia el norte por la ruta 5, y después de recorrer unos 14 km, en un sector residencial se ubica este pozo de uso privado.



Pozo de propiedad privada. Actualmente en uso.

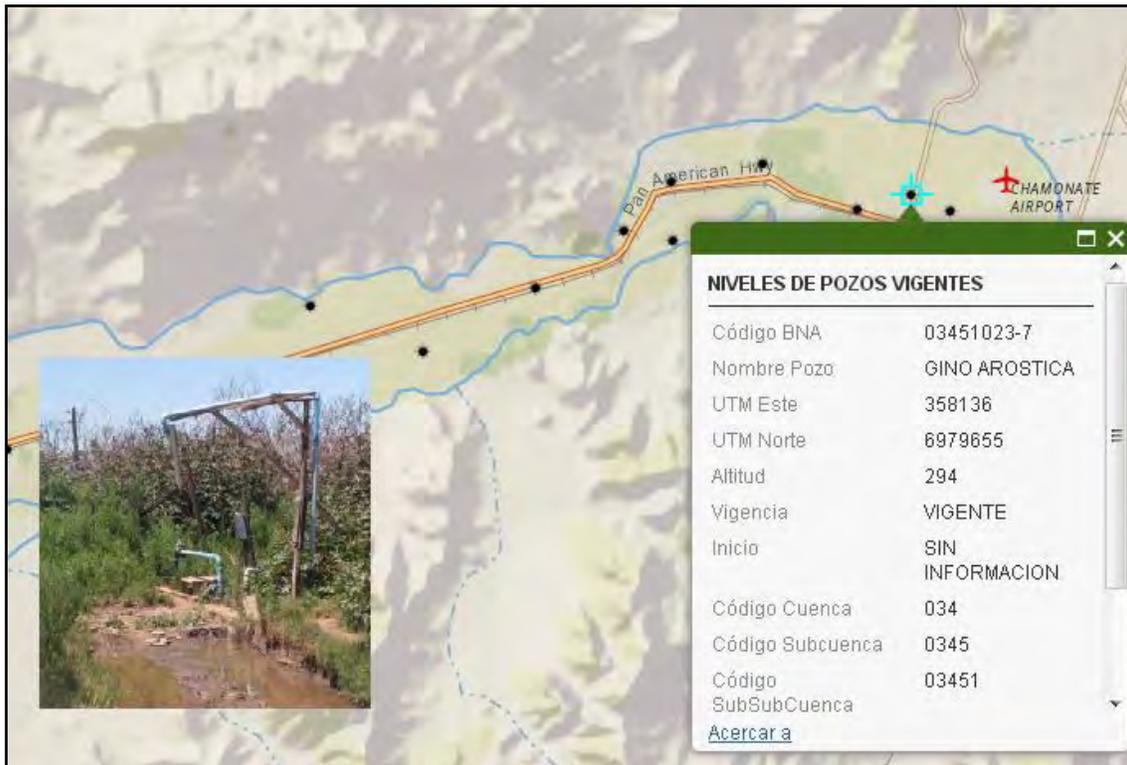
Señal GPRS: Entel – Movistar

Intensidad Señal: Buena

- Instrumentación Automatizada:
  - o Sistema Monitoreo por Datalogger
  - o Variables de medición: Nivel de Agua.
  - o Alimentación: Pilas de Litio, autonomía de 5 años.
  - o Transmisión Datos: Descarga de datos de pila de almacenamiento por Notebook
  - o Frecuencia Muestreo: cada una hora.
  - o Frecuencia Descarga Información: Mensual.

f) **38** - Pozo Gino Aróstica

Después de 12,5 km de viaje por la ruta 5 Norte desde Copiapó, se toma el camino C-355 por 1 km llegando a este pozo, de acceso directo desde el camino, pero en terrenos privados.



Pozo de propiedad privada. **Actualmente no se lleva el monitoreo del pozo mencionado por encontrarse con los derechos de aguas no regularizados.**

Señal GPRS: Entel – Movistar  
Intensidad Señal: Buena

- Instrumentación Manual:
  - o Sistema Monitoreo por Pozómetro de inserción manual.
  - o Variables de medición: Nivel de Agua.
  - o Transmisión Datos: Anotación de datos en planilla.
  - o Recolección de datos: Mensual.

g) **40** - Pozo Hacienda San Francisco

A 16 km al norte de Copiapó, por la ruta 5, se encuentra este pozo privado, el cual por el momento no se encuentra en uso.



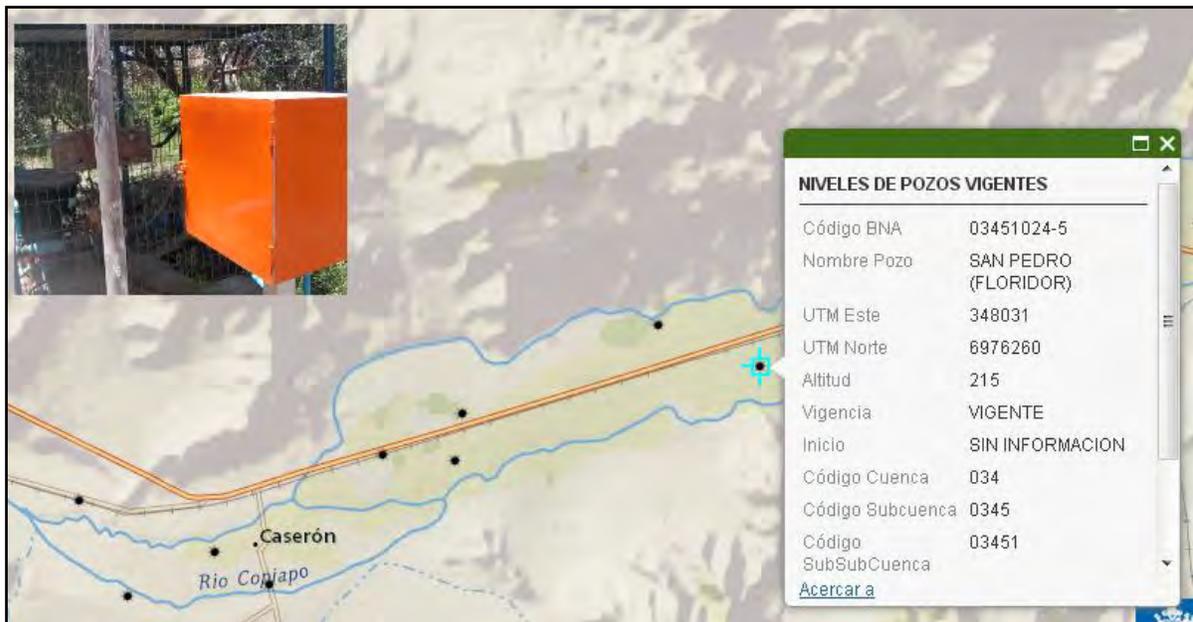
Pozo de propiedad privada. Actualmente operativo y detenido.

Señal GPRS: Entel – Movistar  
Intensidad Señal: Buena

- Instrumentación Manual:
  - o Sistema Monitoreo por Pozómetro de inserción manual.
  - o Variables de medición: Nivel de Agua.
  - o Transmisión Datos: Anotación de datos en planilla.
  - o Recolección de datos: Mensual.
  
- Monitoreo Privado:
  - o Sistema Monitoreo por telemetría, sin acceso a Gabinete de Control.
  - o Variables de medición: Nivel de Agua y Caudal entregado.

h) **45** - Pozo San Pedro (Floridor)

En la ruta 5 Norte, a 25 km de Copiapó, y cerca de un 1 km por caminos interiores se llega a este pozo privado, de uso agrícola.



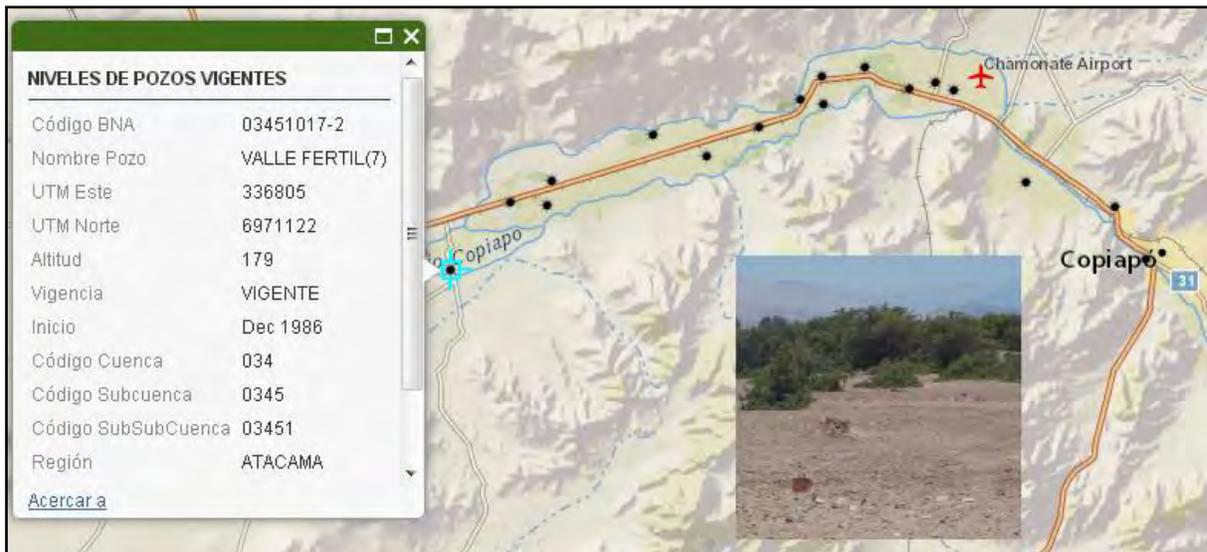
Pozo de propiedad privada. Actualmente en uso.

Señal GPRS: Entel – Movistar  
Intensidad Señal: Buena

- Instrumentación Automatizada:
  - o Sistema Monitoreo por Datalogger
  - o Variables de medición: Nivel de Agua.
  - o Alimentación: Pilas de Litio, autonomía de 5 años.
  - o Transmisión Datos: Descarga de datos de pila de almacenamiento por Notebook
  - o Frecuencia Muestreo: cada una hora.
  - o Frecuencia Descarga Información: Mensual.
  
- Monitoreo Privado:
  - o Sistema Monitoreo manual.
  - o Variables de medición: Presión de descarga y Caudal entregado.

i) **50** - Pozo Valle Fértil N°7

A 2,4 km de la ruta 5 Norte, por el camino C-370 se llega a este pozo de registro ubicado en el desierto. Está aproximadamente a 35 km de distancia de Copiapó



Pozo de Registro.

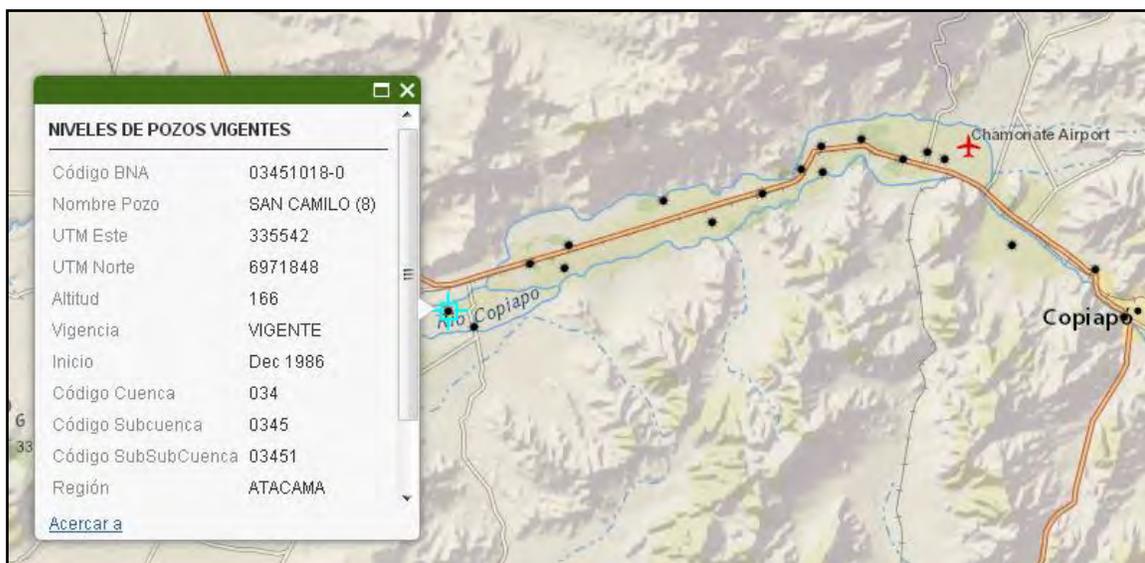
Señal GPRS: Entel – Movistar

Intensidad Señal: Buena

- Instrumentación Manual:
  - o Sistema Monitoreo por Pozómetro de inserción manual.
  - o Variables de medición: Nivel de Agua.
  - o Transmisión Datos: Anotación de datos en planilla.
  - o Recolección de datos: Mensual.

j) **51** - Pozo San Camilo Nro. 8

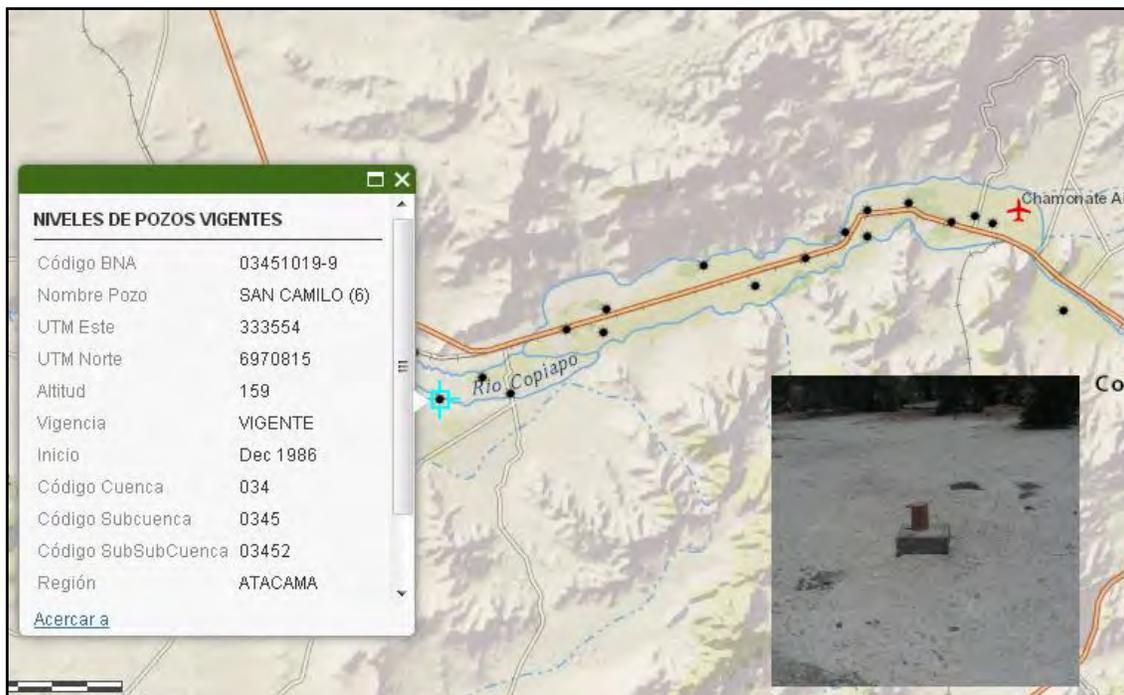
Pozo de propiedad privada. 36 km desde Copiapó al norte por la ruta 5, y después de 1.2 km de caminos rurales se llega a este pozo. Durante la visita, el acceso estaba cerrado por los dueños de los terreno, por lo que no se pudo realizar el levantamiento de lo existente.



Sin datos por registrar. Acceso cerrado a pozo.

k) **52** - Pozo San Camilo N° 6

Por casi 10 km de recorrido en terrenos desérticos de arena y principalmente pedregoso, por tipos de rutas llamadas huellas de camino se llega a este pozo en el desierto. Esta ruta para llegar este pozo, conocido solo por la gente de la DGA se toma por la ruta 5, a 36 km de Copiapó hacia el norte.



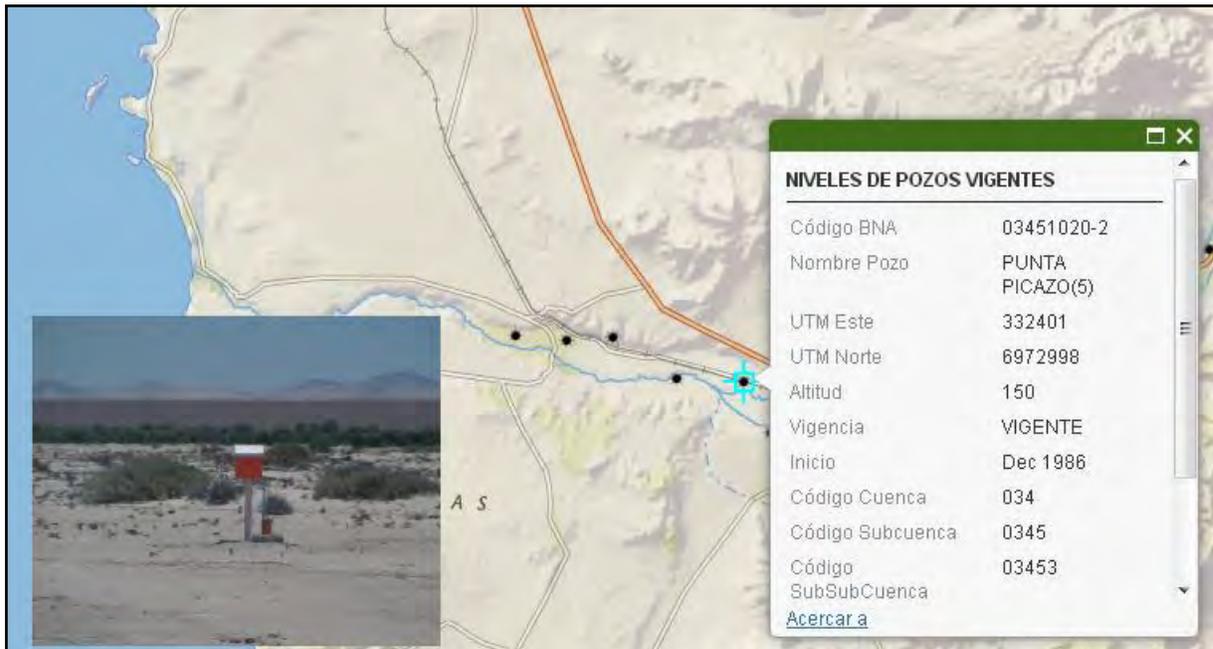
Pozo de Registro. Profundidad Pozo: 11m (1986).

Señal GPRS: Entel – Movistar  
Intensidad Señal: Buena

- Instrumentación Manual:
  - o Sistema Monitoreo por Pozómetro de inserción manual.
  - o Variables de medición: Nivel de Agua.
  - o Transmisión Datos: Anotación de datos en planilla.
  - o Recolección de datos: Mensual.

## L) 53 - Pozo Punta Picazo

Pozo ubicado en el desierto, en terrenos privados. Saliendo desde Copiapó por la Ruta 5, se recorren 38 km hasta empalmar con la ruta C-358, la cual se recorre durante unos 3 km. A unos 30 m de la ruta se ubica este pozo.



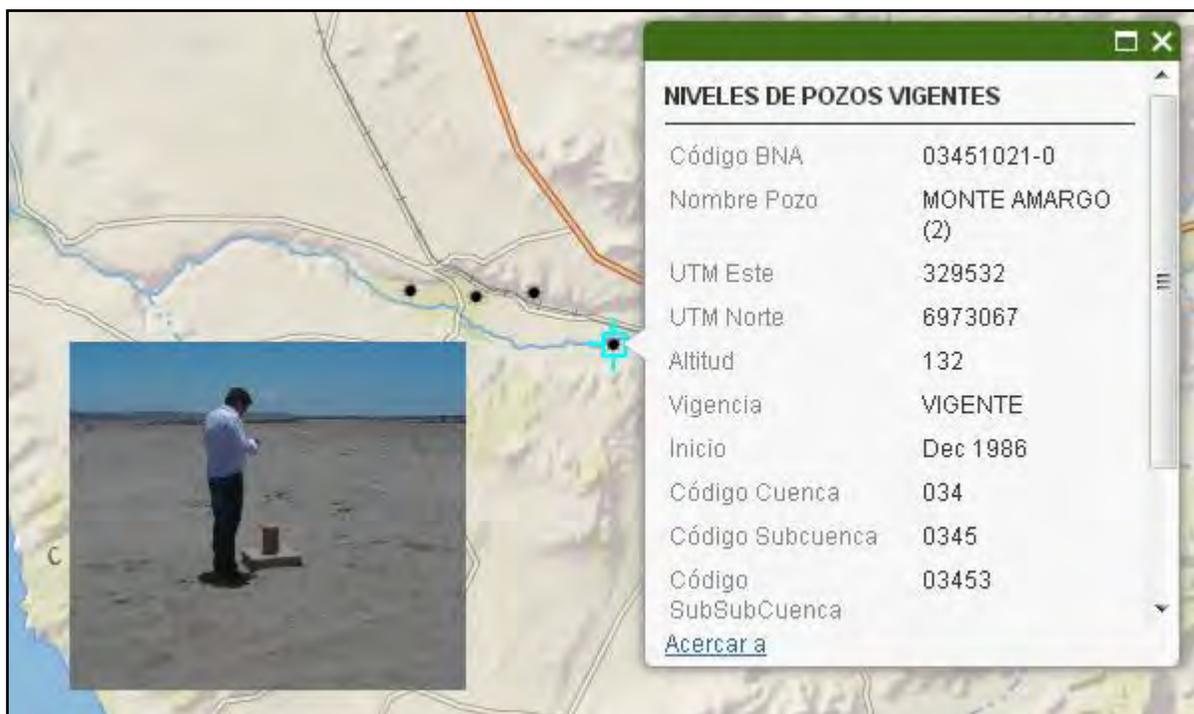
Pozo de Registro. Profundidad Pozo: 11,7m (1986).

Señal GPRS: Entel – Movistar  
Intensidad Señal: Buena

- Instrumentación Automatizada:
  - Sistema Monitoreo por Datalogger
  - Variables de medición: Nivel de Agua.
  - Alimentación: Pilas de Litio, autonomía de 5 años.
  - Transmisión Datos: Descarga de datos de pila de almacenamiento por Notebook
  - Frecuencia Muestreo: cada una hora.
  - Frecuencia Descarga Información: Mensual.

m) **54** - Pozo Monte Amargo

Pozo ubicado en el desierto, en terrenos privados. Saliendo desde Copiapó por la Ruta 5, se recorren 38 km hasta empalmar con la ruta C-358, la cual se recorre durante unos 6 km. Dentro de estos terrenos, a 1 km de la ruta se ubica este pozo.



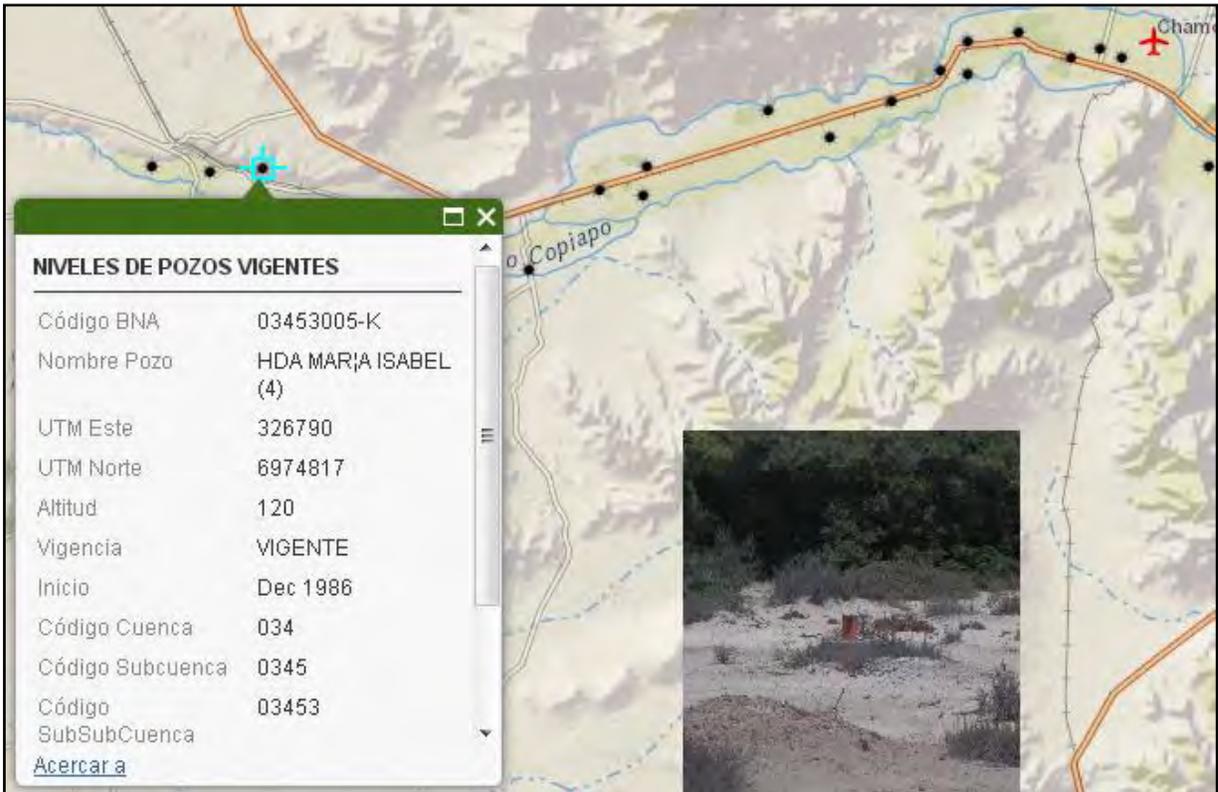
Pozo de Registro. Profundidad Pozo: 11,7 m (1986).

Señal GPRS: Entel – Movistar  
 Intensidad Señal: Buena

- Instrumentación Manual:
  - o Sistema Monitoreo por Pozómetro de inserción manual.
  - o Variables de medición: Nivel de Agua.
  - o Transmisión Datos: Anotación de datos en planilla.
  - o Recolección de datos: Mensual.

n) **55** - Pozo Hacienda Maria Isabel Nro. 4

Pozo Nro. 4 ubicado dentro de la hacienda productora de aceitunas María Isabel. Saliendo desde Copiapó por la Ruta 5, se recorren 38 km hasta empalmar con la ruta C-358, la cual se recorre durante unos 6 km. Dentro de la hacienda, a unos 500 m de la ruta se ubica este pozo.



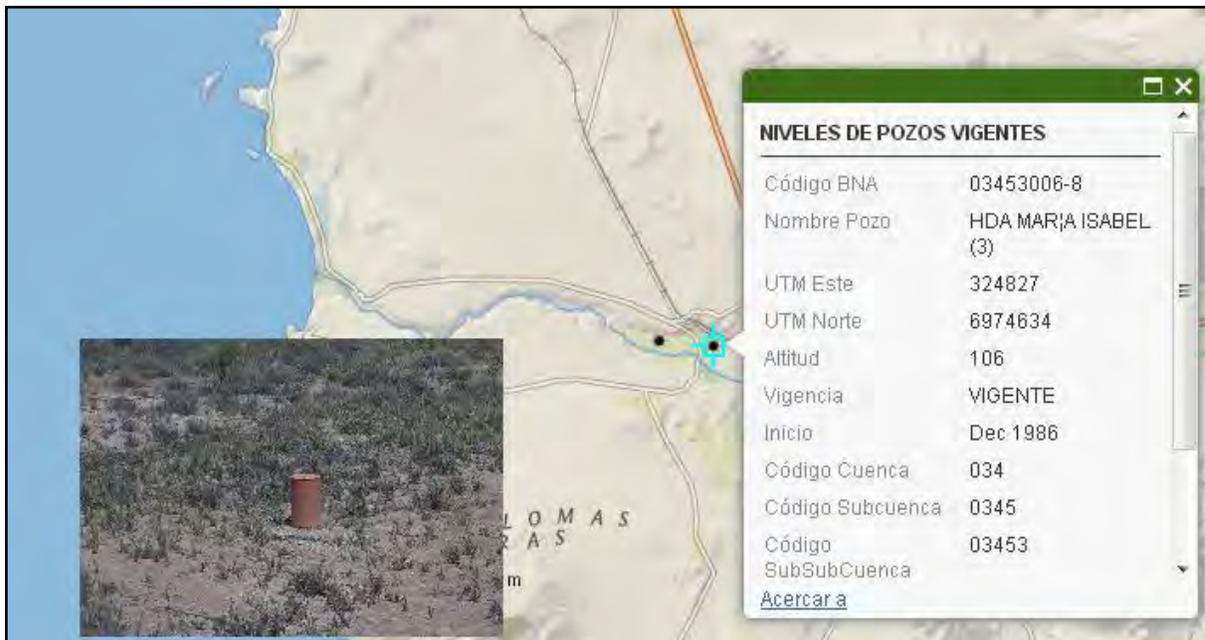
Pozo de Registro. Profundidad Pozo: 12,88 m (1986).

Señal GPRS: Entel – Movistar  
Intensidad Señal: Buena

- Instrumentación Manual:
  - o Sistema Monitoreo por Pozómetro de inserción manual.
  - o Variables de medición: Nivel de Agua.
  - o Transmisión Datos: Anotación de datos en planilla.
  - o Recolección de datos: Mensual.

**o) 56 - Pozo Hacienda Maria Isabel Nro. 3**

Pozo Nro. 3 ubicado dentro de la hacienda productora de aceitunas María Isabel. Saliendo desde Copiapó por la Ruta 5, se recorren 35 km hasta empalmar con la ruta C-358, la cual se recorre durante unos 13 km para entrar a la Hacienda, dentro de ella, a unos 2 km de la entrada principal se ubica este pozo.



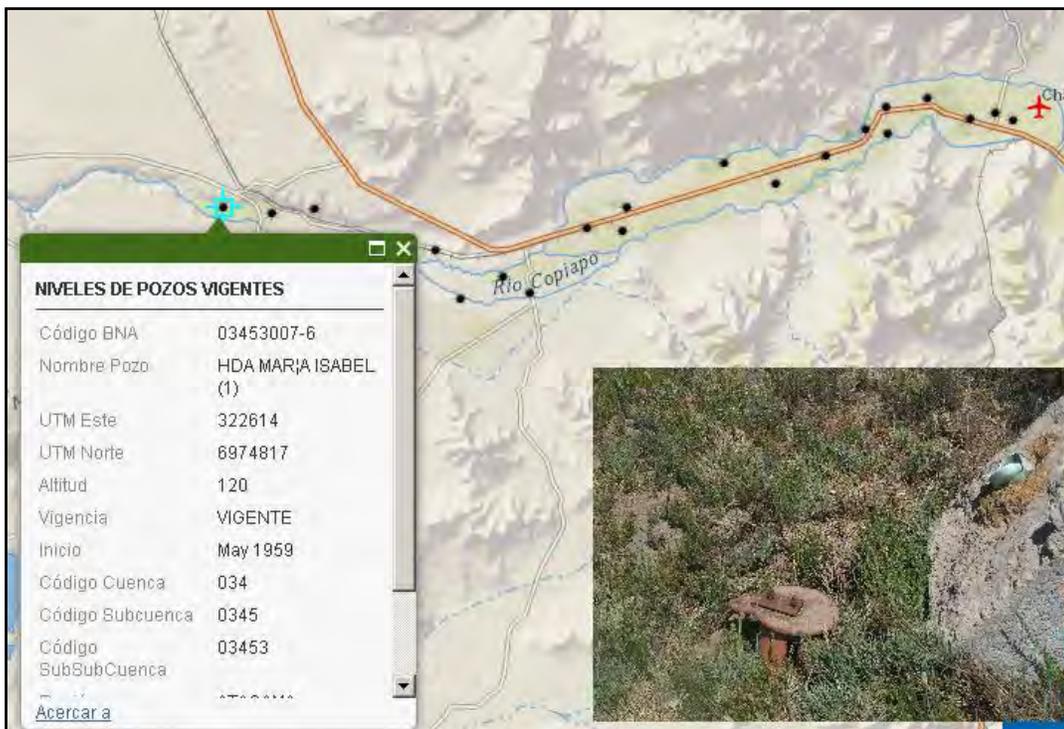
Pozo de Registro.

Señal GPRS: Entel – Movistar  
Intensidad Señal: Buena

- Instrumentación Manual:
  - Sistema Monitoreo por Pozómetro de inserción manual.
  - Variables de medición: Nivel de Agua.
  - Transmisión Datos: Anotación de datos en planilla.
  - Recolección de datos: Mensual.

p) **57** - Pozo Hacienda Maria Isabel Nro. 1

Pozo Nro. 1 ubicado dentro de la hacienda productora de aceitunas María Isabel. Saliendo de Copiapó por la Ruta 5, se recorren 35 km hasta empalmar con la ruta C-358, la cual se recorre durante unos 13 km para entrar a la Hacienda, dentro de ella, a unos 500 metros de la entrada principal se ubica este pozo.



Pozo de Registro.

Señal GPRS: Entel – Movistar  
Intensidad Señal: Buena

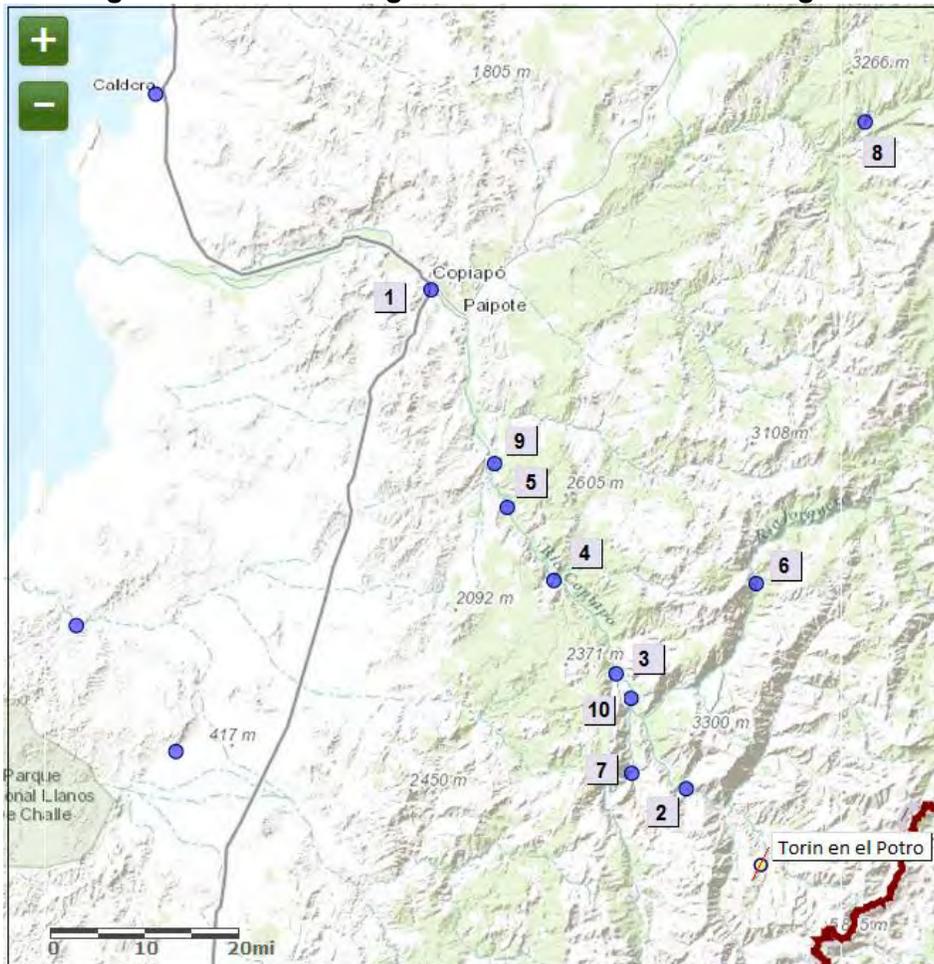
- Instrumentación Manual:
  - o Sistema Monitoreo por Pozómetro de inserción manual.
  - o Variables de medición: Nivel de Agua.
  - o Transmisión Datos: Anotación de datos en planilla.
  - o Recolección de datos: Mensual.

### 2.3.3 Levantamiento Estaciones Meteorológicas

La DGA cuenta con 10 estaciones meteorológicas, de las cuales 5 han sido modernizadas durante el año 2013, realizando captura y almacenamiento de datos de precipitación, temperatura y humedad relativa, a través de sensores conectados a un Datalogger marca Stevens modelo DL-3000. En la Figura 2-5 se muestra la ubicación relativa de las estaciones visitadas.

Respecto de este alcance, se aclara que solo 1 de las 5 estaciones modernizadas durante el año 2013 cuenta con dispositivo de transmisión vía GPRS a las oficinas de Nivel Central, ésta corresponde a la “Estación Meteorológica Copiapó”.

**Figura 2-5: Ubicación general estaciones meteorológicas**



El resumen de las visitas efectuadas a las estaciones 1-2 y 3 se muestra a continuación en las siguientes páginas.

a) **1** - Estación Meteorológica Copiapó

A tan solo 1,5 km del centro de la ciudad, se ubica esta estación la cual fue automatizada hace solo una semana de la visita realizada, está ubicada dentro del patio de una casa, de propiedad privada, y a unos metros de la ruta 5 Norte.



Estación Meteorológica DGA

Señal GPRS: Entel – Movistar

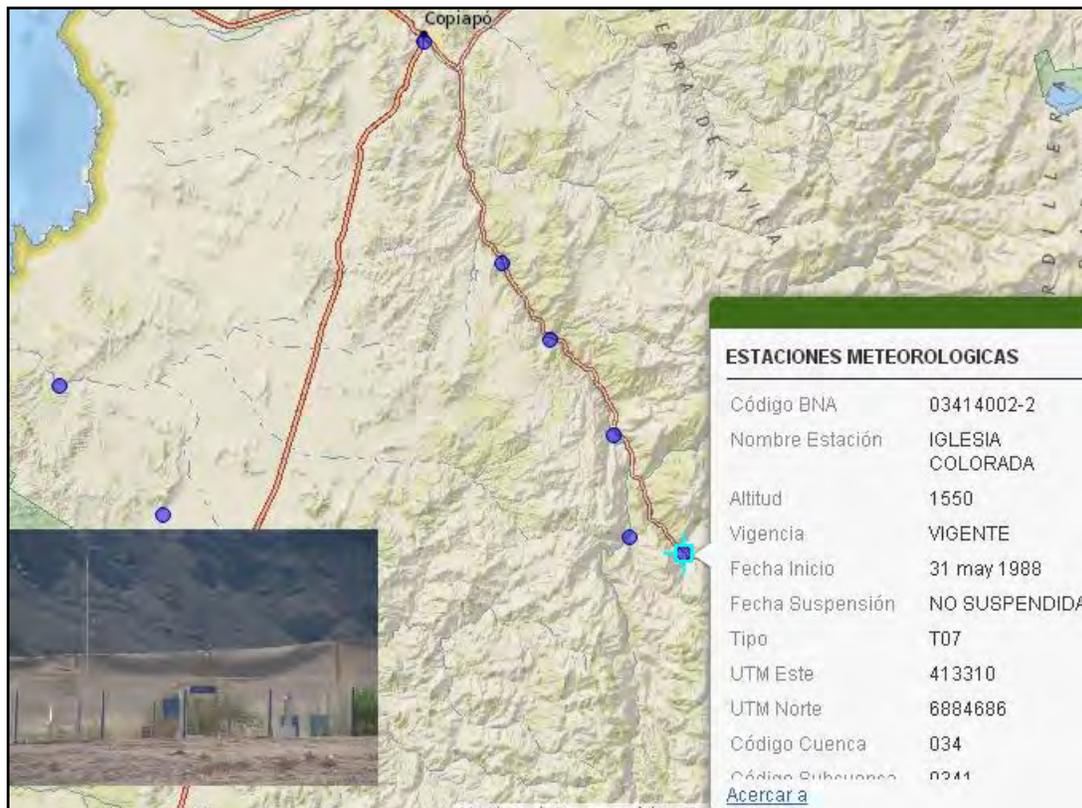
Intensidad Señal: Buena

- Instrumentación Automatizada:

- Sistema Monitoreo por DataLog Ic, modelo 3000
- Variables de medición: Pluviométrica.
- Alimentación: Sistema de Energía Solar
- Transmisión Datos: GPRS Entel, con equipos Robustel M1000 Pro
- Frecuencia Muestreo: cada una hora.
- Frecuencia Descarga Información: Bimensual.

**b) 2 - Estación Meteorológica Iglesia Colorada**

Por la ruta C-35, saliendo desde Copiapó hacia Caserones, y después de recorrer 105 km por una ruta asfaltada y de buenas condiciones se llega a este pozo privado. En el momento de la visita estaba cerrado el portón de acceso a los terrenos donde se encuentra esta estación.



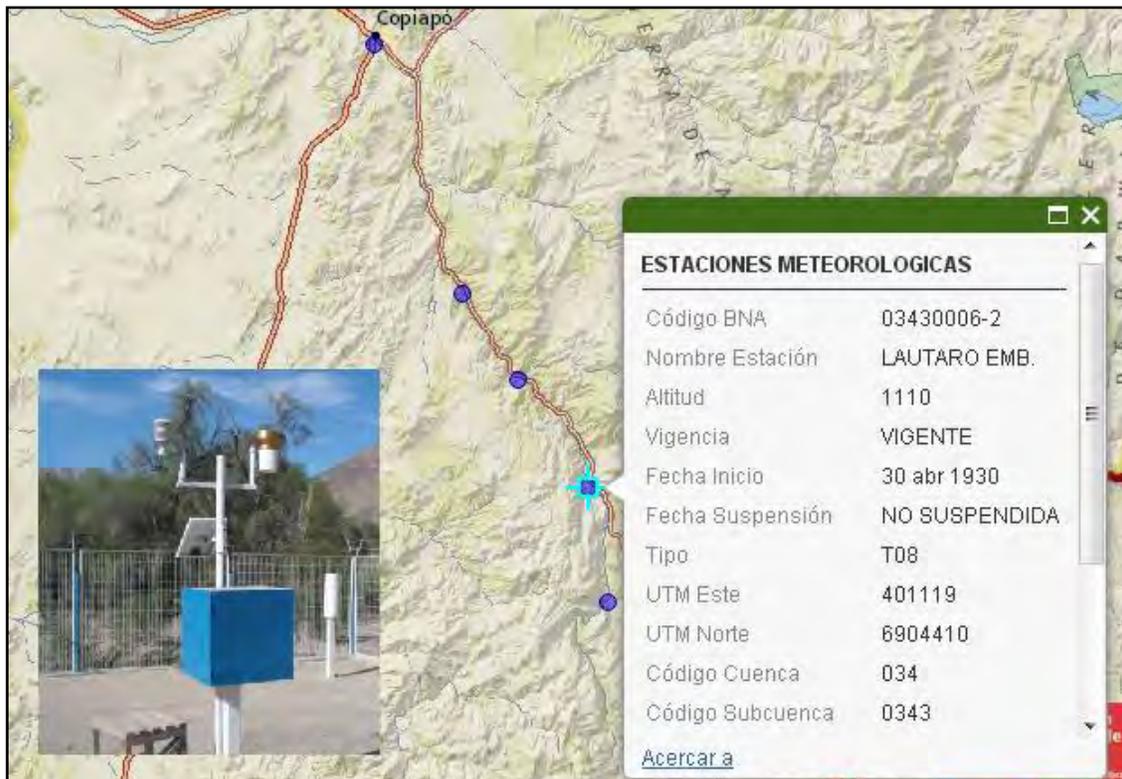
Estación Meteorológica DGA.

Señal GPRS: No hay

- Instrumentación Automatizada:
  - o Sistema Monitoreo por DataLog IC, modelo 3000
  - o Variables de medición: Pluviométrica, Temperatura y Humedad relativa.
  - o Alimentación: Batería.
  - o Transmisión Datos: Descarga datos en Notebook
  - o Frecuencia Muestreo: cada una hora.
  - o Frecuencia Descarga Información: Bimensual.

c) **3** - Estación Meteorológica Embalse Lautaro

Próxima al embalse del mismo nombre se ubica esta estación, que se accede por la ruta C-35 a 85 km de la ciudad de Copiapó



Estación Meteorológica DGA.

Señal GPRS: ENTEL-MOVISTAR  
Calidad señal: Buena

- Instrumentación Automatizada:
  - o Sistema Monitoreo por DataLog IC, modelo 3000
  - o Variables de medición: Temperatura, %H Relativa, Pluviometría.
  - o Alimentación: Sistema de Energía Solar
  - o Transmisión Datos: GPRS Entel, con equipos Robustel M1000 Pro
  - o Frecuencia Muestreo: cada una hora.
  - o Frecuencia Descarga Información: Bimensual.
  - o .

## 2.4 ESTÁNDARES RECOLECCIÓN DE DATOS

En la actualidad existen instructivos técnicos elaborados por Departamentos de la DGA (Ver Anexo A, B y C), donde se indica el procedimiento a realizar para obtener una dato de calidad y confiable. En dichos instructivos también se resguarda la seguridad en cada proceso.

