2823

01474

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIE
Región Metropolitana de Santiag
OFICINA DE PARTES
1° Destino: Sección Fecha: 03 SEP 2014
2° Destino: JURIDICA Fecha: 3/9
3° Destino: _____ Fecha: _____
4° Destino: _____ Fecha: _____
Trámite _____

253.

CODELCO
Orgullo de Todos

Corporación Nacional del Cobre
División Andina
Av. Santa Teresa 513
Los Andes
V Región, Chile

Fax: 34-2498348
www.codelco.com

Los Andes, 01 de septiembre de 2014
GSAE-183-14

OFICINA DE PARTES
RECIBIDO
03 SEP 2014
SEA R.M.

SEÑORA
ANDREA PAREDES LLACH
DIRECTORA REGIONAL (PT)
SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL REGIÓN METROPOLITANA
MIRAFLORES N° 178, PISO 3
SANTIAGO

REF.: Proceso de revisión de la Resolución de Calificación Ambiental N° 275-B/1994, de la COREMA RM, que calificó favorablemente el proyecto "Sistema de Disposición de Relaves a Largo Plazo: Proyecto Ovejería" de Codelco - Chile, División Andina.
ANT.: - ORD. SEA RMS N° 944 de 02 de junio de 2014, solicitud de antecedentes. Resolución Exenta N° 433/2014 de 28 de julio de 2014 de la Comisión de Evaluación de la Región Metropolitana de Santiago, ampliación de plazo.
MAT.: Responde solicitud de antecedentes adicionales del ANT.
INCL.: 3 copias del documento "Tercer Consolidado de Respuestas a Solicitud de Antecedentes, Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones – Tranque Ovejería" de Codelco – Chile, División Andina.

De mi consideración:

En atención a la solicitud de antecedentes contenida en el Ord. SEA RMS N° 944 de fecha 02 de junio de 2014, en el marco del proceso de revisión efectuado de conformidad al artículo 25 quinquies de la Ley N° 19.300, en relación con la Resolución Exenta N° 275 –B/1994 de la COREMA RM que calificó favorablemente el Proyecto "Sistema de Disposición de Relaves a Largo Plazo: Proyecto Ovejería" de Codelco – Chile, División Andina, adjunto envío a usted el documento que contiene las respuestas a la solicitud de antecedentes adicionales requeridos en el citado Oficio Ordinario.

Quedamos atentos en el caso de requerir mayor información,

Le saluda cordialmente,

CODELCO - CHILE
GERENCIA DE SUSTENTABILIDAD Y ASUNTOS EXTERNOS
DIVISIÓN ANDINA

ALDO ANDREI PATRI
GERENTE DE SUSTENTABILIDAD Y ASUNTOS EXTERNOS (S)
CODELCO CHILE, DIVISIÓN ANDINA

FRM/



CODELCO Andina
compromiso con la vida

TERCER CONSOLIDADO DE RESPUESTAS A SOLICITUD DE ANTECEDENTES PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE INFILTRACIONES TRANQUE OVEJERÍA

Septiembre de 2014

Corporación Nacional del Cobre de Chile

División Andina

TERCER CONSOLIDADO DE RESPUESTAS A SOLICITUD DE ANTECEDENTES PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE INFILTRACIONES TRANQUE OVEJERÍA

Abreviaturas utilizadas en el presente documento

APR:	Sistema de Agua Potable Rural.
DAND:	División Andina, Codelco.
Modelo Ovejería:	Modelo área Rinconada de Huechún, confeccionado por DAND con dominio según PSyCI
Modelo Chacabuco-Polpaico:	Modelo regional de la cuenca de Chacabuco Polpaico, el que forma parte del estudio denominado "Determinación de la Disponibilidad de Recursos Hídricos para Constituir Nuevos Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en la Cuenca de Til Til, Chacabuco-Polpaico, Lampa, Colina Inferior, Colina Sur, Chicureo y Santiago Norte, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana", Minuta N° 113, Santiago, agosto de 1999, realizado por el Departamento de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas.
NCh 409/2005:	NCh 409/1 Of. 2005. Agua Potable, Parte 1- Requisitos.
NCh 1.333/1978:	NCh 1.333/1978 Modificada 1987. Requisitos de Calidad del Agua para Diferentes Usos.
PAT:	Plan de Alerta Temprana.
PSyCI (2012):	Documento "Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones Tranque Ovejería", DAND (agosto de 2012).
PSyCI (2013):	Documento "Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones Tranque Ovejería", DAND (mayo de 2013), que recoge atención de observaciones a ORD. 465/2013 del SEA.
PSyCI (2014):	Documento "Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones Tranque Ovejería", DAND (enero de 2014), que recoge observaciones al Ord. N° 2473/2013, del SEA.
RCA 275-B:	Res. Ex. N° 275-B, del 04 de marzo de 1994, de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana, que calificó como ambientalmente favorable el Proyecto denominado "Sistema de Disposición de Relaves de Largo Plazo: Proyecto Ovejería", de Codelco División Andina.
SEA:	Servicio de Evaluación Ambiental.
SEIA:	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
SMA:	Superintendencia del Medio Ambiente.