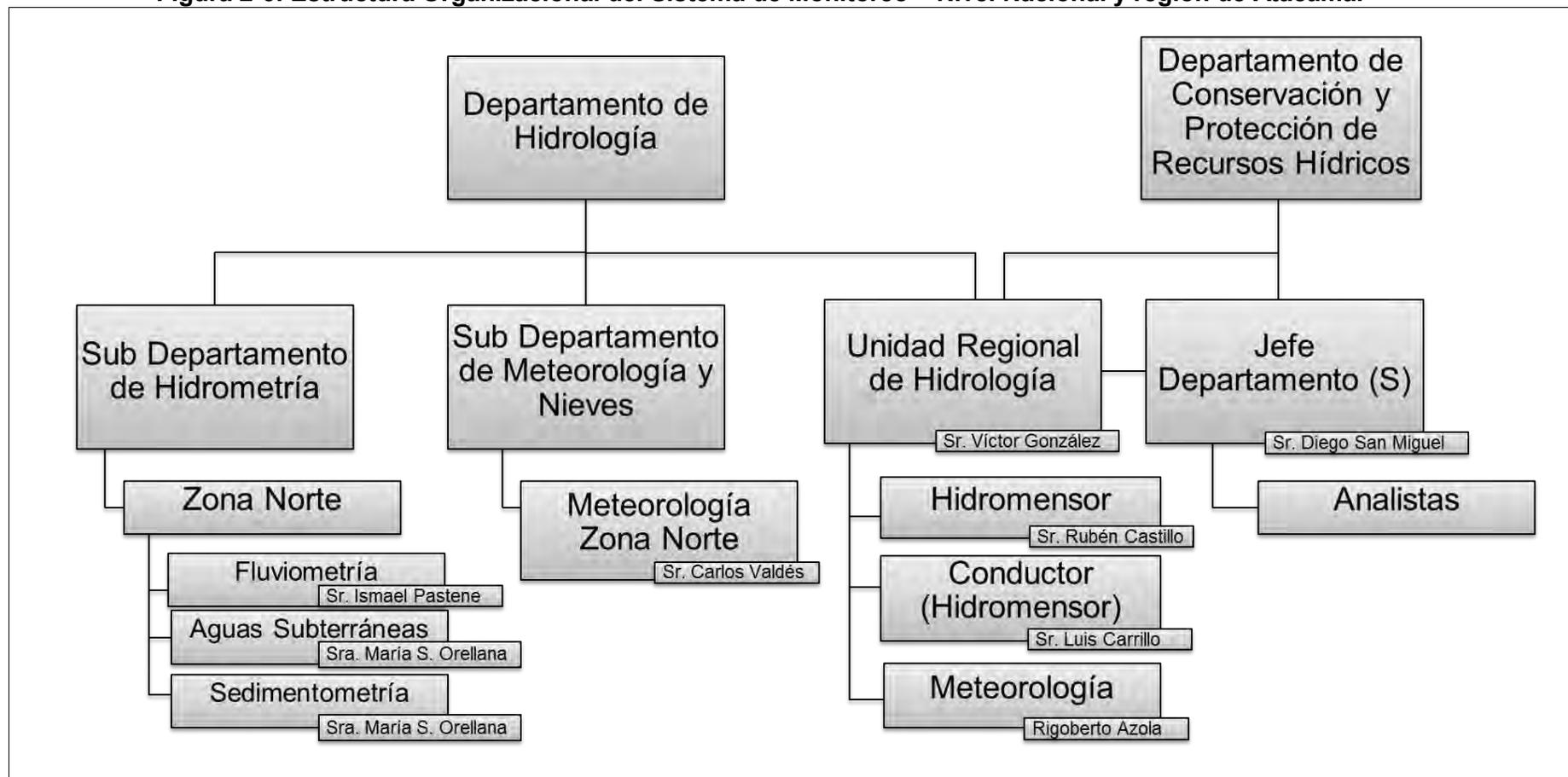
Para fluviometría existe el Instructivo 06/2010 “Conservación y mantención de la red fluviométrica nacional”, elaborado por la Dirección General de Aguas, División de Hidrología, Sub División de Hidrometría. Meteorología cuenta con el Instructivo técnico “Capacitación para involucrados en la red de meteorología”, elaborado por el Departamento de Hidrología, Sub Departamento de Meteorología. Finalmente calidad de aguas cuenta con el Instructivo de “Muestreo de aguas superficiales”, elaborado por el laboratorio ambiental de la Dirección General de Aguas.

En cuanto a la fiscalización de los procesos en terreno, se puede indicar que no existe un plan de inspección cruzada entre la región y la oficina central de la DGA, siendo los funcionarios locales los únicos que llevan a cabo esta tarea en las oportunidades que retiran información, fechas que no siempre corresponden a los mismos periodos.

Todo el personal de la región que participa en la captura y posterior ingreso de los datos al BNA se encuentra debidamente capacitado. En la Figura 2-6 se muestra el personal a nivel regional y central.

De acuerdo a los instructivos, cada responsable debe tomar las acciones pertinentes para que sus estaciones hidrométricas, aguas subterráneas y calidad de agua, se inspeccionen por lo menos cada seis meses, con el fin de garantizar una alta calidad de las observaciones y el correcto funcionamiento de los instrumentos de observación. Dichas inspecciones son independiente del monitoreo de rutina y del mantenimiento de los instrumentos y estaciones.

**Figura 2-6: Estructura Organizacional del Sistema de Monitoreo – Nivel Nacional y región de Atacama.**



## 2.5 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

En la región de Atacama existe actualmente una red de monitoreo hidrológica que abarca los siguientes puntos:

- Red fluviométrica
- Red meteorológica
- Red de monitoreo de aguas subterráneas
- Red de monitoreo de calidad de aguas
- Sedimentos

Cabe mencionar que toda la información recopilada, generada y medida en terreno por el personal de la región, se carga a una plataforma computacional de nombre BNA (Banco Nacional de Aguas), en adelante BNA. Desde esta plataforma personal de nivel central, tiene acceso a los datos para su revisión y posterior validación, para dejar la información liberada a la consulta del público en la página de la DGA (Dirección General de Aguas), en adelante DGA.

A continuación se detalla el proceso de manejo de flujo de información de cada parámetro controlado.

### 2.5.1 Red Fluviométrica

La red fluviométrica cuenta con 10 estaciones de monitoreo en la Cuenca del Río Copiapó. El organismo encargado del manejo de datos es el Departamento de Hidrología, División de Fluviometría.

Las variables controladas en la red fluviométrica son:

- Altura
- Caudal

La altura en dos estaciones queda registrada en Limnógrafo, seis estaciones registra los datos en Datalogger y dos transmiten los datos satelitalmente.

Como se señala en el párrafo anterior, dos de estas estaciones entregan información en tiempo real a través del satélite. De igual forma, la recopilación de datos de las 10 estaciones se hace mensualmente por el personal de la DGA en la región.

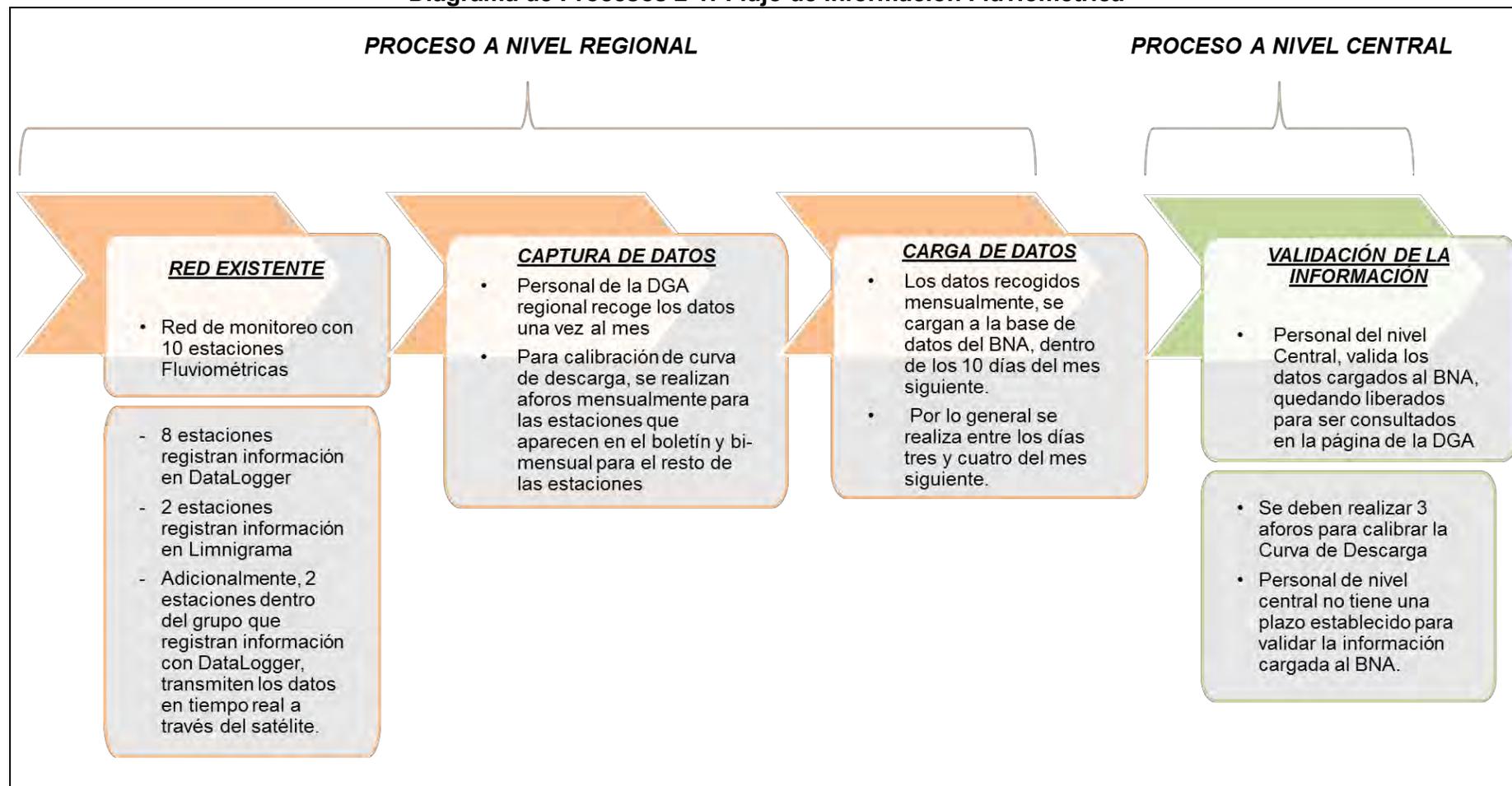
En la Tabla 2-2 se muestran las estaciones fluviométricas, sistema de registro y modo de traspaso de la información.

**Tabla 2-2: Estaciones Fluviométricas y sus variables medidas.**

| N° | Nombre Estación                           | Código BNA | Sistema de traspaso de registro |            | Traspaso de información |       |
|----|---|------------|---------------------------------|------------|-------------------------|-------|
|    |   |            | Limnigrama                      | DataLogger | Satelital               | Local |
| 1  | Canal Mal Paso después de Bocatoma        | 03434002-1 | -                               | √          | -                       | √     |
| 2  | Río Copiapó en Angostura                  | 03453001-7 | -                               | √          | -                       | √     |
| 3  | Río Copiapó en Ciudad de Copiapó          | 03450001-0 | √                               | -          | -                       | √     |
| 4  | Río Copiapó en la Puerta                  | 03431001-7 | -                               | √          | √                       | √     |
| 5  | Río Copiapó en Lautaro                    | 03430001-1 | -                               | √          | -                       | √     |
| 6  | Río Copiapó en Mal Paso aguas Abajo Canal | 03434003-k | √                               | -          | -                       | √     |
| 7  | Río Copiapó en Pastillo                   | 03430003-8 | -                               | √          | √                       | √     |
| 8  | Río Jorquera en Vertedero                 | 03404001-k | -                               | √          | -                       | √     |
| 9  | Río Manflas en Vertedero                  | 03421001-2 | -                               | √          | -                       | √     |
| 10 | Río Pulido en Vertedero                   | 03414001-4 | -                               | √          | -                       | √     |

El Diagrama de Procesos 2-1, muestra la secuencia del flujo de información, desde la toma de datos en la región hasta su publicación final en la página de la DGA.

### Diagrama de Procesos 2-1: Flujo de Información Fluviométrica



## 2.5.2 Red Meteorológica

El organismo encargado del manejo de datos relacionados a las 10 estaciones meteorológicas vigentes es el Departamento de Hidrología, División de Meteorología.

Las variables medidas son:

- Precipitación
- Temperatura (T°)
- Evaporación

La información es registrada por observadores (lugareños del sector, previamente capacitados) en libretas especiales para la toma del dato y luego la transcriben a formularios. Posteriormente, personal de terreno de la región recoge estos formularios cada dos meses.

El personal de la región tiene un plazo de 70 días para subir la información al BNA, donde luego oficina central validará esta información en un plazo aproximado de 30 o 45 días.

Cabe mencionar que actualmente de las diez estaciones hay que cuentan con datalogger para captura de datos de precipitación y temperatura. De estas cinco solo una entrega información en tiempo real a través de GPRS.

A pesar de que se tiene una estación en tiempo real, se esperan los datos de las demás estaciones para procesarlas y quedar liberada para ser consultada en la página de la DGA.

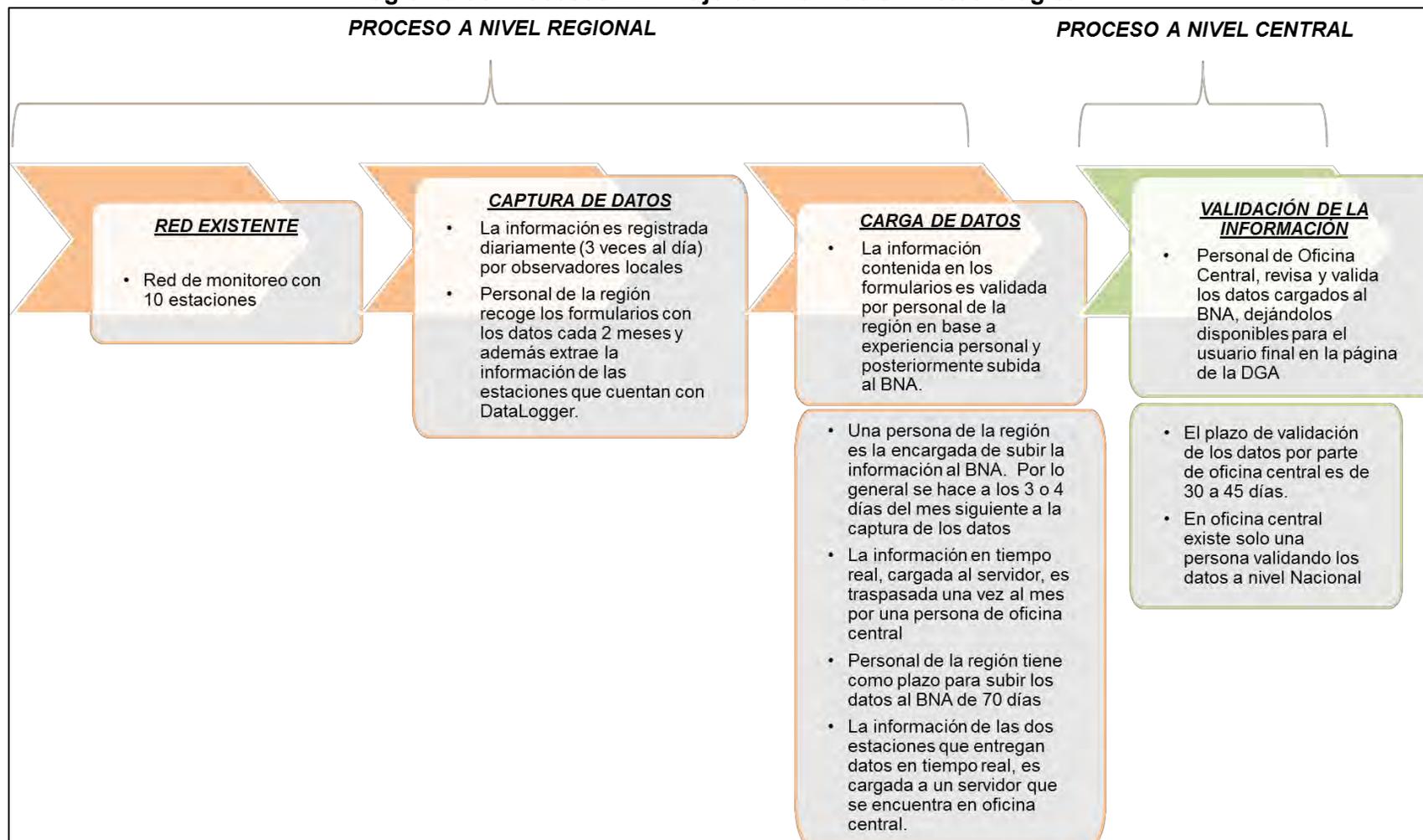
En la Tabla 2-3 se muestran las estaciones meteorológicas y sus variables medidas.

**Tabla 2-3: Estaciones Meteorológicas y variables medidas.**

| N° | Nombre Estación          | Código BNA | Variables medidas |                  |             |
|----|--------------------------|------------|-------------------|------------------|-------------|
|    |                          |            | Precipitación     | Temperatura (T°) | Evaporación |
| 1  | Copiapó                  | 03450004-5 | √                 | -                | -           |
| 2  | Iglesia Colorada         | 03414002-2 | √                 | √                | √           |
| 3  | Lautaro Embalse          | 03430006-2 | √                 | √                | √           |
| 4  | Los Loros                | 03430007-0 | √                 | √                | √           |
| 5  | Elibor Campamento        | 03431004-1 | √                 | -                | -           |
| 6  | Jorquera en la Guardia   | 03404002-8 | √                 | -                | -           |
| 7  | Manflas                  | 03421004-7 | √                 | -                | -           |
| 8  | Pastos Grandes           | 03441001-1 | √                 | -                | -           |
| 9  | Río Copiapó en la Puerta | 03431001-7 | √                 | -                | -           |
| 10 | Río Copiapó en Pastillo  | 03430003-8 | √                 | -                | -           |

El Diagrama de Procesos 2-2, muestra la secuencia del flujo de información, desde la toma de datos en terreno hasta su publicación final en la página de la DGA.

## Diagrama de Procesos 2-2: Flujo de Información Meteorológica



### 2.5.3 Red Aguas Subterráneas

Actualmente existen 54 pozos de monitoreo de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Copiapó, donde 21 de ellos se encuentran secos debido al descenso del acuífero. El organismo encargado del manejo de datos es el Departamento de Hidrología, División de Aguas Subterráneas.

El parámetro medido es el nivel de agua del acuífero. A pesar de que existen 21 pozos secos, éstos igual se siguen monitoreando.

Las visitas para medir los datos por el personal de la región, se realiza en los meses impares. Existen 3 estaciones donde el dato se toma mensualmente. Éstas 3 estaciones se publican en el Boletín mensual de la DGA (Estación Iglesia Colorada, Quebrada Cerrillos Amancay y Hacienda María Isabel (4)). La toma del dato en terreno es de forma manual con pozómetros, no obstante se está implementando para 7 estaciones el registro en DataLogger, donde el dato se guarda cada 1 hora.

En la Tabla 2-4 se muestran las estaciones de Monitoreo de Aguas Subterráneas y estado en el que se encuentran.

**Tabla 2-4: Estaciones de Monitoreo de Aguas Subterráneas en la Cuenca**

| N° | Nombre Pozo                        | Código BNA | Estado         | N° | Nombre Pozo                | Código BNA | Estado |
|----|------------------------------------|------------|----------------|----|----------------------------|------------|--------|
| 1  | Iglesia Colorada                   | 03414005-7 | Activo         | 13 | Goyo Diaz                  | 03430021-6 | Nuevo  |
| 2  | Quebrada Seca                      | 03414004-9 | Activo         | 14 | Pueblo San Antonio         | 03430011-9 | Activo |
| 3  | Hacienda Manflas                   | 03421006-3 | Activo         | 15 | Vegas El Giro              | 03430022-4 | Activo |
| 4  | Hacienda Manflas antes de Hacienda | 03421005-5 | Activo         | 16 | Escuela 17 Los Loros       | 03430010-0 | Activo |
| 5  | Junta Manflas                      | 03430012-7 | Seco           | 17 | Fundo La Puerta            | 03431009-2 | Activo |
| 6  | Fundo Rodeo                        | 03404003-6 | Seco           | 18 | Hornitos (Rojas)           | 03431011-4 | Seco   |
| 7  | Pastillo (Prohens)                 | 03430023-2 | Nuevo          | 19 | Planta Elisa de Bordos     | 03431006-8 | Seco   |
| 8  | EMBALSE 1                          | Pendiente  | No vigente     | 20 | Agrícola Villa Maria       | 03431015-7 | Nuevo  |
| 9  | EMBALSE 2                          | Pendiente  | No vigente     | 21 | Villa Maria-Hornitos       | 03431007-6 | Seco   |
| 10 | Algarrobo La Virgen (E. Lautaro)   | 03430013-5 | Activo         | 22 | Pabellon                   | 03431008-4 | Seco   |
| 11 | Embalse Lautaro                    | 03430014-3 | Seco           | 23 | Fundo Alianza              | 03431014-9 | Nuevo  |
| 12 | Quebrada Calquis                   | 03430020-8 | Seco/<br>Nuevo | 24 | Quebrada Cerrillos Amancay | 03431012-2 | Activo |

| N° | Nombre Pozo                   | Código BNA | Estado      | N° | Nombre Pozo                | Código BNA | Estado     |
|----|-------------------------------|------------|-------------|----|----------------------------|------------|------------|
| 25 | Quebrada Cerrillos            | 03431010-6 | Seco        | 42 | Piedra Colgada (13)        | 03451011-3 | Seco       |
| 26 | PerforAgua                    | Pendiente  | No vigente  | 43 | Canto del Viento           | 03451026-1 | No vigente |
| 27 | Quebrada Infiernillo          | 03434015-3 | Nuevo       | 44 | Fundo San Juan             | 03451006-7 | Seco       |
| 28 | Carola                        | 03434013-7 | Activo      | 45 | San Pedro Floridor         | 03451024-5 | Nuevo      |
| 29 | Pucobre (8)                   | 03434014-5 | No vigente  | 46 | San Pedro (11)             | 03451014-8 | Seco       |
| 30 | Pucobre T                     | 03434019-6 | No vigente  | 47 | Hacienda Margarita         | 03451008-3 | Seco       |
| 31 | Buitron                       | 03434012-9 | No vigente  | 48 | Hda. Margarita (Matamoros) | 03451016-4 | Seco       |
| 32 | Pueblo San Fernando A-18      | 03450005-3 | Seco        | 49 | Kiosco Santa Valentina     | 03451030-k | No vigente |
| 33 | Pueblo San Fernando Las Cañas | 03450015-0 | Seco        | 50 | Valle Fertil (7)           | 03451017-2 | Activo     |
| 34 | Sali Hochschild               | 03450021-5 | No vigente  | 51 | San Camilo (8)             | 03451018-0 | Activo     |
| 35 | Escuela Italiana              | 03450022-3 | Seco /Nuevo | 52 | San Camilo (6)             | 03451019-9 | Activo     |
| 36 | Valle Dorado                  | 03450016-9 | Seco        | 53 | Punta Picazo (5)           | 03451020-2 | Activo     |
| 37 | Villa Candelaria              | 03450020-7 | Nuevo       | 54 | Monte Amargo               | 03451021-0 | Activo     |
| 38 | Gino Arostica                 | 03451023-7 | Nuevo       | 55 | Hacienda María Isabel (4)  | 03453005-k | Activo     |
| 39 | Hacienda Toledo               | 03451005-9 | Seco        | 56 | Hacienda Maria Isabel (3)  | 03453006-8 | Activo     |
| 40 | Hacienda San Francisco        | 03451004-0 | Activo      | 57 | Hacienda Maria Isabel (1)  | 03453007-6 | Activo     |
| 41 | Noria Santelices              | 03451012-1 | Seco        |    |                            |            |            |

Nota: En la tabla aquellos que aparecen como “No vigente” son pozos que la DGA Atacama no está monitoreando periódicamente.

El Diagrama de Procesos 2-3, muestra la secuencia del flujo de información, desde la toma de datos en la región hasta su liberación para consultas en la página de la DGA.

### Diagrama de Procesos 2-3: Flujo de Información de Aguas Subterráneas



## 2.5.4 Red Calidad de Aguas

En la cuenca del río Copiapó actualmente se monitorean 14 puntos de calidad de agua. Su ubicación realtiva se muestra en la Figura 2-7. El organismo encargado del manejo de datos es el Departamento de Conservación. Las variables medidas superficialmente son:

- In Situ
  - Temperatura del agua (°C)
  - Oxígeno disuelto OD (mg/l y %)
  - pH
  - Conductividad Eléctrica (uS/cm)
- En laboratorio DGA (Santiago)
  - Metales (14)
    - Aluminio, Arsénico, Boro, Cadmio, Mercurio, Molibdeno, Plata, Cobalto, Cobre, Cromo, Hierro, Plomo, Selenio y Zinc
  - Macroelementos (9)
    - Calcio, Cloruro, Manganeso, Magnesio, Potasio, Sodio y Sulfato.
  - Nutrientes (5)
    - N-Amoniaco, N-Nitratos, N-Nitritos, P-Fosfato, P-Total.
  - Otros (3)
    - Clorofila, DQO, Temperatura, Conductividad

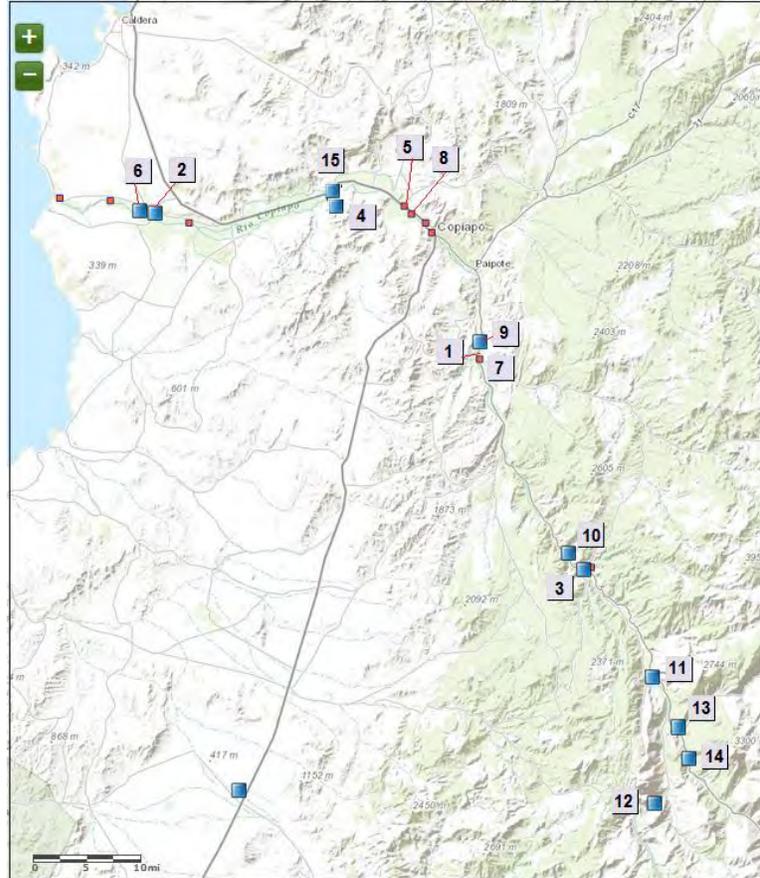
El personal de terreno realiza la medición y muestreo tres veces al año en los meses de febrero, junio y octubre. Cabe mencionar que 6 de los puntos medidos coinciden con pozos subterráneos. La muestra tomada se envía a Santiago por encomienda y una vez recibida se somete a las distintas pruebas de laboratorio de la DGA. En la Tabla 2-5 se muestran los puntos monitoreados en calidad de aguas.

**Tabla 2-5: Puntos de Monitoreo de Calidad de Aguas**

| N° | Nombre Estación                    | Código BNA | Condición  |
|----|------------------------------------|------------|------------|
| 1  | Canal Mal Paso después de Bocatoma | 03434002-1 | Activo     |
| 2  | Pozo Hacienda María Isabel (3)     | 03453006-8 | Activo     |
| 3  | Pozo Escuela Los Loros             | 03430017-8 | Activo     |
| 4  | Pozo Fundo El Carmen               | 03451022-9 | Seco       |
| 5  | Pozo Hacienda Bodega               | 03450018-5 | Seco       |
| 6  | Pozo Hacienda María Isabel         | 03453008-4 | No vigente |
| 7  | Pozo Parcela 8 Nantoco             | 03434010-2 | Seco       |
| 8  | Río Copiapó en Puente Bodega       | 03450003-7 | Seco       |
| 9  | Río Copiapó en Mal Paso            | 03434004-8 | Seco       |
| 10 | Río Copiapó la Puerta              | 03431001-7 | Activo     |
| 11 | Río Copiapó en By Pass Lautaro     | 03430001-1 | Activo     |
| 12 | Río Manflas en Vertedero           | 03421001-2 | Activo     |
| 13 | Río Jorquera en Vertedero          | 03404001-k | Activo     |
| 14 | Río Pulido en Vertedero            | 03414001-4 | Activo     |

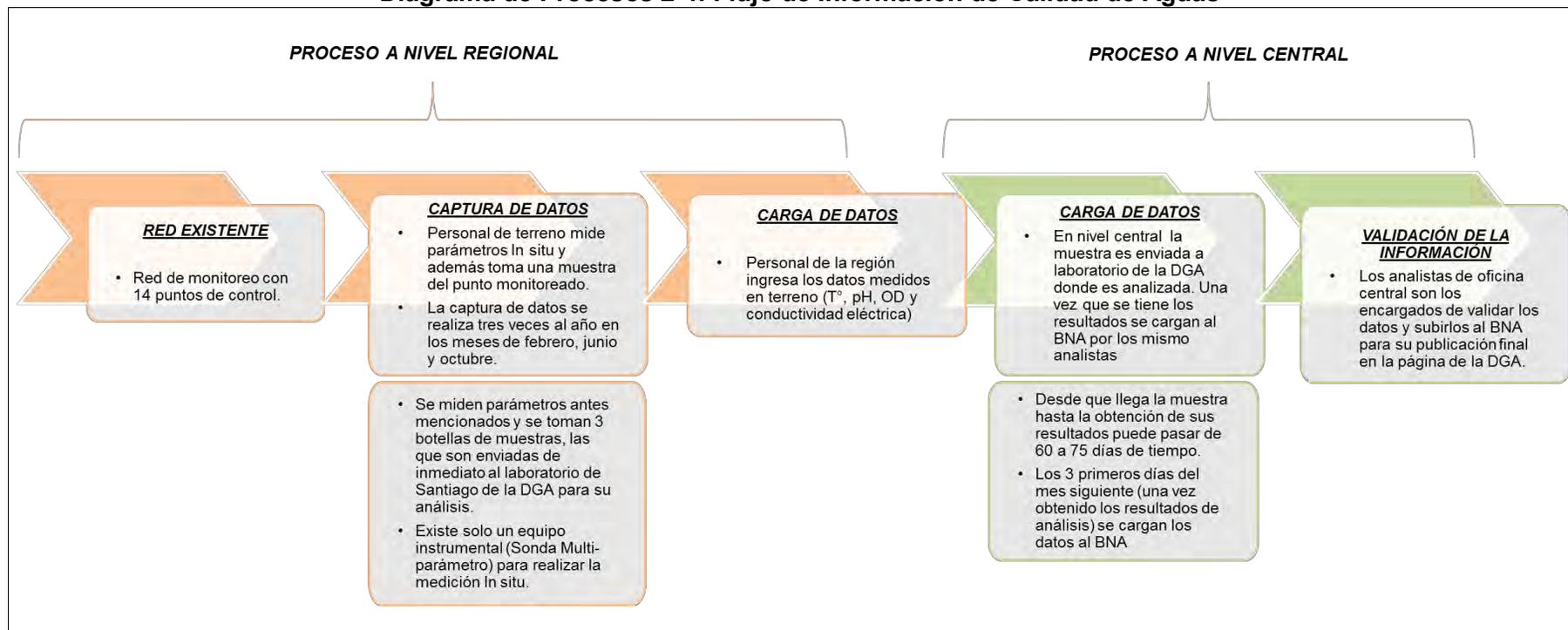
Los puntos indicados como “Seco”, obviamente no están siendo monitoreados, por lo cual solamente se tiene vigente 8 puntos de control de calidad del agua, los cuales son realizados en los meses de febrero, junio y octubre de cada año.

Figura 2-7: Ubicación general puntos de monitoreo “Calidad de Aguas”



El Diagrama de Procesos 2-4, muestra la secuencia del flujo de información, desde la toma de datos en terreno hasta su publicación final en la página de la DGA.

### Diagrama de Procesos 2-4: Flujo de Información de Calidad de Aguas



### 2.5.5 Sedimentometría

Actualmente Sedimentos monitorea 2 estaciones, sin embargo en el BNA existen 3 puntos de registros como se muestra en el mapa de la Figura 2-8. El organismo encargado del manejo de datos es el Departamento de Hidrología, División Sedimentometría. El parámetro medido son los Sólidos en Suspensión (mg/lt). En sedimentos se hacen dos tipos de muestreo, uno de tipo rutinario y otro integrado, en ambos se miden los sólidos en suspensión.

Un observador de cercano a la zona realiza los muestreos rutinarios todos los días y personal de terreno de la región realiza los muestreos integrados cada vez que se realiza un aforo. Una vez que se obtienen las muestras el personal de terreno debe filtrarla y registrarla en un formulario. Toda esta información debe ser cargada al BNA y las muestras deben ser enviadas al laboratorio de nivel central. El laboratorio es el encargado de realizar el ensayo a la muestra y luego revisar y validar el dato para ser cargado al BNA para su publicación final.

Personal de la región tiene como plazo para subir los datos y enviar las muestras hasta el día 15 del mes siguiente. El desfase es de un mes para el muestreo integrado y de 2 meses para el muestreo rutinario.

En la Tabla 2-6 se muestran las estaciones monitoreadas para sedimentos.

**Tabla 2-6: Estaciones de monitoreo de Sedimentos en la Cuenca del Río Copiapó**

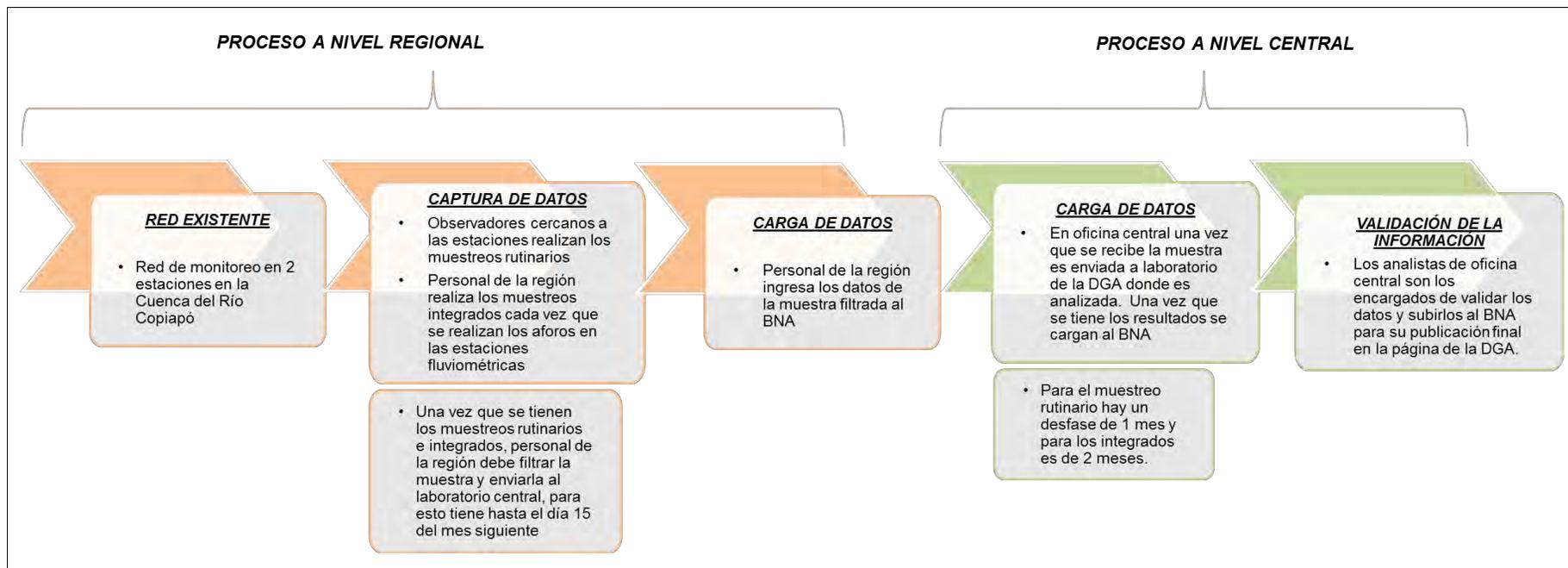
| N° | Nombre Estación           | Código BNA |
|----|---------------------------|------------|
| 1  | Río Jorquera en Vertedero | 03404001-k |
| 2  | Río Pulido en Vertedero   | 03414001-4 |
| 3  | Río Copiapó en Pastillo   | 03430003-8 |

**Figura 2-8: Ubicación general puntos “Monitoreo Sedimentos”**



El Diagrama a continuación, muestra la secuencia del manejo de Flujos de Información, desde la toma de datos en terreno hasta su publicación final en la página de la DGA.

### Diagrama de Procesos 2-5: Flujo de Información de Sedimentos



## 2.6 DIAGNOSTICO MANEJO DE INFORMACION

A continuación se presenta un diagnóstico de los procesos utilizados para la medición, registro, validación y carga de información de los distintos parámetros actualmente monitoreados por la DGA en la cuenca del río Copiapó.

### 2.6.1 Diagnóstico por red de monitoreo

#### 2.6.1.1 Red fluviométrica

En cuanto al registro de la información en la red fluviométrica, este es prácticamente continuo mediante dataloggers y limnigramas, adicionalmente esta información es retirada en forma mensual y los datos cargados en el BNA dentro de los primeros días del mes siguiente, cumpliendo de esta manera con el objetivo de captura y carga de datos.

No obstante lo anterior, la validación de la información registrada en terreno toma varios meses antes que sea publicada oficialmente y esté disponible para los distintos interesados, debido en gran parte a la necesidad de realizar aforos y ajustar periódicamente las curvas de descarga de la distintas estaciones fluviométricas. En las condiciones actuales, este proceso de validación es independiente a la forma de captura y transmisión de los datos, y por ende impacta de igual manera a las estaciones que transmiten satelitalmente.

De las inspecciones en terreno, entrevistas con los responsables del proceso de validación a nivel central, análisis de los aforos registrados en el BNA, y la necesidad de ajustes continuos de las curvas de descarga, se puede concluir que en su mayoría las estaciones fluviométricas de la cuenca del río Copiapó presentan una alta vulnerabilidad a los caudales de crecida y flujos de sedimentos, requiriendo un mejoramiento de las obras civiles que componen dichas estaciones. Este diagnóstico es compartido con los responsables de la DGA en la región de Atacama, ya que coincidentemente se ha informado que el nivel regional está gestionando un proyecto para financiar el mejoramiento de las obras civiles de 10 estaciones fluviométricas.

#### 2.6.1.2 Red meteorológica

La red meteorológica posee un registro diario de información mediante observadores locales, el retiro de estos datos se hace cada dos meses y luego se lleva a cabo un proceso de revisión y validación a nivel regional, el que depende en gran medida de la experiencia del único responsable de esta tarea, funcionario cuya capacidad no está cuestionada pero debe compatibilizar esta función junto con otras labores del servicio. Adicionalmente, el nivel central agrega entre 30 a 45 días al proceso, ya que se revisa la información cargada al BNA en la región antes de que esta sea liberada a los usuarios.

Las dos estaciones meteorológicas en la cuenca en estudio que poseen captura de datos electrónica y transferencia de información en tiempo real, son tratadas de igual manera que las otras estaciones con registro manual, es decir, su información es revisada, validada y publicada en los mismos periodos de tiempo que las otras estaciones descritas más arriba. Debido a que la transmisión de datos está en una etapa temprana de implementación, los

registros almacenados en los data loggers de estas dos estaciones, son retirados y contrastados con la información transmitida en tiempo real.

Del análisis de estos flujos de información se puede advertir que hay dos aspectos importantes de abordar para acelerar el proceso, el primero es la recolección de la información y el segundo es la asignación de recursos humanos para agilizar la revisión y validación tanto a nivel regional como central. De esta forma, una potencial inversión en automatizar la captura y transferencia de información de las estaciones meteorológicas, debe ser acompañada de una mejora en el proceso de revisión de los datos.

### **2.6.1.3 Aguas subterráneas**

El monitoreo de aguas subterráneas se enfoca en la medición y registro del nivel de acuífero, cuyo proceso de captura, validación y publicación es uno de los más rápidos dentro de los distintos flujos analizados, aunque se debe tener en cuenta que la medición es cada dos meses.

La velocidad de este proceso se debe en gran medida a que la tarea corresponde a la medición directa de un único parámetro, el cual se contrasta con una línea de tendencia histórica y su validación es a nivel regional al mismo tiempo que la información es cargada al BNA, dentro de los primeros días del mes siguiente a la toma del dato.

Si bien los niveles de acuífero están disponibles a los usuarios en un corto tiempo relativo a los otros datos hidro-meteorológicos controlados en la cuenca del río Copiapó, es importante destacar que la DGA utiliza pozos de propiedad de terceros, los cuales no siempre pueden ser medidos en la fecha de la campaña correspondiente, teniendo que postergar el registro hasta la siguiente campaña. De igual manera, hay que mencionar la presencia de variabilidad de niveles de acuífero al observar registros históricos, la cual puede estar dada por la influencia de los niveles dinámicos de los pozos utilizados, ya que el tiempo de recuperación no siempre es el adecuado.

Por otro lado, es fácil advertir el descenso sostenido de los niveles de acuífero en la cuenca del río Copiapó durante los últimos años, situación ampliamente conocida por la DGA y los usuarios de la cuenca, lo que sumado a lo indicado anteriormente permite recomendar una mejora en la frecuencia de medición de niveles de acuífero.

### **2.6.1.4 Calidad de aguas**

El monitoreo de calidad de aguas en la cuenca del río Copiapó considera 7 puntos de control superficial y 7 puntos de muestreo subterráneo, realizados en tres campañas estacionales durante el año, las cuales son efectuadas en los meses de febrero, junio y octubre de cada año. De los 14 puntos mencionados, en la actualidad hay 8 vigentes, debido a que varios puntos de control de aguas subterráneas están secos (ver tabla 2.6).

El control incluye el monitoreo de parámetros in situ y la toma de muestras para posterior despacho y análisis en laboratorio, los resultados obtenidos en terreno son cargados en el

BNA dentro de los primeros días del mes siguiente al control, y las muestras son analizadas en el Laboratorio Ambiental de la DGA agregando un tiempo entre 60 y 75 días.

En cuanto a calidad de aguas superficiales, es difícil detectar y trazar una posible alteración basándose en mediciones estacionales (3 al año) y un desfase de más de dos meses en cuanto a los resultados de laboratorio que controlan metales, macroelementos y nutrientes entre otros. Por otra parte, debido a la naturaleza y comportamiento de los acuíferos, la actual frecuencia en el control de calidad de aguas puede entregar información que permita realizar un seguimiento.

El actual proceso de control de calidad de aguas puede ser acelerado en la etapa de ejecución de análisis en laboratorio, ya que este paso es el que más tiempo agrega al ciclo desde la captura hasta la publicación de los resultados.

#### **2.6.1.5 Sedimentometría**

El proceso de control sedimentológico se lleva a cabo en dos estaciones fluviométricas de la cuenca del río Copiapó, tarea que se lleva a cabo al mismo tiempo que se ejecutan los aforos en dichas estaciones y actualmente no se ha detectado la necesidad de aumentar la frecuencia de este control.

Es importante destacar que este proceso es manual y no está dentro de las necesidades detectadas de automatización, por lo que su análisis estaría fuera de los alcances del proyecto de control automatizado de la cuenca del río Copiapó.

### **2.6.2 Diagnóstico del manejo de información**

#### **2.6.2.1 Ciclo Básico**

Como en todo proceso, para la DGA es necesario realizar estudios previos de las necesidades de información, lo cual permitirá determinar con exactitud qué información se necesita para apoyar las decisiones, lograr la estandarización de los procesos y el mejoramiento continuo en el ciclo de gestión de información, este último será la herramienta para poder estructurar el éxito de la misma. El presente estudio también considera lo descrito y será la base para generar alternativas de mejoramiento en las próximas etapas de desarrollo de esta consultoría.

#### **El ciclo de la gestión de la información**

Un ciclo permite obtener información sobre los resultados obtenidos, e introducir modificaciones a lo largo de su aplicación. Ante todo, es contar con un plan estratégico en el que se indique el modo en que se utilizarán los recursos para atender las futuras necesidades en materia de información.

Al organizar y coordinar las actividades de gestión de la información en su ciclo, es preciso tomar en consideración las políticas y el horizonte del que hacer, por cuanto es importante definir las fuentes, los métodos para la recopilación de datos, la sistematización y uso de la herramienta tecnológica y ello surtir un proceso de aprobación.

Es muy importante tener presente que, **los datos que no se utilizan ni difunden no son útiles**. La pertinencia, la actualidad y la precisión son los tres principios que deben orientar la utilización y recopilación de la información.