I N T R O D U C C I Ó N

Antecedentes Generales

El 17 de agosto de 2012, Codelco División Andina solicitó al Servicio de Evaluación Ambiental de la Región Metropolitana, el inicio de un proceso de revisión conforme al artículo 25 quinquies de la Ley N° 19.300, de la Res. Ex. 275-B/1994 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la misma Región, que calificó ambientalmente favorable el Proyecto EIA **"Sistema de Disposición de Relaves a Largo Plazo: Proyecto Ovejería"**.

La necesidad de revisar la referida RCA obedece a que los pozos de monitoreo previstos el respectivo Plan de Seguimiento detectaron el avance de infiltraciones desde el Tranque de relaves Ovejería, evidenciado a través del aumento progresivo de las concentraciones de sulfato en algunos de estos pozos, elemento característico de las aguas de la laguna de aguas claras. Así se pudo verificar que la presencia de estas infiltraciones de aguas claras se fue desplazando más allá de lo proyectado inicialmente y en cantidades y con contenidos no previstos en el proceso de evaluación antes referido, pudiendo provocar alteraciones en la calidad de las aguas subterráneas que no se encontraban consideradas por la RCA 275-B/1994.

Acompañando la solicitud antes descrita, Codelco División Andina presentó a la autoridad ambiental –con el fin de obtener su aprobación— el **"Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones. Tranque de Relaves Ovejería"**, que contiene la exposición del caso, la evaluación de los impactos, y el conjunto de medidas que se estiman las necesarias para la contención de los impactos ambientales no previstos originariamente.

En cumplimiento de lo establecido en el artículo 25 quinquies de la Ley 19.300, respecto de este Plan, el Servicio de Evaluación Ambiental (i) abrió un periodo de información pública de acuerdo a la Ley 19.880; y en segundo lugar, (ii) solicitó informe a los organismos sectoriales que participaron de la evaluación ambiental que terminó con la RCA 275-B/1994.

Así, estos organismos formularon una serie observaciones y requerimientos al Plan inicialmente propuesto por DAND, los que fueron recopilados por la autoridad ambiental en el Ord. N° 465 del 27 de febrero de 2013. Este oficio fue enviado a DAND con el fin de

acompañar los antecedentes adicionales allí exigidos, quien respondió este documento en julio de 2013.

Algunos de los servicios formularon nuevas observaciones y consultas a las respuestas entregadas por DAND en dicha fecha. Esta segunda ronda de observaciones fue compilada por el Servicio de Evaluación Ambiental en el Ord. N° 2.473 del 22 noviembre de 2013, siendo respondido por Codelco División Andina en enero de 2014.

Una tercera ronda de observaciones, en las que sólo la DGA RM requirió antecedentes adicionales, fue remitida por el Servicio de Evaluación Ambiental en su Ord. N° 0944 del 2 de junio de 2014.

De ahí que el presente documento contiene las respuestas elaboradas por DAND en base a dicho requerimiento, complementando la información proporcionada hasta la fecha y mejorando con ello el Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones originariamente presentado.

Estructura del Presente Documento

Las Respuestas al Ord. SEA RMS N° 0944 del 2 de junio de 2014, se presentan acorde a la numeración y estructura como fueron presentadas en el Ord. SEA RM.

En forma complementaria, se presentan los Anexos siguientes:

- **Anexo de respuestas**
- **Anexo B**: “Consolidado de Obligaciones del Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones”,
- **Anexo F:** “Modelo Ovejería. Modelo Numérico de Flujo y Transporte Sistema Tranque - Acuífero Ovejería. Calibración”,
- **Anexo H:** “Resultados de Simulaciones Modelo Chacabuco Polpaico y Modelo Ovejería”).

RESPUESTAS

1. Descripción General

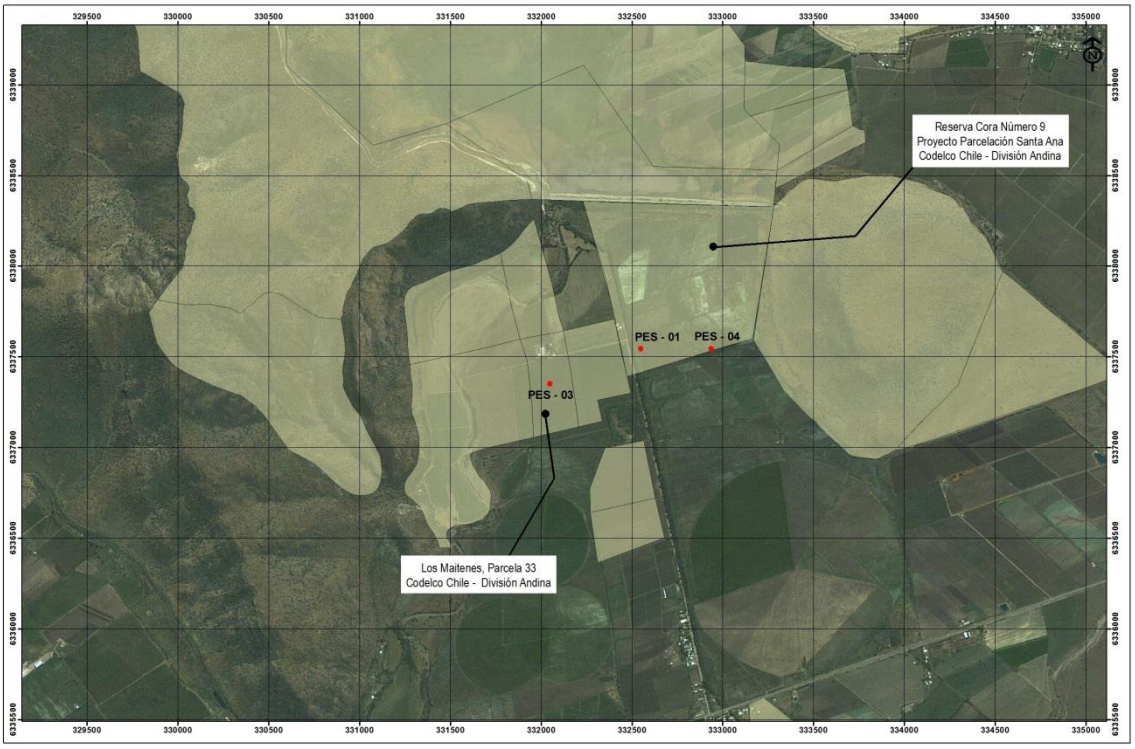
1.1. En la respuesta 1.2 del documento singularizado en el N° 7 del ANT., se indica que: *"Por lo anterior, se incluye el pozo de monitoreo a construir denominado PES-03 en la Tabla* 2-1: *"Puntos de Monitoreo Propuestos ", en la Tabla* 3.4: *"Umbrales en Pozos de Control para Activación de Medidas APRs; Santa Matilde y Punta Peuco (Pozos PES-01. PES-03 y PES- 04) ", así como en la Figura 2.3 "Ubicación de estaciones (pozos) de monitoreo propuestas en la presente actualización " y en la Figura* 3.2: *"Ubicación de Pozos de Control PAT APR Santa Matilde y Punta Peuco."*

Al respecto, se solicita que el titular acredite mediante un instrumento privado, firmado ante notario o instrumento privado suscrito entre las partes (titular y dueño de los terrenos donde se instalarán los pozos), la materialización de la construcción de PES-01, PES-03 y PES-04.

Respuesta:

En la Figura 1.1-A se presenta la ubicación de los pozos PES-01, PES-03 Y PES-04 y su situación respecto de los predios en que se instalarán.

Figura 1.1 -A
Ubicación General pozos de Seguimiento PES-01, PES-03 y PES-04



Como se advierte, los pozos PES-01 y PES-04 se ubicarán dentro de los límites del predio denominado LOTE A de la Subdivisión Reserva Cora N° 9, el que ha sido adquirido por División Andina de Codelco Chile, mediante contrato de compraventa celebrado por escritura pública de fecha 06 de enero de 2014, suscrita ante el Notario Público de Santiago don Eduardo Avello Concha. Se adjunta copia del instrumento indicado y del certificado de dominio respectivo.

Por su parte, el pozo PES-03 se instalará en el predio denominado Parcela 33 de la Subdivisión Santa Ana, el que ha sido adquirido por División Andina de Codelco Chile, mediante contrato de compraventa celebrado por escritura pública de fecha 02 de abril de 2014, suscrita ante el Notario Público de Santiago doña Valeria Ronchera Flores. Se adjunta copia del instrumento indicado.

En el Anexo Respuesta 1.1 se incluye información legal que refrenda lo señalado.