Puntos importantes en el Ciclo

- Planificación de la gestión de la información
- Recopilación de datos: fuentes  
Recopilación de datos: métodos  
Recopilación de datos: pruebas
- Validación de datos (con supervisión)
- Almacenamiento de datos validados
- Análisis y Procesamiento: Uso de datos en modelos.
- Difusión de los datos y resultados de los modelos, mediante reportes de información.



### **Estrategia de descentralización de información**

El objetivo central de la gestión de información en torno a cualquier problemática es generar conocimiento profundo y sistemático tanto de la situación como de todas aquellas acciones para contribuir a su solución, de tal manera que permitan generar los análisis correspondientes para apoyar la toma de decisiones en cuanto a futuras acciones así como apoyo a la generación o modificación de políticas. En este sentido, la información se convierte en la memoria de la problemática.

**Tabla 2-7: Estrategia de descentralización de Información**

| Etapa                        | Diagnóstico  | Recomendaciones  |
|------------------------------|--|--|
| Planificación de Información | <ul style="list-style-type: none"> <li>Actualmente se realiza de acuerdo a las directivas establecidas por la DGA Central que tiene un objetivo principal que es alimentar de datos el Banco Nacional de Aguas (BNA).</li> <li>No se visualiza planificaciones a corto plazo para explotar los datos de la red a nivel regional que permitan una gestión sobre el recurso.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sugiere incorporar un procedimiento de mejora continua con la retroalimentación de los procesos locales, por ejemplo:</li> <li>Planificar un aumento de la frecuencia en el muestreo.</li> <li>Proyecto de mejoramiento instalaciones, buscando calidad de los datos.</li> <li>Generar proyectos para implementar herramientas y modelos de alertas ante desviaciones de las tendencias normales del recurso hídrico.</li> <li>Planificación en conjunto con los usuarios del recurso hídrico, para promover herramientas conjuntas para fiscalizar y controlar el uso del agua.</li> </ul>                                 |
| Recolección de Datos         | <ul style="list-style-type: none"> <li>La metodología actual funciona cumpliendo el objetivo de poblar de datos el BNA, sin embargo los retrasos que se producen en la publicación final de los datos implica que no se puede tomar acciones efectivas cuando los hechos ocurren en terreno y solo son reactivas con retardos de tiempo excesivos.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar tecnologías de captura de datos de forma de disponer de información eficiente y eficaz para los usuarios y funcionarios de la DGA.</li> <li>Aumentar la frecuencia de la información para obtener mejor consistencia y calidad de los datos, para disminuir las interpolaciones y extrapolaciones de datos.</li> <li>Implementar tecnologías de comunicación y de datalogger, para obtener información en tiempo real.</li> <li>Implementar consolidación de los datos en valores que sean promedios continuos por hora y no valores instantáneos (discretos) que generan dispersión de la realidad.</li> </ul> |
| Validación de Datos          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Existe un excesivo retardo en la publicación de los datos debido a que las validaciones principales se efectúan en Santiago, sin embargo los tiempos podrían reducirse al implementar los algoritmos en la oficina regional.</li> <li>Actualmente la DGA regional debe esperar la validación de datos y posterior publicación en el BNA para poder tomar decisiones. Sin embargo muchas veces las contingencias requieren respuesta rápida, la cual actualmente es difícil de realizar</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar software de validación de datos a nivel local, para disminuir los tiempos de publicación en el BNA.</li> <li>Generar nuevos algoritmos o software expertos que generen otras validaciones y o entreguen alertas ante cambios bruscos en las tendencias de la variable, por ejemplo una repentina turbidez en el río.</li> <li>Los datos validados con algoritmos aprobados por la DGA central deben quedar almacenados en un servidor regional que se conecte con el servidor central de la DGA, para automatizar el ingreso de datos al BNA y disponer además de la información para la</li> </ul>             |

| Etapa                   | Diagnóstico   | Recomendaciones  |
|-------------------------|---|--|
|                         |   | gestión local.   |
| Análisis de Datos       | <ul style="list-style-type: none"> <li>No se visualizan software de análisis de los datos inmediatamente posterior a su captura.</li> <li>El análisis y procesamiento local mediante modelos es necesario para la toma de decisiones que son propias de la región y del momento en que ocurren eventos de contingencia</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar software de modelamiento y sistemas expertos que analicen los datos y proporcionen ayuda en la gestión del recurso hídrico, en lo posible que estos sistemas trabajen con información en tiempo real</li> </ul>   |
| Reportes de Información | <ul style="list-style-type: none"> <li>Solamente se obtienen reportes del BNA con información con meses de desfase.</li> <li>No hay un sistema de reportes regional relacionado con los datos de la red de monitoreo</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda generar reportes a través del mismo software que efectúen análisis en tiempo real de los datos.</li> <li>Se sugiere analizar con los usuarios regionales las prioridades de publicación de datos y establecer convenios de colaboración, a forma de generar reporte útiles para todos.</li> <li>Generar un sistema de reporte local de los datos en la intranet, de forma online para la gestiones que deben efectuar los funcionarios de la región.</li> </ul> |

### **2.6.2.2 Informática Sistema Actual**

El sistema de registro de observaciones en la Cuenta del Río Copiapó se realiza usando diversas formas de registro; las tecnologías de medición son variadas y han sido implementadas en diversos periodos de tiempo. De esta forma, desde el punto de vista informático los datos de dichas mediciones son recogidos usando procedimientos manuales y automatizados.

### **2.6.2.3 Obtención de Datos para Procesamiento Informático**

En general la información se obtiene por distintos medios, algunos se obtienen al momento de las visitas a terreno por parte del personal encargado, que anota las mediciones y cuando corresponde obtiene muestras. Para obtener los datos desde los instrumentos y equipos se puede usar alguno de los procedimientos indicados a continuación:

- Registro manual en hojas o formularios de anotación.
- Lectura electrónica en terreno de datos almacenados en los instrumentos digitales de registro y medición.
- Lectura a distancia mediante protocolos de datos almacenados en los instrumentos digitales de registro y medición.

El registro en hojas de anotación es un sistema antiguo, depende de factores tales como la, la periodicidad, la experiencia, el estado de ánimo, la rigurosidad y responsabilidad de quien realiza las anotaciones. Una ventaja de este sistema es que utiliza elementos de bajo costo como lápiz y papel.

Aunque el papel es de bajo costo, el sistema requiere de la mantención mensual de un grupo de observadores cuyo costo asciende a \$12.000 mensuales, al cual se suma un gasto variable significativo por el uso de camionetas que deben recorrer los distintos puntos de captura de información y las horas hombre del personal de la DGA de Copiapó que lleva adelante la obtención de datos desde los puntos de monitoreo que no están completamente automatizados.

Como resumen de los antecedentes recopilados se puede indicar lo siguiente:

- En la Cuenca de Copiapó también se lleva adelante el registro en terreno usando transferencia de datos desde los dispositivos o instrumentos, tales como dataloggers a un computador portátil. Sin embargo, esta forma también requiere de elementos tales como la experiencia, la responsabilidad, la disponibilidad del operador, además de la carga de batería del equipo.
- La recuperación de datos en forma manual, también se ve afectada por tales como la disponibilidad del recurso a registrar, por ejemplo luego de un largo viaje al llegar a obtener los datos puede encontrarse que el datalogger está defectuoso y no se puede realizar el registro.

- Actualmente se está implementando formas de obtención de información automatizada, los datos se trabajan en forma digital, para ello se utiliza dispositivos de registro que automáticamente van almacenando mediciones y que a demanda transmiten dichos datos a distancia usando protocolos de comunicaciones basados en TCP/IP.
- En la Cuenca del Río Copiapó se está implementando 5 estaciones meteorológicas con datalogger que soportan GPRS para el envío de datos cada 1 hora. Las mediciones en las estaciones meteorológicas manuales, recopilan los datos observadores, que realizan 2 registros diarios en un formulario para estos fines a las 08:00 horas y a las 20:00 horas aproximadamente. Los formularios generados por los Observadores son retirados cada 2 meses.
- Además hay estaciones meteorológicas con datalogger en las cuales 1 vez al mes se recupera información en un archivo con datos de mediciones cada 1 hora. Actualmente hay 5 estaciones meteorológicas con datalogger marca Steven DL3000, sobre las cuales se está llevando adelante un proceso de automatización usando GPRS para el envío de datos cada 1 hora.
- Con respecto a la medición de la calidad del agua con equipo multi-parámetro, aparte de la medición y registro manual, se toman 3 muestras en forma paralela para enviarlas a Santiago, los parámetros observados son pH, T°, oxígeno disuelto, y conductividad. Actualmente son 8 puntos de control los que están vigentes y los datos se anotan a mano en papel mirando el display del instrumento. Los puntos que están vigentes se pueden consultar en la tabla 2.6.
- Se dispone de un total de 10 estaciones fluviométricas que miden caudales en ríos o canales, de las cuales 6 están implementadas con datalogger locales, 2 están implementadas con dataloggers con transmisión satelital al satélite GOES y finalmente 2 que tienen limnógrafos. Las estaciones satelitales son Río Copiapó en Pastillo y Río Copiapó en la Puerta.
- En el caso de las estaciones fluviométricas con dataloggers, se captura caudal instantáneo cada 1 hora, el cual es solamente un valor puntual dentro de ese periodo (valor que no es totalmente representativo), lo deseable sería registrar en el datalogger el valor promedio de la última hora, es decir el promedio de al menos 480 lecturas durante la hora (una lectura cada 5 segundos).
- Actualmente la calidad del dato por concepto “tamaño de la muestra” cada 1 hora, está afectado por lo indicado en el párrafo anterior, puesto que la frecuencia es 1 dato por hora, lo cual no es óptimo. Es factible mejorar este punto cambiando los datalogger por otros con capacidad de totalizar.
- Respecto al control de la calidad del dato por concepto de curva de la estación, la DGA 1 vez al mes realiza aforo (para ajuste de curva) de las estaciones fluviométricas, lo cual se considera bueno.

- En relación a los pozos, se mide aproximadamente cada 2 meses y se validan con los datos históricos regionales. Hay 7 pozos que cuentan con datalogger, en ellos se extrae la información utilizando un computador portátil.
- La medición de sedimentos se realiza cada 3 o 4 meses, se registran los datos relevantes respecto a las tomas de muestras, como los litros por cada recipiente, fecha, hora, y luego se ingresan al sistema BNA para luego enviar muestras a Santiago, la periodicidad de estas mediciones depende del tipo. No se registran variables directas de los sedimentos, todo va a laboratorio y no hay retroalimentación eficaz a la región.
- En base a estos antecedentes se puede inferir que los tiempos entre mediciones en algunos casos alcanzan meses, por lo que los datos aportan información desfasada, lo que influye en la eficiencia y eficacia toma de decisiones.
- Esta última forma permitiría utilizar el protocolo GPRS para que los datos puedan ser leídos tanto desde la DGA. regional y como de la Oficina Central la cual ya dispone de servidor de bajada de información.
- La implementación de un servidor en las Oficinas de la DGA. en Copiapó permitirá contar con la información actualizada y disponible para la toma de decisiones.

#### **2.6.2.4 Procedimiento de Registro de Datos**

En las oficinas de la DGA en Copiapó, los 3 primeros días del mes 3 personas se dedican exclusivamente a subir los datos recuperados al sistema BNA y dado que en región no hay software para validar los datos, esta debe ser efectuada a nivel central. Los datos obtenidos en forma manual o digital, pasan por una serie de revisiones, la finalidad de esta revisión es detectar posibles errores de lectura o registro antes de ser registrados en el Banco Nacional de Aguas.

Con respecto a los datos obtenidos en terreno se sigue una serie de procedimientos formalizados como sigue:

Datos de estaciones fluviométricas:

- Obtener formulario de control de estación fluviométrica
- Obtener registro de aforo
- Digitar los datos en el sistema BNA

Datos de niveles de agua procedentes de un Observador:

- Obtener formularios de lectura con observador
- Digitar lecturas limnimétricas en el sistema BNA

Niveles de aguas obtenidos de un Limnígrafo:

- Digitalizar bandas gráficas y generar archivo de lecturas
- Traspasar datos de niveles a archivo
- Validar localmente y corregir los datos del archivo
- Cargar los datos de niveles en el sistema BNA

Niveles de agua procedentes de un Datalogger:

- Traspasar los datos del Datalogger a un computador portátil
- Traspasar datos de niveles a archivo
- Validar localmente y corregir los datos del archivo
- Cargar los datos de niveles en el sistema BNA

Registro de Aforos obtenidos manualmente:

- Obtener hojas de registro de aforos
- Digitar las anotaciones de aforo en el sistema BNA

Registro de Aforos realizados con Aquacalc:

- Completar el formulario de registro de aforos procedentes de Aquacalc
- Traspasar datos de Aforos a archivo
- Validar localmente y corregir los datos del archivo
- Cargar los datos de aforo en el sistema BNA

## 2.7 COSTOS SITUACION ACTUAL

### 2.7.1 Costos por recolección e ingreso de datos

#### 2.7.1.1 Rutinas recolección de datos

El personal de la DGA, que consta de 4 personas, es el encargado de la recolección y manutención en terreno de todos los instrumentos de la región. Entre ellos se coordinan para las realizaciones de estas tareas y posterior trabajo de validación e ingreso de datos en el sistema BNA.

Una rutina típica de medición de aforos, recolección de datos en estaciones y pozos tiene en promedio de recorrido de 250 km diarios para tan solo 4 a 6 puntos, especialmente si en ellos hay aforos ya que esta tarea dura aproximadamente 3 horas de trabajo efectivo en terreno. Sumado a los tiempos de traslado una jornada de mediciones y recolecciones de datos.

### 2.7.1.2 Estimación de costos recolección e ingreso de datos.

En condiciones ideales, durante un mes laboral de 22 días, 3 se utilizan para validar y levantar la información recolectada al sistema BNA. Los días utilizados para la toma de datos son 15, del mismo modo, suponiendo que no hay inconvenientes (como los hubo durante el levantamiento) en acceder o tomar los datos por no tener permiso del privado, por equipos desconfigurados, con problemas técnicos, problemas propios del terreno o simplemente batería descargada. Esto implica generar una nueva visita, con el costo que ello implica. Se estima que un 10% de las visitas presentan alguna dificultad que obliga a ir nuevamente a terreno. Por lo mismo, que en la tabla de costos se agrega al final un 10% adicional de costos por estos imponderables.

El en las Tablas 2-7 y 2-8 siguientes se muestra el promedio de realización de mantenciones, utilización y cambios de repuestos de camionetas y consumos de combustible. Y se agregan el consumo de HH del personal de la DGA para estas tareas

**Tabla 2–8: Resumen de Costos asociados a recolección de datos (Moneda de enero 2014)**

|  | Estimado     | 10% Imprevistos | Total Final         |
|--|--------------|-----------------|---------------------|
| Total Gasto Transporte (Total 1 + Total 2)         | \$ 1.201.611 | \$ 120.161      | \$ 1.321.772        |
| Total Gasto HH Utilizadas (Total 3)                | \$ 6.008.523 | \$ 600.852      | \$ 6.609.375        |
| <b>Gastos mensuales por recolección en Terreno</b> |              |                 | <b>\$ 7.931.147</b> |

**Tabla 2-9: Detalles de Costos asociados a recolección de datos (Moneda de enero 2014)**

| Estimación de Costos asociados a recolección de datos |   |              |                     |                          |
|---|---|--------------|---------------------|--------------------------|
| <b>Costos asociados a la Camioneta</b>                |   |              |                     |                          |
|   |   | Mantenciones |                     |                          |
| Item  | Descripción                                   | Km. (cada)   | Valor Promedio      | Gasto Mensual            |
| 1   | Cambio de Neumaticos                          | 50.000       | \$ 480.000          | \$ 37.440                |
| 2   | Cambio de Amortiguadores                      | 90.000       | \$ 400.000          | \$ 17.333                |
| 3   | Mantencion aceite                             | 10.000       | \$ 60.000           | \$ 23.400                |
| 3   | Estimado arriendo/disposición de Camioneta    | N/A          | N/A                 | \$ 900.000               |
| <b>Total 1</b>  |   |              |                     | <b>\$ 978.173</b>        |
| <b>Gastos en combustible</b>                          |   |              |                     |                          |
| Dias Recoleccion datos                                |   | 15           |                     |                          |
| Distancia Recorrida Diaria (Km)                       |   | 250          | Promedio            |                          |
| Consumo Promedio Ruta (Km/L)                          |   | 12           | Promedio            |                          |
| Consumo Promedio Rural (Km/L)                         |   | 8            | Promedio            |                          |
| Total Km Recorrido Mes                                |   | 3.750        | km                  |                          |
| Distancia Total Ruta (80%)                            |   | 3.000        | km                  |                          |
| Distancia Total Rural (20%)                           |   | 750          | km                  |                          |
|   |   |              |                     | <b>Total Combustible</b> |
| Total Consumo Ruta                                    |   | 250          | litros/mes          | \$ 162.500               |
| Total Consumo Rural                                   |   | 94           | litros/mes          | \$ 60.938                |
| Valor Combustible Diesel                              | \$  | 650          | <b>Total 2</b>      | <b>\$ 223.438</b>        |
| <b>Gasto de HH por persona</b>                        |   |              |                     |                          |
| Item  | Descripción                                   | Dias         | HH Asociadas        | Gasto Mensual            |
| 1   | Validacion y digitacion de Datos (4 personas) | 3            | 108                 | \$ 1.534.091             |
| 2   | Recoleccion y toma de datos (2 personas)      | 15           | 270                 | \$ 3.835.227             |
| 3   | Otros tiempos asociados (1 persona eventual)  | 5            | 45                  | \$ 639.205               |
|   |   |              | <b>Total HH mes</b> | 423                      |
| Costo Promedio Estimado HH (incluye viáticos)         |   | \$ 14.205    | <b>Total 3</b>      | <b>\$ 6.008.523</b>      |
|   |   | Estimado     | 10% Imprevistos     | Total Final              |
| Total Gasto Transporte (Total 1 + Total 2)            |   | \$ 1.201.611 | \$ 120.161          | \$ 1.321.772             |
| Total Gasto HH Utilizadas (Total 3)                   |   | \$ 6.008.523 | \$ 600.852          | \$ 6.609.375             |
| <b>Gastos mensuales por recolección en Terreno</b>    |   |              |                     | <b>\$ 7.931.147</b>      |

## 2.7.2 Costos Operacionales Informáticos

Actualmente en la Cuenca del Río Copiapó, se utilizan principalmente procedimientos manuales para el registro de los datos generados en los distintos puntos de medición. Esto demanda una gran cantidad de tiempo de desplazamiento dado la gran cantidad de kilómetros que se debe recorrer y luego tiempo de revisión y registro en las oficinas de la DGA en Copiapó. Desde el punto de vista informático, dichos procedimientos demandan costos derivados del uso de recursos materiales y horas hombres que se pueden separar de la siguiente forma:

- Costos asociados al hardware
- Costos asociados al software
- Costos asociados a recursos humanos.

Con respecto a los costos asociados al hardware, en lo que se refiere a computadores se utiliza una estimación basada en un costo promedio de los precios de arriendo de equipos. Actualmente para el funcionamiento del sistema informático de registro de datos requiere de 4 puestos de trabajo que considera: 1 computador y 1 notebook. Si se considera un precio de arriendo de cada equipo de \$12.000 mensuales se traduce en \$144.000 anuales por equipo, es decir en total \$1.152.000 anuales en moneda de enero de 2014.

Las impresoras tienen un costo marginal de reposición que es absorbido por los precios de los insumos. Una impresora que es sometida a funciones administrativas realiza consumo variable que depende de la carga de trabajo, para efectos de estimación consideramos una reposición de carga mensual de \$14.000 por impresora, es decir un consumo anual de total de \$672.000 en impresión derivada de las actividades derivadas del registro e informe de datos y la reposición de equipos.

Con respecto al hardware de red, básicamente corresponden a las mantenciones que pueden efectuarse sobre estos, dado que los dispositivos de conectividad tales como switch están diseñados para funcionar continuamente, por ejemplo Cisco en la ficha técnica de los Switch Cisco Catalyst otorga una garantía de 5 años. Considerando una instalación de red estándar para los puestos de trabajos indicados con conexión a banda ancha, tendremos un costo mensual de \$50.000 que incluiría el equipamiento y la conexión de banda ancha. Esto significa un costo anual de \$ 600.000 por concepto de conectividad.

Ahora bien, las licencias de software obedecen básicamente al sistema operativo y software de ofimática y antivirus, dado que la información es digitada a través del software BNA dispuesto por la DGA Central. En base a esto se tiene un costo por concepto de licenciamiento de \$5.000 mensuales por equipo, si consideremos 8 puestos de trabajo tenemos un total de \$480.000 anual por concepto de licenciamiento.

En cuanto a los costos asociados a los recursos humanos, se pueden separar en 4 tipos:

- Observadores
- Recopiladores en Terreno (Costos ver tabla 5.2)
- Digitadores en Oficina DGA (Costos ver tabla 5.2)
- Soporte Informático

Los Observadores actualmente tienen un costo mensual de \$12.000 que se encargan de llevar el registro manual de las estaciones meteorológicas no automatizadas. Se considera que actualmente hay 8 estaciones que requieren atención local, considerando 3 variables por estación (Precipitación, Temperatura, Evaporación) implica que se tiene un costo anual de \$3.456.000 por concepto de Observadores.

Tanto el personal que recopila datos en terreno, como el que digita los datos al sistema BNA forma parte del personal de la DGA de Copiapó y su costo mensual es incluido en el capítulo 7 del presente documento.

En el caso del Soporte Informático, se debe considerar un costo mensual de \$100.000 que incluye las funciones de mantención de sistemas, respaldo de datos, solución de contingencias, este costo es una estimación de una porción del sueldo de los técnicos que atienden la oficina del MOP.

La siguiente tabla resume los costos relacionados con el equipamiento para procesamiento informático de datos:

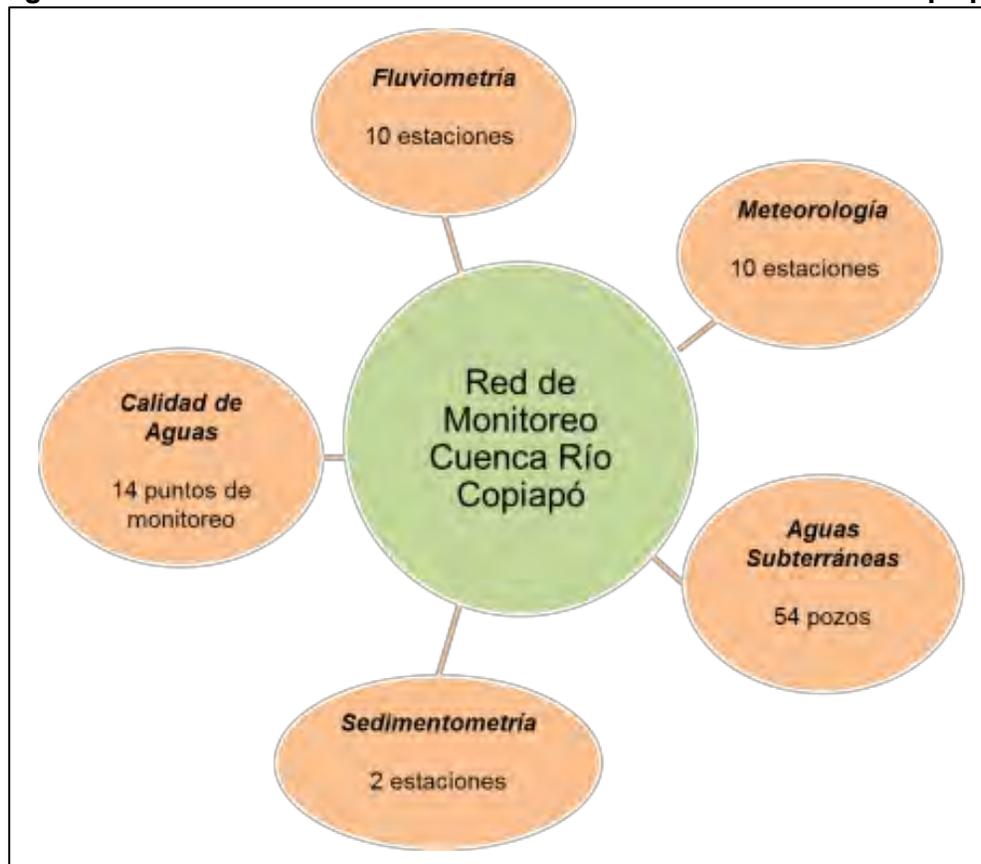
**Tabla 2–10: Resumen de Costos informáticos (Moneda de enero 214)**

| Concepto                                | Costo Mensual en M\$ | Costo Anual en M\$ |
|---|----------------------|--------------------|
| Computadores de escritorio y portátiles | \$ 96.000            | \$ 1.152.000       |
| Impresión                               | \$ 56.000            | \$ 672.000         |
| Conectividad                            | \$ 50.000            | \$ 600.000         |
| Licenciamiento                          | \$ 40.000            | \$ 480.000         |
| Costo Observadores (Recopilación)       | \$ 288.000           | \$ 3.456.000       |
| Soporte Informático estimado actual     | \$ 100.000           | \$ 1.200.000       |
| <b>Total</b>                            | <b>630.000</b>       | <b>7.560.000</b>   |

### 3 DEFINICIÓN DE ESTANDAR FRECUENCIA RETIRO DE DATOS

La red de monitoreo hidrológica de la DGA en la cuenca del río Copiapó considera la medición de parámetros fluvimétricos en 10 sectores, datos meteorológicos en 10 estaciones, nivel de aguas subterránea en 54 pozos, calidad de agua en 14 puntos, y control de sedimentos en 2 sectores. De esta forma, el universo considerado para llevar a cabo el desarrollo de las alternativas para la recolección de información se presenta en la Figura 3-1.

**Figura 3-1: Universo de la red de monitoreo en la cuenca del río Copiapó**



Para el desarrollo de la alternativa de recolección manual, la DGA ha establecido un estándar de frecuencia de retiro de información en forma diaria de todos los puntos de control fluvimétrico, meteorológicos, monitoreo de aguas subterráneas y calidad de aguas. Sin embargo, este Consultor ha considerado que para una mayor viabilidad de esta alternativa, el retiro de información se interrumpe los días sábados y domingos, permitiendo de esta manera la configuración de rutas de trabajo con jornadas semanales de lunes a viernes.

En el caso de implementarse la alternativa manual se debe incorporar equipos de la instrumentación necesaria para facilitar la lectura de datos en terreno y además de contar con registros con una buena frecuencia. El objetivo de esta instrumentación es habilitar cada punto con sensores conectados a DataLogger locales (en las estaciones que no tienen esta instrumentación) y así el personal simplemente conecta un computador portátil al equipo y extrae la información con las lecturas almacenadas en archivos, que luego son descargados en la oficina a un sistema con un servidor de bases de datos SQL Server, que permite disponer de los datos para la gestión de los mismo en la región de Atacama.

Se habilitará instrumentación en los sistemas de pozos, estaciones fluviométricas, en estaciones meteorológicas y para calidad de aguas; en el caso de los sedimentos no se considera instrumentación.

Teniendo en cuenta lo anterior, más los resultados del diagnóstico previamente realizado, a continuación se presentan las consideraciones utilizadas para configurar la alternativa de recolección manual de información según cada parámetro a monitorear en la cuenca del río Copiapó.

### 3.1 RED FLUVIOMÉTRICA

La mayoría de las estaciones fluviométricas registran cada una hora en forma periódica la altura de agua y consiguientemente el caudal pasante por ellas, estas estaciones poseen una captura de información mediante DataLogger, existen dos estaciones que no poseen este sistema y deben ser modernizadas. Cabe mencionar que estas últimas dos estaciones (Río Copiapó en Copiapó y Río Copiapó en Mal Paso), las cuales también serán equipadas con instrumentación automatizada localmente, registrando sus datos en DataLogger. Así, el proceso diario de retiro manual de información se traduciría en una tarea relativamente simple de pocos minutos de duración. La validación de estos caudales estará asociada a la confiabilidad de las curvas de descarga de cada estación fluviométrica, obtenida de los aforos.

**Tabla 3–1: Puntos de monitoreo Fluviométricos – Acciones a ejecutar**

| Punto de Monitoreo                              | Código BNA | Estado/Acción |
|---|------------|---------------|
| Estación fluviométrica Río Copiapó, en Copiapó  | 03450001-0 | Automatizar   |
| Estación fluviométrica Río Copiapó, Mal Paso    | 03434003-k | Automatizar   |
| Estación fluviométrica Canal Mal Paso           | 03434002-1 | Lista         |
| Estación fluviométrica Río Copiapó, Angostura   | 03453001-7 | Lista         |
| Estación fluviométrica Río Copiapó, la Puerta   | 03431001-7 | Lista         |
| Estación fluviométrica Río Copiapó, Lautaro     | 03430001-1 | Lista         |
| Estación fluviométrica Río Copiapó, Pastillo    | 03430003-8 | Lista         |
| Estación fluviométrica Río Jorquera             | 03404001-k | Lista         |
| Estación fluviométrica Río Manflas en vertedero | 03421001-2 | Lista         |
| Estación fluviométrica Río Pulido               | 03414001-4 | Lista         |

Actualmente se realizan aforos bimensuales para la calibración de las curvas de descarga correspondientes a cada estación, cuya programación se presenta en la Tabla 3-2. No obstante la periodicidad de este trabajo, se debe considerar la actual situación de vulnerabilidad ante crecidas que poseen las estaciones fluviométricas, por lo que se sugiere establecer una programación de aforos mensuales en todas las estaciones.

Es importante señalar que en la medida que se realicen mejoras estructurales en las estaciones fluviométricas, y se cuente con curvas de descarga más estables en el tiempo, se podrá modificar la frecuencia de ejecución de aforos.

**Tabla 3–2: Programa actual de aforos en la cuenca del río Copiapó**

| Cuenca del Río Copiapó              | Meses |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                                     | E     | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| Río Jorquera en Vertedero           |       | X |   | X |   | X |   | X |   | X |   | X |
| Río Pulido en Vertedero             | X     |   | X |   | X |   | X |   | X |   | X |   |
| Río Manflas en Vertedero            |       | X |   | X |   | X |   | X |   | X |   | X |
| Río Copiapó en Lautaro              | X     |   | X |   | X |   | X |   | X |   | X |   |
| Río Copiapó en Pastillo*            | X     | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Río Copiapó en la Puerta*           | X     | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Canal mal paso después de Bocatoma  |       | X |   | X |   | X |   | X |   | X |   | X |
| Río Copiapó en mal paso aguas abajo | X     |   | X |   | X |   | X |   | X |   | X |   |
| Río Copiapó en la ciudad de Copiapó |       | X |   | X |   | X |   | X |   | X |   | X |
| Río Copiapó en Angostura            | X     |   | X |   | X |   | X |   | X |   | X |   |

\*En estas estaciones actualmente se realizan aforos mensuales.

Con los cambios sugeridos se busca:

- **Curvas de descarga** ajustadas periódicamente en base a aforos mensuales, permitiendo validaciones constantes de los caudales medidos.
- **Publicación oficial de datos** en un tiempo inferior a los actuales 6 meses, en donde se podría contar en 3 meses con información validada y disponible para el público en el portal de internet de la DGA.

### 3.2 RED METEOROLÓGICA

Tal como se identificó durante el diagnóstico, la información meteorológica es generada diariamente en cada una de las estaciones respectivas, sin embargo la recolección de los datos se hace cada dos meses. A este tiempo, se le agregan entre 30 a 45 días para llevar a cabo el proceso de validación a nivel central.

Considerando lo anterior, ejecutar una recolección diaria de información y consecuentemente una validación periódica a nivel regional, significa acelerar en forma radical el proceso, sin embargo a juicio de este Consultor, la etapa de validación de información meteorológica a nivel central también debe estar sujeta a una mejora que permita la publicación oficial de información dentro de los primeros días del mes siguiente a la captura de los registros.

El universo de estaciones meteorológicas en la cuenca del río Copiapó considera 10 puntos de monitoreo, los cuales también se han programado para ser visitados en forma diaria de lunes a viernes, no obstante se debe mencionar que hay algunas estaciones emplazadas en sectores alejados del cauce principal del río Copiapó, lo que implica extender las rutas de los equipos humanos de recolección de información. Por esto, el programa de trabajo permite que ante eventualidades justificadas, el personal de terreno asista una menor cantidad de días, pero cumpliendo un mínimo de 4 retiros semanales.

Cabe mencionar que de estos 10 puntos, 6 serán equipados con instrumentación automatizada (DataLogger), complementándose con las otras 4 estaciones que ya lo están. De esta forma, para la recolección de los datos, solo será necesario conectar un PC portátil y un pendrive, donde la información será cargada para posteriormente ser validada e ingresada a la base de datos. Dichas estaciones se detallan en la Tabla 3-3.

**Tabla 3–3: Puntos de monitoreo Meteorológicos –Acciones a ejecutar**

| Punto de Monitoreo                              | Código BNA | Estado/Acción |
|---|------------|---------------|
| Estación meteorológica Elibor Campamento        | 03431004-1 | Automatizar   |
| Estación meteorológica Jorquera en La Guardia   | 03404002-8 | Automatizar   |
| Estación meteorológica Manflas                  | 03421004-7 | Automatizar   |
| Estación meteorológica Pastos Grandes           | 03441001-1 | Automatizar   |
| Estación meteorológica Rio Copiapó en La Puerta | 03431001-7 | Automatizar   |
| Estación meteorológica Rio Copiapó en Pastillo  | 03430003-8 | Automatizar   |
| Estación meteorológica Copiapó                  | 03450004-5 | Lista         |
| Estación meteorológica Los Loros                | 03430007-0 | Lista         |
| Estación meteorológica Iglesia Colorada         | 03414002-2 | Lista         |
| Estación meteorológica Embalse Lautaro          | 03430006-2 | Lista         |

Con estos cambios en el manejo y recolección de la información, se espera mejorar los siguientes aspectos:

- **Fiscalización permanente** en la toma de datos meteorológicos debido a las visitas diarias a los observadores locales.
- **Publicación oficial de datos** en un tiempo inferior a los actuales 3,5 meses, pudiendo contar con la información validada y liberada al público en el sitio de internet de la DGA dentro del mes siguiente a la fecha de toma de los registros.

### 3.3 RED AGUAS SUBTERRÁNEAS

La medición y registro del nivel de aguas subterráneas fue identificada como el proceso más rápido dentro de los distintos parámetros bajo análisis en la cuenca del río Copiapó, considerando el tiempo que transcurre desde la captura hasta la publicación de la información. No obstante, la actual frecuencia de medición es bimensual, por lo que el cambio a frecuencia diaria implica una alta demanda de recursos, toda vez que el universo de control considera 54 pozos profundos.

Como este proceso no cuenta con una etapa de validación a nivel central, el tiempo que transcurra entre la captura, validación a nivel regional y posterior carga en el BNA, será el tiempo total del proceso. De esta manera, una frecuencia diaria de medición, permitirá tener a disposición del público los niveles de aguas subterráneas en pocos días.

De los 54 pozos considerados para configurar las rutas de trabajo, existen varios cuya medición actual da cuenta que estos se encuentran secos, no obstante el programa de trabajo de los equipos de terreno considera la medición de todos ellos, lo cual responde a un criterio conservador que permite una mayor disponibilidad de tiempo para las tareas de captura de información y traslado de personal.

Para complementar la mejora de mediciones diarias, en 27 estaciones se instalarán instrumentos automatizados con el fin tener un registro constante y confiable para el usuario final. Se considera como criterio que la instrumentación con su respectivo DataLogger se instalará solamente en los pozos que están vigentes y no en aquellos que se encuentran secos. Estas estaciones se mencionan en la Tabla 3-4.

**Tabla 3-4: Puntos de monitoreo de Aguas Subterráneas a implementar con instrumentos automatizados**

| Punto de Monitoreo                      | Código BNA | Estado/Acción |
|---|------------|---------------|
| Pozo Caseta Iglesia Colorada n°2        | 03414005-7 | Automatizar   |
| Pozo Quebrada Seca, Caseta n°6          | 03414004-9 | Automatizar   |
| Pozo Hacienda Manflas                   | 03421006-3 | Automatizar   |
| Pozo Hacienda Manflas antes de Hacienda | 03421005-5 | Automatizar   |
| Pozo Pastillo (Prohens)                 | 03430023-2 | Automatizar   |
| Pozo Algarrobo La Virgen (e. Lautaro)   | 03430013-5 | Automatizar   |
| Pozo Goyo Díaz                          | 03430021-6 | Automatizar   |
| Pozo Pueblo San Antonio                 | 03430011-9 | Automatizar   |

| Punto de Monitoreo              | Código BNA | Estado/Acción |
|---------------------------------|------------|---------------|
| Pozo Vegas El Giro              | 03430022-4 | Automatizar   |
| Pozo Escuela 17 Los Loros       | 03430010-0 | Automatizar   |
| Pozo Fundo La Puerta            | 03431009-2 | Automatizar   |
| Pozo Agrícola Villa María       | 03431015-7 | Automatizar   |
| Pozo Fundo Alianza              | 03431014-9 | Automatizar   |
| Pozo Quebrada Cerrillos Amancay | 03431012-2 | Automatizar   |
| Pozo Quebrada Infiernillo       | 03434015-3 | Automatizar   |
| Pozo Carola                     | 03434013-7 | Automatizar   |
| Pozo Villa Candelaria           | 03450020-7 | Automatizar   |
| Pozo Hacienda San Francisco     | 03451004-0 | Automatizar   |
| Pozo San Pedro Floridor         | 03451024-5 | Automatizar   |
| Pozo Valle Fértil (7)           | 03451017-2 | Automatizar   |
| Pozo San Camilo (8)             | 03451018-0 | Automatizar   |
| Pozo San Camilo (6)             | 03451019-9 | Automatizar   |
| Pozo Punta Picazo (5)           | 03451020-2 | Automatizar   |
| Pozo Monte Amargo               | 03451021-0 | Automatizar   |
| Pozo Hacienda María Isabel (4)  | 03453005-k | Automatizar   |
| Pozo Hacienda María Isabel (3)  | 03453006-8 | Automatizar   |
| Pozo Hacienda María Isabel (1)  | 03453007-6 | Automatizar   |

### 3.4 RED CALIDAD DE AGUAS

El monitoreo de calidad de aguas considera 14 puntos de muestreo, siendo la mitad de estos en aguas superficiales y la otra mitad en pozos profundos. La actual frecuencia de control se realiza tres veces al año, en los meses de febrero, junio y octubre. Se considera mejorar la frecuencia implementando un nuevo equipo con capacidad de DataLogger, de manera que las mediciones que se hagan queden almacenadas en su memoria.

El control de calidad constará de dos partes, la medición de datos in situ mediante una nueva sonda multi-parámetro para permitir tomar más datos en cada visita y la toma de muestras para completos ensayos de laboratorio que seguirá con el proceso actual que se presenta en la Figura 3-2, con la mejora en que las muestras serán mensuales.

Figura 3-2: Proceso Actual para ensayos de laboratorios en calidad de aguas



Como ya se ha mencionado, es del interés de la DGA regional contar con un control y disposición de información de calidad de aguas a nivel diario, por lo que la alternativa de recolección manual de información considera:

**a) Medición diaria in situ con sonda multiparámetro**

- Temperatura (°C)
- Oxígeno disuelto OD (mg/l y %)
- pH y ORP
- Conductividad Eléctrica (uS/cm)

**b) Toma de muestra mensual con ensayos en laboratorio.**

- Metales
  - Aluminio, Arsénico, Boro, Cadmio, Mercurio, Molibdeno, Plata, Cobalto, Cobre, Cromo, Hierro, Plomo, Selenio y Zinc
- Macroelementos
  - Calcio, Cloruro, Manganeso, Magnesio, Potasio, Sodio y Sulfato.
- Nutrientes
  - N-Amoniaco, N-Nitratos, N-Nitritos, P-Fosfato, P-Total.
- Otros
  - Clorofila, DQO, Temperatura, Conductividad

La frecuencia mensual de toma de muestra para ensayos en laboratorio se respalda en antecedentes proporcionados por personal del Departamento de Conservación de la DGA a nivel central, en donde se establece que no existe un estándar oficial pero dicha frecuencia permite llevar a cabo un mejor monitoreo de esta variable.

Adicionalmente, se puede mencionar que los parámetros a medir en ensayos de laboratorio considerados para el desarrollo de la alternativa, son los mismos que se miden en las actuales muestras de agua, pero el listado de parámetros podría reducirse a futuro una vez que se determinen elementos con poca variabilidad.

Con las frecuencias acá establecidas, se puede contar con datos diarios de calidad de agua entregados por la sonda multiparámetro (la cual se implementará con DataLogger portátil para el registro de datos), pero los parámetros medidos en laboratorio siguen requiriendo el mismo tiempo para el proceso actual, por lo que este Consultor ha propuesto la utilización de un laboratorio certificado bajo norma ISO 17.025 e independiente al de la DGA, agilizando el proceso de ensayo y entregando certificados con los resultados tanto al nivel regional como al nivel central para la carga de información al BNA.

### 3.5 SEDIMENTOMETRÍA

El muestreo de sedimentos se realiza en 2 puntos de control, y tal como se detalló en el diagnóstico, existen dos tipos de muestreos de sedimentos, los rutinarios e integrados, siendo estos últimos llevados a cabo en conjunto con los aforos. Por esta razón, el programa de toma de muestras sedimentológicas se ha conformado en la base de una frecuencia mensual, al mismo tiempo en que se realicen los aforos de las estaciones fluviométricas río Jorquera en Vertedero y río Pulido en Vertedero.

Es necesario mencionar que la DGA no ha estipulado una frecuencia específica para este parámetro, sin embargo con el estándar propuesto, se duplicarían los registros disponibles para medición de sedimentos, tarea que no tendría un mayor impacto en la demanda de recursos, ya que se acopla al trabajo de aforo.

Por último, los datos obtenidos del análisis de muestras serán ingresados al BNA de forma manual, ya que en este parámetro, debido al tipo de medición (manual), no se realizara ninguna implementación tecnológica, siguiendo con la toma de muestra de forma manual.

## 4 ALTERNATIVA OPERACIÓN MANUAL

Como ya se ha establecido anteriormente, este estudio se basa en la introducción de un cambio radical en cuanto a la frecuencia de captura, retiro, validación, disposición de la información y equipamiento automatizado hidrometeorológico, de nivel de aguas subterráneas y calidad de aguas en la cuenca del río Copiapó, pasando de contar con datos que actualmente se extraen cada uno o dos meses, a una frecuencia de retiro y reporte diaria.

Las condiciones de borde para el diseño de esta alternativa se han establecido en el numeral anterior, en donde se fijó el universo de la red de monitoreo y los distintos estándares de frecuencia para captura y retiro de información. En función de esto, se han definido las rutas o “Tramos” de trabajo y las características de los equipos humanos y materiales que permitan la optimización de esta alternativa.

Como consecuencia de esto, el desarrollo de la alternativa manual de recolección de información implica la introducción de varios equipos humanos, materiales en terreno e implementación en las estaciones faltantes de equipos automatizados, así como también para administración de la información centralizada en la ciudad de Copiapó. En el presente acápite se abordan las rutas de trabajo, los equipos en terreno y la instrumentación automatizada a incorporar en cada estación.

### 4.1 INVERSIONES DE INSTRUMENTACIÓN

Para una óptima alternativa manual, se debe implementar (en las estaciones faltantes) en toda la red hidrológica, instrumentación adecuada que permita mediciones automatizadas desde el terreno, conectando un puerto del dispositivo de captura a un computador móvil que almacena temporalmente los datos que posteriormente serán vaciados al servidor local (BNA). Los datos manuales para sedimentometría y análisis de calidad de aguas, son ingresados al servidor local a partir de formularios de captura y de resultados obtenidos del proceso de las muestras recogidas en terreno.

#### 4.1.1 Red Fluviométrica

- Estación Río Copiapó en Copiapó
- Estación Río Copiapó en Mal Paso

En estas dos estaciones se deben implementar los equipos que se detallan en la Tabla 4-1, con lo que se tendrá una red fluviométrica 100% equipada con instrumentos automatizados.

El equipo de terreno recogerá finalmente los datos diariamente con una frecuencia de registro de una hora, teniendo de esta forma 24 datos de altura y caudal por día.

**Tabla 4–1: Instrumentación a implementar en las estaciones no modernizadas de la red fluviométrica**

| Cantidad | Descripción del Instrumento               | Servicio/Ubicación               | Señal captura de datos                         | Frecuencia de Muestreo |
|----------|---|----------------------------------|--|------------------------|
| 2        | Sensor y Transmisor de nivel              | Medición de nivel, flujo en río. | Local con DataLogger fijo instalado en terreno | Cada una hora          |
| 2        | Sensor de Temperatura integral a la sonda | Medición de temperatura, en río  | Local con DataLogger fijo instalado en terreno | Cada una hora          |

En la Tabla 4-2 y Tabla 4-3 se entregan los costos asociados a cada equipo con su respectiva mantención.