1.2. En la respuesta 1.3 del documento singularizado en el N° 7 del ANT., se indica textual: *"Por otra parte, el Programa de Monitoreo propuesto se dirige a realizar un seguimiento del avance de la pluma y de la efectividad de las medidas comprometidas o sus desviaciones en un sector que se extiende más allá de la propiedad de DAND* (...). *Es así como la proposición de la Tabla* 2-1: *Puntos de Monitoreo Propuestos del Anexo B, contempla pozos ubicados en el Área de Control y Seguimiento, al sur de la línea de inyección, los que permitirán mantener seguimiento de la calidad del flujo aguas abajo del área de implementación y operación de las medidas de control. Dentro del plan de monitoreo propuesto, no se contempla el seguimiento de pozos en el Área de Manejo, entre la línea definida por el muro del tranque Ovejería y la futura línea de inyección de agua fresca de buena calidad, dado el nivel de interferencia que mostrarían por la operación de las medidas del PSyCI."*

De acuerdo a los antecedentes del proyecto, se puede evidenciar que los pozos G-01, G-04, G-07, G-08, G-13, P2, PB-2, SO-14 y V1 están ubicados en la zona denominada Área de Manejo y contienen información histórica sobre la calidad de aguas subterráneas y su evolución desde la fase de operación del tranque. Debido a ello, se solicita al titular informar la mantención de los monitoreos y registros de los mismos para los parámetros indicados en la Lista Larga, con el objetivo de mantener el seguimiento de pozos incluidos en la RCA N° 275-B, cuya continuidad podrá ser evaluada en función de sus resultados y el análisis de la representatividad de éstos en el seguimiento de la calidad de las aguas subterráneas.

Respuesta:

Los pozos G-01, G-04, G-07, G-08, P-2, PB-2, G-13, P-2, SO-14 se encuentran efectivamente ubicados en el Área de Manejo, por lo que la operación de las medidas del PSyCI en esa misma área, generará un nivel de interferencias que distorsionará los datos que puedan obtenerse en ellos en el futuro.

Por esta razón y porque estos pozos no permiten el seguimiento del avance de la pluma y de la efectividad de las medidas comprometidas o sus desviaciones, que es el propósito del Programa de Monitoreo, es que no se consideró su inclusión en dicho Programa.

En efecto, el Programa de Monitoreo se ha planteado para efectuar el seguimiento del avance de la pluma y de la efectividad de las medidas comprometidas o sus desviaciones, en un sector que se extiende más allá de la propiedad de DAND, asegurando la calidad de agua de uso de agua potable en los sectores de Huechún, Santa Matilde y Punta Peuco, objetivo que no se logra con los datos –alterados por efecto de las medidas del PSyCI- que podrían obtenerse a futuro en los pozos mencionados.

Sin perjuicio de lo señalado, resulta pertinente precisar que los pozos G-01, G-04, G-07, G-08, P-2, G-13, P-2 y SO-14 no corresponden a pozos incluidos en la RCA 275B/94 sino que fueron adicionados a la red mediante la Actualización del Plan de Monitoreo a partir del año 2006, por lo que no tienen registros desde el inicio de la fase de operación. El único que tiene la condición de estar incluido en la RCA 275-B/94 es el pozo PB-2.

Para respaldar las aclaraciones anteriores, en la Figura 1.2-A se presentan los puntos de control de acuerdo a RCA 275-B/1994; en la Figura 1.2-B, los puntos de la red de monitoreo actual diferenciando los puntos RCA275-B/94 (en rojo) y los puntos adicionados a la red (en verde) mediante la Actualización del Plan de Monitoreo (2006); en la Figura 1.2-C, se muestra la ubicación de estaciones (pozos) de la red de monitoreo ambiental actual respecto a ubicación medidas de control PSyCI.

Sin perjuicio de lo señalado, y a pesar de que los pozos identificados en esta observación no permitirán validar la efectividad de las medidas propuestas en el PSyCI, en atención a la inquietud de la autoridad de sostener el control en pozos con registros históricos, dentro de la red de control trimestral y con batería de análisis de lista corta, se incorporarán al Plan de Monitoreo Propuesto en PSyCI, los pozos SO-14 ubicado en el sector poniente del área de la barrera, PB-2 en la zona del centro, y G-04 para el flanco oriente, mientras que aguas arriba de la línea de captura e inyección, se incluirá el pozo PBID-3.

En la Figura 1.2-D se muestra la ubicación de los pozos del Plan de Monitoreo del PSyCI, incorporando los pozos descritos, detallando los alcances del monitoreo en la Tabla 1.2-1.

Figura 1.2-A
Puntos de control de acuerdo a RCA 275-B/1994

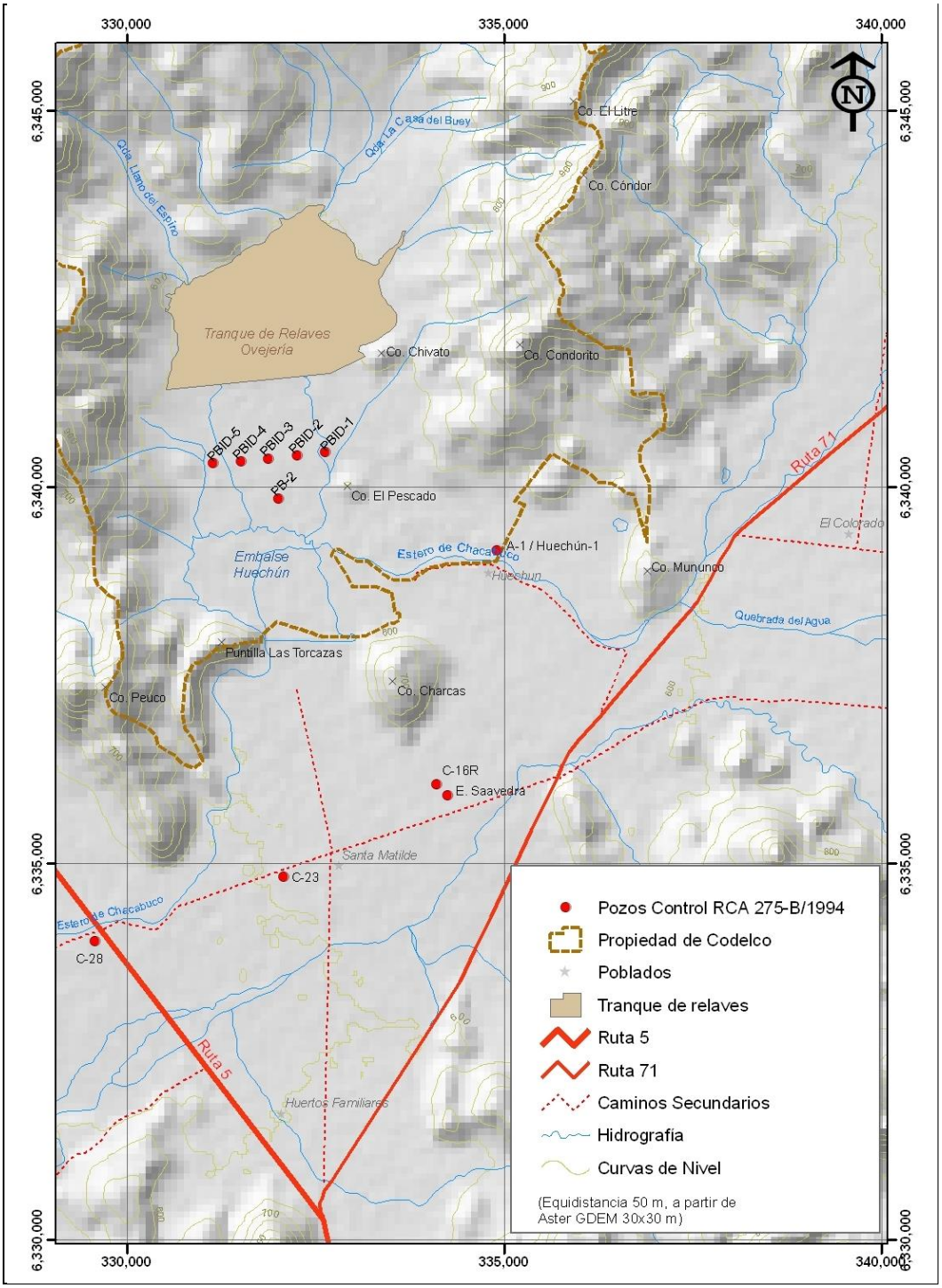
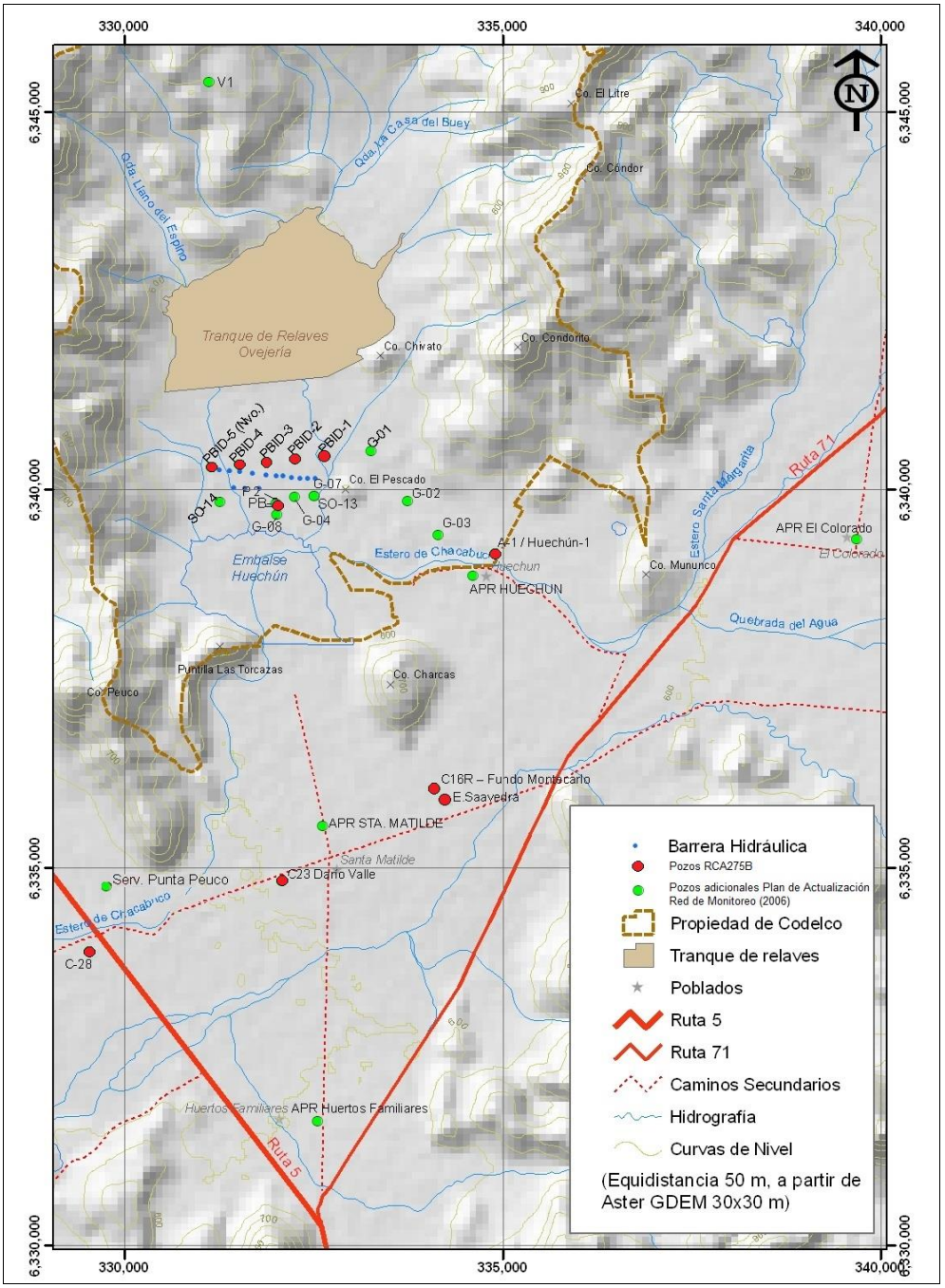