**Tabla 4–2: Costos asociados por cada equipo de la red fluviométrica**

| Ítem                           | Descripción          | Cantidad | Costo (\$)       |
|--------------------------------|----------------------|----------|------------------|
| 1                              | Limnigrafos          | 2        | 1.557.192        |
| 2                              | DataLogger           | 2        | 2.780.700        |
| 3                              | Sistema Fotovoltaico | 2        | 945.438          |
| 4                              | Mano de Obra montaje | 2        | 556.140          |
| 5                              | Materiales Montaje   | 2        | 111.228          |
| <b>COSTO TOTALPOR ESTACIÓN</b> |                      |          | <b>2.975.349</b> |
| <b>COSTO TOTALDE INVERSIÓN</b> |                      |          | <b>5.950.698</b> |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

**Tabla 4–3: Costos de mantención de instrumentos, llevados a mensual por estación (No incluye aforo)**

| Ítem                                    | Descripción  | Costo Mensual (\$) |
|---|--|--------------------|
| 1                                       | Calibración-limpieza periódica   | 11.123             |
| 2                                       | Recambio de baterías (Cambio de batería ciclo profundo 5 años sugeridos) | 1.390              |
| 3                                       | Renovación de equipo (cambio cada 10 años)                               | 18.075             |
| <b>COSTO TOTAL-MENSUAL POR ESTACIÓN</b> |  | <b>30.588</b>      |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

\*\* Las mantenciones no son mensuales, la periodicidad es mayor, solamente que el valor se lleva a mensual para efectos de evaluación económica.

#### 4.1.2 Red Meteorológica

Actualmente en la red meteorológica falta por implementar con equipos automatizados en seis estaciones:

- Estación Elibor Campamento
- Estación Jorquera en La Guardia
- Estación Manflas
- Estación Pastos Grandes
- Estación Río Copiapó en La Puerta
- Estación Río Copiapó en Pastillo

En la Tabla 4-4, se detalla la instrumentación necesaria en las estaciones faltantes, de modo que la información sea extraída diariamente con una fuente de 24 datos por día para cada parámetro. Además con esto se logra que el universo de la red meteorológica este 100% automatizado. En la Tabla 4-5 y Tabla 4-6, se entregan los costos asociados a cada equipo y su respectiva mantención.

**Tabla 4-4: Instrumentación a implementar en las estaciones faltantes de la red meteorológica**

| Cantidad | Descripción del Instrumento | Servicio/Ubicación   | Señal captura de datos                         | Frecuencia de Muestreo |
|----------|-----------------------------|----------------------|--|------------------------|
| 6        | Sensor de temperatura       | Temperatura ambiente | Local con DataLogger fijo instalado en terreno | Cada una hora          |
| 6        | Sensor de evaporación       | Evaporación          | Local con DataLogger fijo instalado en terreno | Cada una hora          |
| 6        | Sensor de Precipitación     | Precipitación        | Local con DataLogger fijo instalado en terreno | Cada una hora          |

**Tabla 4-5: Costos asociados por cada equipo de la red meteorológica**

| Ítem                            | Descripción   | Cantidad | Costo (\$)        |
|---------------------------------|---|----------|-------------------|
| 1                               | Instrumentos electrónicos (pluviómetro, termómetro, evaporímetro) | 6        | 2.685.600         |
| 2                               | DataLogger  | 6        | 1.390.350         |
| 3                               | Sistema Fotovoltaico  | 6        | 472.719           |
| 4                               | Mano de Obra Montaje  | 6        | 278.070           |
| 5                               | Materiales Montaje  | 6        | 83.421            |
| <b>COSTO TOTAL POR ESTACIÓN</b> |   |          | <b>4.910.160</b>  |
| <b>COSTO TOTAL DE INVERSIÓN</b> |   |          | <b>29.460.960</b> |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

**Tabla 4–6: Costos de mantención de instrumentos, llevados a mensual por estación.**

| Ítem                                    | Descripción   | Costo Mensual (\$) |
|---|---|--------------------|
| 1                                       | Calibración-limpieza periódica  | 11.123             |
| 2                                       | Recambio de baterías<br>(Cambio de batería ciclo profundo 5 años sugeridos) | 1.390              |
| 3                                       | Renovación de equipo (cambio cada 10 años)                                  | 33.925             |
| <b>COSTO TOTAL-MENSUAL POR ESTACIÓN</b> |   | <b>46.438</b>      |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

\*\* Las mantenciones no son mensuales, la periodicidad es mayor, solamente que el valor se lleva a mensual para efectos de evaluación económica.

#### 4.1.3 Red de Aguas Subterráneas

En la red de aguas subterráneas, es donde se deberá implementar la mayor cantidad de equipos, debido al número de pozos existentes. 27 son los pozos faltantes con equipos automatizados, obteniendo con esto el 100% de la red meteorológica cubierta, con registros cada una hora. A continuación se nombran las estaciones a implementar con estos equipos:

- Pozo Caseta Iglesia Colorada N°2
- Pozo Quebrada Seca, Caseta N°6
- Pozo Hacienda Manflas
- Pozo Hacienda Manflas antes de Hacienda
- Pozo Pastillo (Prohens)
- Pozo Algarrobo La Virgen (e. Lautaro)
- Pozo Goyo Díaz
- Pozo Pueblo San Antonio
- Pozo Vegas El Giro
- Pozo Escuela 17 Los Loros
- Pozo Fundo La Puerta
- Pozo Agrícola Villa María
- Pozo Fundo Alianza
- Pozo Quebrada Cerrillos Amancay
- Pozo Quebrada Infiernillo
- Pozo Carola
- Pozo Villa Candelaria
- Pozo Hacienda San Francisco
- Pozo San Pedro Floridor
- Pozo Valle Fértil (7)
- Pozo San Camilo (8)
- Pozo San Camilo (6)

- Pozo Punta Picazo (5)
- Pozo Monte Amargo
- Pozo Hacienda María Isabel (4)
- Pozo Hacienda María Isabel (3)
- Pozo Hacienda María Isabel (1)

Cabe mencionar que para la red de aguas subterráneas, se presentaron dos alternativas de equipos:

- Caso 1, con DataLogger para futura Telemetría
- Caso 2, solo instrumento con memoria

En la Tabla 4-7, se detallan los equipos que se deben instalar en cada pozo, con el objetivo de tener registros cada una hora y por ende una base de 24 datos por día.

**Tabla 4–7: Instrumentación a implementar en las estaciones faltantes en la red de aguas subterráneas**

| Ítem | Descripción del Instrumento | Servicio/Ubicación               | Señal captura de datos                         | Frecuencia de Muestreo |
|------|-----------------------------|----------------------------------|--|------------------------|
| 27   | Piezómetro electrónico      | Medición de nivel, en pozo       | Local con DataLogger fijo instalado en terreno | Cada una hora          |
| 27   | Temperatura hidrométrica    | Medición de temperatura, en pozo | Local con DataLogger fijo instalado en terreno | Cada una hora          |

#### 4.1.3.1 Caso 1 – Con DataLogger para futura Telemetría

En la Tabla 4-8 y Tabla 4-9, se entregan los costos asociados a cada equipo y su respectiva mantención.

**Tabla 4–8: Costos asociados por cada equipo de la red de aguas subterráneas**

| Ítem                           | Descripción          | Costo Unitario (\$) |
|--------------------------------|----------------------|---------------------|
| 1                              | Sonda Piezométrica   | 778.596             |
| 2                              | DataLogger           | 1.390.350           |
| 3                              | Sistema Fotovoltaico | 472.719             |
| 4                              | Mano de Obra Montaje | 139.035             |
| 5                              | Materiales Montaje   | 44.491              |
| <b>COSTO TOTALPOR ESTACIÓN</b> |                      | <b>2.825.191</b>    |
| <b>COSTO TOTALDE INVERSIÓN</b> |                      | <b>76.280.157</b>   |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

**Tabla 4–9: Costos de mantención de instrumentos, llevados a mensual por estación.**

| Ítem                                    | Descripción  | Costo Mensual (\$) |
|---|--|--------------------|
| 1                                       | Calibración-limpieza periódica   | 11.123             |
| 2                                       | Recambio de baterías (Cambio de batería ciclo profundo 5 años sugeridos) | 1.390              |
| 3                                       | Renovación de equipo (cambio cada 10 años)                               | 18.075             |
| <b>COSTO TOTAL-MENSUAL POR ESTACIÓN</b> |  | <b>30.588</b>      |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

\*\* Las mantenciones no son mensuales, la periodicidad es mayor, solamente que el valor se lleva a mensual para efectos de evaluación económica.

#### 4.1.3.2 Caso 2 – Solo instrumento con memoria propia

En la Tabla 4-10 y Tabla 4-11, se entregan los costos asociados a cada equipo y su respectiva mantención.

**Tabla 4–10: Costos asociados por cada equipo de la red de aguas subterráneas**

| Ítem                           | Descripción                                      | Costo Unitario (\$) |
|--------------------------------|--|---------------------|
| 1                              | Sonda Piezométrica                               | 1.429.280           |
| 2                              | DataLogger (se utilizan baterías internas)       | N/A                 |
| 3                              | Sistema Fotovoltaico (Instrumento tiene memoria) | N/A                 |
| 4                              | Mano de Obra Montaje                             | 139.035             |
| 5                              | Materiales Montaje                               | 44.491              |
| <b>COSTO TOTALPOR ESTACIÓN</b> |  | <b>1.612.806</b>    |
| <b>COSTO TOTALDE INVERSIÓN</b> |  | <b>43.545.762</b>   |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

**Tabla 4-11: Costos de mantención de instrumentos, llevados mensual por estación.**

| Ítem                                    | Descripción   | Costo Mensual (\$) |
|---|---|--------------------|
| 1                                       | Calibración-limpieza periódica                                    | 11.123             |
| 2                                       | Recambio de pilas<br>(Cambio de batería interna 2 años sugeridos) | 1.112              |
| 3                                       | Renovación de equipo (cambio<br>cada 10 años)                     | 11.901             |
| <b>COSTO TOTAL-MENSUAL POR ESTACIÓN</b> |   | <b>24.136</b>      |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14.

\*\* Las mantenciones no son mensuales, la periodicidad es mayor, solamente que el valor se lleva a mensual para efectos de evaluación económica.

Para un mejor desarrollo en el corto plazo, se implementara el Caso 1 en la alternativa manual, ya que cuando se quiera disponer de datos en tiempo real, solo será necesario conectar el dispositivo existente al transmisor.

Se descarta el Caso 2, ya que si a futuro se quisiera implementar transmisión de datos en tiempo real, se tendrían que cambiar en su totalidad los equipos instalados por su no compatibilidad con el transmisor, siendo una pérdida total la inversión de costo inicial.

#### 4.1.4 Red de Calidad de Aguas

Como ya se sabe, en la red de calidad de aguas, se toman dos registros de datos; uno es In situ y el otro en laboratorio. Para el primer caso se implementaran equipos automatizados en todos los puntos de medición, el cual se registrara el dato en forma diaria y el análisis en laboratorio se realizará una vez al mes.

Los puntos de medición diaria y mensual son los siguientes:

- Estación Canal Mal Paso después de Bocatoma
- Pozo Hacienda María Isabel (3)
- Pozo Escuela Los Loros
- Estación Río Copiapó en La Puerta
- Estación Río Copiapó en By Pass Lautaro
- Estación Río Manflas en Vertedero
- Estación Río Jorquera en Vertedero
- Estación Río Pulido en Vertedero

En la Tabla 4-12, se detalla el equipos a instalar y los parámetros que registrará diariamente.

**Tabla 4–12: Instrumentación a implementar para medir en las estaciones faltantes en la red de calidad de aguas**

| Cantidad | Descripción del Instrumento | Servicio/Ubicación                                 | Señal captura de datos                             | Frecuencia de Muestreo |
|----------|-----------------------------|--|--|------------------------|
| 1        | Sensor de temperatura       | Temperatura muestra de agua                        | Local-Sonda multiparámetro portátil con DataLogger | Diaria                 |
| 1        | Sensor de pH                | Nivel de acidez en muestra de agua                 | Local-Sonda multiparámetro portátil con DataLogger | Diaria                 |
| 1        | Sensor de conductividad     | Nivel de conductividad en la muestra de agua       | Local-Sonda multiparámetro portátil con DataLogger | Diaria                 |
| 1        | Sensor de oxígeno disuelto  | Cantidad de oxígeno disuelto en la muestra de agua | Local-Sonda multiparámetro portátil con DataLogger | Diaria                 |
| 1        | Sensor ORP                  | Potencial Redox en la muestra de agua              | Local-Sonda multiparámetro portátil con DataLogger | Diaria                 |

En la Tabla 4-13 y Tabla 4-14, se entregan los costos asociados a cada equipo y su respectiva mantención.

**Tabla 4–13: Costos asociados por del equipo portátil para la red de monitoreo de calidad de aguas**

| Ítem                           | Descripción                                    | Costo Unitario (\$) |
|--------------------------------|--|---------------------|
| 1                              | Celda multiparámetro con DataLogger - Portátil | 2.177.288           |
| 2                              | DataLogger                                     | N/A                 |
| 3                              | Sistema Fotovoltaico                           | N/A                 |
| 4                              | Mano de Obra Montaje                           | N/A                 |
| 5                              | Materiales Montaje                             | N/A                 |
| <b>COSTO TOTALPOR ESTACIÓN</b> |  | <b>2.177.288</b>    |
| <b>COSTO TOTALDE INVERSIÓN</b> |  | <b>2.177.288</b>    |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

**Tabla 4–14: Costos de mantención del equipo portátil, llevado a mensual por estación**

| Ítem                                    | Descripción                                | Costo Mensual (\$) |
|---|--|--------------------|
| 1                                       | Calibración con soluciones Buffer          | 13.904             |
| 2                                       | Reemplazo Electroodos (5 cambios al año)   | 23.135             |
| 3                                       | Renovación de equipo (cambio cada 10 años) | 18.130             |
| <b>COSTO TOTAL-MENSUAL POR ESTACIÓN</b> |  | <b>55.169</b>      |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

\*\* Las mantenciones no son mensuales, la periodicidad es mayor, solamente que el valor se lleva a mensual para efectos de evaluación económica.

#### 4.2 PROGRAMA DE TRAZADO PARA LA CAPTURA Y RECOLECCION DE DATOS

Este programa se ha elaborado tomando en consideración las distancias entre cada estación o punto de monitoreo y la ciudad de Copiapó, conformando Tramos con rutas óptimas para la recolección de datos en cada punto de control según las siguientes consideraciones:

- Jornadas de trabajo de lunes a viernes.
- Horarios de trabajo efectivo de 7,5 horas diarias, más 1 hora para almuerzo
- Velocidades de desplazamiento promedio entre 50-60 Km/h
- Tiempo de recolección de información de estaciones meteorológicas, pluviométricas, nivel de aguas subterráneas y control de calidad de aguas de 10 minutos

Los anteriores tiempos son para condiciones normales de trabajo y comprenden la labor a desarrollar para obtener registros en forma diaria mediante la alternativa de recolección manual (extracción de datos mediante dispositivo desde el DataLogger del equipo). Adicionalmente, es necesario llevar a cabo tareas con periodicidad mensual, tales como aforos, toma de muestras de sedimentos y toma de muestras de agua para su posterior despacho a laboratorio, sin embargo estas tareas se deben llevar a cabo tanto para la alternativa manual como para la alternativa de transmisión de datos en tiempo real. En las Tabla 4-15 y Tabla 4-16, se presentan los tramos y los puntos de muestreo, y en la Figura 4-1 y siguientes (Figura 4-2 a la Figura 4-6) se muestran gráficamente dichas sectorizaciones.

**Tabla 4–15: Programa de recorrido para recopilación manual de información en la cuenca del río Copiapó**

| Tramo | Aguas Subterráneas  | Sedimentometría                | Calidad de Aguas   |   | Fluviometría                               |                                | Meteorología                               |
|-------|---|--------------------------------|--|---|--|--------------------------------|--|
|       | Frecuencia diaria de medición   | Frecuencia de muestreo mensual | Frecuencia de medición Diaria (Sonda Multiparámetro)                             | Frecuencia de análisis mensual en laboratorio | Frecuencia diaria para retiro de registros | Frecuencia mensual para aforos | Frecuencia diaria para retiro de registros |
| 1     | Hacienda María Isabel (1)<br>Hacienda María Isabel (3)<br>Hacienda María Isabel (4)<br>Monte Amargo<br>Punta Picazo (5)<br>San Camilo (6)<br>San Camilo (8)<br>Valle Fertil (7)<br>Kiosco Santa Valentina<br>Hacienda Margarita<br>Hda. Margarita (Matamoros)<br>San Pedro (11) | -                              | Pozo Hacienda María Isabel<br>Hacienda María Isabel (3)                          |   | Río Copiapó en Angostura                   |                                | -  |
| 2     | San Pedro<br>Fundo San Juan<br>Canto del Viento<br>Noria Santelices<br>Hacienda San Francisco<br>Hacienda Toledo<br>Gino Arostica<br>Villa Candelaria<br>Piedra Colgada<br>Valle Dorado<br>Escuela Italiana<br>Sali Hochschild  | -                              | Pozo Fundo El Carmen<br><br>Río Copiapó en Puente Bodega<br>Pozo Hacienda Bodega |   | Río Copiapó en Ciudad de Copiapó           |                                | Copiapó                                    |

| Tramo | Aguas Subterráneas   | Sedimentometría                | Calidad de Aguas  |   | Fluviometría   |                                | Meteorología   |
|-------|--|--------------------------------|---|---|--|--------------------------------|--|
|       | Frecuencia diaria de medición  | Frecuencia de muestreo mensual | Frecuencia de medición Diaria (Sonda Multiparámetro)  | Frecuencia de análisis mensual en laboratorio | Frecuencia diaria para retiro de registros                                       | Frecuencia mensual para aforos | Frecuencia diaria para retiro de registros   |
| 3     | Pueblo San Fernando A-18<br>Pueblo San Fernando Las Cañas<br>Buitron<br>Pucobre T<br>Pucobre (8)<br>Carola<br>Quebrada Infernillo<br>Quebrada Cerrillo Amancay<br>Fundo Alianza<br>Pabellon<br>Villa María<br>Villa María-Hornitos                     | -                              | Canal Mal Paso despues de Bocatoma<br>Río Copiapó en mal paso<br>Pozo Parcela 8 Nantoco                   |   | Canal Mal Paso despues de Bocatoma<br>Río Copiapó en mal paso aguas abajo canal  |                                | Pastos Grandes   |
| 4     | Quebrada Cerrillos<br>Planta Elisa de Bordos<br>Hornitos (Rojas)<br>Fundo La Puerta<br>Escuela 17 Los Loros<br>Vegas El Giro<br>Pueblo san Antonio<br>Goyo Diaz<br>Quebrada Calquis<br>Algarrobo La Virgen (E. Lautaro)<br>Embalse Lautaro<br>Pastillo | Río Jorquera en Vertedero      | Río Copiapó en la Puerta<br>Pozo Escuela Los Loros<br>Río Copiapó en Lautaro<br>Río Jorquera en Vertedero |   | Río Copiapó en la Puerta<br>Río Copiapó en Pastillo<br>Río Copiapó en Lautaro    |                                | Elibor Campamento<br>Río Copiapó en la Puerta Los Loros<br>Jorquera en la Guardia<br>Lautaro Embalse |
| 5     | Fundo Rodeo<br>Junta Manflas<br>Hacienda Manflas antes de Hacienda<br>Hacienda Manflas<br>Quebrada Seca<br>Iglesia Colorada  | Río Pulido en Vertedero        | Río Pulido en Vertedero<br>Río Manflas en Vertedero   |   | Río Jorquera en Vertedero<br>Río Pulido en Vertedero<br>Río Manflas en Vertedero |                                | Manflas<br>Iglesia Colorada<br>Torin en el Potro   |

**Figura 4-1: Tramos considerados para recopilación manual de información**

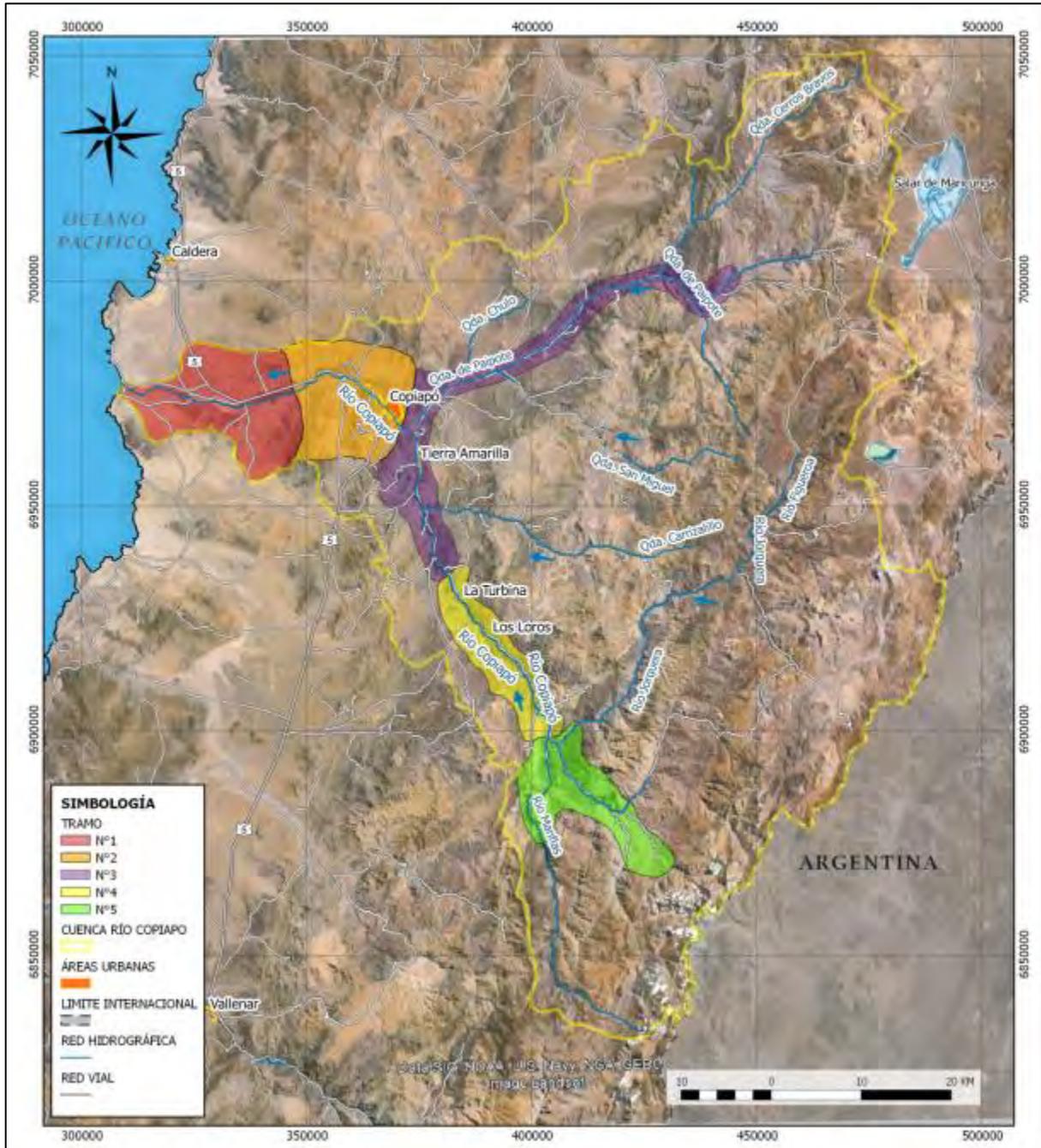


Figura 4-2: Tramo 1 para recopilación manual de información en cuenca del río Copiapó

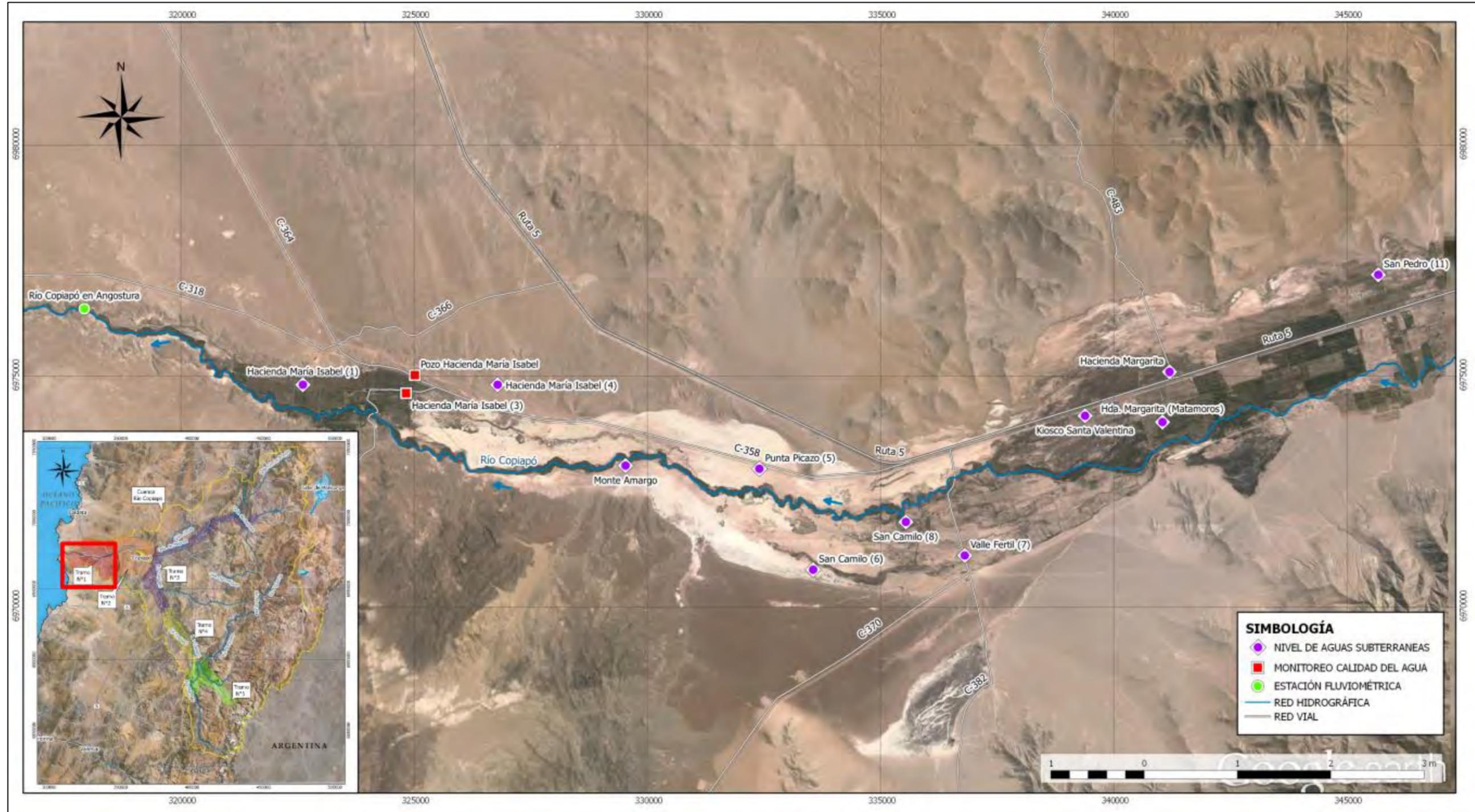


Figura 4-3: Tramo 2 para recopilación manual de información en cuenca del río Copiapó

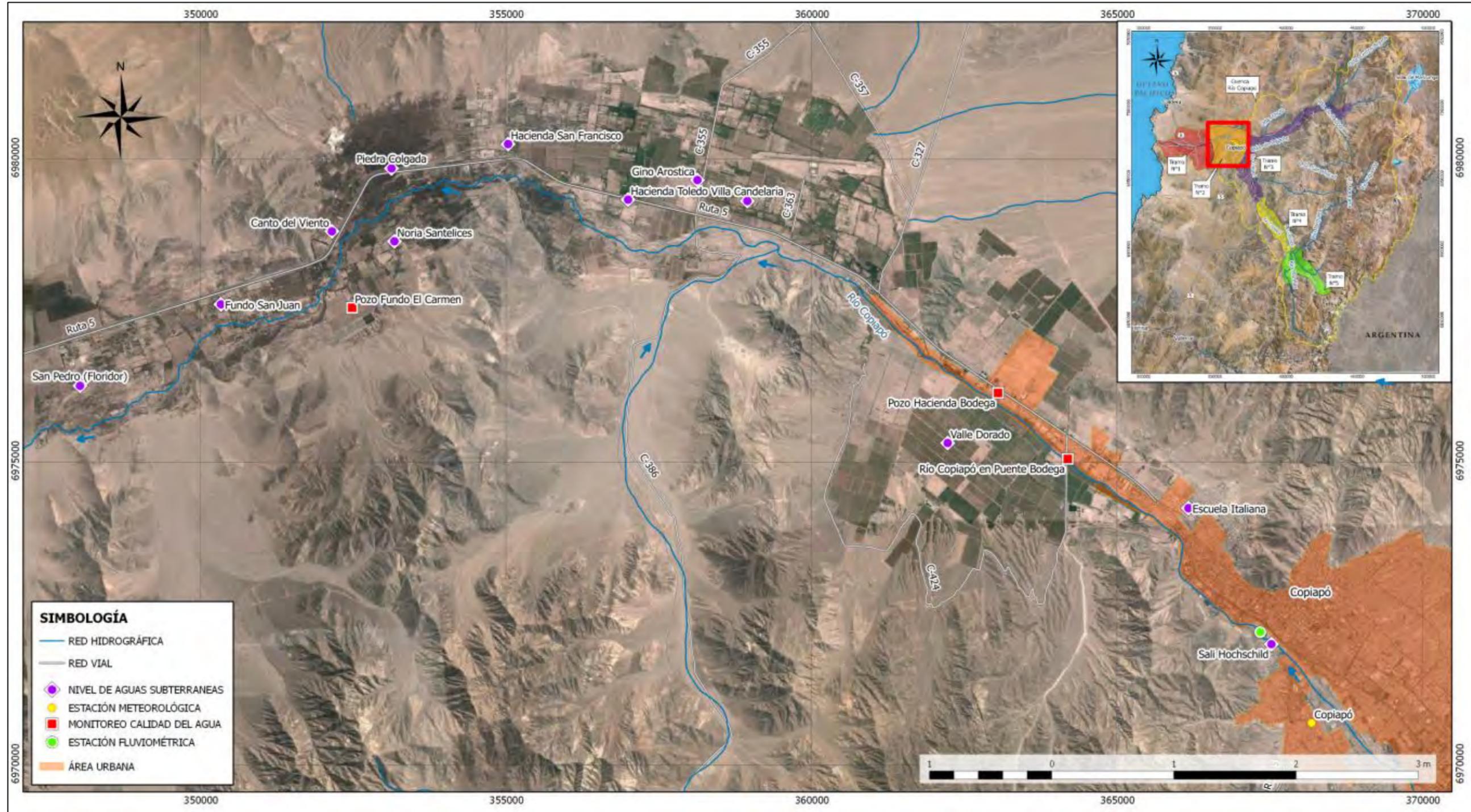


Figura 4-4: Tramo 3 para recopilación manual de información en cuenca del río Copiapó



Figura 4-5: Tramo 4 para recopilación manual de información en cuenca del río Copiapó

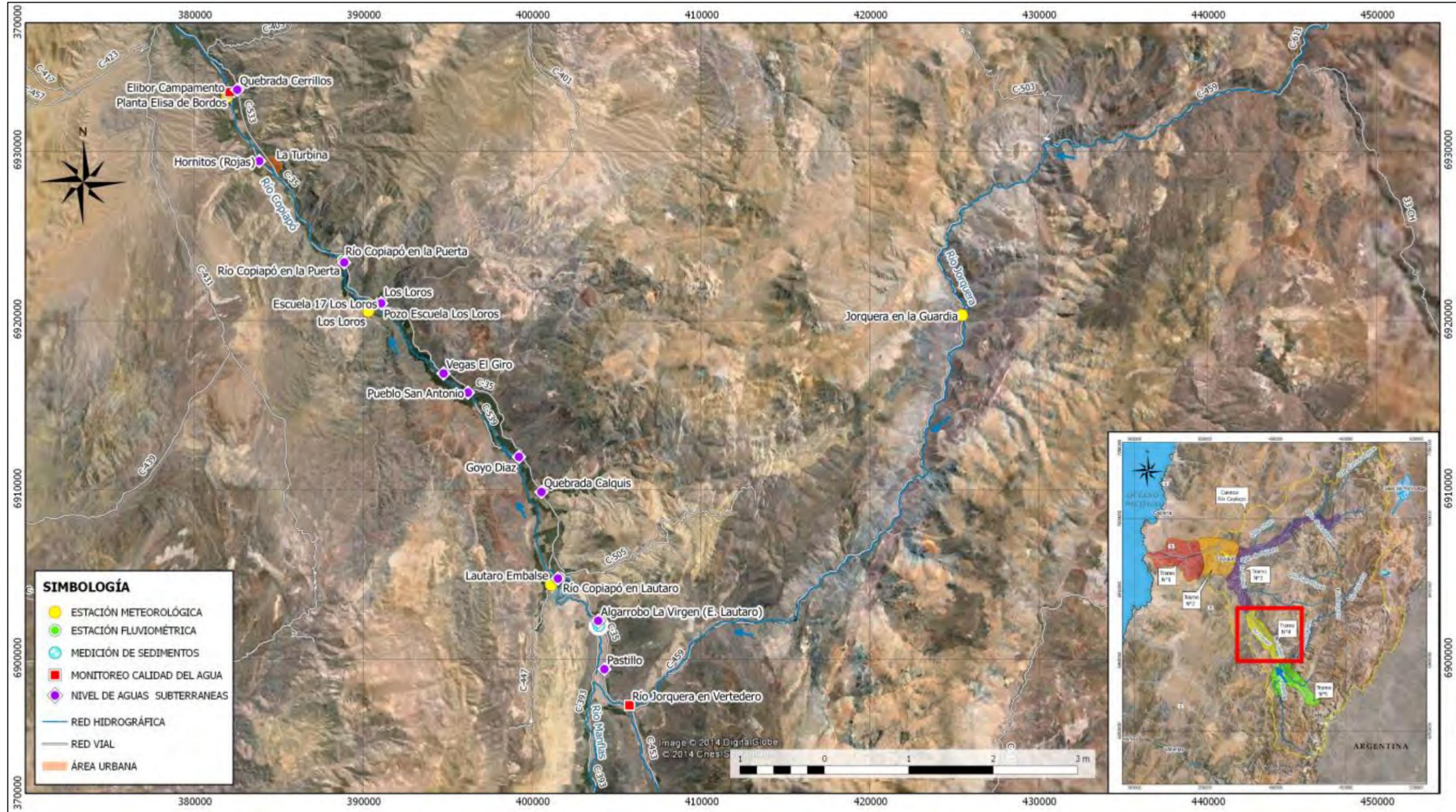


Figura 4-6: Tramo 5 para recopilación manual de información en cuenca del río Copiapó



### 4.3 RECURSOS HUMANOS REQUERIDOS

Como se ha establecido precedentemente, se consideran 5 Tramos de trabajo, los cuales deben ser abordados por equipos independientes pero de similares características, por lo que se ha definido el personal y los instrumentos según se detalla a continuación.

El tiempo considerado para la renovación de los equipos humanos es de 30 años, así mismo los vehículos han sido estimados bajo la modalidad de leasing operativo, también en un horizonte de renovación de flota cada 3 años durante 30 años.

#### 4.3.1 Recursos Humanos

Para la medición y recolección de los distintos parámetros en cada Tramo, se considera necesario contar con el siguiente personal.

| Personal requerido        | Costo mensual estimado (\$) |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1 Técnico Hidromensurador | 1.300.000                   |
| 1 Conductor               | 700.000                     |

#### 4.3.2 Costo análisis de muestras en laboratorio

Fuera del análisis de alternativas, se ha considerado que las muestras de calidad de agua deben ser enviadas a un laboratorio externo, acreditado por la norma ISO 17.025, lo cual implica un costo que a continuación se detalla:

| Cantidad de Muestras | Valor unitario (set de análisis) (\$) | Valor total por campaña mensual (\$) |
|----------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 14 estaciones        | 224.000                               | 3.136.000                            |

#### 4.3.3 Logística

Para lograr el objetivo de medición y muestreo, se debe tener un plan logístico y así contar con las herramientas necesarias para el traslado, comunicación y otros aspectos necesarios mientras se realizan los recorridos diarios.

| Ítem          | Costo fijo mensual (\$) |
|---------------|-------------------------|
| Camioneta     | 500.000                 |
| Telefonía     | 50.000                  |
| Combustible   | 220.000                 |
| Contingencias | 50.000                  |

#### 4.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

De acuerdo a lo indicado anteriormente la red de monitoreo hidrológica de la DGA en la cuenca del río Copiapó considera la captura, recopilación en terreno y transmisión de datos, resultantes de la medición de parámetros fluviométricos, datos meteorológicos, nivel de aguas subterránea, calidad de agua, y control de sedimentos. Estos datos son obtenidos en terreno mediante procesos automatizados para ser ingresados al sistema informático de la DGA.

**Figura 4-7: Cadena de valor de los datos para monitoreo**



Para aportar a la gestión de datos se propone un sistema computacional que registre la información recopilada en forma manual, procedente de las siguientes fuentes:

- Fluviometría se ingresan datos del limnógrafo electrónico y la temperatura de la estación.
- Meteorología se ingresan la precipitación, la temperatura ambiente, la humedad relativa y la evaporación.
- Nivel de Agua Subterránea se ingresa el nivel y la temperatura
- Calidad del Agua se ingresa al sistema pH, conductividad, oxígeno disuelto. El análisis químico del agua se ingresa por digitación o archivos recibidos desde laboratorio.
- Sedimentos se ingresa datos de sedimentación integrada, por digitación o archivos recibidos desde laboratorio.

Los datos procedentes de mediciones almacenadas en equipos de terreno se obtienen conectando un puerto del dispositivo de captura un computador móvil que almacena temporalmente un archivo de datos que posteriormente debe ser ingresado a un servidor dispuesto para estos fines. Otros datos recopilados en formularios deben ser digitados directamente a través de interfaces dispuestas para estos fines.

Para almacenar los datos en terreno el sistema debe considerar Datalogger con disponibilidad las 24 horas del día y los 7 días de la semana, esto es porque el proceso de recopilación manual es offline, además el recorrido de los puntos de control en vehículos pueden implicar que la llegada a oficina es muy próxima al término de jornada, por lo cual el ingreso de datos se efectuará la mañana siguiente. Para ayudar con la flexibilidad en el ingreso diario de los datos se proyecta una plataforma web, de modo que el equipo de recolección pueda subir los archivos, así los datos podrán ser ingresados en cualquier horario y desde cualquier lugar geográfico con conectividad a Internet.

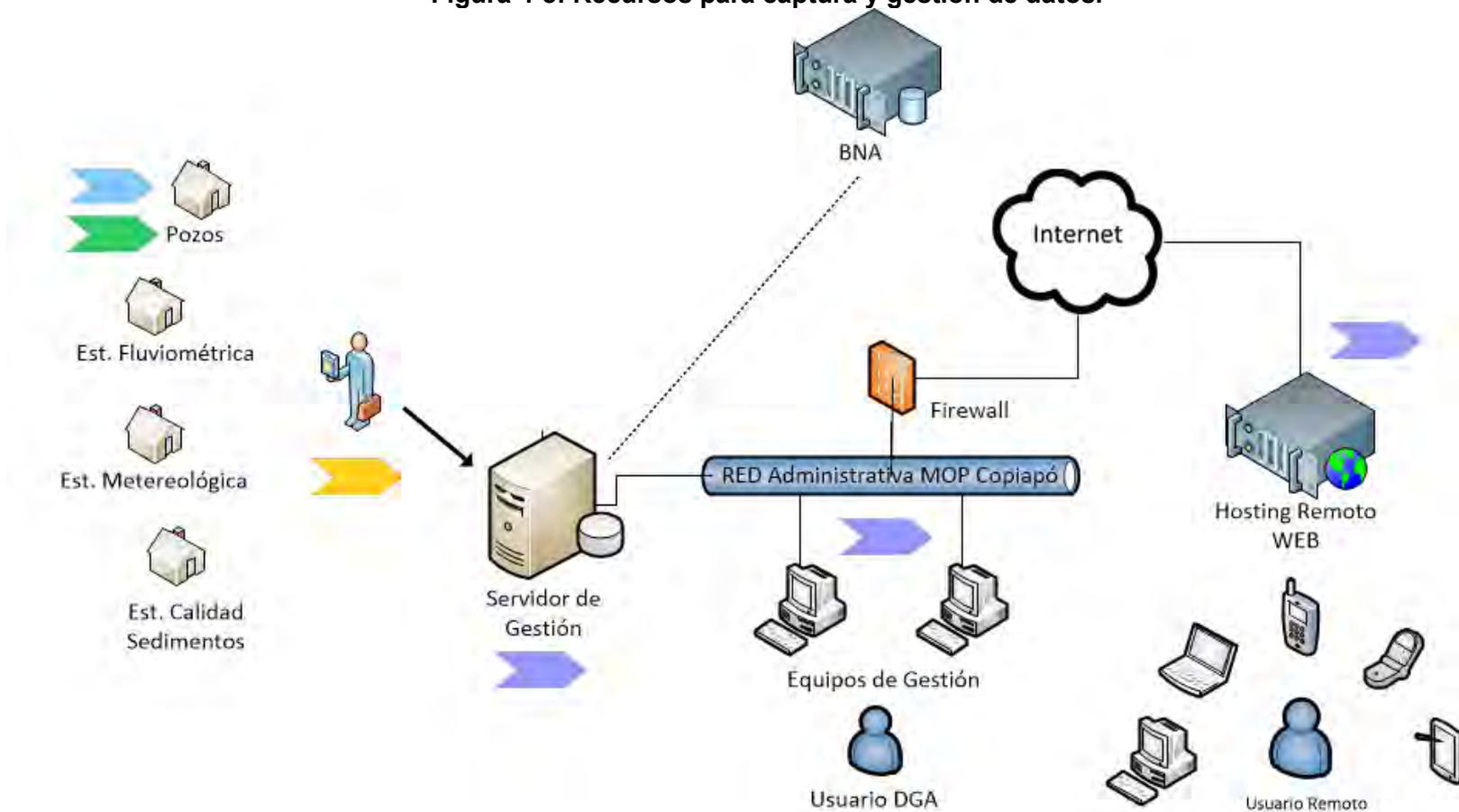
El sistema de información se ubica en los dos últimos procesos de la cadena de valor, considerando una aplicación de software y una base de datos para el archivo histórico.

El sistema realizará las siguientes funciones:

- Gestionar la subida de archivos de datos, desde distintos formatos recolectados en terreno.
- Permitir el ingreso de datos en forma manual, por ejemplo para los aforos.
- Realizar validación básica de los datos. Conforme a algoritmos a implementar de acuerdo a las prácticas típicas y a fórmulas disponible por la DGA.
- Efectuar interpolaciones de datos, cuando no ha sido posible la captura.
- Efectuar cálculos estadísticos.
- Permitir gráficas de los datos.
- Mantener un registro de control de los archivos subidos.
- Ingresar los datos a una base de datos operacional, con data histórica Regional.
- Automatizar el envío de los datos al sistema BNA Central.

Para llevar adelante los procesos se requiere de una arquitectura capaz de soportarla.

Figura 4-8: Recursos para captura y gestión de datos.



## 4.5 HARDWARE Y SOFTWARE DE SISTEMA

Para implementar la solución informática es importante contar con una arquitectura capaz de apoyar la cadena de valor de los datos en todas sus secciones, desde la captura del dato en el punto de medición en terreno, hasta la visualización en una interfaz de usuario en cualquier lugar geográfico. La figura siguiente contiene una vista de alto nivel del hardware y recursos asociados a la arquitectura, que pueden ser organizados de la siguiente forma:

- Componentes del punto de captura.
- Medios de recolección y transmisión
- Recursos para la recepción.
- Red de gestión administrativa de datos
- Servicios Web.
- Red de Acceso Remoto

### 4.5.1 Componentes en el Punto de Captura

Los componentes en el punto de captura se encuentran descritos en los capítulos anteriores y consisten de sensores, datalogger y elementos asociados.

### 4.5.2 Medios de Recolección y Transporte de Datos

Tal como está descrito en los capítulos anteriores el personal conecta un computador portátil al equipo y extrae la información con las lecturas almacenadas en archivos, para ser descargados en la oficina a un sistema con un servidor de bases de datos SQL Server o ingresados mediante un sistema disponible las 24 horas del día.

### 4.5.3 Recursos para la Recepción

Para la recepción de los datos, se provee de sistemas de software que permiten el ingreso y la validación de los datos. La descripción de estos se realiza en los siguientes puntos.

### 4.5.4 Red de Proceso de Datos

Los datos obtenidos de la captura de datos obtenidos en terreno, son almacenados en un servidor de gestión de datos disponible en las oficinas de la DGA de Atacama, donde son sometidos a los procesos de lectura, validación, almacenamiento, presentación.

**Figura 4-9: Cadena de valor de datos para monitoreo.**



La lectura la realiza el servidor de gestión de datos de acuerdo a los procedimientos implementados por los desarrolladores del software y de acuerdo a las directrices proporcionadas por la DGA de Atacama.

La validación es un proceso de depuración de los datos capturados desde el terreno antes de que la información sea almacenada, por ello se aplican algoritmos de validación.

El almacenamiento es el proceso de llevar los datos correctamente leídos desde el recurso de recepción a la base de datos del sistema de gestión de datos. Es un proceso realizado por servicios y funciones programadas en servidor. La función de este proceso es dejar disponibles los datos para que sean presentados a los usuarios a través de interfaces de monitoreo y consulta.

La Disponibilidad de datos, es un proceso mediante el cual se programan interfaces de acceso a los usuarios (pantallas) desde la cual pueden monitorear en forma directa los datos que están siendo obtenidos en terreno, realizar consultas a datos históricos de acuerdo a criterios y filtros previamente definidos, recuperar datos en formatos de planilla electrónica y elaborar informes.

En la red de proceso de datos se requiere de los siguientes recursos:

- Dispositivos y Elementos de Interconexión
- Un Servidor de Gestión de Datos.