Figura 1.2-B

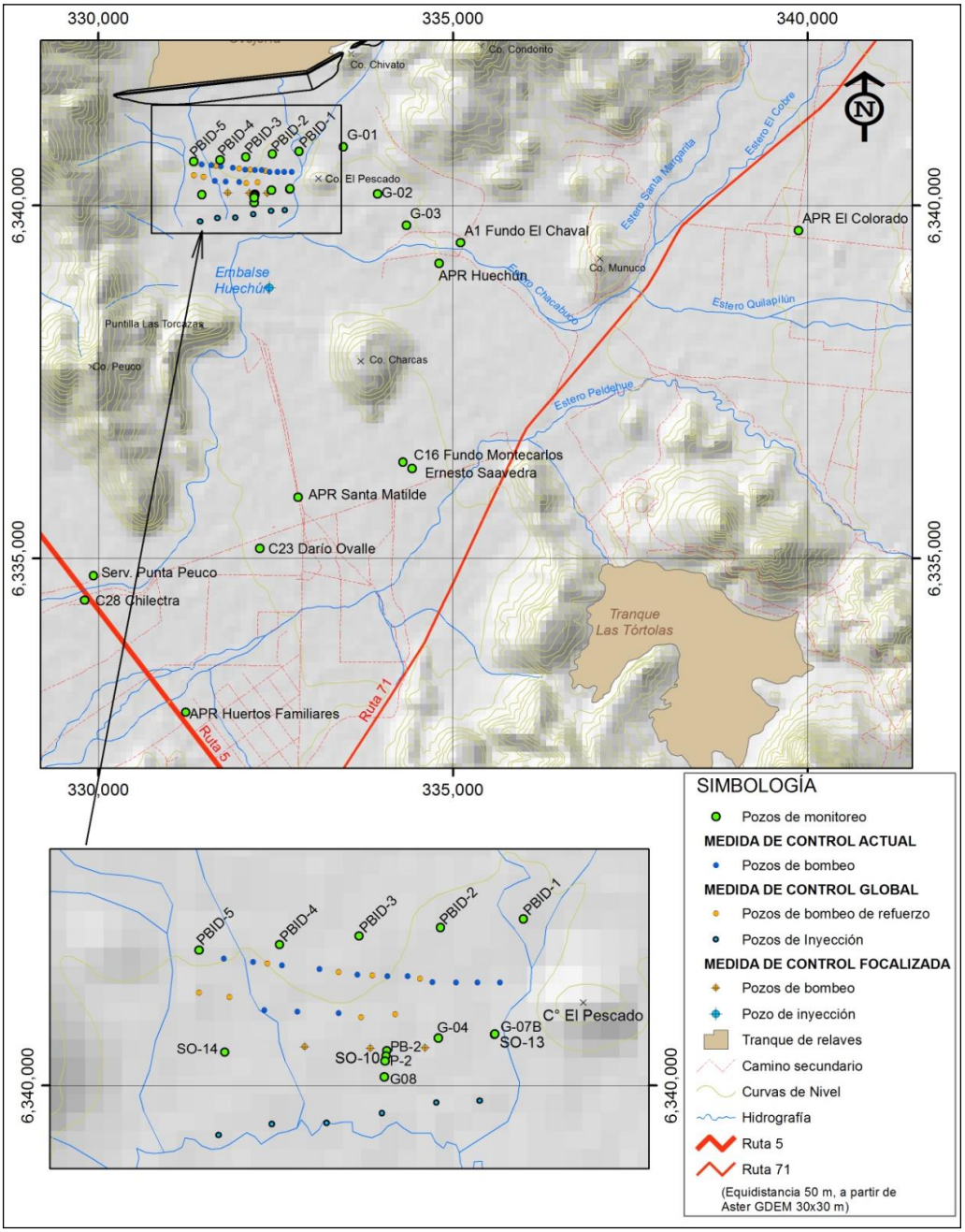
Ubicación de puntos de red de monitoreo actual