#### **4.5.4.1 Servidor de Interfaz y Gestión**

El servidor de datos interfaz y gestión es un equipo que cumple la función de contener aplicaciones en un ambiente que permita su ejecución por cualquier usuario con privilegios de acceso y ejecución. Algunas de las funciones a llevar a cabo en este servidor son:

- Controlar el acceso de usuario de acuerdo a una política de control.
- Recuperar datos recopilados manualmente y dejarlos disponibles en el ambiente gestión.
- Incluir estándar de acceso a las bases de datos abierta de forma que se pueda acceder a los datos almacenados desde cualquier aplicación (el fin lo define DGA regional).
- Exportar los datos filtrados a formato de valores separados por coma (CSV) para que puedan ser utilizados por aplicaciones tales como planillas electrónicas, procesadores de texto, generadores de informes. Recuperados desde el servidor de interfaz y gestión, con consulta a la base de datos.
- Ejecutar servicios de envío de datos al BNA a partir de los datos almacenados, previa validación.
- Ejecutar servicios de envío de datos para Monitoreo Remoto Plataforma Web.
- Capacidad para cargar aplicaciones de terceros tales como software de modelamiento de la DGA.
- Envío de correos automáticos de alertas. A partir de datos obtenidos desde los ingresos manuales.

El servidor de Datos Interfaz y gestión está conformado por los siguientes componentes:

- Hardware de Servidor
- Sistema Operativo
- Software de Interfaz y Gestión.

Este equipo tiene que soportar funcionamiento continuo e ininterrumpido, por lo que hay que considerar las características vigentes en el mercado al momento de la adquisición. Se debe tener en cuenta los factores de garantía, respaldo, soporte on site, en línea y capacidad rápida de respuesta del proveedor del hardware. Tal como se indicó anteriormente, en Chile algunos que destacan con este tipo de servicios HP, IBM y la nueva línea server Lenovo.

A modo de ejemplo consideremos los siguientes requisitos mínimos de hardware:

- Procesador Intel Xeon Quadcore 3.1 Ghz
- Memoria RAM 8 GB UDIMM
- Capacidad de Disco Duro Duro 1 TB Serial ATA Hot-plug
- Controladora con soporte RAID 0/1/1+0
- 2 Adaptador de Red Gigabit Ethernet Full Duplex
- 4 puertos SATA internos para discos
- Salidas I/O: 4 puertos USB, 1 puerto Serial, Salida VGA
- Gabinete con Refrigeración.
- Monitor LED 22 VGA, Teclado, Mouse Optico
- UPS con autonomía de 15 minutos aprox.

El sistema operativo está condicionado por los requerimientos de software del proveedor del software de Gestión de bases de datos (DBMS) que se vaya a instalar, por lo general los sistemas de bases de datos operan bajo software Microsoft Windows 2003, 2008, 2012 server.

El software de Gestión de Bases de Datos (DBMS), tiene por función contener una base de datos operacional del sistema de gestión, de forma de efectuar una interfaz entre los datos y las aplicaciones que los usuarios de la DGA usarán en los procesos de gestión. En el mercado existen diversas alternativas de sistemas de gestión de bases de datos, algunas propietarias como el caso de SQL Server, Oracle y otras de código abierto como PostgreSQL y MySQL; en el caso de estos dos últimos sin costo de licenciamiento en las versiones comunitarias. Este servidor debe estar provisto de diferentes controladores de datos que sirvan de interfaz de acceso a los datos del sistema, por ejemplo, se debe considerar ODBC, JDBC con los drivers del sistema de gestión que se vaya a utilizar,

**Tabla 4–16: Costos de adquisición para Servidor de Gestión**

| Recurso   | Cantidad | Costo Unitario(\$) | Costo Total(\$)  |
|---|----------|--------------------|------------------|
| Sistema Operativo Servidor                              | 1        | 450.000            | 450.000          |
| Software Base de Datos DBMS                             | 1        | 2.000.000          | 2.000.000        |
| Software Antivirus                                      | 1        | 25.000             | 25.000           |
| Hardware Servidor                                       | 1        | 1.200.000          | 1.200.000        |
| UPS de respaldo 15 minutos                              | 1        | 200.000            | 200.000          |
| Gabinete 32U para servidor                              | 1        | 250.000            | 250.000          |
| Instalaciones puntos de red, enchufes y Otros Servicios | 1        | 300.000            | 300.000          |
| Switch Ethernet   | 1        | 300.000            | 300.000          |
| Instalación y configuración                             | 1        | 250.000            | 250.000          |
|   |          | <b>Total</b>       | <b>4.975.000</b> |

#### 4.5.4.2 Equipos de Gestión

La solución considera la implementación de dos estaciones de gestión. La finalidad de estos equipos es acceder a los diferentes aplicativos de gestión que estarán disponibles en una plataforma web y permitir la gestión de los datos usando herramientas tradicionales, tales como planillas electrónicas y procesadores de texto, correo electrónico, etc. Las funciones a realizar en estos equipos son:

- Obtener datos desde el sistema de gestión.
- Gestionar los datos utilizando aplicaciones tales como planillas electrónicas, procesadores de texto, software de presentación.
- Generar diferentes tipos de reportes a partir de los datos del servidor de interfaz y gestión.

Las estaciones de gestión se componen de:

- Hardware de Estación
- Sistema Operativo
- Software de Apoyo

El hardware de estos equipos corresponde al de una estación de trabajo administrativa cuyas características mínimas son similares a las siguientes:

- Procesador Intel Core i5 1155 de 3 Ghz o superior.
- Memoria RAM 4GB DDR3 o superior
- Disco Duro 500GB Serial ATA

- Adaptador de Red Gigabit Ethernet Full Duplex
- Tarjeta de Video PCIe 2048 MB
- Monitor LED 22 VGA/DVI
- Accesorios, teclado, mouse.

Al momento de la adquisición del hardware de la estación de debe considerar las características vigentes en el mercado y capacidades adecuadas a los requisitos establecidos por el proveedor del software que se va a utilizar. Se debe tener en cuenta los factores de garantía, respaldo, soporte on site, en línea y capacidad rápida de respuesta del proveedor del hardware. Tal como se indicó anteriormente, en Chile algunos que destacan con este tipo de servicios HP, IBM, Lenovo. En caso de optar por un integrador de productos regional, se debe considerar antigüedad en el mercado de al menos 5 años y compromiso de hardware de reemplazo durante todo el periodo de garantía,

El sistema operativo de las estaciones de gestión debe contener los controladores y plugins necesarios para la ejecución del software de gestión, habitualmente que será accedido utilizando un Cliente Web, además del software específico se instalará el paquete office tradicional de usuario, por ejemplo Word, Excel, Power Point.

Los costos asociados a la adquisición de equipamiento para la gestión de los datos recuperados desde sitio web, son los que se describen en la Tabla 4-17

**Tabla 4–17: Costos de adquisición de equipamiento para la gestión de datos recuperados desde sitio Web**

| Recurso   | Cantidad | Costo Unitario (\$) | Costo Total(\$)  |
|---|----------|---------------------|------------------|
| Hardware Estaciones                                     | 2        | 680.000             | 1.360.000        |
| Sistema operativo                                       | 2        | 150.000             | 300.000          |
| Software Antivirus                                      | 2        | 25.000              | 50.000           |
| MS Office Básico  | 2        | 150.000             | 300.000          |
| UPS de respaldo 15 minutos                              | 2        | 200.000             | 400.000          |
| Instalaciones puntos de red, enchufes y Otros Servicios | 1        | 400.000             | 400.000          |
|   |          | <b>Total</b>        | <b>2.810.000</b> |

#### 4.5.4.3 Pantalla de Monitoreo

El sistema contará con una pantalla LED de Monitoreo de 70 pulgadas aproximadamente que deberá ubicarse en una pared en un lugar visible para la mayoría de los usuarios de la DGA que gestionan los datos provenientes del recurso hídrico. Esta pantalla debe contar con diferentes puertos de entrada (VGA, DVI-D, HDMI, RCA), el proveedor debe otorgar la garantía de fabricante de 3 años que entregan en este tipo de productos, y se incluir los elementos y cables de forma que pueda ser utilizada tanto de la Estación de Monitoreo como de los equipos de gestión. Entre otras funciones debe realizar lo siguiente:

- Desplegar información de variables en tiempo real.
- Desplegar el estado de los puntos de control.
- Mostrar gráficas y datos significativos.
- Informar sobre actividades y datos relacionados a la gestión.

**Tabla 4–18: Costos de Pantalla de Monitoreo**

| Recurso                          | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total |
|----------------------------------|----------|----------------|-------------|
| Pantalla LED de 70 aprox.        | 1        | 1.600.000      | 1.600.000   |
| Instalación (Incluye Materiales) | 1        | 230.000        | 230.000     |

#### 4.5.4.4 Componente de Mantenimiento de Hardware

Una componente de mantenimiento de hardware debe ser considerada a fin de solucionar eventos no cubiertos por la garantía del fabricante, se trata de una provisión de recursos, que permita adquirir componentes de hardware que sufran un daño que no cubre el fabricante o que se encuentran fuera del periodo de garantía.

**Tabla 4–19: Provisión para mantenimiento de hardware**

| Recurso   | Cantidad | Costo Unitario Mensual | Costo Total Mensual |
|---|----------|------------------------|---------------------|
| Provisión de mantenimiento de equipamiento computacional. | 1        | 40.000                 | 40.000              |

#### 4.5.4.5 Red de área local del sistema de gestión.

Se utilizará la actual red de área local de MOP que opera en el recinto donde funciona la DGA Atacama, por lo cual no se considera mayor inversión en este tema. Para los fines que los datos van siendo subidos a la aplicación, registrados en el servidor de bases de datos, ingreso al BNA y disponibilidad diaria en una aplicación web, se utilizará el enlace de banda ancha disponible en la misma red y el firewall asociado a la red.

#### 4.5.4.6 Plataforma de gestión web

El software de aplicación se instalará en el servidor local y a la vez otra parte del manejo de datos se considera instalar en un servicio de hosting remoto para uso exclusivo de los usuarios de la DGA Atacama destinado solamente a la función de almacenamiento de tránsito y registro temporal de los datos recopilados en terreno, y también para visualización remota.

El sistema permitirá mantener una biblioteca virtual con documentos asociados a la gestión. La idea de esta plataforma que los recopiladores de datos tengan disponible un sistema de entrega que funciona las 24 horas del día, los 7 días de la semana. También un segundo objetivo es disponer de los datos para monitoreo desde cualquier terminal que disponga de internet,

Respecto al servicio web de la plataforma se considera las siguientes funcionalidades:

- Permitir la ejecución del software asociado a la carga y descarga de archivos.
- Permitir la ejecución de software de proceso de datos.
- Disponer del sistema de gestión de base de datos.
- Disponer del sistema de servicio web.
- Disponer de Panel de Control.
- Servicio de actualización vía ftp y http.
- Disponer de espacio de 1GB o superior en la nube (internet).

Para el hosting, se recomienda un contrato renovable de 2 años mediante un proveedor de servicios que garantice continuidad del nivel de servicio y soporte vía ticket y telefónico. Además se recomienda el contrato de un Soporte Técnico para el Software que se mantendrá operativo en la web.

La función de la plataforma web es replicar la información del sistema de gestión de Web local que es útil para los usuarios de la DGA de Atacama y que requiere ser accedida fuera de las instalaciones desde cualquier ubicación con acceso a Internet. En la tabla se presentan los costos por el hosting, los relacionados con el desarrollo de páginas web se incluyó junto con los costos de software (ver puntos siguientes).

**Tabla 4–20: Costos de Operación Plataforma de datos y conexión a la Web**

| Ítem                                    | Costo mensual (\$) | Costo Anual (\$) |
|---|--------------------|------------------|
| Servicio de Hosting y Nombre de Dominio | 15000              | 180.000          |
| Soporte Software Web                    | 10000              | 120.000          |
| <b>Total Mensual Plataforma Web</b>     | <b>25.000</b>      | <b>300.000</b>   |

## 4.6 SOFTWARE DE DESARROLLO Y APLICATIVOS

La solución involucra diferentes elementos que intervienen tanto para el desarrollo como para la explotación de los datos. Estos elementos involucran desde aplicaciones que vienen integradas a los sistemas operativos como a aplicaciones que deben ser desarrolladas considerando los diferentes requerimientos de gestión de los datos.

Por eso al momento de desarrollar el software hay que tener presente diversas consideraciones que van desde el enfoque de desarrollo hasta las características que definen los aplicativos que se usarán para la gestión. Por ello se proporcionará una vista de estos elementos de forma que se tengan en cuenta cuando proceda su implementación.

### 4.6.1 Modelo de desarrollo

El desarrollo de software tiene que efectuarse considerando elementos que permitan conectividad abierta de bases de datos (ODBC, JDBC) de forma de proporcionar acceso a datos en un entorno donde intervienen desde programadores hasta usuarios.

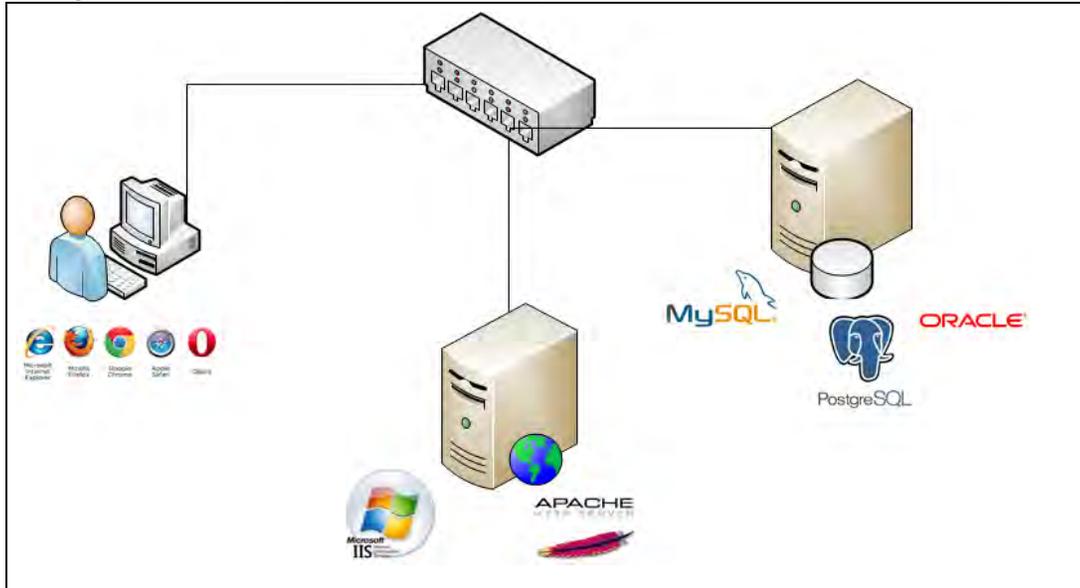
El desarrollo debe estar basado en una arquitectura de desarrollo de tres capas que garantice un desarrollo ordenado e incremental, que permita una explotación segura y confiable de los datos. Esta arquitectura consta de tres capas: presentación, negocio y datos:

- Capa de presentación: Corresponde a la parte del software que ve y utiliza el usuario tanto para digitar datos al sistema como para obtener información en diversas formas. Dado que la conforman páginas web, deben ser entendibles y fáciles de usar, además de incorporar elementos de comprobación de filtrado y corrección de errores.
- Capa de negocio: Consiste de procesos que reciben peticiones desde las páginas web de usuario, canaliza las consultas a la base de datos y envían respuestas al usuario. Contiene la lógica del negocio, dado que a este nivel deben programarse las reglas que deben cumplirse. Esta capa se comunica con la capa de presentación, para recibir las solicitudes y presentar los resultados, y con la capa de datos, para solicitar al gestor de base de datos almacenar o recuperar datos de él.
- Capa de datos o capa de acceso a datos: es la encargada de acceder a los datos de negocio. Esta capa realiza todo el almacenamiento de datos, recibe solicitudes de almacenamiento o recuperación de información desde la capa de negocio.

Entre las ventajas que tiene utilizar esta arquitectura de programación se encuentran las siguientes:

- Se puede realizar desarrollo en paralelo de varios módulos del sistema.
- El soporte y mantenimiento de los módulos de software es más sencillo.
- Es flexible admite la incorporación de nuevos módulos.
- Es escalable, la incorporación de nuevos módulos es sencilla.
- Se puede mantener el funcionamiento del sistema aun cuando se encuentren realizando modificaciones al nivel de los datos.

Figura 4-10: Componentes de la arquitectura de desarrollo en tres capas



## 4.6.2 Recurso Humano

En la solución intervienen diferentes recursos humanos, por ejemplo tenemos a los desarrolladores del software, el soporte técnico, usuarios especialistas y los usuarios de gestión. El recurso humano interviene en la solución en diferentes formas, se clasificar como sigue:

- Desarrolladores
- Usuarios del Sistema
- Soporte Técnico

### 4.6.2.1 Desarrolladores

Los desarrolladores tienen la finalidad de construir las diferentes aplicaciones para el acceso y gestión de los datos que el sistema obtiene desde la recolección efectuada en terreno. A este nivel encontramos desarrolladores al nivel de gestión.

El recurso humano de desarrollo al nivel del servidor de interfaz y gestión y web, tiene que poseer conocimiento demostrable en desarrollo de aplicaciones de gestión de bases de datos operaciones, desarrollo usando tecnologías modernas tales como PHP, .NET, Java, Java Web, javascript, web services, JQuery, XML, etc. Además debe poseer experiencia en la construcción de aplicativos usando las API de google Earth para el despliegue de información sobre mapas.

#### **4.6.2.2 Usuarios Especialistas**

Tiene por finalidad interactuar con el servidor de interfaz y gestión de datos y que poseen capacidad de implementar soluciones de gestión de datos e interpretar los datos procedentes de las soluciones implementadas. Tienen acceso a los sistemas de captura de datos por lo que deben estar debidamente capacitados para ese fin. Los usuarios especialistas tienen la capacidad de efectuar gestión de los datos directamente desde el sistema de interfaz y gestión de datos.

#### **4.6.2.3 Usuarios de Gestión de Datos**

Son usuarios de la DGA que pueden acceder a la gestión de los datos tanto en el servidor de interfaz y gestión como en la plataforma web.

En este nivel se encuentran los siguientes usuarios:

- Usuario DGA Administrador
- Usuario DGA Local
- Usuario DGA Remoto

El “Usuario DGA Administrador” tiene por función administrar los componentes y funciones del software de gestión, por ejemplo: agregar nuevas cuentas de usuarios al sistema de gestión, autorizar la publicación de documentos, parametrizar el sistema, etc.

La función del “Usuario DGA Local” es la de utilizar el software de la capa de presentación para acceder a los datos que quedan almacenados en el sistema de gestión de base de datos disponible localmente y en Internet.

El “Usuario DGA Remoto”, es un usuario que puede subir archivos y publicar datos una base de datos operacional contenida en un servidor web, es el usuario que puede subir información recolectada en forma manual, en aquellos casos que por algún motivo no sea posible ingresar la información en los sistemas dispuestos en las instalaciones de la DGA Atacama. Además quienes tengan asignado este rol, pueden consultar información de monitoreo desde la plataforma web.

#### **4.6.2.4 Soporte Técnico**

El soporte técnico es el recurso humano que debe llevar adelante tareas que permitan que los sistemas proporcionen información cada vez que es requerido. Entre las funciones que debe desarrollar están las siguientes:

- Desarrollar actividades de mantención preventiva sobre el hardware.
- Implementar medidas de seguridad lógica sobre los sistemas operativos.
- Solucionar contingencias derivadas de la operación del equipamiento computacional.

Estas funciones pueden ser llevadas adelante por el actual soporte técnico del MOP o por un prestador part-time. En ambos casos se asume un costo operacional que se presenta en la Tabla 4-21.

**Tabla 4–21: Costos Soporte Técnico**

| Ítem            | Costo mensual (\$) | Costo Anual (\$) |
|-----------------|--------------------|------------------|
| Soporte técnico | 100.000            | 1.200.000        |

### 4.6.3 Software de desarrollo

#### 4.6.3.1 Software de desarrollo para la gestión administrativa

Consiste en una plataforma y herramientas de desarrollo que permiten construir aplicativos de gestión de datos para la plataforma web y también para el servidor de interfaz y gestión.

La plataforma para el desarrollo, se puede utilizar tanto el Internet Information Server (IIS) como el servidor Apache. La función de esta plataforma es ejecutar las aplicaciones y entregar resultados a partir de peticiones desde clientes web instalados en diferentes equipos de los usuarios de gestión de datos.

Con las herramientas de desarrollo se construyen diferentes aplicativos de gestión, estas permiten elaborar los programas que se ejecutarán sobre la plataforma. Entre las herramientas más populares se encuentran Java Web, PHP.

### 4.6.4 Sistema de Gestión de Bases de Datos

La solución contempla un sistema de gestión de bases de datos operacional al nivel de interfaz y gestión, y uno para la plataforma web.

#### 4.6.4.1 Sistema de gestión de bases de datos operacional (DBMS)

Este sistema se instala en el servidor de interfaz y gestión y debe canalizar adecuadamente solicitudes y respuestas de consultas de datos procedentes del software de gestión. Al nivel de mercado se encuentran disponibles soluciones tales como SQL Server, MySQL, PostgreSQL, SQLite, etc. Todas ellas con muy buenos resultados y tiempos de respuesta. La selección del DBMS a instalar debe estar orientada por factores tales como la documentación, la existencia de soporte técnico, las características del software que se va a implementar.

#### **4.6.4.2 Sistema de gestión de bases de datos plataforma Web**

Este software viene incluido en el servicio de hosting que se utilice para alojar las aplicaciones que se ejecutaran en internet, por lo que la mantención y el soporte es responsabilidad de dicho proveedor. De esta forma hay que tener en cuenta al momento de la selección del proveedor cual es el DBMS que proporcionan y verificar que este sea apropiado para las aplicaciones que se van a desarrollar.

#### **4.6.5 Aplicaciones de Software de la Solución**

##### **4.6.5.1 Aplicaciones al nivel de servidor de interfaz y gestión**

Al nivel del servidor de interfaz y gestión se debe llevar a cabo distintas funcionalidades asociadas a la gestión de datos al nivel administrativo. Estas aplicaciones son utilizadas por los usuarios de gestión de datos. Las funcionalidades del software se explican a continuación.

###### **4.6.5.1.1 Software de Control de Acceso**

La funcionalidad de este software es controlar el acceso a la plataforma de gestión, por ello consta de dos vistas diferentes, una desde la perspectiva del administrador y la otra desde la perspectiva del usuario.

Desde la perspectiva del Usuario DGA Local se ejecutan los siguientes pasos:

- El usuario accede a un enlace directo denominado “Software Intranet DGA”
- Se abre un navegador con una interfaz que solicita el nombre de usuario y la contraseña.
- El usuario digita sus datos y selecciona un botón “Ingresar”.
- El sistema valida los datos ingresados si no están completos o fuera de formato los vuelve a solicitar.
- Si los datos están correctos envía una consulta SQL a la Base de Datos.
- El Sistema Administrador de Base de Datos verifica los datos y devuelve un registro.
- El Sistema de Gestión analiza el registro devuelto, si los datos están correctos habilita el acceso a las diferentes opciones. Si los datos están erróneos envía un mensaje de error.

Para agregar nuevos usuarios al sistema se debe realizar un procedimiento desde la perspectiva del administrador de usuarios, el cual es un funcionario de la DGA con privilegios para la creación de Usuarios. El procedimiento que se realiza es el siguiente:

- Un Usuario DGA con privilegios de creación de usuarios accede al módulo de gestión de usuarios mediante la opción “Agregar Usuarios”.

- El sistema despliega un formulario que contiene dos cuadros de texto, uno llamado “Usuario”, el segundo “Contraseña” y una lista desplegable llamada “Nivel de Acceso”.
- El Usuario DGA digita los datos solicitados y selecciona un botón “Agregar”
- El sistema valida los datos si están incompletos o erróneos, informa al usuario mediante un mensaje de error y si están correctos, envía una consulta SQL a la Base de Datos para insertar los datos.
- El sistema recupera el resultado de la consulta SQL, e informa del éxito o error del procedimiento.

Para bloquear el acceso a usuarios, se debe realizar el siguiente procedimiento:

- Un Usuario DGA con privilegios de bloqueo de usuarios accede al módulo de gestión de usuarios mediante la opción “Bloquear Usuarios”.
- El sistema despliega un formulario que contiene una planilla donde aparece una lista de los usuarios del sistema y un botón “bloquear”.
- El usuario DGA con privilegios selecciona el nombre del usuario y luego el botón bloquear.
- El sistema despliega un mensaje de que el usuario ha sido bloqueado.

Para desbloquear un usuario, el proceso es el siguiente:

- Un Usuario DGA con privilegios de bloqueo de usuarios accede al módulo de gestión de usuarios mediante la opción “Desbloquear Usuarios”.
- El sistema despliega un formulario que contiene una planilla donde aparece una lista de los usuarios del sistema y un botón “bloquear”.
- El usuario DGA con privilegios selecciona el nombre del usuario y luego el botón desbloquear.
- El sistema despliega un mensaje de que el usuario ha sido desbloqueado.

#### 4.6.5.1.2 Software de ingreso de archivos de datos procedentes de la captura

La funcionalidad de este software es subir el archivo al servidor, validarlo, recuperar las líneas de datos y registrarlos en la base de datos operacional del sitio web. El procedimiento de funcionamiento es el siguiente:

- El usuario DGA remoto con atributos de subida de archivos accede a una opción del software web llamada “subir archivo de datos”.
- El sistema despliega un formulario que contiene una lista desplegable donde se pregunta por el tipo de punto de control, un botón buscar y una planilla vacía.
- El usuario selecciona el tipo de punto de control y luego el botón “Buscar”.
- El sistema completa la planilla con los códigos BNA de las estaciones de ese tipo de control.
- El usuario selecciona un .código BNA de la planilla mediante un click.
- El sistema despliega un nuevo formulario donde aparece el código BNA y un botón “agregar”.

- El usuario coloca un pen drive con el archivo que quiere subir, selecciona “agregar”.
- El sistema despliega el formulario para que el usuario busque el archivo en el disco.
- El usuario busca el archivo y selecciona “Aceptar”.
- El sistema aplica una serie de validaciones al archivo subido, si hay problemas emite un mensaje de error “archivo incorrecto”, si todo está correcto continua.
- El sistema almacena el archivo en una carpeta en el servidor web, realizar un registro donde se consigna el código BNA, la fecha y la hora de subida del archivo y el código de usuario. Y una vez almacenado envía un mensaje de éxito.

#### 4.6.5.1.3 Software de seguimiento de archivos subidos

La funcionalidad de esta parte del software es permitir que el usuario pueda ver la lista de archivos que han sido subidos manualmente al sistema, el procedimiento es el siguiente:

- El usuario DGA con privilegios accede a la opción “Consultar Archivos”
- El sistema despliega un formulario que contiene una lista desplegable donde se pregunta por el tipo de punto de control, un botón buscar y una planilla vacía.
- El usuario selecciona el tipo de punto de control y luego el botón “Buscar”.
- El sistema completa la planilla con los códigos BNA, el nombre del archivo, la fecha y la hora en que fueron subidos.

#### 4.6.5.1.4 Software de ingreso de variables no automatizadas

La funcionalidad de este software es permitir el ingreso de variables no automatizadas. El procedimiento de funcionamiento es el siguiente:

- El usuario DGA con privilegios de ingreso de variables no automatizadas accede a la opción “Agregar Datos No Automatizados”.
- El sistema despliega un formulario que permite seleccionar el tipo de variable a ingresar, la fecha de registro y un botón “Ingresar”.
- El usuario DGA selecciona el tipo de variable, ingresa la fecha y selecciona el botón “Ingresar”.
- El sistema despliega un formulario que le permite ingresar los valores de medición.
- El usuario DGA ingresa los valores y selecciona una opción “Grabar”.
- El sistema valida los datos, si están correctos envía los datos al sistema de gestión de base de datos para que los datos sean almacenados. En caso de error informa al usuario.
- El sistema obtiene el resultado del proceso informado por el sistema de gestión e informa al usuario el resultado del proceso.

#### 4.6.5.1.5 Software de validación y almacenamiento

La funcionalidad de este software es validar los datos agregados al sistema. El procedimiento de funcionamiento es el siguiente:

- El usuario DGA selecciona la opción “Validar datos”
- El sistema despliega un formulario que contiene una lista desplegable con los archivos subidos y un botón “Validar”.
- El usuario DGA selecciona un archivo desde la lista y selecciona validar.
- El sistema de gestión aplica el algoritmo de validación correspondiente.
- El sistema de gestión envía los datos al sistema de gestión de base de datos.
- El sistema recupera el resultado de la operación e informa al usuario del éxito del proceso.

#### 4.6.5.1.6 Software de recuperación de datos para gestión

La funcionalidad de esta parte del software es permitir que el usuario pueda recuperar los datos que van siendo almacenados a la base de datos operacional. El procedimiento es el siguiente:

- El usuario DGA accede a la opción “Recuperar Datos para Gestión”
- El sistema despliega un formulario que permite optar por filtros de consultas.
- El usuario ajusta el filtro e indica rangos y selecciona el botón aceptar.
- El sistema despliega los datos de acuerdo a los filtros y rangos solicitados en un formulario.
- El usuario puede seleccionar un botón que permite exportar los datos para ser utilizados en planilla electrónica.

#### 4.6.5.1.7 Software de envío de datos al BNA

La funcionalidad de este software permitir el envío de datos al sistema BNA. El funcionamiento es el siguiente:

- Un usuario DGA con privilegios selecciona la opción “Enviar datos al BNA”
- El sistema de gestión despliega un formulario donde aparece una lista desplegable con los el nombre, fecha, hora de los archivos que se encuentran formateados para el envío.
- El usuario DGA selecciona Enviar.
- El sistema de gestión aplica el algoritmo de envío al BNA.
- El sistema efectúa un registro en la base de datos donde consigna el nombre de archivo, fecha y hora de envío.
- El sistema de gestión despliega un mensaje con el resultado de la operación.

#### 4.6.5.1.8 Software de seguimiento de archivos enviados al BNA

La funcionalidad de esta parte del software es permitir que el usuario pueda ver la lista de archivos que han sido enviados al sistema BNA, el procedimiento es el siguiente:

- El usuario DGA con privilegios accede a la opción “Consultar Envíos”
- El sistema despliega un formulario que contiene una lista desplegable donde se pregunta por fecha de inicio, fecha final, un botón buscar y una planilla vacía.

- El usuario digita los datos y selecciona el botón “buscar”.
- El sistema completa la planilla con el nombre del archivo, fecha de envío, hora de envío.

#### 4.6.5.1.9 Software de recuperación diaria de datos y archivos publicados por recolectores en plataforma Web

Este software debe permitir poblar la base de datos del servidor de gestión con la información que va siendo depositada a diario por los recolectores en terreno. Este aplicativo se ejecuta desde el servidor de gestión y recupera los datos contenidos en la plataforma. Su funcionamiento se describe de la siguiente forma:

- El usuario DGA con privilegios ejecuta la opción “Actualizar Datos de Gestión”
- El sistema ejecuta una funcionalidad que recupera automáticamente los nuevos archivos subidos a la plataforma web.
- El sistema valida los archivos descargados.
- El sistema ejecuta una funcionalidad que recupera automáticamente los datos ingresados en forma manual en la plataforma web.
- El sistema actualiza la base de datos de gestión con los nuevos datos.
- El sistema registra los nuevos archivos recuperados.
- EL sistema informa que la tarea se ha completado con éxito.

#### 4.6.5.1.10 Software para subir documentos a Biblioteca Virtual

La funcionalidad de este software permitir el acceso a documentación relacionada con el recurso hídrico. El procedimiento para subir documentos de funcionamiento es el siguiente:

- El usuario DGA con privilegios selecciona la opción “Agregar Documentos a la Biblioteca Virtual”.
- El sistema de gestión despliega un formulario que contiene un cuadro de texto, un botón “Buscar”.
- El usuario DGA selecciona el archivo desde el directorio del computador local y luego selecciona el botón “Subir”.
- El sistema de gestión completa el formulario anterior agregando como título el nombre del archivo y coloca cuadro para la descripción del documento y el tema.
- El usuario DGA asigna el nombre del archivo, anota la descripción, tema y selecciona el botón “Guardar”.
- El sistema de gestión almacena en el servidor el archivo, lo deja disponible para ser consultado e informa al usuario del éxito del procedimiento.

#### 4.6.5.1.11 Software para consultar documentos en Biblioteca Virtual

La funcionalidad de este software permitir el acceso a documentación relacionada con el recurso hídrico. El procedimiento para subir documentos de funcionamiento es el siguiente:

- El usuario DGA selecciona la opción “Consultar Documentos a la Biblioteca Virtual”.

- El sistema de gestión despliega una página web configurable de forma que el usuario pueda revisar los distintos documentos por temas, títulos o descripción.

#### 4.6.5.1.12 Software para obtener datos en formatos de planilla electrónica

Esta componente de software permite obtener datos desde el servidor histórico y dejarlos disponibles en un archivo compatible con planilla electrónica. Los pasos asociados a esta componente de software son los siguientes:

- El usuario accede a la funcionalidad “Recuperar datos históricos”.
- El sistema despliega una pantalla que solicita parámetros y filtros asociados a la recuperación de datos.
- El usuario anota los parámetros y configura los filtros y selecciona obtener.
- El sistema se conecta con el servidor histórico, recupera los datos y los almacena para su uso temporal.
- El sistema incluye un botón de exportar incluido en la pantalla anterior.
- El usuario puede exportar los datos a formato de planilla electrónica.

#### 4.6.5.2 Software al nivel de plataforma web

El software al nivel de plataforma web debe permitir a los usuarios remotos desarrollar funciones de monitoreo y almacenamiento de archivos en aquellos casos que no se pueda entregar los archivos de de captura de datos que han sido efectuados en forma manual en terreno. A continuación se describe software que debe contener la plataforma web

##### 4.6.5.2.1 Software de carga de archivos

Ésta parte del software debe permitir el almacenamiento en web de archivos de datos para su posterior recuperación y traspaso en forma manual al servidor de interfaz y gestión. Los pasos asociados a esta funcionalidad son:

- Un usuario con privilegios accede a la funcionalidad “Subir Archivos de Captura”
- El sistema despliega una interfaz que permite seleccionar el archivo y registrar datos asociados al archivo que se desea subir ( punto de control, fechas, horas, etc)
- El usuario completa los datos, selecciona el archivo y luego la opción subir.
- El sistema sube el archivo y realiza un registro en la base de datos de la plataforma web anotando los datos asociados a la carga de archivos.
- El sistema informa del éxito de la operación.

##### 4.6.5.2.2 Consultar estado de cargas y descargas

Esta componente de software permite consultar el estado de las cargas y descargas. Los pasos asociados a esta funcionalidad son:

- Un usuario con privilegios accede a la plataforma web y selecciona “Consultar estado de Archivos de datos en web”.
- El sistema despliega una pantalla que muestra un historial con los datos asociados a los archivos que han sido almacenados en plataforma web para su descarga.

#### 4.6.5.2.3 Desplegar datos de monitoreo remoto.

Esta componente permite obtener los datos de monitoreo de una determinado punto de control. Los pasos asociados a esta funcionalidad son:

- Un usuario con privilegios accede a la opción de monitoreo remoto.
- El sistema despliega un filtro para selección del punto de control y fechas.
- El usuario aplica los filtros y selecciona consultar.
- El sistema despliega una pantalla que contiene los datos solicitados.

#### 4.6.5.2.4 Software para para subir documentos a Biblioteca Virtual

La funcionalidad de este software permitir el acceso a documentación relacionada con el recurso hídrico. El procedimiento para subir documentos de funcionamiento es el siguiente:

- El usuario DGA con privilegios selecciona la opción “Agregar Documentos a la Biblioteca Virtual”.
- El sistema de gestión despliega un formulario que contiene un cuadro de texto, un botón “Buscar”.
- El usuario DGA selecciona el archivo desde el directorio del computador local y luego selecciona el botón “Subir”.
- El sistema de gestión completa el formulario anterior agregando como título el nombre del archivo y coloca cuadro para la descripción del documento y el tema.
- El usuario DGA asigna el nombre del archivo, anota la descripción, tema y selecciona el botón “Guardar”.
- El sistema de gestión almacena en el servidor el archivo, lo deja disponible para ser consultado e informa al usuario del éxito del procedimiento.

#### 4.6.5.2.5 Software para consultar documentos en Biblioteca Virtual

La funcionalidad de este software permitir el acceso a documentación relacionada con el recurso hídrico. El procedimiento para subir documentos de funcionamiento es el siguiente:

- El usuario DGA selecciona la opción “Consultar Documentos a la Biblioteca Virtual”.
- El sistema de gestión despliega una página web configurable de forma que el usuario pueda revisar los distintos documentos por temas, títulos o descripción.

#### 4.7 COSTOS ASOCIADOS AL SOFTWARE

La Tabla 4-22, refleja el Costo total asociado a los módulos descritos en los puntos anteriores:

**Tabla 4–22: Costos asociados a los módulos de Software (Moneda de enero 2014)**

| Ítem   | Cantidad | Costo Unitario (\$) | Costo Total Estimado (\$) |
|--|----------|---------------------|---------------------------|
| Análisis, diseño, programación, implementación de Software del servidor local. Incluye programar utilidades para manejo de datos similares a un SCADA. | 1        | 90.000.000          | 90.000.000                |
| Actividades de diseño, programación, implementación de aplicaciones en la web.   | 1        | 15.000.000          | 15.000.000                |
| Licenciamiento de software   | 1        | 25.000.000          | 25.000.000                |
| Manuales de Usuario, operación y mantenimiento del sistema   | 1        | 15.000.000          | 10.000.000                |
| Capacitación a personal de la DGA en desarrollo de utilidades  | 1        | 15.000.000          | 15.000.000                |
|  |          | <b>Total</b>        | <b>155.000.000</b>        |

#### 4.8 COSTOS DE ALTERNATIVA OPERACIÓN MANUAL

A continuación se presentan las tablas que resumen los costos asociados a la implementación de monitoreo manual de los distintos parámetros en la Cuenca del Río Copiapó, de acuerdo a las tablas presentadas en los capítulos precedentes. Estos costos se organizan en las categorías de inversión, mantención y operación. Los costos de inversión y mantención consideran el uso de “datalogger para futura telemetría” dado que esta solución garantiza una rápida migración a un sistema totalmente automatizado sin perder la inversión en equipos (sólo es necesario conectar el datalogger al sistema de transmisión).

| <b>Costos de Inversión Total (\$ de enero 2014)</b> |                    |
|---|--------------------|
| <b>Concepto</b>                                     | <b>Total</b>       |
| Equipos de Gestión                                  | 2.810.000          |
| Pantalla de Monitoreo                               | 1.830.000          |
| Red Aguas Subterráneas                              | 76.280.157         |
| Red de Calidad del Agua                             | 2.177.288          |
| Red Fluviométrica                                   | 5.950.698          |
| Red Meteorológica                                   | 29.460.960         |
| Servidor de Interfaz y Gestión                      | 4.975.000          |
| Software Aplicativo                                 | 155.000.000        |
| <b>Total general</b>                                | <b>278.484.103</b> |

| <b>Costo Mantenimiento Mensual (\$ de enero 2014)</b> |                  |
|---|------------------|
| <b>Concepto</b>                                       | <b>Total</b>     |
| Red Aguas Subterráneas                                | 825.876          |
| Red de Calidad del Agua                               | 55.169           |
| Red Fluviométrica                                     | 305.880          |
| Red Meteorológica                                     | 464.380          |
| Hardware  | 40.000           |
| Soporte Técnico (Sistemas)                            | 100.000          |
| <b>Total general</b>                                  | <b>1.791.305</b> |

| <b>Costo de Operación Mensual (\$ de enero 2014)</b> |                   |
|--|-------------------|
| <b>Concepto</b>                                      | <b>Total</b>      |
| Análisis de Muestras                                 | 3.136.000         |
| Logística  | 4.100.000         |
| Plataforma Web                                       | 25.000            |
| Recurso humano de medición y recolección             | 10.000.000        |
| <b>Total general</b>                                 | <b>17.261.000</b> |

## 5 ALTERNATIVA OPERACIÓN AUTOMATIZADA

### 5.1 DESCRIPCIÓN SISTEMA AUTOMATIZADO

Para el desarrollo de la alternativa automatizada, la DGA ha establecido monitoreo en tiempo real de los puntos de control Fluviométricos, meteorológicos y monitoreo de aguas subterráneas. Calidad de aguas y sedimentos seguirán con recopilación de datos en forma manual. En el caso de los pozos se considera automatizar solo aquellos que están activos y no aquellos que se encuentran secos. En los próximos párrafos se describe la instrumentación que se instalará en cada punto de control, indicando además aquellos casos en donde se reutiliza equipos existentes, como es el caso de algunas estaciones fluviométricas y meteorológicas.

#### 5.1.1 Red Fluviométrica

Actualmente ocho (8) de las estaciones fluviométricas registran cada una hora en forma periódica la altura de agua y consiguientemente el caudal pasante por ellas, estas estaciones poseen una captura de información mediante DataLogger, la restantes dos estaciones que no poseen este sistema se considera modernizarlas. Sin embargo en todas deberá implementarse los equipos necesarios para establecer telemetría con enlaces GPRS.

Con las estaciones implementadas con telemetría, los trabajos en terreno se concentrarán en las campañas de aforo para obtener las curvas de descarga de cada estación fluviométrica, así se podrá validar los datos en el sistema regional.

**Tabla 5–1: Puntos de monitoreo Fluviométricos –Acciones a ejecutar**

| Punto de Monitoreo                              | Código BNA | Estado/Acción | Telemetría  |
|---|------------|---------------|-------------|
| Estación fluviométrica Río Copiapó, en Copiapó  | 03450001-0 | Automatizar   | Implementar |
| Estación fluviométrica Río Copiapó, Mal Paso    | 03434003-k | Automatizar   | Implementar |
| Estación fluviométrica Canal Mal Paso           | 03434002-1 | Complementar  | Implementar |
| Estación fluviométrica Río Copiapó, Angostura   | 03453001-7 | Complementar  | Implementar |
| Estación fluviométrica Río Copiapó, la Puerta   | 03431001-7 | Complementar  | Implementar |
| Estación fluviométrica Río Copiapó, Lautaro     | 03430001-1 | Complementar  | Implementar |
| Estación fluviométrica Río Copiapó, Pastillo    | 03430003-8 | Complementar  | Implementar |
| Estación fluviométrica Río Jorquera             | 03404001-k | Complementar  | Implementar |
| Estación fluviométrica Río Manflas en vertedero | 03421001-2 | Complementar  | Implementar |
| Estación fluviométrica Río Pulido               | 03414001-4 | Complementar  | Implementar |

En la tabla el término usado en la tercera columna significa:

- **“Automatizar”** Implica que todo el equipamiento es nuevo.
- **“Complementar”** Significa que se utiliza parte del equipamiento actual, sensor instalado, panel fotovoltaico, batería, gabinete metálico.

### 5.1.2 Red Meteorológica

El universo de estaciones meteorológicas en la cuenca del río Copiapó considera 10 puntos de monitoreo, los cuales deberán ser modernizados en su mayoría. Cuatro de estas estaciones están equipadas con datalogger que permite la instalación de dispositivo modem GPRS, por lo cual los cambios radican en verificar si a la fecha de implementación estas ya disponen de conexión GPRS, si aún no se implementa, entonces se deberá agregar los dispositivos. En las otras 6 estaciones es necesario modernizar desde los instrumentos meteorológicos hasta el datalogger con su dispositivo de GPRS.

Lo indicado en el párrafo anterior se resume en la Tabla 5-2.

**Tabla 5–2: Puntos de monitoreo Meteorológicos –Trabajos a ejecutar**

| Punto de Monitoreo                              | Código BNA | Estado/Acción | Telemetría  |
|---|------------|---------------|-------------|
| Estación meteorológica Elibor Campamento        | 03431004-1 | Automatizar   | Implementar |
| Estación meteorológica Jorquera en La Guardia   | 03404002-8 | Automatizar   | Implementar |
| Estación meteorológica Manflas                  | 03421004-7 | Automatizar   | Implementar |
| Estación meteorológica Pastos Grandes           | 03441001-1 | Automatizar   | Implementar |
| Estación meteorológica Rio Copiapó en La Puerta | 03431001-7 | Automatizar   | Implementar |
| Estación meteorológica Rio Copiapó en Pastillo  | 03430003-8 | Automatizar   | Implementar |
| Estación meteorológica Copiapó                  | 03450004-5 | Lista         | Implementar |
| Estación meteorológica Los Loros                | 03430007-0 | Lista         | Implementar |
| Estación meteorológica Iglesia Colorada         | 03414002-2 | Lista         | Implementar |
| Estación meteorológica Embalse Lautaro          | 03430006-2 | Lista         | Implementar |

Con estos cambios de tecnología se va a disponer de información en tiempo real de las estaciones meteorológicas.

### 5.1.3 Red de Monitoreo de Aguas Subterráneas

La medición y registro del nivel de aguas subterráneas será automatizada para los pozos que se encuentren vigentes y “no secos”. La instrumentación se orientará al modelo de tiempo real, para poder de esta forma monitorear tanto en nivel estático como los niveles dinámicos.

La frecuencia de captura de datos será la necesaria para poder en el sistema SCADA graficar las tendencias de los pozos, determinar en qué horas o días sus niveles cambian de valores (por extracción), cuales son las bandas en que se mueven los niveles en forma repetitiva, detectar cuando cierto nivel está saliendo fuera del rango de la banda normal de operación (posible extracción no autorizada).

Asimismo los datos extraídos van a disponer de estampa de tiempo y en el sistema SCADA se agregarán otros parámetros, como por ejemplo capacidades de bombas que permitirán comparar supervisando el nivel si en ese sector se está retirando la cuota correspondiente de derechos de agua o se está superando.

Para los temas mencionados u otros que la DGA desee implementar en el uso de los datos se deberá modernizar los pozos de acuerdo al siguiente resumen mostrado en la Tabla 5-3.

**Tabla 5–3: Puntos de monitoreo de Aguas Subterráneas a implementar con instrumentos automatizados**

| Punto de Monitoreo                      | Código BNA | Estado/Acción | Telemetría  |
|---|------------|---------------|-------------|
| Pozo Caseta Iglesia Colorada n°2        | 03414005-7 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Quebrada Seca, Caseta n°6          | 03414004-9 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Hacienda Manflas                   | 03421006-3 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Hacienda Manflas antes de Hacienda | 03421005-5 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Pastillo (Prohens)                 | 03430023-2 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Algarrobo La Virgen (e. Lautaro)   | 03430013-5 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Goyo Díaz                          | 03430021-6 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Pueblo San Antonio                 | 03430011-9 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Vegas El Giro                      | 03430022-4 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Escuela 17 Los Loros               | 03430010-0 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Fundo La Puerta                    | 03431009-2 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Agrícola Villa María               | 03431015-7 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Fundo Alianza                      | 03431014-9 | Automatizar   | Implementar |

| Punto de Monitoreo              | Código BNA | Estado/Acción | Telemetría  |
|---------------------------------|------------|---------------|-------------|
| Pozo Quebrada Cerrillos Amancay | 03431012-2 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Quebrada Infiernillo       | 03434015-3 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Carola                     | 03434013-7 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Villa Candelaria           | 03450020-7 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Hacienda San Francisco     | 03451004-0 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo San Pedro Floridor         | 03451024-5 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Valle Fértil (7)           | 03451017-2 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo San Camilo (8)             | 03451018-0 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo San Camilo (6)             | 03451019-9 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Punta Picazo (5)           | 03451020-2 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Monte Amargo               | 03451021-0 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Hacienda María Isabel (4)  | 03453005-k | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Hacienda María Isabel (3)  | 03453006-8 | Automatizar   | Implementar |
| Pozo Hacienda María Isabel (1)  | 03453007-6 | Automatizar   | Implementar |

#### 5.1.4 Red de Monitoreo Calidad de Aguas

El monitoreo de calidad de aguas considera 14 puntos de muestreo, siendo la mitad de estos en aguas superficiales y la otra mitad en pozos profundos. La actual frecuencia de control se realiza tres veces al año, en los meses de febrero, junio y octubre. Se considera mejorar la frecuencia implementando un nuevo equipo con capacidad de datalogger, de manera que la mediciones que se hagan queden almacenadas en su memoria.

El control de calidad constará de dos partes, la medición de datos in situ mediante una nueva sonda multi-parámetro para permitir tomar más datos en cada visita y la toma de muestras para completos ensayos de laboratorio que seguirá con el proceso actual que se presenta en la Figura 3-21, con la mejora en que las muestras serán mensuales.

La DGA ha indicado que el monitoreo de calidad de las aguas es suficiente con un registro por mes, tanto para el caso manual como para el automático, con la ventaja que se va a disponer de un sistema donde los registros de mediciones se podrán ingresar rápidamente y contar con la información con un mejor estándar respecto del actual, se considera que cada vez que se toman muestras se efectúe mediciones in situ, tenemos entonces lo siguiente:

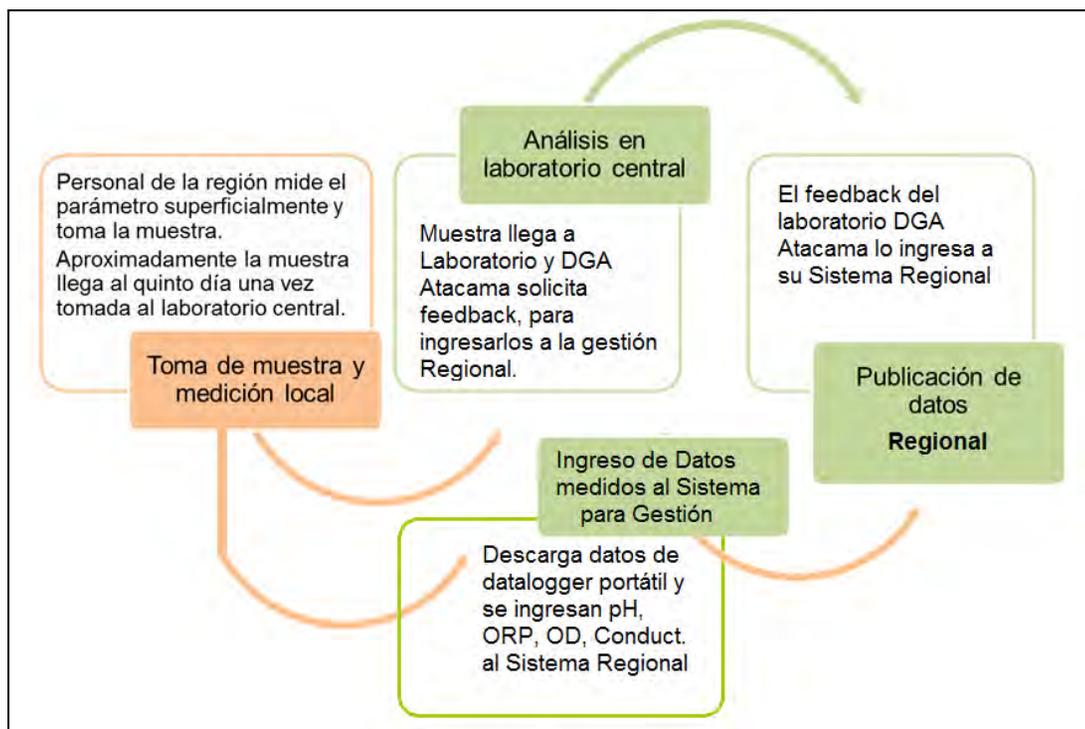
a) **Medición mensual in situ con sonda multi-parámetro portátil**

- Temperatura (°C)
- Oxígeno disuelto OD (mg/l y %)
- pH y ORP
- Conductividad Eléctrica (uS/cm)

b) **Toma de muestra mensual con ensayos en laboratorio.**

- Metales
  - Aluminio, Arsénico, Boro, Cadmio, Mercurio, Molibdeno, Plata, Cobalto, Cobre, Cromo, Hierro, Plomo, Selenio y Zinc
- Macro elementos
  - Calcio, Cloruro, Manganeseo, Magnesio, Potasio, Sodio y Sulfato.
- Nutrientes
  - N-Amoniaco, N-Nitratos, N-Nitritos, P-Fosfato, P-Total.
- Otros
  - Clorofila, DQO, Temperatura, Conductividad

**Figura 5-1: Proceso Actual para ensayos de laboratorios de aguas**



La frecuencia mensual de toma de muestra para ensayos en laboratorio se respalda en antecedentes proporcionados por personal del Departamento de Conservación de la DGA a nivel central, en donde se establece dicha frecuencia permite llevar a cabo un monitoreo aceptable de esta variable.

Adicionalmente, se puede mencionar que los parámetros a medir en ensayos de laboratorio considerados para el desarrollo de la alternativa, son los mismos que se miden en las actuales muestras de agua, pero el listado de parámetros podría reducirse a futuro una vez que se determinen elementos con poca variabilidad.

Con las frecuencias acá establecidas, se puede contar con datos de calidad de agua entregados por la sonda multi-parámetro (la cual se implementará con Datalogger portátil para el registro de datos), pero los parámetros medidos en laboratorio siguen requiriendo el tiempo para el proceso actual, por lo que este Consultor sugiere la utilización de un laboratorio certificado bajo norma ISO 17.025 e independiente al de la DGA, agilizando el proceso de ensayo y entregando certificados con los resultados tanto al nivel regional como al nivel central para la carga de información al sistema regional.

#### **5.1.5 Sedimentometría**

El muestreo de sedimentos se realiza en 2 puntos de control, y tal como se detalló en el diagnóstico, existen dos tipos de muestreos de sedimentos, los rutinarios e integrados, siendo estos últimos llevados a cabo en conjunto con los aforos. Por esta razón, el programa de toma de muestras sedimentológicas se ha conformado en la base de una frecuencia mensual, al mismo tiempo en que se realicen los aforos de las estaciones fluviométricas río Jorquera en Vertedero y río Pulido en Vertedero.

El manejo de estos datos tiene el mismo tratamiento que las muestras de agua enviadas para control de la calidad de éstas.

#### **5.1.6 Enlaces de Telemetría**

Durante la etapa de levantamiento de información de la situación actual en la cuenca del río Copiapó, se verificó la cobertura de señal de la red GPRS (celulares) comercial. Existen puntos que actualmente no disponen de cobertura, lo cual implicó efectuar una verificación de la zona, desde la cual se concluyó que las distancias permiten establecer enlaces de radio modem, que permitirá efectuar enlaces de radio hasta una zona con cobertura donde se ubicará un repetidor GPRS. La siguiente tabla resume la disponibilidad de cobertura GPRS.

**Tabla 5-4: Cobertura Red GPRS ENTEL/MOVISTAR**

| Tipo                         | Código BNA | Punto de Monitoreo       | RED GPRS | Tipo  | Código BNA | Punto de Monitoreo               | RED GPRS |
|------------------------------|------------|--------------------------|----------|-------|------------|----------------------------------|----------|
| Estaciones<br>Fluviométricas | 03450001-0 | Río Copiapó, en Copiapó  | Si       | Pozos | 03414005-7 | Caseta Iglesia Colorada n°2      | No       |
|                              | 03434003-k | Río Copiapó, Mal Paso    | Si       |       | 03414004-9 | Quebrada Seca, Caseta n°6        | No       |
|                              | 03434002-1 | Canal Mal Paso           | Si       |       | 03421006-3 | Hacienda Manflas                 | No       |
|                              | 03453001-7 | Río Copiapó, Angostura   | No       |       | 03421005-5 | H. Manflas antes de Hacienda     | No       |
|                              | 03431001-7 | Río Copiapó, la Puerta   | Si       |       | 03430023-2 | Pastillo (Prohens)               | No       |
|                              | 03430001-1 | Río Copiapó, Lautaro     | Si       |       | 03430013-5 | Algarrobo La Virgen (E. Lautaro) | Si       |
|                              | 03430003-8 | Río Copiapó, Pastillo    | Si       |       | 03430021-6 | Goyo Díaz                        | Si       |
|                              | 03404001-k | Río Jorquera             | No       |       | 03430011-9 | Pueblo San Antonio               | Si       |
|                              | 03421001-2 | Río Manflas en vertedero | No       |       | 03430022-4 | Vegas El Giro                    | Si       |
|                              | 03414001-4 | Río Pulido               | No       |       | 03430010-0 | Escuela 17 Los Loros             | Si       |
| Estaciones<br>Meteorológicas | 03431004-1 | Elibor Campamento        | Si       |       | 03431009-2 | Fundo La Puerta                  | Si       |
|                              | 03404002-8 | Jorquera en La Guardia   | No       |       | 03431015-7 | Agrícola Villa María             | Si       |
|                              | 03421004-7 | Manflas Hacienda         | No       |       | 03431014-9 | Fundo Alianza                    | Si       |
|                              | 03441001-1 | Pastos Grandes           | Si       |       | 03431012-2 | Quebrada Cerrillos Amancay       | Si       |
|                              | 03431001-7 | Río Copiapó en La Puerta | Si       |       | 03434015-3 | Quebrada Infiernillo             | Si       |
|                              | 03430003-8 | Río Copiapó en Pastillo  | Si       |       | 03434013-7 | Carola                           | Si       |
|                              | 03450004-5 | Copiapó                  | Si       |       | 03450020-7 | Villa Candelaria                 | Si       |
|                              | 03430007-0 | Los Loros                | Si       |       | 03451004-0 | Hacienda San Francisco           | Si       |
|                              | 03414002-2 | Iglesia Colorada         | No       |       | 03451024-5 | San Pedro Floridor               | Si       |
|                              | 03430006-2 | Embalse Lautaro          | Si       |       | 03451017-2 | Valle Fértil (7)                 | Si       |
|                              |            |                          |          |       | 03451018-0 | San Camilo (8)                   | Si       |
|                              |            |                          |          |       | 03451019-9 | San Camilo (6)                   | Si       |
|                              |            |                          |          |       | 03451020-2 | Punta Picazo (5)                 | Si       |
|                              |            |                          |          |       | 03451021-0 | Monte Amargo                     | Si       |
|                              |            |                          |          |       | 03453005-k | Hacienda María Isabel (4)        | Si       |
|                              |            |                          |          |       | 03453006-8 | Hacienda María Isabel (3)        | Si       |
|                              |            |                          |          |       | 03453007-6 | Hacienda María Isabel (1)        | Si       |

En la próxima página se muestra un mapa de cobertura con las zonas que requieren trabajos con mayor cantidad de equipos para enlazarlos al sistema regional, en color rojo se indica las zonas sin cobertura GPRS. Los costos se analizan en el capítulo 3 del presente documento.

## 5.2 DESARROLLO TÉCNICO Y ECONÓMICO

Como ya se ha establecido anteriormente, este estudio se basa en la introducción de un cambio radical en cuanto a la frecuencia de captura, retiro, validación, disposición de la información y equipamiento automatizado hidro-meteorológico, de nivel de aguas subterráneas y calidad de aguas en la cuenca del río Copiapó, pasando de contar con datos que actualmente se extraen cada uno o dos meses, a una frecuencia por hora de los puntos de control que se automatizarán.

## 5.2.1 Inversiones en Instrumentación

Para la alternativa automatizada, se debe implementar en las estaciones de la red hidrológica, instrumentación adecuada que permita mediciones automatizadas desde el terreno, conectando un equipo de telecomunicaciones que transmite al servidor de un sistema SCADA. Los datos manuales para Sedimentometría y análisis de calidad de aguas, serán ingresados al servidor local a partir de formularios de captura y de resultados obtenidos del proceso de las muestras recogidas en terreno, de la misma forma que la alternativa manual.

### 5.2.1.1 Red Fluviométrica

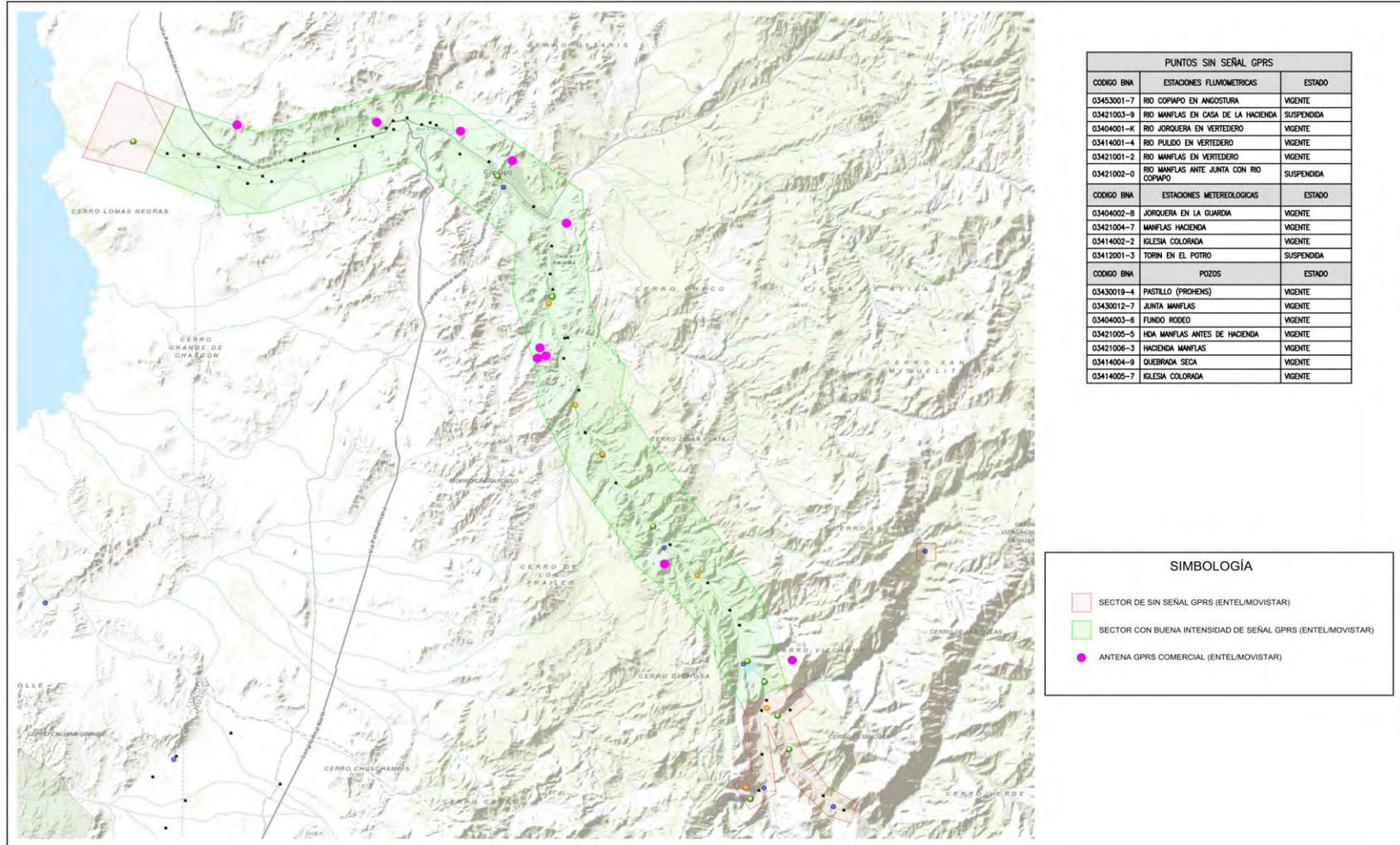
En las estaciones se deben implementar los equipos que se resumen en la Tabla 5-5, con lo que se tendrá una red fluviométrica 100% equipada con instrumentos automatizados. Algunos reutilizan algunos componentes instalados y otros son completamente nuevos.

**Tabla 5-5: Instrumentación a implementar en la red fluviométrica**

| Cantidad | Descripción del Instrumento               | Servicio/Ubicación                            | Señal captura de datos   | Frecuencia de Muestreo |
|----------|---|---|--|------------------------|
| 2        | Sensor y Transmisor de nivel              | Para las 2 estaciones que se debe modernizar. | Remota con DataLogger fijo instalado en terreno y transmisión por telemetría | Cada una hora          |
| 2        | Sensor de Temperatura integral a la sonda | Para las 2 estaciones que se debe modernizar. | Remota con DataLogger fijo instalado en terreno y transmisión por telemetría | Cada una hora          |
| 10       | Equipos modem GPRS y antena               | Para todas las estaciones                     | Remota con DataLogger fijo instalado en terreno y transmisión por telemetría | Cada una hora          |

En la Tabla 5-6 y 5-7, se entrega los costos asociados a cada equipo con su respectiva mantención.

**Figura 5-2: Zonas con Cobertura GPRS**



**Tabla 5-6: Costos asociados automatización de la red fluviométrica**

| Ítem                         | Descripción          | Cantidad | Costo (USD)   | Costo (\$)        |
|------------------------------|----------------------|----------|---------------|-------------------|
| 1                            | Limnógrafo           | 2        | 2.800         | 1.557.192         |
| 2                            | Datalogger           | 2        | 5.000         | 2.780.700         |
| 3                            | Sistema Fotovoltaico | 2        | 1.700         | 945.438           |
| 4                            | Modem GPRS y Antena  | 10       | 16.000        | 8.898.240         |
| 5                            | Mano de Obra montaje | 2        | 1.000         | 556.140           |
| 6                            | Materiales Montaje   | 2        | 200           | 111.228           |
| <b>COSTO TOTAL INVERSIÓN</b> |                      |          | <b>26.700</b> | <b>14.848.938</b> |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

**Tabla 5-7: Costos de mantención de instrumentos, mensual por estación (No incluye aforo)**

| Ítem                                    | Descripción  | Costo Mensual (USD) | Costo Mensual (\$) |
|---|--|---------------------|--------------------|
| 1                                       | Calibración-limpieza periódica   | 20                  | 11.123             |
| 2                                       | Recambio de baterías (Cambio de batería ciclo profundo 5 años sugeridos) | 2.5                 | 1.390              |
| 3                                       | Renovación de equipo (cambio cada 10 años)                               | 32.5                | 18.075             |
| <b>COSTO TOTAL-MENSUAL POR ESTACIÓN</b> |  | <b>55</b>           | <b>30.588</b>      |
| <b>COSTO TOTAL-MENSUAL (TODAS)</b>      |  | <b>550</b>          | <b>305.880</b>     |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

**NOTAS:**

- La Tabla 5-6 resume el costo que implica modernizar 2 estaciones fluviométricas e instalar modem GPRS a todas las estaciones.
- La Tabla 5-7 corresponde a costos estimados de mantención de las instalaciones automatizadas.

### 5.2.1.2 Red Meteorológica

Actualmente en la red meteorológica falta por implementar con equipos automatizados en seis estaciones:

- Estación Elibor Campamento
- Estación Jorquera en La Guardia
- Estación Manflas
- Estación Pastos Grandes
- Estación Río Copiapó en La Puerta
- Estación Río Copiapó en Pastillo

En la Tabla siguiente se indica la instrumentación necesaria modernizar completamente 6 estaciones e implementar GPRS a todas, cabe señalar que en el estudio se considera que 4 estaciones solo requieren agregar modem GPRS.

**Tabla 5–8: Instrumentación a implementar para modernizar estaciones de la red meteorológica**

| Cantidad | Descripción del Instrumento | Servicio/Ubicación           | Señal captura de datos   | Frecuencia de Muestreo |
|----------|-----------------------------|------------------------------|--|------------------------|
| 6        | Sensor de temperatura       | Temperatura ambiente/Humedad | Remota con DataLogger fijo instalado en terreno y transmisión por telemetría | Cada una hora          |
| 6        | Sensor de evaporación       | Evaporación                  | Remota con DataLogger fijo instalado en terreno y transmisión por telemetría | Cada una hora          |
| 6        | Sensor de Precipitación     | Precipitación                | Remota con DataLogger fijo instalado en terreno y transmisión por telemetría | Cada una hora          |
| 10       | Equipos modem GPRS y antena | Para todas las estaciones    | Remota con DataLogger fijo instalado en terreno y transmisión por telemetría | Cada una hora          |

En la próxima página se muestran los costos asociados a la implementación descrita en la Tabla anterior, se aclara que todos los instrumentos meteorológicos se agrupan en una unidad, debido a que usualmente los proveedores cotizan las estaciones meteorológicas como unidades integrales con un precio por estación.

También se aclara que los costos de mano de obra están asociados a las estaciones que se modernizarán, esto debido a que las otras tienen sus equipos instalados y solamente se debe establecer los enlaces de telemetría.

Cada estación también tiene un ítem que es el sistema fotovoltaico y el costo que se indica es un valor que integra batería, regulador de carga, cables, fusible y soportes.

En la Tabla siguiente se entregan los costos asociados a cada equipo y su respectiva mantención.

**Tabla 5-9: Costos asociados por modernizar la red meteorológica**

| Ítem                         | Descripción   | Cantidad | Costo (USD)   | Costo (\$)        |
|------------------------------|---|----------|---------------|-------------------|
| 1                            | Instrumentos electrónicos (pluviómetro, termómetro, evaporímetro) | 6        | 28.974        | 16.113.600        |
| 2                            | Datalogger  | 6        | 15.000        | 8.342.100         |
| 3                            | Sistema Fotovoltaico  | 6        | 5.100         | 2.836.314         |
| 4                            | Modem GPRS y Antena   | 10       | 16.000        | 8.898.240         |
| 5                            | Mano de Obra Montaje  | 6        | 3.000         | 1.668.420         |
| 6                            | Materiales Montaje  | 6        | 900           | 500.526           |
| <b>COSTO TOTAL INVERSIÓN</b> |   |          | <b>68.974</b> | <b>38.359.200</b> |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

**Tabla 5-10: Costos de mantención de instrumentos, mensual por estación.**

| Ítem                                    | Descripción  | Costo Mensual (USD) | Costo Mensual (\$) |
|---|--|---------------------|--------------------|
| 1                                       | Calibración-limpieza periódica   | 20                  | 11.123             |
| 2                                       | Recambio de baterías (Cambio de batería ciclo profundo 5 años sugeridos) | 2.5                 | 1.390              |
| 3                                       | Renovación de equipo (cambio cada 10 años)                               | 61                  | 33.925             |
| <b>COSTO TOTAL-MENSUAL POR ESTACIÓN</b> |  | <b>83.5</b>         | <b>46.438</b>      |
| <b>COSTO TOTAL-MENSUAL (TODAS)</b>      |  | <b>835</b>          | <b>464.380</b>     |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

NOTAS:

- La tabla 5-9 resume el costo que implica modernizar 6 estaciones meteorológicas e instalar modem GPRS a todas las estaciones.
- La tabla 5-10 corresponde a costos estimados de mantención de las instalaciones automatizadas.

### 5.2.1.3 Red de Aguas Subterráneas

En la red de aguas subterráneas, se deberá implementar una gran cantidad de equipos, recomendándose en 27 puntos instalar equipos con automatización local. La implementación en estos puntos no significa cubrir el 100% de la red meteorológica, debido a una considerable cantidad de pozos secos que no se consideraron en la inversión. Respecto a la frecuencia los registros serán cada una hora. A continuación se nombran las estaciones a modernizar:

- Pozo Caseta Iglesia Colorada N°2
- Pozo Quebrada Seca, Caseta N°6
- Pozo Hacienda Manflas
- Pozo Hacienda Manflas antes de Hacienda
- Pozo Pastillo (Prohens)
- Pozo Algarrobo La Virgen (e. Lautaro)
- Pozo Goyo Díaz
- Pozo Pueblo San Antonio
- Pozo Vegas El Giro
- Pozo Escuela 17 Los Loros
- Pozo Fundo La Puerta
- Pozo Agrícola Villa María
- Pozo Fundo Alianza
- Pozo Quebrada Cerrillos Amancay
- Pozo Quebrada Infiernillo
- Pozo Carola
- Pozo Villa Candelaria
- Pozo Hacienda San Francisco
- Pozo San Pedro Floridor
- Pozo Valle Fértil (7)
- Pozo San Camilo (8)
- Pozo San Camilo (6)
- Pozo Punta Picazo (5)
- Pozo Monte Amargo
- Pozo Hacienda María Isabel (4)
- Pozo Hacienda María Isabel (3)
- Pozo Hacienda María Isabel (1)

En la siguiente Tabla se detalla los equipos que se debe instalar en cada pozo, con el objetivo de tener registros cada una hora y por ende una base de 24 datos por día.

**Tabla 5–11: Instrumentación a implementar en modernización de la red de aguas subterráneas**

| Cantidad | Descripción del Instrumento | Servicio/Ubicación               | Señal captura de datos   | Frecuencia de Muestreo |
|----------|-----------------------------|----------------------------------|--|------------------------|
| 27       | Piezómetro electrónico      | Medición de nivel, en pozo       | Remota con DataLogger fijo instalado en terreno y transmisión por telemetría | Cada una hora          |
| 27       | Temperatura hidrométrica    | Medición de temperatura, en pozo | Remota con DataLogger fijo instalado en terreno y transmisión por telemetría | Cada una hora          |
| 27       | Equipos modem GPRS y antena | Para todas las estaciones        | Remota con DataLogger fijo instalado en terreno y transmisión por telemetría | Cada una hora          |

En la siguiente Tabla se detallan los costos asociados a cada equipo y su respectiva mantención.

**Tabla 5–12: Costos asociados modernización de la red de aguas subterráneas**

| Ítem                         | Descripción          | Cantidad | Costo (USD)    | Costo (\$)         |
|------------------------------|----------------------|----------|----------------|--------------------|
| 1                            | Sonda Piezométrica   | 27       | 37.800         | 21.022.092         |
| 2                            | DataLogger           | 27       | 67.500         | 37.539.450         |
| 3                            | Sistema Fotovoltaico | 27       | 22.950         | 12.763.413         |
| 4                            | Modem GPRS y Antena  | 27       | 43.200         | 24.025.248         |
| 5                            | Mano de Obra Montaje | 27       | 6.750          | 3.753.945          |
| 6                            | Materiales Montaje   | 27       | 2.160          | 1.201.257          |
| <b>COSTO TOTAL INVERSIÓN</b> |                      |          | <b>180.360</b> | <b>100.305.405</b> |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

**Tabla 5-13: Costos de mantención de instrumentos, mensual por estación.**

| Ítem                                    | Descripción  | Costo Mensual (USD) | Costo Mensual (\$) |
|---|--|---------------------|--------------------|
| 1                                       | Calibración-limpieza periódica   | 20                  | 11.123             |
| 2                                       | Recambio de baterías (Cambio de batería ciclo profundo 5 años sugeridos) | 2.5                 | 1.390              |
| 3                                       | Renovación de equipo (cambio cada 10 años)                               | 32.5                | 18.075             |
| <b>COSTO TOTAL-MENSUAL POR ESTACIÓN</b> |  | <b>55</b>           | <b>30.588</b>      |
| <b>COSTO TOTAL-MENSUAL (TODAS)</b>      |  | <b>1485</b>         | <b>825.876</b>     |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

#### 5.2.1.4 Red de Calidad de Aguas

En el monitoreo se toman dos registros de datos; uno es Insitu y el otro en laboratorio. Para el primer caso se implementaran un equipo de medición con datalogger portátil, el cual registrara los datos que se obtienen de pH, ORP, OD y Conductividad, cada vez que se efectúa una campaña mensual de medición de calidad de aguas. Para el segundo caso los registros dependerán del tiempo que demore en laboratorio en entregar los resultados, se estima que se recibirá un reporte por mes.

Los puntos de medición diaria y mensual son los siguientes:

- Estación Canal Mal Paso después de Bocatoma
- Pozo Hacienda María Isabel (3)
- Pozo Escuela Los Loros
- Estación Río Copiapó en La Puerta
- Estación Río Copiapó en ByPass Lautaro
- Estación Río Manflas en Vertedero
- Estación Río Jorquera en Vertedero
- Estación Río Pulido en Vertedero

En la siguiente Tabla se detallan el equipos a instalar y los parámetros que registrará diariamente.

**Tabla 5–14: Instrumentación a implementar en las estaciones faltantes en la red de calidad de aguas**

| Ítem | Descripción del Instrumento | Servicio/Ubicación                                 | Señal captura de datos                             | Frecuencia de Muestreo |
|------|-----------------------------|--|--|------------------------|
| 1    | Sensor de temperatura       | Temperatura muestra de agua                        | Local-Sonda multiparámetro portátil con DataLogger | Diaria                 |
| 2    | Sensor de pH                | Nivel de acidez en muestra de agua                 | Local-Sonda multiparámetro portátil con DataLogger | Diaria                 |
| 3    | Sensor de conductividad     | Nivel de conductividad en la muestra de agua       | Local-Sonda multiparámetro portátil con DataLogger | Diaria                 |
| 4    | Sensor de oxígeno disuelto  | Cantidad de oxígeno disuelto en la muestra de agua | Local-Sonda multiparámetro portátil con DataLogger | Diaria                 |
| 5    | Sensor ORP                  | Potencial Redox en la muestra de agua              | Local-Sonda multiparámetro portátil con DataLogger | Diaria                 |

En la siguiente Tabla se entrega los costos asociados a cada equipo y su respectiva mantención.

**Tabla 5–15: Costos asociados por cada equipo de la red de monitoreo de calidad de aguas**

| Ítem                            | Descripción                                    | Costo (USD)  | Costo (\$)       |
|---------------------------------|--|--------------|------------------|
| 1                               | Celda multiparámetro con Datalogger - Portátil | 3.915        | 2.177.288        |
| 2                               | Datalogger                                     | N/A          | N/A              |
| 3                               | Sistema Fotovoltaico                           | N/A          | N/A              |
| 4                               | Mano de Obra Montaje                           | N/A          | N/A              |
| 5                               | Materiales Montaje                             | N/A          | N/A              |
| <b>COSTO TOTAL POR ESTACIÓN</b> |  | <b>3.915</b> | <b>2.177.288</b> |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

**Tabla 5–16: Costos de mantención equipo portátil con datalogger incorporado**

| Ítem   | Descripción                                | Costo Mensual (USD) | Costo Mensual (\$) |
|--|--|---------------------|--------------------|
| 1  | Calibración con soluciones Buffer          | 25                  | 13.904             |
| 2  | Reemplazo Electrodo (5 cambios al año)     | 41.6                | 23.135             |
| 3  | Renovación de equipo (cambio cada 10 años) | 32.6                | 18.130             |
| <b>COSTO TOTAL-MENSUAL (EQUIPO PORTÁTIL)</b> |  | <b>99.2</b>         | <b>55.169</b>      |

\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

## 5.2.2 Enlaces de Telemetría

Los enlaces de telemetría serán principalmente por GPRS, de forma de ocupar los recursos y la infraestructura de telefonía móvil existente, por lo anterior se hace necesario efectuar un análisis de los planes disponibles.

A continuación se muestra una tabla comparativa de 4 planes multimedia (voz y datos) de telefonía móvil, dos de Movistar y 2 de Entel. Referencia: Información entregada por sitio oficial de ambas compañías.

**Tabla 5–17: Comparativa de Planes**

| Descripción                    | Compañía             |                        |                      |                      |
|--------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
|                                | Entel PCS            |                        | Movistar             |                      |
| Producto                       | Multimedia Full 1 GB | Multimedia Full 1.5 GB | Multimedia 1 GB      | Multimedia 1.5 GB    |
| Minutos Incluidos              | 150                  | 250                    | 150                  | 250                  |
| Umbral de Navegación           | 1 Gb                 | 1.5 Gb                 | 1 Gb                 | 1.5 Gb               |
| Velocidad de Subida            | Hasta 328 Kbps       | Hasta 328 Kbps         | Promedio de 700 Kbps | Promedio de 700 Kbps |
| Velocidad de Descarga          | Hasta 2 Mbps         | Hasta 2 Mbps           |                      |                      |
| Velocidad después de Umbral    | Se Mantiene          | Se Mantiene            | 32 Kbps              | 32 Kbps              |
| Valor por Mb después de Umbral | \$ 11.-              | \$ 10.-                | -                    | -                    |
| Valor Plan (Mensual)           | \$ 19.990.-          | \$ 25.990.-            | \$ 17.990.-          | \$ 23.390.-          |

Adicional a la Tabla anterior se puede comparar también, los planes de conexión a banda ancha móvil, donde la conexión se puede establecer durante las 24 horas del día:

**Tabla 5–18: Comparativa de Planes**

| Descripción                    | Compañía             |             |
|--------------------------------|----------------------|-------------|
|                                | Entel PCS            | Movistar    |
| Producto                       | Plan Controlado 3 GB | Plan BAM M  |
| Cuota de Trafico               | 3 GB                 | 3 GB        |
| Velocidad de Subida Nacional   | 1.4 Mbps             | 0.494 Mbps  |
| Velocidad de Descarga Nacional | 2.5 Mbps             | 7.363 Mbps  |
| Valor Plan (Mensual)           | \$ 15.900.-          | \$ 14.900.- |

Para la evaluación se seleccionará uno de los planes, de forma que éste tenga la capacidad para transmitir toda la información que se genera dentro de un mes. Los criterios para seleccionar el plan son los siguientes y se representa en una Tabla cual opción cumple con lo requerido:

**Tabla 5–19: Comparativa de Planes**

|   | Plan con Minutos   | Plan banda ancha móvil  |
|---|--|---|
|   | Conexión por llamado periódico y con plan de minutos libres  | Conexión Banda ancha móvil, conexión las 24 horas   |
| Fácil configuración de reconexión cuando falla la conexión.         | Si Configurable  | Si Configurable   |
| Evitar gasto de minutos en falso, por intentos fallidos de conexión | No cumple:<br>Es probable muchas "llamadas perdidas" cuando la señal es baja y caídas del enlace que requieren generar otro llamado. | Si Cumple:<br>El plan es conectado las 24 hr y no hay gasto por reconexión                                |
| Preferir método que permita configurar una VPN al SCADA             | No cumple:<br>Es una conexión serial que usa el teléfono como modem  | Si Cumple:<br>existen modems que permiten crear redes privada virtuales VPN                               |
| Preferencia a la conexión en tiempo real la mayor parte del tiempo  | No cumple:<br>Los llamados son solo minutos por en horarios definidos.   | Si cumple:<br>El modem está full conectado  |
| Alertas rápidas por desconexión o apagado del equipo.               | No cumple:<br>La detección se hará en el horario que aplique la llamada, no antes.   | Si cumple:<br>El modem está full conectado y si es sustraído y/o apagado, en el SCADA acusará este evento |

De la Tabla 5-19 se concluye que la opción de utilizar banda ancha móvil permite un mejor performance de cada enlace, por lo cual se considerará utilizar en la evaluación de costos el “Plan Controlado 3 GB” de ENTEL, con un costo de \$15.900

**Tabla 5–20: Costos mensuales asociados al pago del servicio al ISP (proveedor de Internet)**

| Ítem   | Descripción                      | Cantidad  | Costo Mensual (\$) |
|--|----------------------------------|-----------|--------------------|
| 1  | Enlaces para Est. Fluviométricas | 10        | 159.000            |
| 2  | Enlaces para Est. Meteorológicas | 10        | 159.000            |
| 3  | Enlaces para Est. Pozos          | 27        | 429.300            |
| 4  | Enlaces Control Calidad de Aguas | 0         | 0                  |
| 5  | Enlaces Sedimentos               | 0         | 0                  |
| <b>COSTO TOTAL-MENSUAL (EQUIPO PORTÁTIL)</b> |                                  | <b>57</b> | <b>747.300</b>     |

Los costos de equipos tales como módems y antenas, se incluyeron en los puntos anteriores como costos de inversión y están asociados a la respectiva estación de monitoreo.

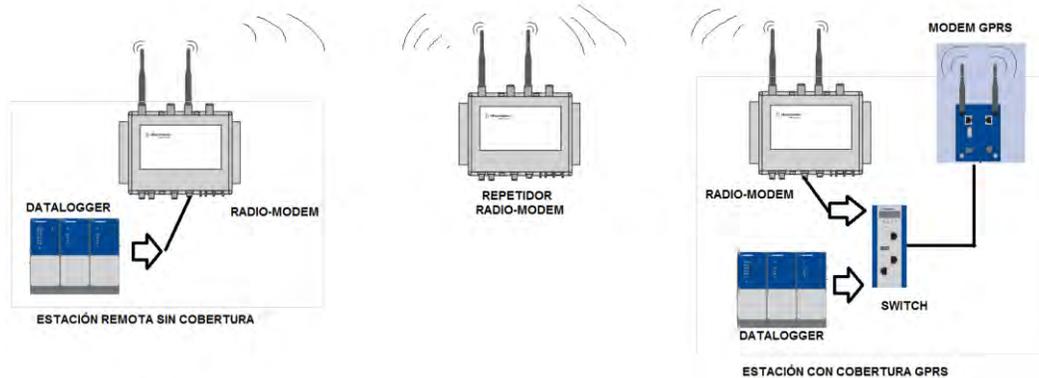
Como ya se mencionó anteriormente existen zonas sin coberturas en las cuales se deberá efectuar una inversión en enlaces de radio modem y repetidores, los cuales se deben incluir en el presupuesto, estos equipos se muestran con sus costos asociados en el siguiente punto (3.3).

### 5.2.3 Solución Telemetría Zonas Sin Cobertura GPRS

Para aquellos puntos de medición que no tienen cobertura de red GPRS, se lleva la información desde terreno vía señal de radio hasta el punto de medición con cobertura más cercano. En general la comunicación y transmisión de datos entre el datalogger del punto remoto al punto con cobertura GPRS, se realizará utilizando un enlace inalámbrico compatible con el estándar IEEE 802.11a/h.

Se establece el siguiente enlace Industrial Ethernet Wireless como típico para conectar puntos remotos sin cobertura celular:

**Figura 5-3: Enlaces puntos remotos de control**



Por lo mostrado en la figura anterior, se requiere de 2 Radio-Modems adicionales, más un repetidor intermedio. En la estación con cobertura GPRS se debe agregar un switch para poder transmitir lo recibido por el radio modem, más el datalogger propio de la estación. La tabla 5-21 resume los equipos requeridos.

En la implementación de esta solución se deben agregar el siguiente equipamiento para los puntos de medición sin cobertura:

- Radio Modem 900 MHz.
- Antena Omnidireccional de 23dBi

La estación receptora incorpora el siguiente equipamiento

- Equipo Repetidor de 900 MHz.
- 2 Antenas Omnidireccional de 23dBi
- Sistema de Energía Solar

La estación receptora incorpora el siguiente equipamiento

- Radio Modem 900 MHz.
- Antena Omnidireccional de 23dBi
- Switch Ethernet

La siguiente tabla muestra los 13 puntos de control que deben ser comunicados a través de radio modem a la estación más cercana.

En la próxima página se cubica la cantidad de equipos que se valoriza en la Tabla 5-21.

**Tabla 5-21: Costos de Inversión comunicación puntos remotos**

| Equipo                          | Cantidad | Costo (USD) | Costo (\$)        |
|---------------------------------|----------|-------------|-------------------|
| Radio modem para Ethernet       | 24       | 24.000      | 13.347.360        |
| Antena Omnidireccional de 23dBi | 48       | 14.400      | 8.008.416         |
| Repetidor para Ethernet         | 12       | 12.000      | 6.673.680         |
| Switch Ethernet                 | 12       | 6.000       | 3.336.840         |
| Sistema de Energía Solar        | 12       | 10.200      | 5.672.628         |
| <b>TOTAL</b>                    |          |             | <b>37.038.924</b> |

\* Nótese que no se indican en la tabla datalogger y sistemas fotovoltaicos de la estación remota y de la Estación con GPRS, puesto que ya están incluidos en las tablas de costos anteriores.

\*\*\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

La Tabla 5-22 resume las necesidades de implementar radio modem y las estaciones que requieren de este tipo de enlace.

**Tabla 5–22: Cubicación de equipos enlaces lejanos**

| Tipo                      | Código BNA | Punto de Monitoreo           | RED GPRS | Radio modem para Ethernet | Antena Omnidireccional de 23dBi | Repetidor para Ethernet | Switch Ethernet | Sistema de Energía Solar |
|---------------------------|------------|------------------------------|----------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------|
| Estaciones Fluviométricas | 03453001-7 | Río Copiapó, Angostura       | No       | 2                         | 4                               | 1                       | 1               | 1                        |
| Estaciones Fluviométricas | 03404001-k | Río Jorquera                 | No       | 2                         | 4                               | 1                       | 1               | 1                        |
| Estaciones Fluviométricas | 03421001-2 | Río Manflas en vertedero     | No       | 2                         | 4                               | 1                       | 1               | 1                        |
| Estaciones Fluviométricas | 03414001-4 | Río Pulido                   | No       | 2                         | 4                               | 1                       | 1               | 1                        |
| Estaciones Meteorológicas | 03404002-8 | Jorquera en La Guardia       | No       | 2                         | 4                               | 1                       | 1               | 1                        |
| Estaciones Meteorológicas | 03421004-7 | Manflas Hacienda             | No       | 2                         | 4                               | 1                       | 1               | 1                        |
| Estaciones Meteorológicas | 03414002-2 | Iglesia Colorada             | No       | 2                         | 4                               | 1                       | 1               | 1                        |
| Pozos                     | 03414005-7 | Caseta Iglesia Colorada n°2  | No       | 2                         | 4                               | 1                       | 1               | 1                        |
| Pozos                     | 03414004-9 | Quebrada Seca, Caseta n°6    | No       | 2                         | 4                               | 1                       | 1               | 1                        |
| Pozos                     | 03421006-3 | Hacienda Manflas             | No       | 2                         | 4                               | 1                       | 1               | 1                        |
| Pozos                     | 03421005-5 | H. Manflas antes de Hacienda | No       | 2                         | 4                               | 1                       | 1               | 1                        |
| Pozos                     | 03430023-2 | Pastillo (Prohens)           | No       | 2                         | 4                               | 1                       | 1               | 1                        |
| <b>TOTALES</b>            |            |                              |          | <b>24</b>                 | <b>48</b>                       | <b>12</b>               | <b>12</b>       | <b>12</b>                |

#### 5.2.4 Costos Movilización de Personal

Como se ha establecido precedentemente, que hay actividades que deben ser atendidas en terreno, por ejemplo el monitoreo de la calidad de aguas, por lo cual existen costos operacionales asociados a estas actividades que se deben incluir en el análisis.

El tiempo considerado para la renovación de los equipos humanos es de 30 años, así mismo los vehículos han sido estimados bajo la modalidad de leasing operativo, también en un horizonte de renovación de flota cada 3 años durante 30 años.

#### 5.2.4.1 Recursos Humanos

En esta alternativa de monitoreo Automatizado no se considera nuevo personal para la DGA Atacama.

**Tabla 5–23: Recursos Humanos**

| Personal requerido | Costo mensual estimado (\$) |
|--------------------|-----------------------------|
| No requerido       | 0                           |
|                    |                             |

#### 5.2.4.2 Costo asociado al análisis de muestras en laboratorio, red de monitoreo calidad de aguas

Fuera del análisis de alternativas, se ha considerado que las muestras de calidad de agua deben ser enviadas a un laboratorio externo, acreditado por la norma ISO 17.025, lo cual implica un costo que a continuación se detalla:

**Tabla 5–24: Laboratorio (moneda de enero 2014)**

| Cantidad de Muestras | Valor unitario (set de análisis) (\$) | Valor total por campaña mensual (\$) |
|----------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 14 estaciones        | 224.000                               | 224.000                              |

#### 5.2.4.3 Logística

Para lograr el objetivo de, medición y muestreo, se debe tener un plan logístico y así contar con las herramientas necesarias para el traslado, comunicación y otros aspectos necesarios. Se considera una salida mensual y será por el tema calidad de aguas. La camioneta no aplica, ya que se considera el mismo recurso que hoy utiliza la DGA para movilizarse.