Nota: El punto V1 corresponde a una vertiente.

Figura 1.2-C

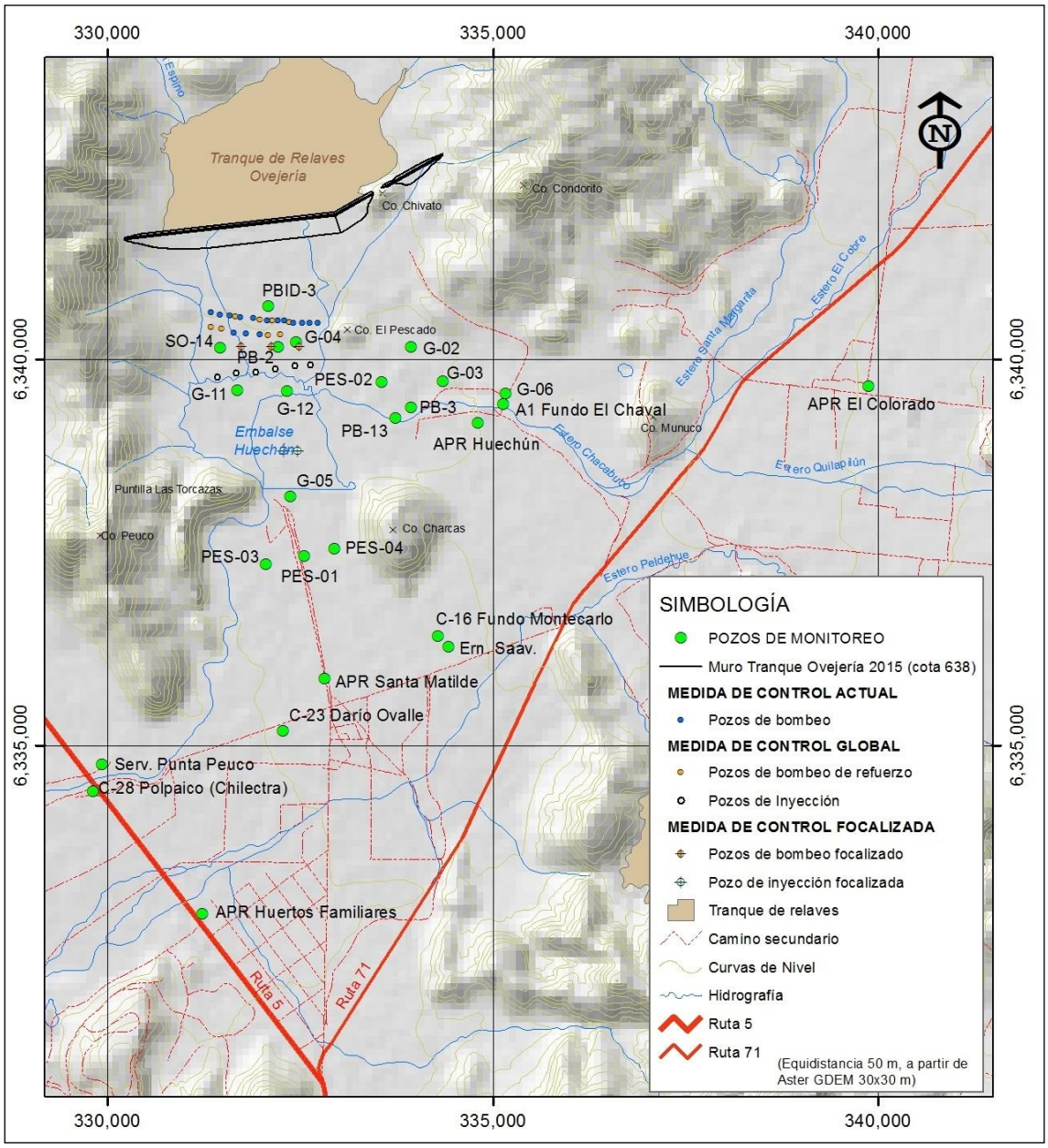
Ubicación de estaciones (pozos) red de monitoreo ambiental actual respecto a ubicación medidas de control PSyCI