**Tabla 5–25: Logística (moneda de enero 2014)**

| Ítem          | Costo fijo mensual (\$) | Observaciones                      |
|---------------|-------------------------|------------------------------------|
| Camioneta     | N/A                     | Se utiliza el mismo recurso actual |
| Telefonía     | 50.000                  | Es solo 1 equipo                   |
| Combustible   | 220.000                 | Es solo 1 equipo                   |
| Contingencias | 50.000                  | Es solo 1 equipo                   |

### 5.3 PROCESAMIENTO DE DATOS

De acuerdo a lo indicado anteriormente la red de monitoreo hidrológica de la DGA en la cuenca del río Copiapó considera la captura, recopilación en terreno y transmisión de datos, resultantes de la medición de parámetros Fluviométricos, datos meteorológicos, nivel de aguas subterránea, calidad de agua, y control de sedimentos. Estos datos son obtenidos en terreno mediante procesos automatizados para ser ingresados al sistema de la DGA.



Para aportar a la gestión de datos se propone un sistema que registre la información capturada en terreno, procedente de las siguientes fuentes:

- Fluviometría se ingresan datos del Limnógrafo electrónico y la temperatura de la estación.
- Meteorología se ingresan la precipitación, la temperatura ambiente, la humedad relativa y la evaporación.
- Nivel de Agua Subterránea se ingresa el nivel y la temperatura
- Calidad del Agua se ingresa al sistema pH, conductividad, oxígeno disuelto. El análisis químico del agua se ingresa por digitación o archivos recibidos desde laboratorio.
- Sedimentos se ingresa datos de sedimentación integrada, por digitación o archivos recibidos desde laboratorio.

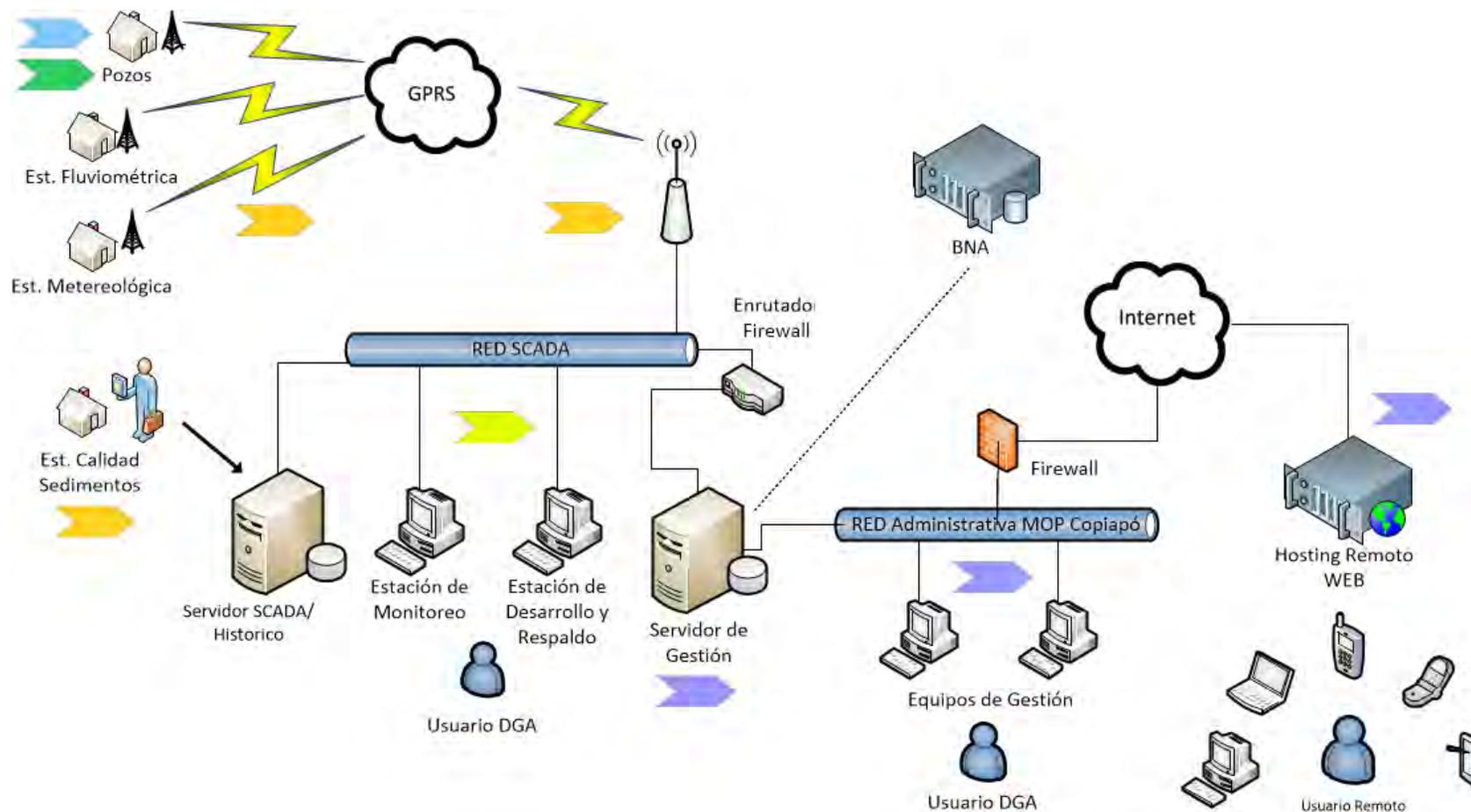
Las mediciones procedentes de los instrumentos son capturadas por datalogger con capacidad de funcionamiento continuo, y transmitidos en periodos predeterminados de tiempo, mediante el servicio GPRS a solicitud de un servidor SCADA que los registra en una base de datos. Otras mediciones tales como calidad del agua y aforos se recopilan en forma manual para luego ser ingresadas al sistema automatizado.

El sistema de información se ubica en los dos últimos procesos de la cadena de valor, y debe diversas funciones, por ejemplo:

- Almacenar los datos recibidos desde la red GPRS,
- Gestionar la subida de archivos o digitación de datos de información que obligatoriamente tiene que ser recopilada en forma manual.
- Realizar validación básica de los datos. Conforme a algoritmos a implementar de acuerdo a las prácticas típicas y a fórmulas disponible por la DGA.
- Efectuar interpolaciones de datos, cuando no ha sido posible la captura.
- Ingresar los datos a una base de datos operacional, con data histórica Regional.
- Automatizar el envío de los datos al sistema BNA Central.
- Gestionar datos al nivel regional.

Para llevar adelante los procesos se requiere de una arquitectura como la que se muestra en la Figura 5-5.

**Figura 5-5: Recursos para captura y gestión de datos.**



### 5.3.1 Hardware y Software

Para implementar la solución es importante contar con una arquitectura capaz de apoyar la cadena de valor de los datos en todas sus secciones, desde la captura del dato en el punto de medición en terreno, hasta la visualización en una interfaz de usuario en cualquier lugar geográfico. La figura siguiente contiene una vista de alto nivel del hardware y recursos asociados a la arquitectura, que pueden ser organizados de la siguiente forma:

- Componentes del punto de captura.
- Medios de recolección y transmisión
- Recursos para la recepción.
- Red SCADA de proceso de datos.
- Red de gestión administrativa de datos.
- Servicios Web.
- Red de Acceso Remoto

#### 5.3.1.1 Componentes en el Punto de Captura

La implementación considera recursos asociados a la recepción de los datos procedentes desde la red de comunicación GPRS con la finalidad que puedan ser leídos y almacenados en un sistema SCADA de forma que puedan ser utilizados por los usuarios a través de diferentes aplicativos de gestión. Los componentes son los instrumentos y están todos descritos y valorizados en el capítulo 3 del presente documento.

#### 5.3.1.2 Medios de Recolección y Transmisión

La recolección de los datos será automatizada utilizando telemetría para este fin, los equipos corresponden a dataloggers, módems radio, GPRS y antenas. Además dentro del concepto están los planes con tarifas por la transmisión de los datos que se deberán contratar. Los componentes son los equipos de almacenamiento local (datalogger) y de comunicación, están todos descritos y valorizados en el capítulo 3 del presente documento.

#### 5.3.1.3 Recursos para la Recepción

Todos los equipos de terreno levantarán información y la transmitirán al sistema SCADA, a este proceso se le denomina Subida de GPRS.

En la recepción se considera instalar antena y modem de bajada del GPRS, el computador receptor será el servidor de SCADA. Los costos para el sistema de bajada de GPRS se exponen en la Tabla 5-26, a su vez los costos del SCADA son parte del capítulo siguiente.

**Tabla 5–26: Costos Bajada GPRS**

| Estación de Bajada GPRS   | Valor Inversión (USD) | Valor inversión (\$) |
|---|-----------------------|----------------------|
| 1 estación, consistente en un modem GPRS para la bajada de datos y su respectiva antena | 1600                  | 905.824              |

\*\*\*Calculado con el valor del dólar al 07/02/14 en \$556.14

### 5.3.1.4 Red SCADA de Proceso de Datos

Los datos obtenidos desde la red de comunicaciones GPRS son llevados a la red SCADA, donde se presentan los siguientes procesos de lectura, validación, almacenamiento, presentación.



- a) La lectura la realiza el servidor SCADA de acuerdo a los procedimientos implementados por el fabricante del software, los que deben ser debidamente configurados al momento de la programación. Para conectar con el protocolo de los equipos que se interrogan el sistema SCADA posee drivers que son software incluido con la plataforma.
- b) La validación es un proceso de depuración de los datos capturados desde el terreno de forma que se almacene información consistente, por ello se aplicarán los siguientes algoritmos de validación:
  - ✓ **Control de rango**, verifica si el dato leído se encuentra en los rangos establecidos para la variable representada, si el dato corresponde autoriza el almacenamiento, si el dato es incorrecto es descartado y se genera una alarma visual en la estación del operador del SCADA.
  - ✓ **Data Nula**, verifica si el equipo interrogado está entregando datos al sistema SCADA, usualmente ocurre esto cuando se pierde comunicación con el equipo datalogger, por lo mismo si no hay presencia de data genera una alarma asociada al punto de medición.
  - ✓ Interpolación o sustitución. Nótese que los datos que fueron rechazados no pasarán al proceso de almacenamiento, por lo mismo al usuario puede surgir la duda sobre “¿qué valor se almacenará entonces?”, bueno cuando ocurre un descarte de información el sistema efectuará una interpolación o extrapolación para completar los registros, o bien una sustitución por ejemplo por el valor promedio de la última hora. En la implementación se estudia caso a caso las variables y se define la mejor forma de proceder.
- c) El almacenamiento es el proceso de llevar los datos correctamente leídos desde el recurso de recepción a la base de datos del sistema SCADA. Es un proceso realizado en forma automática por los servicios y funciones del servidor SCADA. La función de este proceso es dejar disponibles los datos para que sean presentado a los usuarios a través de interfaces de monitoreo y consulta. En este proceso es donde se guardan los registros históricos que se configuran para que tengan permanencia de 1 año, 2 años o más.

d) La Disponibilidad de datos, es un proceso mediante el cual se programan interfaces gráficas de acceso a los usuarios (pantallas) desde la cual pueden monitorear en forma directa los datos que están siendo obtenidos en tiempo real, realizar consultas a datos históricos de acuerdo a criterios y filtros previamente definidos, recuperar datos en formatos de planilla electrónica y elaborar informes.

En la red SCADA se va a requerir de los siguientes recursos:

- Dispositivos y Elementos de Interconexión
- Un Servidor de aplicación SCADA
- Un Servidor de Datos Histórico,
- Dos Estaciones de Monitoreo
- Una Estación de Desarrollo y Respaldo, denominada “Estación de Ingeniería”
- Software Aplicativo SCADA

#### 5.3.1.4.1 Dispositivos y Elementos de Interconexión

La implementación de la red SCADA debe ser efectuada sobre la base de una topología estrella conformada con los siguientes elementos:

- Switch central
- Cableado de Estructurado

El switch central debe soportar Gigabit Ethernet sobre todos sus puertos, y poseer un número de puertos superior a la cantidad de host y accesos que se van a conectar para permitir escalabilidad. Además debe cumplir con los estándares IEEE 802.3, 802.3u, 802.3x, 802.3ab. El montaje debe ser ejecutado sobre un bastidor o un gabinete de telecomunicaciones según sean las dimensiones y características físicas del switch.

El cableado estructurado debe ser implementado utilizando cable UTP categoría 6, respetando las recomendaciones de la norma TIA/EIA-568 tanto en su montaje como en su conexión, de forma de soportar correctamente Gigabit Ethernet y quedar preparado para implementaciones futuras de dispositivos 10-Gigabit Ethernet. Todos los elementos de involucrados en el cableado deben seguir esta misma recomendación de forma que el esfuerzo de escalabilidad sea mínimo.

**Tabla 5–27: Costos asociados a los dispositivos y elementos de interconexión**

| Recurso   | Cantidad | Costo Unitario | Costo total estimado |
|---|----------|----------------|----------------------|
| Switch Gigabit Ethernet   | 1        | 300.000        | 300.000              |
| Instalaciones, puntos de red, canalizado, cableado, enchufes y Otros Servicios asociados. | 1        | 650.000        | 650.000              |

#### 5.3.1.4.2 Servidor SCADA

El servidor SCADA tiene que proceder a la lectura, soportar la validación de los datos, gestionar el almacenamiento de los datos leídos y proveer de mecanismos para la gestión de respuesta a las diferentes consultas efectuadas sobre los datos almacenados.

El servidor SCADA estará conformado por los siguientes componentes:

- Hardware de Servidor
- Sistema Operativo
- Software de Servidor SCADA

El hardware deberá soportar adecuadamente el SCADA de funcionamiento continuo e ininterrumpido, al momento de la adquisición se debe considerar las características vigentes en el mercado y los requisitos establecidos por el proveedor del software SCADA, además tener en cuenta los factores de garantía, respaldo, soporte on site, en línea y capacidad rápida de respuesta del proveedor del hardware. En Chile algunos que destacan con este tipo de servicios HP, IBM y la nueva línea server Lenovo.

Para efectos de evaluación se considera los siguientes requisitos mínimos de hardware:

- ✓ Procesador Intel Xeon Quadcore 3.1 Ghz
- ✓ Memoria RAM 8 GB UDIMM
- ✓ Disco Duro Duro 1 TB Serial ATA Hot-plug
- ✓ Controladora con soporte RAID 0/1/1+0
- ✓ 2 Adaptador de Red Gigabit Ethernet Full Duplex
- ✓ puertos SATA internos para discos
- ✓ Salidas I/O: 4 puertos USB, 1 puerto Serial, Salida VGA
- ✓ 2 Puertos PCIe
- ✓ Gabinete con Refrigeración.
- ✓ Monitor LED 22 VGA
- ✓ Teclado, Mouse Optico
- ✓ UPS con autonomía de 15 minutos aprox.

El sistema operativo está condicionado por los requerimientos de software del servidor SCADA que se vaya a implementar, por lo general sistemas desarrollados por la compañía de software Microsoft. Por ejemplo Rockwell Automation, Invensys y Siemens tienen como requerimientos de instalación servidores Windows 2003, 2008.

El software de servidor SCADA es el conjunto de aplicativos que dispone el fabricante para la adquisición, supervisión y control de los datos capturados en terreno. Por lo general una suite de servidor trae incorporadas herramientas de desarrollo, generadores de reportes, servidor de datos.

**Tabla 5–28: Costo asociado al Servidor SCADA**

| Recurso                        | Cantidad | Costo total estimado | Costo Unitario \$ |
|--------------------------------|----------|----------------------|-------------------|
| Sistema Operativo Servidor     | 1        | 809                  | 450.000           |
| Suite de Software SCADA        | 1        | 9494                 | 5.280.000         |
| Software Antivirus y Firewall  | 1        | 45                   | 25.000            |
| Hardware Servidor              | 1        | 2158                 | 1.200.000         |
| UPS de respaldo 15 minutos     | 1        | 360                  | 200.000           |
| Gabinete para montaje servidor | 1        | 450                  | 250.000           |
| Instalación y otros servicios  | 1        | 450                  | 250.000           |
|                                |          | <b>Total</b>         | <b>7.655.000</b>  |

#### 5.3.1.4.3 Servidor de Datos Históricos

El servidor de datos Históricos será un equipo dotado de software de gestión de bases de datos que tiene la funcionalidad de almacenar los datos procedentes del sistema SCADA para dejarlos disponibles para su gestión, tanto desde la estación de monitoreo como del servidor de interfaz y gestión.

El servidor de Datos Históricos estará conformado por los siguientes componentes:

- Hardware de Servidor
- Sistema Operativo
- Software de Gestión de Bases de Datos.

Al igual que el servidor SCADA este equipo tiene que soportar funcionamiento continuo e ininterrumpido, Por ello al momento de la adquisición se debe considerar las características vigentes en el mercado y los requisitos establecidos por el proveedor del software SCADA. Por otra parte, se debe tener en cuenta los factores de garantía, respaldo, soporte on site, en línea y capacidad rápida de respuesta del proveedor del hardware. Tal como se indicó anteriormente, en Chile algunos que destacan con este tipo de servicios HP, IBM y la nueva línea server Lenovo.

Para efectos de evaluación se considera los siguientes requisitos mínimos de hardware:

- ✓ Procesador Intel Xeon Quadcore 3.1 Ghz
- ✓ Memoria RAM 8 GB UDIMM
- ✓ Capacidad de Disco Duro Duro 2 TB Serial ATA Hot-plug
- ✓ Controladora con soporte RAID 0/1/1+0
- ✓ 2 Adaptador de Red Gigabit Ethernet Full Duplex
- ✓ puertos SATA internos para discos
- ✓ Salidas I/O: 4 puertos USB, 1 puerto Serial, Salida VGA
- ✓ Gabinete con Refrigeración.

- ✓ Monitor LED 22 VGA
- ✓ Teclado, Mouse Optico
- ✓ UPS con autonomía de 15 minutos aprox.

El sistema operativo está condicionado por los requerimientos de software del proveedor del software de Gestión de bases de datos (DBMS) que se vaya a instalar, por lo general los sistemas de bases de datos operan bajo software Microsoft Windows 2003, 2008 server.

El software de Gestión de Bases de Datos, tiene por función establecer un puente entre el sistema de monitoreo en tiempo real con el ambiente de gestión y las diversas aplicaciones usadas por los usuarios para acceder a los datos. Algunos proveedores incluyen dentro de la Suite SCADA un sistema administrador de base de datos, por ejemplo basados en Servidor SQL de Microsoft y otros en versiones de Servidor de Oracle.

**Tabla 5–29: Costo asociado al Servidor de Datos Históricos**

| Recurso                            | Cantidad | Costo Unitario | Costo total estimado |
|------------------------------------|----------|----------------|----------------------|
| Sistema Operativo Servidor         | 1        | 450.000        | 450.000              |
| Software Servidor de Base de Datos | 1        | 0              | 0 *                  |
| Software Antivirus y Firewall      | 1        | 25.000         | 25.000               |
| Hardware Servidor                  | 1        | 1.400.000      | 1.400.000            |
| UPS de respaldo 15 minutos         | 1        | 200.000        | 200.000              |
| Gabinete para montaje servidor     | 1        | 250.000        | 250.000              |
| Instalación y otros servicios      | 1        | 500.000        | 500.000              |
| <b>Total</b>                       |          |                | <b>2.825.000</b>     |

(\*) Se considera que el costo del Servidor de Base de Datos está incluido en la Suite SCADA incorporada en la tabla del servidor SCADA.

#### 5.3.1.4.4 Estación de Monitoreo

La estación de monitoreo es la estación desde la cual los especialistas podrán realizar diversas funciones relacionadas con los datos que están siendo capturados por el servidor SCADA, entre estas funciones se encuentran:

- ✓ Monitoreo de Variables en Tiempo Real.
- ✓ Permitir al ingreso al servidor SCADA de archivos con datos manuales,
- ✓ Ejecutar procesos de validación de archivos de datos manuales.
- ✓ Gestionar un esquemas de alarmas configurables.
- ✓ Obtener reportes de los puntos de control.
- ✓ Efectuar Cálculos estadísticos.
- ✓ Obtener Gráficas de los datos.
- ✓ Exportar datos a archivos de planilla electrónica.

- ✓ Generar reportes asociados a los puntos de control.
- ✓ Desplegar datos de monitoreo de acuerdo a filtros.
- ✓ Exportar los datos filtrados para su uso con planilla electrónica.

La estación de monitoreo se compone de:

- Hardware de Estación
- Sistema Operativo
- Software de Monitoreo.
- Otros software de modelos hidrológicos que el cliente instale.

Al momento de la adquisición del hardware de la estación de debe considerar las características vigentes en el mercado y capacidades adecuadas a los requisitos establecidos por el proveedor del software SCADA. Se debe tener en cuenta los factores de garantía, respaldo, soporte on site, en línea y capacidad rápida de respuesta del proveedor del hardware. Tal como se indicó anteriormente, en Chile algunos que destacan con este tipo de servicios HP, IBM, Lenovo. En caso de optar por un integrador de productos regional, se debe considerar antigüedad en el mercado de al menos 5 años y compromiso de hardware de reemplazo durante todo el periodo de garantía,

Para efectos de evaluación se considera los siguientes requisitos mínimos de hardware:

- Procesador Intel Core i5 1155 de 3 Ghz o superior.
- Memoria RAM 8GB DDR3 o superior
- Disco Duro 1 Terabyte Serial ATA 3
- Adaptador de Red Gigabit Ethernet Full Duplex
- Puertos USB Frontales
- Tarjeta de Video PCIe 2048 MB
- Monitor LED 22 VGA/DVI
- Accesorios, teclado, mouse.
- Subwoofer 2.1 (alarmas)
- Fuente de Poder y gabinete de ensamble del fabricante.

La elección del sistema operativo de esta máquina está condicionado a los requerimientos recomendados por el proveedor del software de SCADA, dado que el software de monitoreo que será usado en esta estación será desarrollado utilizando las herramientas de desarrollo provistas en la Suite del SCADA. Generalmente se utiliza sistemas operativos de Microsoft, por ejemplo Windows 7 o Windows 8 en su última versión. Es importante indicar que una vez instalado el sistema operativo se debe llevar adelante el proceso de actualización de forma que la estación quede preparada para ejecutar correctamente las aplicaciones.

Con respecto al software de monitoreo, está conformado por un conjunto de aplicaciones que serán desarrolladas para cumplir con las funciones definidas para la estación.

Los costos asociados a la adquisición de equipamiento para la estación de monitoreo, son los que se describen en la Tabla 5-30.

**Tabla 5–30: Costos de adquisición de estación de monitoreo**

| Recurso   | Cantidad | Costo Unitario (\$) | Costo Total (\$) |
|---|----------|---------------------|------------------|
| Hardware Estaciones                                     | 1        | 680.000             | 680.000          |
| Sistema operativo                                       | 1        | 150.000             | 150.000          |
| Antivirus   | 1        | 25.000              | 25.000           |
| MS Office Básico  | 1        | 150.000             | 150.000          |
| UPS de respaldo 15 minutos                              | 1        | 200.000             | 200.000          |
| Instalaciones puntos de red, enchufes y Otros Servicios | 1        | 200.000             | 200.000          |
|   |          | <b>Total</b>        | <b>1.405.000</b> |

#### 5.3.1.4.5 Pantalla de Monitoreo

El sistema contará con una pantalla LED de Monitoreo de 70 pulgadas aproximadamente que deberá ubicarse en una pared en un lugar visible para la mayoría de los usuarios de la DGA que gestionan los datos provenientes del recurso hídrico. Esta pantalla debe contar con diferentes puertos de entrada (VGA, DVI-D, HDMI, RCA), el proveedor debe otorgar la garantía de fabricante de 3 años que entregan en este tipo de productos, y se incluir los elementos y cables de forma que pueda ser utilizada tanto de la Estación de Monitoreo como de los equipos de gestión.

Entre otras funciones deberá realizar lo siguiente:

- ✓ Desplegar información de variables en tiempo real.
- ✓ Desplegar el estado de los puntos de control.
- ✓ Mostrar gráficas y datos significativos.
- ✓ Informar sobre actividades y datos relacionados a la gestión.

**Tabla 5–31: Costos de Pantalla de Monitoreo**

| Recurso                          | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total      |
|----------------------------------|----------|----------------|------------------|
| Pantalla LED de 70 aprox.        | 1        | 1.600.000      | 1.600.000        |
| Instalación (Incluye Materiales) | 1        | 230.000        | 230.000          |
|                                  |          | <b>Total</b>   | <b>1.830.000</b> |

#### 5.3.1.4.6 Estación de Desarrollo y Respaldo

Se implementará además una estación de desarrollo para las distintas aplicaciones que van a ser utilizadas en el proceso de monitoreo y gestión de datos al nivel del SCADA. La estación almacenará los respaldos de los desarrollos de forma de levantar rápidamente la estación de monitoreo en aquellos casos que se produzcan eventos. Algunas de las funciones asociadas a esta máquina son las siguientes:

- Mantener software de desarrollo provisto por el proveedor de SCADA.
- Desarrollar interfaces para estación de Monitoreo.
- Desarrollar conexiones a base de datos para estaciones de gestión.
- Desarrollar interfaces para estaciones de Gestión.
- Respaldar desarrollos de interfaces.
- Desarrollar lógicas o modelos de manejo de los datos, para que queden implementados en el sistema.

La estación de desarrollo y respaldo se compone de:

- Hardware de Estación
- Sistema Operativo
- Software de Desarrollo.
- Software de Respaldo.

La implementación de esta estación permite mantener separado la explotación de los datos de las aplicaciones desarrolladas para gestionar esta explotación.

Al igual que la estación de monitoreo, se debe considerar las características vigentes en el mercado y capacidades adecuadas a los requisitos establecidos por el proveedor del software SCADA, factores de garantía, respaldo, soporte on-site, en línea y capacidad rápida de respuesta del proveedor del hardware. En Chile proveedores de equipos y servicios tales como HP, IBM, Lenovo proporcionan este tipo de garantía. En caso de optar por un integrador de productos regional, se debe considerar antigüedad en el mercado de al menos 5 años y compromiso de hardware de reemplazo durante todo el periodo de garantía,

A modo de ejemplo consideremos los siguientes requisitos mínimos de hardware:

- Procesador Intel Core i5 1155 de 3 Ghz o superior.
- Memoria RAM 8GB DDR3 o superior
- Disco Duro 1 Terabyte Serial ATA 3
- Adaptador de Red Gigabit Ethernet Full Duplex
- Puertos USB Frontales
- Tarjeta de Video PCIe 2048 MB
- Monitor LED 22 VGA/DVI, accesorios, teclado, mouse.
- Subwoofer 2.1 (alarmas)
- Fuente de Poder y gabinete de ensamble del fabricante.

La elección del sistema operativo de esta máquina está condicionado a los requerimientos recomendados por el proveedor del software de SCADA, dado que en esta máquina se ejecuta el software de desarrollo. Por lo general las suites de desarrollo de un SCADA corren sobre plataformas Microsoft, por ejemplo Windows 7 o Windows 8 en su última versión.

Es importante indicar que una vez instalado el sistema operativo se debe llevar adelante el proceso de actualización de forma que la estación quede preparada para ejecutar correctamente las aplicaciones asociadas al desarrollo.

Con respecto al software de desarrollo, corresponde al conjunto de aplicaciones que el proveedor del sistema SCADA provee en conjunto con el software de servidor.

Por otra parte como software de respaldo, se considera utilizar las herramientas provistas por el sistema operativo o aplicaciones de respaldo abiertas como por ejemplo Zmanda.

Los costos asociados a la adquisición de equipamiento para la estación de monitoreo, son los que se describen en la Tabla 5-32.

**Tabla 5–32: Costos de adquisición de estación de desarrollo y respaldo**

| Recurso   | Cantidad | Costo Unitario (\$) | Costo Total (\$) |
|---|----------|---------------------|------------------|
| Hardware Estaciones                                     | 1        | 680.000             | 680.000          |
| Sistema operativo                                       | 1        | 150.000             | 150.000          |
| Antivirus   | 1        | 25.000              | 25.000           |
| Software de Desarrollo                                  | 1        | 0                   | 0*               |
| MS Office Básico  | 1        | 150.000             | 150.000          |
| UPS de respaldo 15 minutos                              | 1        | 200.000             | 200.000          |
| Instalaciones puntos de red, enchufes y Otros Servicios | 1        | 200.000             | 200.000          |
|   |          | <b>Total</b>        | <b>1.605.000</b> |

(\*) El costo del software de desarrollo aparece en 0 dado que el software se incluyó junto a los costos del servidor SCADA.

#### 5.3.1.4.7 Firewall de Interfaz entre sistema SCADA y Sistema de Gestión

Se incluye en la solución la instalación de un firewall que opere como interfaz de control acceso entre la red SCADA y la red del sistema de gestión. La función de este equipo es prevenir de accesos no autorizados desde la red del MOP. Cualquier enrutador (home Router) que considere filtrado MAC al nivel de capa de enlace del modelo OSI puede servir para esta función

**Tabla 5–33: Costos de Firewall**

| Recurso                     | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total |
|-----------------------------|----------|----------------|-------------|
| Firewall de interfaz.       | 1        | 50.000         | 50.000      |
| Instalación y configuración | 1        | 40.000         | 40.000      |

#### 5.3.1.5 Red de Gestión Administrativa de datos

La red administrativa de gestión administrativa de datos conforma un entorno desde el cual los usuarios acceden a los datos almacenados en el servidor de datos histórico a partir de solicitudes efectuadas por los usuarios de gestión mediante las diferentes aplicaciones de software.

Los componentes que encontramos en esta red son los siguientes:

- Servidor de Interfaz y Gestión
- Equipos de Gestión para Usuarios
- Red de área local del sistema de gestión.

##### 5.3.1.5.1 Servidor de Interfaz y Gestión

El servidor de datos interfaz y gestión es un equipo que cumple la función de contener aplicaciones en un ambiente independiente del área de captura y procesos del SCADA, que pueden ser ejecutadas por cualquier usuario con privilegios con privilegios de acceso y ejecución. Algunas de las funciones a llevar a cabo en este servidor son:

- Controlar el acceso de usuario de acuerdo a una política de control.
- Recuperar datos del sistema SCADA y dejarlos disponibles en el ambiente gestión.
- Incluir estándar de acceso a las bases de datos abierta de forma que se pueda acceder a los datos almacenados desde cualquier aplicación (el fin lo define DGA regional).
- Exportar los datos filtrados a formato de valores separados por coma (CSV) para que puedan ser utilizados por aplicaciones tales como planillas electrónicas, procesadores de texto, generadores de informes. Recuperados desde el SCADA, con consulta a la base de datos.
- Ejecutar servicios de envío de datos al BNA a partir de los datos contenidos en el sistema SCADA, previa validación.

- Ejecutar servicios de envío de datos para Monitoreo Remoto Plataforma Web.
- Capacidad para cargar aplicaciones de terceros tales como software de modelamiento de la DGA.
- Envío de correos automáticos de alertas. A partir de datos del SCADA.

El servidor de Datos Interfaz y gestión está conformado por los siguientes componentes:

- Hardware de Servidor
- Sistema Operativo
- Software de Interfaz y Gestión.

Este equipo tiene que soportar funcionamiento continuo e ininterrumpido, por lo que hay que considerar las características vigentes en el mercado al momento de la adquisición. Se debe tener en cuenta los factores de garantía, respaldo, soporte on site, en línea y capacidad rápida de respuesta del proveedor del hardware. Tal como se indicó anteriormente, en Chile algunos que destacan con este tipo de servicios HP, IBM y la nueva línea server Lenovo.

- ✓ A modo de ejemplo consideremos los siguientes requisitos mínimos de hardware:
- ✓ Procesador Intel Xeon Quadcore 3.1 Ghz
- ✓ Memoria RAM 8 GB UDIMM
- ✓ Capacidad de Disco Duro Duro 1 TB Serial ATA Hot-plug
- ✓ Controladora con soporte RAID 0/1/1+0
- ✓ 2 Adaptador de Red Gigabit Ethernet Full Duplex
- ✓ puertos SATA internos para discos
- ✓ Salidas I/O: 4 puertos USB, 1 puerto Serial, Salida VGA
- ✓ Gabinete con Refrigeración.
- ✓ Monitor LED 22 VGA
- ✓ Teclado, Mouse Optico
- ✓ UPS con autonomía de 15 minutos aprox.

El sistema operativo está condicionado por los requerimientos de software del proveedor del software de Gestión de bases de datos (DBMS) que se vaya a instalar, por lo general los sistemas de bases de datos operan bajo software Microsoft Windows 2003, 2008, 2012 server.

El software de Gestión de Bases de Datos, tiene por función contener una base de datos operacional del sistema de gestión, de forma de efectuar una interfaz entre los datos del sistema SCADA con los datos que utilizarán los usuarios de la DGA en los procesos de gestión. En el mercado existen diversas alternativas de sistemas de gestión de bases de datos, algunas propietarias como el caso de SQL Server, Oracle y otras de código abierto como PostgreSQL y MySQL, Para interactuar con el sistema SCADA este servidor debe estar provisto de diferentes controladores de datos que sirvan de interfaz de acceso a los datos del sistema SCADA, por ejemplo, se debe considerar ODBC, JDBC con los drivers del sistema de gestión que se vaya a utilizar, el costo asociado al Servidor de Datos Históricos se refleja en la Tabla 5-34.

**Tabla 5–34: Costos asociados al servidor de gestión**

| Recurso                            | Cantidad | Costo Unitario | Costo total estimado |
|------------------------------------|----------|----------------|----------------------|
| Sistema Operativo Servidor         | 1        | 450.000        | 450.000              |
| Software Servidor de Base de Datos | 1        | 0              | 0 *                  |
| Software Antivirus y Firewall      | 1        | 25.000         | 25.000               |
| Hardware Servidor                  | 1        | 1.200.000      | 1.200.000            |
| UPS de respaldo 15 minutos         | 1        | 200.000        | 200.000              |
| Gabinete para montaje servidor     | 1        | 250.000        | 250.000              |
| Instalación y otros servicios      | 1        | 250.000        | 250.000              |
| <b>Total</b>                       |          |                | <b>2.375.000</b>     |

(\*) Se considera un servidor de base de datos (DBMS) de código abierto disminuyendo el costo del DBMS pero aumentando el costo del recurso instalación. Y se aprovecha la base de datos suministrada por el SCADA.

#### 5.3.1.5.2 Equipos de Gestión (Para Usuarios)

La solución considera la implementación de dos estaciones de gestión. La finalidad de estos equipos es acceder a los diferentes aplicativos de gestión que estarán disponibles en una plataforma web y permitir la gestión de los datos usando herramientas tradicionales, tales como planillas electrónicas y procesadores de texto, correo electrónico, etc. Las funciones a realizar en estos equipos son:

- Obtener datos desde el sistema de gestión.
- Gestionar los datos utilizando aplicaciones tales como planillas electrónicas, procesadores de texto, software de presentación.
- Generar diferentes tipos de reportes a partir de los datos del servidor de interfaz y gestión.

Las estaciones a utilizar son las mismas que actualmente dispone el personal de la DGA Atacama. Por lo cual no involucra costos asociados a la implementación del sistema.

#### 5.3.1.5.3 Red de área local del sistema de gestión.

Se utilizará la actual red de área local de MOP que opera en el recinto donde funciona la DGA Atacama, por lo cual no se considera mayor inversión en este tema. Para los fines que los datos van siendo subidos a la aplicación, registrados en el servidor de bases de datos, ingreso al BNA y disponibilidad diaria en una aplicación web, se utilizará el enlace de banda ancha disponible en la misma red y el firewall asociado a la red.

### 5.3.1.6 Red de acceso remoto y servicios web

El software de aplicación se instalará en el servidor local y a la vez otra parte del manejo de datos se considera instalar en un servicio de Hosting remoto para uso exclusivo de los usuarios de la DGA Atacama destinado solamente a la función de tránsito y registro temporal de los datos recopilados en terreno, y también para visualización remota.

El sistema permitirá mantener una biblioteca virtual con aplicaciones asociadas a la gestión. La idea de esta plataforma que los recopiladores de datos tengan disponible un sistema de entrega que funciona las 24 horas del día, los 7 días de la semana. También un segundo objetivo es disponer de los datos para monitoreo desde cualquier terminal que disponga de internet.

Es muy importante señalar que en el Hosting remoto no se guardarán datos ni archivos históricos con contenido propio de la DGA, puesto que solo tendrá herramienta de conectividad e interfaz, de modo que los usuarios a través de internet puedan descargar reportes de datos y visualizar variables en tiempo real. A modo de ejemplo cuando un usuario desde un teléfono efectúe una consulta por datos meteorológicos, las herramientas instaladas en el Hosting remoto, harán la consulta al servidor de histórico de la DGA y este devolverá los datos solicitados y en este proceso las herramientas del Hosting entregarán los datos al usuario.

Respecto al servicio web de la plataforma se considera las siguientes funcionalidades:

- Permitir la ejecución del software asociado a la carga y descarga de archivos.
- Permitir la ejecución de software de tránsito y visualización de datos.
- Disponer del sistema de gestión de base de datos, que efectúe las consultas al servidor de la DGA.
- Disponer del sistema de servicio web con herramientas gráficas.
- Disponer de Panel de Control, para cambios de diseño y modificaciones de las páginas web.
- Servicio de actualización vía ftp y http.
- Disponer de espacio de 1GB o superior en la nube (internet).

Para el Hosting, se recomienda un contrato renovable de 2 años mediante un proveedor de servicios que garantice continuidad del nivel de servicio y soporte vía ticket y telefónico. Además se recomienda el contrato de un Soporte Técnico para el Software que se mantendrá operativo en la web.

La función de la plataforma web es compartir la información del sistema de gestión, que es útil para los usuarios de la DGA de Atacama y que requiere ser accedida fuera de las instalaciones desde cualquier ubicación con acceso a Internet. En la Figura siguiente se presentan los costos por el hosting, los relacionados con el desarrollo de páginas web se incluyó junto con los costos de software (ver puntos siguientes).

**Tabla 5–35: Costos de la Plataforma de datos y conexión a la Web**

| Ítem                                    | Costo mensual estimado (\$) | Costo Anual (\$) |
|---|-----------------------------|------------------|
| Servicio de Hosting y Nombre de Dominio | 15.000                      | 180.000          |
| Soporte Software Web                    | 10.000                      | 120.000          |
| <b>Total Mensual Plataforma Web</b>     | <b>25.000</b>               | <b>300.000</b>   |

### 5.3.2 Software de Desarrollo y Aplicativos

La solución involucra diferentes elementos que intervienen tanto para el desarrollo como para la explotación de los datos. Estos elementos involucran desde aplicaciones que vienen integradas a los sistemas operativos como a aplicaciones que deben ser desarrolladas considerando los diferentes requerimientos de gestión de los datos.

Por eso al momento de desarrollar el software hay que tener presente diversas consideraciones que van desde el enfoque de desarrollo hasta las características que definen los aplicativos que se usarán para la gestión. Por ello se proporcionará una vista de estos elementos de forma que se tengan en cuenta cuando proceda su implementación.

#### 5.3.2.1 Modelo de desarrollo

El desarrollo de software tiene que efectuarse considerando elementos que permitan conectividad abierta de bases de datos (ODBC, JDBC) de forma de proporcionar acceso a datos en un entorno heterogéneo donde intervienen desde programadores hasta usuarios,

El desarrollo debe estar basado en una arquitectura de desarrollo de tres capas que garantice un desarrollo ordenado e incremental, que permita una explotación segura y confiable de los datos. Esta arquitectura consta de tres capas: presentación, negocio y datos:

- Capa de presentación: Corresponde a la parte del software que ve y utiliza el usuario tanto para digitar datos al sistema como para obtener información en diversas formas. Dado que la conforman páginas web, deben ser entendibles y fáciles de usar, además de incorporar elementos de comprobación de filtrado y corrección de errores.
- Capa de negocio: Consiste de procesos que reciben peticiones desde las páginas web de usuario (interfaces), canaliza las consultas a la base de datos y envían respuestas al usuario. Contiene la lógica del negocio, dado que a este nivel deben programarse las reglas que deben cumplirse. Esta capa se comunica con la capa de presentación, para recibir las solicitudes y presentar los resultados, y con la capa de datos, para solicitar al gestor de base de datos almacenar o recuperar datos de él.

- Capa de datos o capa de acceso a datos: es la encargada de acceder a los datos de negocio. Esta capa realiza todo el almacenamiento de datos, recibe solicitudes de almacenamiento o recuperación de información desde la capa de negocio.

Entre las ventajas que tiene utilizar esta arquitectura de programación se encuentran las siguientes:

- Se puede realizar desarrollo en paralelo de varios módulos del sistema.
- El soporte y mantenimiento de los módulos de software es más sencillo.
- Es flexible admite la incorporación de nuevos módulos.
- Es escalable, la incorporación de nuevos módulos es sencilla.
- Se puede mantener el funcionamiento del sistema aun cuando se encuentren realizando modificaciones al nivel de los datos.

**Figura 5-7: Componentes de la arquitectura de desarrollo en tres capas**



### 5.3.2.2 Recurso Humano

En la solución intervienen diferentes recursos humanos, por ejemplo tenemos a los desarrolladores del software, el soporte técnico, usuarios especialistas y los usuarios de gestión. El recurso humano interviene en la solución en diferentes formas, se clasificar como sigue:

- Desarrolladores
- Usuarios del Sistema
- Soporte Técnico

#### 5.3.2.2.1 Desarrolladores

Los desarrolladores tienen la finalidad de construir las diferentes aplicaciones para el acceso y gestión de los datos que el sistema obtiene en tiempo real. A este nivel encontramos desarrolladores al nivel SCADA y al nivel de gestión.

El recurso humano de desarrollo al nivel de SCADA tiene que poseer amplia experiencia en proyectos de automatización y control Industrial, además los integrantes del equipo de

desarrollo deben poseer experiencia en configuración de software de control de plantas, manejo de redes industriales, PLC, HMI, SCADA, etc.

El recurso humano de desarrollo al nivel del servidor de interfaz y gestión y web, tiene que poseer conocimiento demostrable en desarrollo de aplicaciones de gestión de bases de datos operaciones, desarrollo usando tecnologías modernas tales como PHP, .NET, Java, Java Web, javascript, web services, JQuery, XML, etc. Además debe poseer experiencia en la construcción de aplicativo usando las API de google Earth para el despliegue de información sobre mapas.

#### 5.3.2.2.2 Usuarios Especialistas

Tiene por finalidad interactuar con la estación de monitoreo y la estación de desarrollo y respaldo. Son usuarios de la DGA que tienen la capacidad de implementar soluciones de gestión de datos al nivel SCADA e interpretar los datos procedentes de las soluciones implementadas. Tienen acceso a los sistemas de captura de datos en tiempo real por lo que deben estar debidamente capacitados para ese fin. Los usuarios especialistas tienen la capacidad de efectuar gestión de los datos directamente de la red SCADA.

#### 5.3.2.2.3 Usuarios de Gestión de Datos

Son usuarios de la DGA que pueden acceder a la gestión de los datos tanto en el servidor de interfaz y gestión como en la plataforma web.

En este nivel se encuentran los siguientes usuarios:

- Usuario DGA Administrador
- Usuario DGA Local
- Usuario DGA Remoto

El “Usuario DGA Administrador” tiene por función administrar los componentes y funciones del software de gestión, por ejemplo: agregar nuevas cuentas de usuarios al sistema de gestión, autorizar la publicación de documentos, parametrizar el sistema, etc.

La función del “Usuario DGA Local” es la de utilizar el software de la capa de presentación para acceder a los datos que quedan almacenados en el sistema de gestión de base de datos disponible localmente y en Internet.

El “Usuario DGA Remoto”, es un usuario que puede subir archivos y publicar datos una base de datos operacional contenida en un servidor web, es el usuario que puede subir información recolectada en forma manual, en aquellos casos que por algún motivo no sea posible ingresar la información en los sistemas dispuestos en las instalaciones de la DGA Atacama. Además quienes tengan asignado este rol, pueden consultar información de monitoreo desde la plataforma web.

#### 5.3.2.2.4 Soporte Técnico

El soporte técnico es el recurso humano que cumplirá la función de mantener funcionando los sistemas de forma que puedan proporcionar información de manera continua, la plataforma de gestión, esta función

### 5.3.2.3 *Software de desarrollo*

#### 5.3.2.3.1 Software de desarrollo SCADA

Consiste de herramientas de desarrollo que tienen que venir incorporadas a la suite SCADA que se haya decidido utilizar. Consiste en un conjunto de herramientas que permiten desarrollar pantallas de monitoreo y control. Es importante considerar herramientas que sean de fácil uso, que permitan desarrollo rápido, posean facilidades para el desarrollo rápido y eficiente de gráficos y facilidad para la integración con dispositivos y sistemas de datos.

#### 5.3.2.3.2 Software de desarrollo para la gestión administrativa

Consiste en una plataforma y herramientas de desarrollo que permiten construir aplicativos de gestión de datos para la plataforma web y también para el servidor de interfaz y gestión.

La plataforma para el desarrollo, se puede utilizar tanto el Internet Information Server (IIS) como el servidor Apache. La función de esta plataforma es ejecutar las aplicaciones y entregar resultados a partir de peticiones desde clientes web instalados en diferentes equipos de los usuarios de gestión de datos.

Con las herramientas de desarrollo se construyen diferentes aplicativos de gestión, estas permiten elaborar los programas que se ejecutarán sobre la plataforma. Entre las herramientas más populares se encuentran Java Web, PHP.

### 5.3.2.4 *Sistema de Gestión de Bases de Datos*

La solución contempla tres sistemas de gestión de bases de datos, al nivel de la red SCADA, operacional al nivel de interfaz y gestión, y uno para la plataforma web.

#### 5.3.2.4.1 Sistema de gestión de bases de datos SCADA

El sistema de gestión de bases de datos SCADA viene incluido a la suite SCADA, de forma que pueda operar eficientemente con los requerimientos de datos procedentes del servidor SCADA. Generalmente corresponden a especializaciones de Microsoft SQL Server o SQL Server de Oracle.

#### 5.3.2.4.2 Sistema de gestión de bases de datos operacional (DBMS)

Este sistema se instala en el servidor de interfaz y gestión y debe canalizar adecuadamente solicitudes y respuestas de consultas de datos procedentes del software de gestión. Al nivel de mercado se encuentran disponibles soluciones tales como SQL Server, MySQL, PostgreSQL, SQLite, etc. Todas ellas con muy buenos resultados y tiempos de respuesta. La selección del DBMS a instalar debe estar orientada por factores tales como la documentación, la existencia de soporte técnico, las características del software que se va a implementar.

#### 5.3.2.4.3 Sistema de gestión de bases de datos plataforma Web

Este software viene incluido en el servicio de hosting que se utilice para alojar las aplicaciones que se ejecutaran en internet, por lo que la mantención y el soporte es responsabilidad de dicho proveedor. De esta forma hay que tener en cuenta al momento de la selección del proveedor cual es el DBMS que proporcionan y verificar que este sea apropiado para las aplicaciones que se van a desarrollar.

### 5.3.2.5 *Aplicaciones de Software de la Solución*

#### 5.3.2.5.1 Aplicaciones al nivel de SCADA

Las aplicaciones que se desarrollarán al nivel de SCADA tiene por función permitir la interacción entre el sistema de captura de datos y los usuarios especialistas, de forma que se puedan capturar, almacenar, recuperar los datos correctamente y realizar con ellos diferentes procesos asociados a la gestión especialista. Las funciones se describe a continuación.

##### a. Software para Ingresar archivos con datos manuales

Esta componente de software permite ingresar a la base de datos del sistema SCADA archivos con datos procedentes de capturas manuales. Los pasos asociados al código son los siguientes:

- El usuario especialista accede a la funcionalidad “Ingresar archivos manuales”
- El sistema SCADA despliega una pantalla que permite leer el archivo.
- El usuario especialista ubica el archivo desde el dispositivo que lo contiene.
- El usuario especialista completa los parámetros que se puedan requerir.
- El usuario selecciona leer archivo.
- El sistema realiza las validaciones (establecidas por la DGA Atacama)
- Si hay problemas en el proceso de validación, informa al usuario.
- Si los datos contenidos superan la validación se almacenan los datos contenidos
- Se genera una anotación indicando los parámetros asociados, datos de control, punto de control, fecha, hora y ubicación del archivo en disco
- El sistema almacena los datos siguiendo los parámetros indicados.

b. Software para ingreso de variables no automatizadas

La funcionalidad de este software es permitir el ingreso de variables no automatizadas. El procedimiento de funcionamiento es el siguiente:

- El usuario especialista con privilegios de ingreso de variables no automatizadas accede a la opción “Agregar Datos No Automatizados”.
- El sistema despliega un formulario que permite seleccionar el tipo de variable a ingresar, la fecha de registro y un botón “Ingresar”.
- El usuario especialista selecciona el tipo de variable, ingresa la fecha y selecciona el botón “Ingresar”.
- El sistema despliega un formulario que le permite ingresar los valores de medición.
- El usuario especialista ingresa los valores y selecciona una opción “Grabar”.
- El sistema valida los datos, si están correctos envía los datos al sistema de gestión de base de datos para que los datos sean almacenados. En caso de error informa al usuario.
- El sistema obtiene el resultado del proceso informado por el sistema de gestión e informa al usuario el resultado del proceso.

c. Software de validación de datos manuales

La funcionalidad de este software es validar los datos agregados al sistema. El procedimiento de funcionamiento es el siguiente:

- El usuario especialista selecciona la opción “Validar datos”
- El sistema despliega un formulario que contiene una lista desplegable con los archivos subidos y un botón “Validar”.
- El usuario especialista selecciona un archivo desde la lista y selecciona validar.
- El sistema de gestión aplica el algoritmo de validación correspondiente.
- El sistema de gestión envía los datos al sistema de gestión de base de datos.
- El sistema recupera el resultado de la operación e informa al usuario del éxito del proceso.

d. Software para monitoreo de variables en tiempo real

Esta componente de software permite monitorear las variables en tiempo real, los pasos son los siguientes:

- El usuario especialista accede a la funcionalidad “monitoreo en tiempo real”
- El sistema despliega una pantalla que contiene un mapa con la ubicación de los diferentes puntos de control.
- El sistema ubica en el mapa los diferentes puntos de control y presenta su estado actual. Por ejemplo si se encuentra activo, inactivo, etc.
- El usuario especialista selecciona un punto de control.
- El sistema despliega los valores en tiempo real del punto seleccionado.

e. Software para emitir reportes del punto de control

Esta componente de software permite obtener reportes del punto de control de acuerdo a requerimientos del usuario:

- El usuario especialista accede a la funcionalidad “Emitir reportes de un punto de control”.
- El usuario especialista selecciona el punto de control.
- El usuario especialista selecciona el tipo de reporte (definidos por la DGA Atacama)
- El sistema solicita los parámetros asociados al reporte.
- El usuario especialista completa los parámetros y selecciona emitir.
- El sistema despliega el reporte.
- El usuario especialista decide si imprime o sólo lo visualiza por pantalla.

f. Software para desplegar datos de monitoreo de acuerdo a filtros

Esta componente de software permite al usuario especialista desplegar en pantalla datos de monitoreo usando diversos filtros. El funcionamiento es el siguiente:

- El usuario especialista accede a la funcionalidad “Desplegar datos de monitoreo”.
- El sistema despliega una pantalla que solicita el tipo de despliegue deseado, por ejemplo si va a filtrar por variable o punto de control.
- El usuario selecciona el tipo de despliegue.
- El sistema solicita el tipo de filtro y los parámetros asociados a este.
- El usuario especialista anota los parámetros solicitados y selecciona desplegar.
- El sistema muestra una pantalla donde aparecen los datos solicitados.
- El sistema incluye un botón de exportar incluido en la pantalla anterior.
- El usuario puede exportar los datos a formato de planilla electrónica.

g. Software para efectuar cálculos estadísticos.

Esta componente permite efectuar y aplicar cálculos estadísticos sobre los datos de la base de datos del sistema SCADA, el funcionamiento es el siguiente:

- El usuario especialista accede a la funcionalidad “Cálculos estadísticos”.
- El sistema despliega las opciones y parámetros asociados a la funcionalidad (por ejemplo interpolar).
- El usuario especialista selecciona el estadístico, anota los parámetros y selecciona aplicar.
- El sistema aplica el estadístico obtenido y despliega los resultados si procede.

h. Software para graficar datos

Esta funcionalidad permite el despliegue de datos de acuerdo a variables o puntos de control, la funcionalidad asociada es la siguiente:

- El usuario especialista accede a la funcionalidad “Graficar datos”
- El sistema solicita el tipo de información que desea graficar.
- El usuario especialista selecciona el tipo de información a graficar.
- El sistema solicita mediante parámetros el nivel de detalle de la gráfica a efectuar (días, meses, etc)
- El usuario especialista indica los niveles y completa los parámetros.
- El sistema despliega el gráfico de acuerdo a los parámetros indicados.

#### 5.3.2.5.2 Aplicaciones al nivel de servidor de interfaz y gestión

Al nivel del servidor de interfaz y gestión se debe llevar a cabo distintas funcionalidades asociadas a la gestión de datos al nivel administrativo. Estas aplicaciones son utilizadas por los usuarios de gestión de datos. Las funcionalidades del software se explican a continuación.

##### a. Software para el control de accesos

La funcionalidad de este software es controlar el acceso a la plataforma de gestión, por ello consta de dos vistas diferentes, una desde la perspectiva del administrador y la otra desde la perspectiva del usuario.

Desde la perspectiva del Usuario DGA Local se ejecutan los siguientes pasos:

- El usuario accede a un enlace directo denominado “Software Intranet DGA”
- Se abre un navegador con una interfaz que solicita el nombre de usuario y la contraseña.
- El usuario digita sus datos y selecciona un botón “Ingresar”.
- El sistema valida los datos ingresados si no están completos o fuera de formato los vuelve a solicitar.
- Si los datos están correctos envía una consulta SQL a la Base de Datos.
- El Sistema Administrador de Base de Datos verifica los datos y devuelve un registro.
- El Sistema de Gestión analiza el registro devuelto, si los datos están correctos habilita el acceso a las diferentes opciones. Si los datos están erróneos envía un mensaje de error.

Para agregar nuevos usuarios al sistema se debe realizar un procedimiento desde la perspectiva del administrador de usuarios, el cual es un funcionario de la DGA con privilegios para la creación de Usuarios. El procedimiento que se realiza es el siguiente:

- Un Usuario DGA con privilegios de creación de usuarios accede al módulo de gestión de usuarios mediante la opción “Agregar Usuarios”.
- El sistema despliega un formulario que contiene dos cuadros de texto, uno llamado “Usuario”, el segundo “Contraseña” y una lista desplegable llamada “Nivel de Acceso”.
- El Usuario DGA digita los datos solicitados y selecciona un botón “Agregar”

- El sistema valida los datos si están incompletos o erróneos, informa al usuario mediante un mensaje de error y si están correctos, envía una consulta SQL a la Base de Datos para insertar los datos.
- El sistema recupera el resultado de la consulta SQL, e informa del éxito o error del procedimiento.

Para bloquear el acceso a usuarios, se debe realizar el siguiente procedimiento:

- Un Usuario DGA con privilegios de bloqueo de usuarios accede al módulo de gestión de usuarios mediante la opción “Bloquear Usuarios”.
- El sistema despliega un formulario que contiene una planilla donde aparece una lista de los usuarios del sistema y un botón “bloquear”.
- El usuario DGA con privilegios selecciona el nombre del usuario y luego el botón bloquear.
- El sistema despliega un mensaje de que el usuario ha sido bloqueado.

Para desbloquear un usuario, el proceso es el siguiente:

- Un Usuario DGA con privilegios de bloqueo de usuarios accede al módulo de gestión de usuarios mediante la opción “Desbloquear Usuarios”.
- El sistema despliega un formulario que contiene una planilla donde aparece una lista de los usuarios del sistema y un botón “bloquear”.
- El usuario DGA con privilegios selecciona el nombre del usuario y luego el botón desbloquear.
- El sistema despliega un mensaje de que el usuario ha sido desbloqueado.

#### b. Software de recuperación de datos desde SCADA

La funcionalidad de esta componente de software es obtener los datos almacenados en el servidor histórico y almacenarlos en una base de datos de gestión para su utilización en el ambiente de gestión administrativa. Los pasos que utiliza este software son los siguientes:

- Un usuario con privilegios accede a la funcionalidad “recuperar datos desde scada”
- El sistema despliega una pantalla que solicita parámetros asociados a la recuperación de datos.
- El usuario completa los parámetros solicitados y selecciona recuperar datos.
- El sistema conecta a la base de datos histórica, obtiene los datos y los almacena en la base de datos del DBMS de gestión operacional.
- El sistema informa del resultado de la operación anterior.

#### c. Software para obtener datos en formatos de planilla electrónica

Esta componente de software permite obtener datos desde el servidor histórico y dejarlos disponibles en un archivo compatible con planilla electrónica. Los pasos asociados a esta componente de software son los siguientes:

- El usuario accede a la funcionalidad “Recuperar datos históricos”.

- El sistema despliega una pantalla que solicita parámetros y filtros asociados a la recuperación de datos.
- El usuario anota los parámetros y configura los filtros y selecciona obtener.
- El sistema se conecta con el servidor histórico, recupera los datos y los almacena para su uso temporal.
- El sistema incluye un botón de exportar incluido en la pantalla anterior.
- El usuario puede exportar los datos a formato de planilla electrónica.

d. Software para envío de datos al BNA

Esta componente de software permite solicitar datos al servidor histórico y preparar archivos para su envío al BNA. Los pasos asociados son los siguientes:

- Un usuario con privilegios accede a la funcionalidad “Envíos a BNA”
- El sistema despliega una pantalla que solicita los datos asociados al envío que se desea efectuar.
- El usuario configura los parámetros asociados a los datos a enviar y selecciona la opción de recuperar datos.
- El sistema recupera los datos del servidor histórico SCADA, los formatea de acuerdo a los requerimientos de BNA y los almacena en una carpeta para envíos.
- El sistema valida el archivo generado.
- El sistema envía el archivo automáticamente si ha sido configurado el envío automático y genera un registro en el sistema que contiene datos asociados al envío.

En el caso de que el envío se realice en forma manual, el sistema, los pasos alternativos son:

- El usuario accede a la funcionalidad “Efectuar envíos”
- El sistema despliega una pantalla que solicita el archivo a enviar.
- El usuario selecciona el archivo
- El usuario selecciona enviar archivo
- El sistema valida el archivo.
- El sistema envía el archivo y genera un registro en el sistema que contiene datos asociados al envío.

e. Software para subir datos a plataforma Web.

Esta componente de software permite subir datos a la plataforma web para que los usuarios remotos puedan acceder a información actualizada en Internet.

- Un usuario con privilegios accede a la funcionalidad “Envíos a Web”
- El sistema despliega una pantalla que solicita los datos asociados al envío que se desea efectuar.
- El usuario configura los parámetros asociados a los datos a enviar y selecciona la opción de recuperar datos.
- El sistema recupera los datos del servidor histórico SCADA, efectúa una consulta de inserción de datos en la base de datos del hosting web.

- El sistema genera un registro en el sistema que contiene datos asociados al envío web.

f. Software de descarga de archivos

Esta componente de software permite descargar archivos desde la plataforma web y mantener un registro de las operaciones. Los pasos asociados a esta funcionalidad son:

- El sistema consulta en la plataforma web si existen archivos para descarga.
- Si existen archivos los descarga y los almacena en una carpeta de Archivos Descargados para SCADA y realiza un registro de la operación realizada.

g. Consultar el estado de envíos al BNA

Esta parte del software permite realizar consultas sobre los envíos de datos efectuados por sistema al BNA. Los pasos a seguir son:

- Un Usuario con privilegios, selecciona la funcionalidad “Consultar estado de envíos”
- El sistema despliega una pantalla que permite filtrar por fecha los envíos.
- El usuario selecciona los filtros.
- El sistema despliega los datos solicitados.

#### 5.3.2.5.3 Software al nivel de plataforma web

El software al nivel de plataforma web debe permitir a los usuarios remotos desarrollar funciones de monitoreo y almacenamiento de archivos en aquellos casos que no se pueda entregar los archivos de de captura de datos que han sido efectuados en forma manual en terreno. A continuación se describe software que debe contener la plataforma web

a. Software de carga de archivos

Ésta parte del software debe permitir el almacenamiento en web de archivos de datos para su posterior recuperación y traspaso en forma manual al servidor SCADA. Los pasos asociados a esta funcionalidad son:

- Un usuario con privilegios accede a la funcionalidad “Subir Archivos de Captura”
- El sistema despliega una interfaz que permite seleccionar el archivo y registrar datos asociados al archivo que se desea subir ( punto de control, fechas, horas, etc)
- El usuario completa los datos, selecciona el archivo y luego la opción subir.
- El sistema sube el archivo y realiza un registro en la base de datos de la plataforma web anotando los datos asociados a la carga de archivos.
- El sistema informa del éxito de la operación.

b. Consultar estado de cargas y descargas

Esta componente de software permite consultar el estado de las cargas y descargas. Los pasos asociados a esta funcionalidad son:

- Un usuario con privilegios accede a la plataforma web y selecciona “Consultar estado de Archivos de datos en web”.
- El sistema despliega una pantalla que muestra un historial con los datos asociados a los archivos que han sido almacenados en plataforma web para su descarga.

c. Desplegar datos de monitoreo remoto.

Esta componente permite obtener los datos de monitoreo de un determinado punto de control. Los pasos asociados a esta funcionalidad son:

- Un usuario con privilegios accede a la opción de monitoreo remoto.
- El sistema despliega un filtro para selección del punto de control y fechas.
- El usuario aplica los filtros y selecciona consultar.
- El sistema despliega una pantalla que contiene los datos solicitados.

d. 4.2.5.3.4 Software para para subir documentos a Biblioteca Virtual

La funcionalidad de este software permitir el acceso a documentación relacionada con el recurso hídrico. El procedimiento para subir documentos de funcionamiento es el siguiente:

- El usuario DGA con privilegios selecciona la opción “Agregar Documentos a la Biblioteca Virtual”.
- El sistema de gestión despliega un formulario que contiene un cuadro de texto, un botón “Buscar”.
- El usuario DGA selecciona el archivo desde el directorio del computador local y luego selecciona el botón “Subir”.
- El sistema de gestión completa el formulario anterior agregando como título el nombre del archivo y coloca cuadro para la descripción del documento y el tema.
- El usuario DGA asigna el nombre del archivo, anota la descripción, tema y selecciona el botón “Guardar”.
- El sistema de gestión almacena en el servidor el archivo, lo deja disponible para ser consultado e informa al usuario del éxito del procedimiento.

e. 4.2.5.3.5 Software para consultar documentos en Biblioteca Virtual

La funcionalidad de este software permitir el acceso a documentación relacionada con el recurso hídrico. El procedimiento para subir documentos de funcionamiento es el siguiente:

- El usuario DGA selecciona la opción “Consultar Documentos a la Biblioteca Virtual”.
- El sistema de gestión despliega una página web configurable de forma que el usuario pueda revisar los distintos documentos por temas, títulos o descripción.

#### 5.4 COSTOS ASOCIADOS AL SOFTWARE

La siguiente tabla, refleja el costo total asociado a los módulos descritos en los puntos anteriores:

**Tabla 5–36: Costos asociados al Software Aplicativo (Moneda de enero 2014)**

| Ítem   | Cantidad | Costo Unitario (\$) | Costo total estimado (\$) |
|--|----------|---------------------|---------------------------|
| Actividades de Análisis, diseño, programación, implementación en al nivel de SCADA<br>(Incluye su capacitación Vendor) | 1        | 25.000.000          | 25.000.000                |
| Actividades de Análisis, diseño, programación, implementación en al nivel de Interfaz y Gestión.                       | 1        | 10.000.000          | 10.000.000                |
| Actividades de diseño, programación, implementación de aplicaciones en la web.   | 1        | 15.000.000          | 15.000.000                |
| Licenciamiento de software de desarrollo.<br>(Nota: Licencias que no son del SCADA)                                    | 1        | 10.000.000          | 10.000.000                |
| Manuales de Usuario, operación y mantenimiento del sistema   | 1        | 10.000.000          | 10.000.000                |
| Capacitación a personal de la DGA en desarrollo de utilidades<br>(Nota: Capacitaciones que no cubre el SCADA)          | 1        | 5.000.000           | 5.000.000                 |
|  |          | <b>Total</b>        | <b>75.000.000</b>         |

## 5.5 COSTOS DE ALTERNATIVA OPERACIÓN AUTOMATIZADA

A continuación se presentan las tablas que resumen los costos asociados a la implementación de monitoreo automatizado de los distintos parámetros en la Cuenca del Río Copiapó, de acuerdo a los antecedentes antes detallados. Estos costos se organizan en las categorías de inversión, mantención y operación.

**Tabla 5–37: Resumen de costos (moneda de enero 2014)**

| <b>Costos de Inversión Total (\$)</b>   |                    |
|---|--------------------|
| <b>Concepto</b>   | <b>Total</b>       |
| Equipos de Gestión (Estación de Monitoreo)  | 1.405.000          |
| Pantalla Gigante de Monitoreo   | 1.830.000          |
| Red Aguas Subterráneas  | 100.305.405        |
| Red de Calidad del Agua   | 2.177.288          |
| Red Fluviométrica   | 14.848.938         |
| Red Meteorológica   | 38.359.200         |
| Equipos Com. Puntos Remotos   | 37.038.924         |
| Equipo de Bajada GPRS   | 905.824            |
| Dispositivos de interconexión   | 950.000            |
| Servidor SCADA  | 7.655.000          |
| Servidor de datos Históricos  | 2.825.000          |
| Estación de Desarrollo y respaldo   | 1.605.000          |
| Firewall de Seguridad   | 90.000             |
| Servidor de Interfaz y Gestión  | 2.375.000          |
| Software Aplicativo<br>(Este software es complementario al SCADA, por eso es considerablemente menor el costo respecto a la alternativa "Manual") | 75.000.000         |
| <b>Total general</b>  | <b>287.370.579</b> |

| <b>Costo Mantención Mensual (\$)</b> |                  |
|--------------------------------------|------------------|
| <b>Concepto</b>                      | <b>Total</b>     |
| Red Aguas Subterráneas               | 825.876          |
| Red de Calidad del Agua              | 55.169           |
| Red Fluviométrica                    | 305.880          |
| Red Meteorológica                    | 464.380          |
| Hardware                             | 40.000           |
| Soporte Técnico (Sistemas)           | 100.000          |
| <b>Total general</b>                 | <b>1.791.305</b> |

**Costo de Operación Mensual (\$)**

| <b>Concepto</b>  | <b>Total</b>     |
|--|------------------|
| Análisis de Muestras   | 3.136.000        |
| Logística  | 320.000          |
| Plataforma Web   | 25.000           |
| Recurso humano de medición y recolección<br>(No hay personal adicional en Caso Automatizado) | 0                |
| Planes Cobertura GPRS  | 747.300          |
| <b>Total general</b>   | <b>4.228.300</b> |

## 6 EVALUACION DE ALTERNATIVAS

### 6.1 COSTOS DE ALTERNATIVAS

Conforme a los antecedentes previos, antes consignados, se resumen en la Tabla 6.1 las inversiones necesarias para la implementación, mantención y operación de las alternativas de captura, transmisión y procesamiento de información en forma manual y automatizada analizadas en este estudio.

**Tabla 6–1: Inversión Inicial, de Operación y Mantención Sistemas Manual y Automático de captura, Transmisión y Procesamiento de Datos Hidrometeorológico (moneda de marzo de 2014)**

| ALTERNATIVA MANUAL  |                    | ALTERNATIVA AUTOMATIZADA   |                    |
|---|--------------------|--|--------------------|
| Inversión Inicial Total (\$ Marzo 2014)   |                    | Inversión Inicial Total (\$ Marzo 2014)  |                    |
| Concepto  | Total              | Concepto   | Total              |
| Equipos de Gestión (Estación de usuario)  | 2.810.000          | Equipos de Gestión (Estación de Monitoreo)   | 1.405.000          |
| Pantalla de Monitoreo   | 1.830.000          | Pantalla Gigante de Monitoreo  | 1.830.000          |
| Red Aguas Subterráneas  | 76.280.157         | Red Aguas Subterráneas   | 100.305.405        |
| Red de Calidad del Agua   | 2.177.288          | Red de Calidad del Agua  | 2.177.288          |
| Red Fluviométrica   | 5.950.698          | Red Fluviométrica  | 14.848.938         |
| Red Meteorológica   | 29.460.960         | Red Meteorológica  | 38.359.200         |
|   | N/A                | Equipos Com. Puntos Remotos  | 37.038.924         |
|   | N/A                | Equipo de Bajada GPRS  | 905.824            |
|   | N/A                | Dispositivos de interconexión  | 950.000            |
|   | N/A                | Servidor SCADA   | 7.655.000          |
|   | N/A                | Servidor de datos Históricos SCADA   | 2.825.000          |
|   | N/A                | Estación de Desarrollo y respaldo  | 1.605.000          |
|   | N/A                | Firewall de Seguridad  | 90.000             |
|   | N/A                | Servidor de Interfaz y Gestión   | 2.375.000          |
| Servidor de Interfaz y Gestión  | 4.975.000          | Software Aplicativo  |                    |
| Software Aplicativo<br>(Este software hay que programarlo completamente, de modo que se maneje ordenadamente todo lo que se recopila manualmente) | 155.000.000        | (Este software es complementario al SCADA, por eso es considerablemente menor el costo respecto a la alternativa "Manual") | 75.000.000         |
| <b>Total general</b>  | <b>278.484.103</b> | <b>Total general</b>   | <b>287.370.579</b> |

| Costo Mantención Mensual (\$) |                  | Costo Mantención Mensual (\$) |                  |
|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|
| Concepto                      | Total            | Concepto                      | Total            |
| Red Aguas Subterráneas        | 825.876          | Red Aguas Subterráneas        | 825.876          |
| Red de Calidad del Agua       | 55.169           | Red de Calidad del Agua       | 55.169           |
| Red Fluviométrica             | 305.880          | Red Fluviométrica             | 305.880          |
| Red Meteorológica             | 464.380          | Red Meteorológica             | 464.380          |
| Hardware                      | 40.000           | Hardware                      | 40.000           |
| Sistema Técnico (Sistemas)    | 100.000          | Sistema Técnico (Sistemas)    | 100.000          |
| <b>Total general</b>          | <b>1.791.305</b> | <b>Total general</b>          | <b>1.791.305</b> |

| Costo de Operación Mensual (\$)          |                   | Costo de Operación Mensual (\$)  |                  |
|--|-------------------|--|------------------|
| Concepto                                 | Total             | Concepto   | Total            |
| Análisis de Muestras                     | 1.136.000         | Análisis de Muestras   | 1.136.000        |
| Logística                                | 4.100.000         | Logística  | 320.000          |
| Plataforma Web                           | 25.000            | Plataforma Web   | 25.000           |
| Recurso humano de medición y recolección | 12.000.000        | Recurso humano de medición y recolección<br>(No hay personal adicional en Caso Automatizado) | 2.000.000        |
|  | N/A               | Planes Cobertura GPRS  | 747.300          |
| <b>Total general</b>                     | <b>17.261.000</b> | <b>Total general</b>   | <b>4.228.300</b> |

Se desprende de las cifras presentadas en la Tabla 6.1 que la Alternativa Manual de operación requiere de una inversión inicial que es levemente inferior a la Alternativa Automática, siendo la primera equivalente a un 96,9 % de la primera. Desde el punto de vista de la inversión inicial ambas resultan muy similares. Algo similar ocurre con los costos de mantención del sistema siendo iguales en ambos casos.

Las diferencias se hacen notar al comparar los costos de operación de cada una de las alternativas, en donde la operación Manual resulta 4 veces mayor a la requerida por la operación Automática.

## 6.2 ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS

Atendiendo a que las dos alternativas evaluadas presentan costos de operación muy diferentes, no es suficiente realizar un análisis comparativo que solo tome en cuenta la inversión inicial, en tanto es necesario tomar en cuenta las variaciones que se producen por efecto de los diferentes costos de operación. Para ello se hace necesario realizar la estimación de los costos de ambas opciones de manejo de la información hidrometeorológica en forma actualizada considerando un período de evaluación adecuado al análisis comparativo.

Con base a lo señalado, se efectuó el cálculo del Valor Actualizado de implementación de cada uno de los sistemas, considerando un horizonte de evaluación de 30 años. Para desarrollar el análisis, se han considerado dos tasas de descuento, i) de 6% que corresponde a la tasa recomendada por MIDESO para las evaluaciones sociales, ii) de 12% como representativa de la tasa privada. Los resultados se resumen en la Tabla 6.2

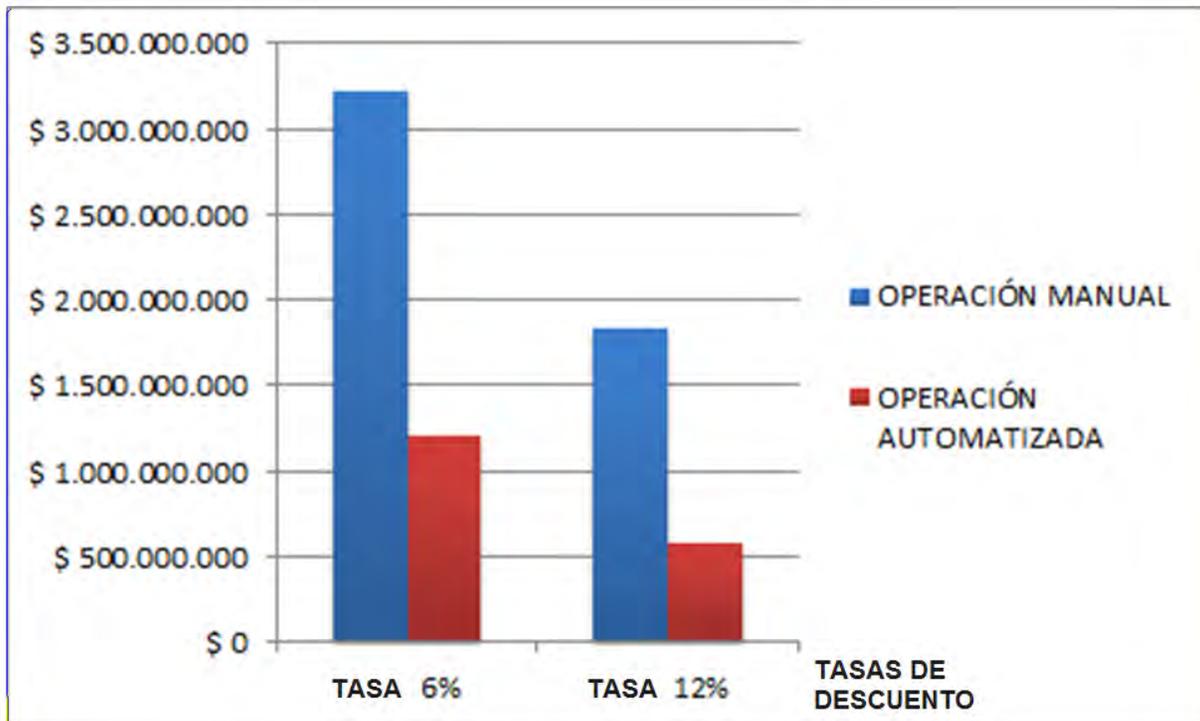
**Tabla 6–2: Valor Actualizado de las Inversiones Necesarias para la Implementación de los Sistemas Manual y Automatizado de Captura, Transmisión y Procesamiento de Datos Hidrometeorológicos.**

| ALTERNATIVA DE OPERACIÓN | TASA DE DESCUENTO |                  |
|--------------------------|-------------------|------------------|
|                          | 6 %               | 12 %             |
| <b>MANUAL</b>            | \$ 3.231.608.716  | \$ 1.834.006.745 |
| <b>AUTOMATIZADA</b>      | \$ 1.209.128.996  | \$ 579.457.245   |

En la Figura 6.1 se representan los resultados presentados en la Tabla 6.2, en donde es posible apreciar que al considerar la tasa de descuento de un 6 %, la alternativa de operación manual resulta alrededor de 2,6 veces mayor en inversión que la opción automática, al considerar el horizonte de evaluación de 30 años. Dicha diferencia aumenta a alrededor de 3,2 veces al considerar una tasa de descuento de 12 %. En el mismo período de evaluación.

Las cifras anteriores, dan una clara señal respecto de lo altamente conveniente que resulta al aplicar la alternativa de operación automática respecto de la opción de operación manual.

**Figura 6-1: Valor Actual de las Inversiones en los Sistemas de Operación Manual y Automatizado para Tasas de Descuento de 6 y 12 %**



Es necesario comentar que ambas opciones de operación evaluadas, generan un alto impacto positivo ante la posibilidad de disponer de información hidrometeorológica actualizada respecto de la situación actual, que representa desfases en cada evento y su disponibilidad, que es del orden de meses tal como fue ampliamente comentada en el Capítulo 2 del presente informe.

Es indudable que la posibilidad de disponer de información en tiempo real o cercano a este, genera beneficios directos e indirectos para la cuenca del río Copiapó y su entorno geográfico. Esto lo tiene muy claramente definido la Dirección General de Aguas de la Región de Atacama, sin embargo no es posible cuantificar en términos monetarios dichos beneficios, pero es altamente valorada ya que la posibilidad por ejemplo de controlar el sobreconsumo de las fuentes, sería una gran diferencia respecto de la situación actual en donde este proceso no es posible aplicarlo por el simple hecho de no contar con monitoreo en tiempo real con sus respectivas alertas.

## 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

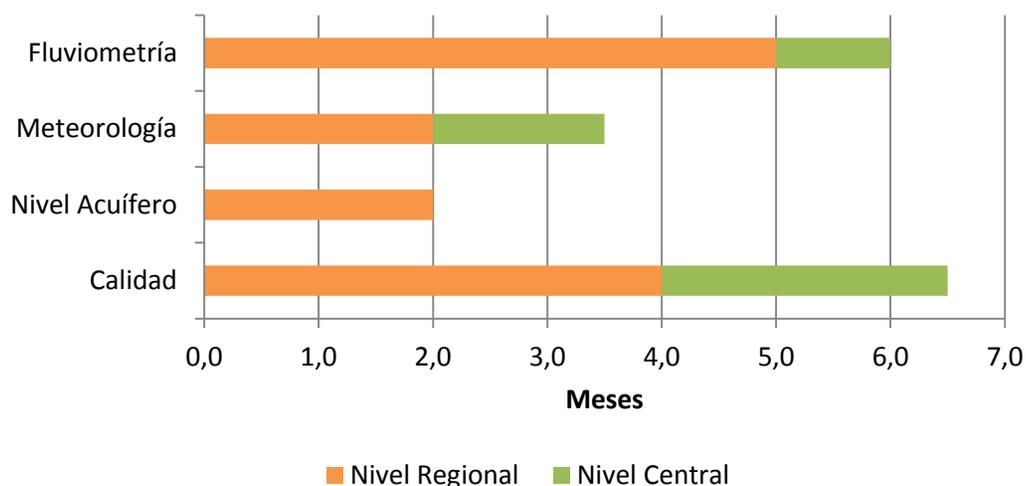
### 7.1 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

En los puntos siguientes se presenta un resumen con las principales conclusiones del estudio, considerando los diferentes aspectos abordados durante su desarrollo. Para una mejor focalización de los comentarios se entregan separados de acuerdo a las temáticas abordadas.

#### Plazos que Involucran los Procesos Actuales

- La limitada disponibilidad de recursos humanos, técnicos y financieros ha generado una importante restricción en la gestión que puede realizar la Dirección General de Aguas de la Región de Atacama respecto de la información hidrometeorológica de la cuenca del río Copiapó. En la actualidad esto se traduce en una escasa posibilidad de gestión de la información así como de capacidad de respuesta ante situaciones, que si se contara con data hidrometeorológica apropiados permitirían implementar por ejemplo planes de acciones preventivas para evitar perjuicios en las fuentes de recursos hídricos de la cuenca.
- Las limitaciones ya señaladas exige que sus equipos profesionales ejecuten diversas tareas tales como salidas a terreno, recopilación de datos, validación, mantenimiento de instalaciones, aforos, digitación de datos, coordinación con observadores, tareas que son totalmente automatizables. Esto sin duda que desvía la atención de los recursos profesionales, escasos como se ha señalado, no permitiendo focalizarlos en la gestión de la información y de los recursos hídricos disponibles.

**Figura 7-1: Duración de los Procesos desde la Captura hasta la Publicación de la Información.**



- Los plazos actuales que se obtienen desde la captura de la información y su real disponibilidad, varía entre 2 y hasta 6 meses, tal como se muestra en el gráfico de la Figura 7.1. Sin duda que las limitaciones de recursos humanos y técnicos en la Región generan este importante desfase, pero también es necesario hacer notar que parte de dichos plazos se encuentran asociados a los procesos que se realizan en el Nivel Central de la DGA. En esta última instancia, al tener que competir con los procesamientos de información de las restantes cuencas nacionales, se generan desfases de alrededor de 1 mes y hasta casi 3 meses. Esto último es una clara señal, respecto de la necesidad que ha planteado la DGA Regional en el sentido de disponer de un proceso de datos propio en donde la información la puedan gestionar efectivamente en tiempo real.

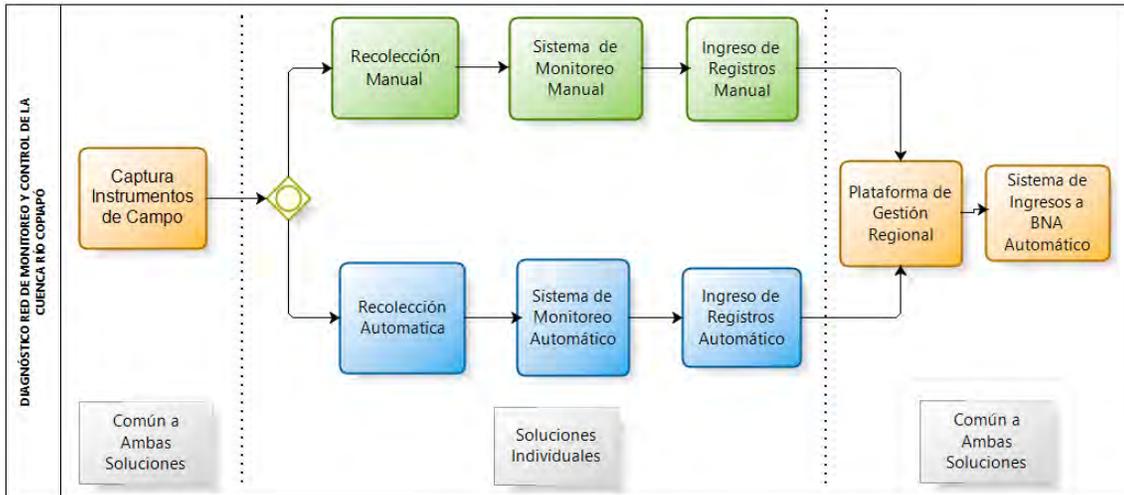
### 7.1.1 Gestión del Recurso Actual

- Las limitaciones en la gestión de la información, han generado la necesidad en el corto plazo de automatizar los procesos de recolección, captura y digitación de datos, e implementar software de apoyo para la validación, interpretación de datos, generación de graficas efectivas y modelamiento del comportamiento de las cuencas, todo lo cual permitiría facilitar a Dirección Regional de la DGA controlar el comportamiento real y la tendencia de la disponibilidad de los recursos hídricos en cada sector de la cuenca antes de que se produzcan problemas.
- La DGA Regional ha detectado una correlación entre lo que actualmente ocurre en la cuenca de Copiapó con la forma y posibilidades de gestionar la información, derivando en problemas para el adecuado monitoreo del consumo del recurso hídrico y a la vez hay problemas en la frecuencia, calidad y cantidad de variables necesarias para supervigilar lo que sucede en el día a día. Existen evidentes limitaciones para poder ejercer acciones o medidas que se adecuen por ejemplo a la tendencia a la baja de los niveles freáticos en la cuenca.
- Actualmente no hay disponibilidad para los usuarios de obtener datos validados en menos de 3 meses.

## 7.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE MODERNIZACIÓN

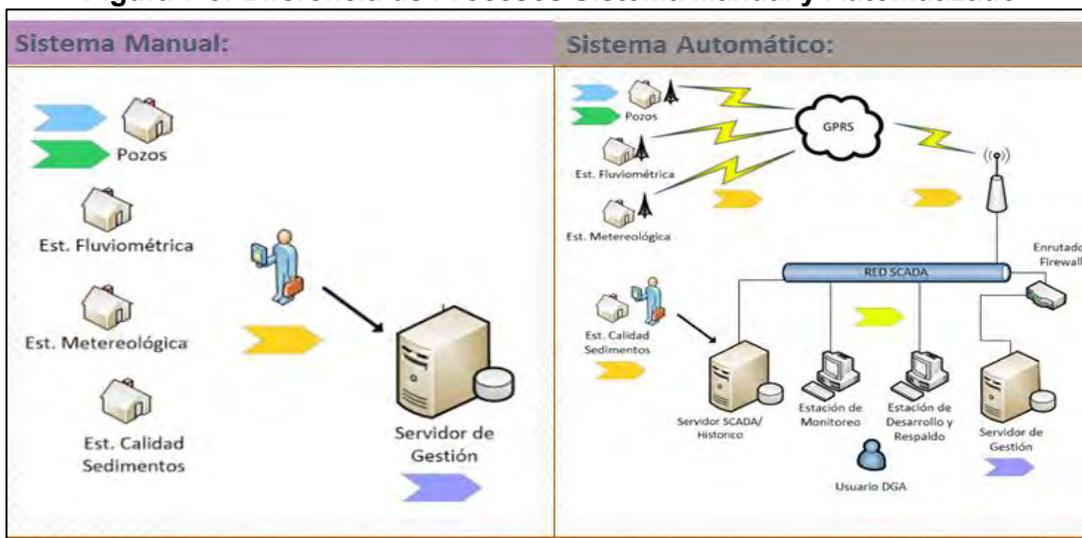
- Para paliar el déficit antes señalado, se ha propuesto en el presente estudio la implementación de dos procesos de monitoreo, transmisión y procesamiento de datos hidrometeorológicos. Uno de ellos consiste en una operación manual para la recolección de la información y posterior procesamiento de los datos en las instalaciones de la DGA Regional. La otra alternativa consiste en una operación automatizada, en donde toda la cadena de monitoreo, transmisión y procesamiento de datos es de tipo remota. La siguiente Figura muestra los dos procesos alternativos evaluados-

**Figura 7-2: Alternativas de Monitoreo, Transmisión y Procesamiento de Datos Hidrometeorológicos**



- Entre las dos opciones estudiadas, se producen diferencias sustanciales en los procesos de recolección, monitoreo e ingreso de datos a la plataforma de gestión de la información, que estaría centralizada en la DGA Regional (Figura 7-2). El sistema manual, requiere de un equipo profesional y técnico dedicado exclusivamente al desarrollo de estos procesos, los que deben permitir mantener el sistema en operación en el tiempo. El proceso automático, requiere la implementación de equipos e instrumentación que operan el sistema en forma remota. En la siguiente Figura se muestra gráficamente la diferencia entre ambos sistemas.

**Figura 7-3: Diferencia de Procesos Sistema Manual y Automatizado**



- Se evaluaron las inversiones necesarias para la implementación de ambas opciones de operación de datos hidrometeorológicos en la cuenca del río Copiapó, obteniendo los resultados que se resumen a continuación:

#### Operación Manual

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| Inversión Inicial    | \$ 278.484.103 |
| Costos de Operación  | \$ 207.132.000 |
| Costos de Mantención | \$ 21.495.660  |

#### Operación Automática

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| Inversión Inicial    | \$ 287.370.579 |
| Costos de Operación  | \$ 50.739.600  |
| Costos de Mantención | \$ 21.495.660  |

Se desprende de las cifras presentadas que la Alternativa Manual de operación requiere de una inversión inicial que es levemente inferior a la Alternativa Automática, siendo la primera equivalente a un 96,9 % de la primera. Desde el punto de vista de la inversión inicial ambas resultan muy similares. Algo similar ocurre con los costos de mantención del sistema siendo iguales en ambos casos.

Las diferencias se hacen notar al comparar los costos de operación de cada una de las alternativas, en donde la operación Manual resulta 4 veces mayor a la requerida por la operación Automática.

El análisis económico comparativo permitió concluir que los costos operacionales de la alternativa MANUAL actualizados en un período de evaluación de 30 años, hacen que esta opción resulte menos ventajosa esta opción desde el punto de vista económico. Al considerar una tasa de descuento de un 6 % (tasa social de descuento), la alternativa de operación manual resulta alrededor de 2,6 veces mayor en inversión total que la opción automática, al considerar 30 años como horizonte de evaluación. Dicha diferencia aumenta a alrededor de 3,2 veces al considerar una tasa de descuento de 12 %. en el mismo período de evaluación.

Las cifras anteriores, dan una clara señal respecto de lo altamente conveniente que resulta al aplicar la alternativa de operación automática respecto de la opción de operación manual.

- Además del tema económico indicado en el párrafo anterior, el caso MANUAL es una alternativa que logra un nivel de información mínimo deseable, que no es comparable con una Operación Automatizada, por la flexibilidad de esta última para variar la frecuencia del registro de datos sin mayores costos. A modo de comparación si se quisiera nivelar con dotación las capacidades de un sistema automatizado, se debiese aumentar la dotación unas 20 veces.

- En cuanto a la Gestión, la **Alternativa Manual** considera necesario programar las funciones de validación, proceso y presentación de datos, se requiere de un programador para agregar funcionalidades al sistema de gestión y se debe implementar un sistema de gestión de base de datos y programar los accesos a los datos. En el **Sistema Automatizado**, los sistemas SCADA incorporan funciones estadísticas, de validación de datos, de presentación de datos; Los usuarios DGA quedan capacitados pueden implementar nuevas funcionalidades al sistema de gestión. Estos sistemas vienen con plataformas de gestión de base de datos tipo industrial, la gestión de datos procedentes de SCADA es directa.

---

**ANEXO A**  
**DISEÑO DE PANTALLAS DEL SISTEMA SCADA**

---

---

## **ANEXO B APLICACIONES DE PLATAFORMA WEB**

---

---

**ANEXO C**  
**INSTRUCTIVO 06/2010 – CONSERVACIÓN Y MANTENCIÓN DE LA**  
**RED FLUVIOMÉTRICA NACIONAL**

---

---

**ANEXO D**  
**CAPACITACIÓN PARA INVOLUCRADOS EN LA RED**  
**METEOROLÓGICA**

---

---

**ANEXO E**  
**INSTRUCTIVO N°1 – MUESTREO DE AGUAS SUPERFICIALES**

---