Nota: Aguas arriba de la cubeta se encuentra la estación Vertiente V-1, la cual no es representada en esta figura, priorizando aguas abajo del muro del tranque Ovejería.

Figura 1.2-D

Ubicación de pozos propuestos en el PSyCI. Agosto 2014



1.3. **En la respuesta 1.4 del documento singularizado en el N° 7 del ANT., se indica que: "(...)** ***División Andina realizará la auditoría a la primera actualización periódica de su plan de cierre al*** **50** ***año de vigencia de la ley (2017), y procederá a la actualización de su plan de cierre en base a dicha auditoría, oportunidad en que se incorporarán todas aquellas medidas que resulten pertinentes y sean aplicables según la legislación vigente. En particular, en esa actualización se incluirán los*** **aspectos** ***técnicos relacionados con la componente ambiental del recurso hídrica que deriven del Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones en actual revisión*** **(...) ", y agrega:** ***"En cuanto a la descripción pormenorizada de obras de manejo y control de infiltración de la fase de post-cierre de Ovejería, corresponde desarrollarla en la ingeniería básica y de detalles del plan de cierre*** **(...)".**

Al respecto, se hace presente que de acuerdo a los resultados obtenidos de las proyecciones por la modelación matemática del comportamiento de la calidad y cantidad del acuífero, se deberán describir pormenorizadamente las obras de manejo y control del fenómeno de infiltración durante la operación y una vez finalizada la depositación de relave en el tranque Ovejería. Al respecto, se solicita al titular la elaboración de un plan de cierre con la información antes descrita. Esta versión del Plan deberá ser remitida a la Dirección Regional de Aguas RM, para su revisión, en un plazo máximo de 2 años, a contar de la fecha en que se ponga término al presente proceso de revisión de la RCA ***257-B/1994*** **de la COREMA RM.**

Respuesta:

Como se ha informado previamente en este proceso, en el año 2017 corresponde realizar la auditoría del plan de cierre de la División Andina, ocasión en que se procederá a su actualización periódica, incorporándole todas aquellas medidas que resulten pertinentes y sean aplicables según legislación vigente.

La actualización del Plan de Cierre incluirá los aspectos técnicos relacionados con la componente ambiental del recurso hídrico que deriven del Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones y la descripción pormenorizada de obras de manejo y control de infiltración de la fase de operación, así como la descripción de las obras de manejo y control de infiltración una vez finalizada la fase de depositación de relaves en el tranque, con el nivel de detalles que permita la información disponible a esa fecha.

De acuerdo a lo anterior, el Plan de Cierre actualizado que incorpore las medidas y obras indicadas, será entregado a la DGA RM inmediatamente después de aprobado por el Sernageomin, lo que puede exceder el plazo de 2 años planteado en la presente observación, en virtud de los plazos asociados al trámite ante dicho Servicio.

1.4. En la respuesta 1.6 del documento singularizado en el N° 7 del ANT., se define el Área de Influencia (que se compone por el área de manejo, área de control y seguimiento y área de no impacto), según los escenarios Sim02 del Anexo H Resultados de Simulaciones Modelo Chacabuco Polpaico y Modelo Ovejería (enero 2014). Al respecto, se solicita aclarar si el límite norte del Área de Manejo se modifica de acuerdo con el crecimiento del muro del tranque.

En cuanto al Área de Manejo, la DGA RM ha precisado que espera que, como resultado de la implementación de las medidas tendientes a reducir las infiltraciones de aguas claras, se revierta la tendencia de menoscabo en la calidad y cantidad de aguas en el largo plazo, aproximándose de manera progresiva a la condición natural del acuífero. Todos los aspectos relacionados con el manejo de esta área deberán ser expuestos además en el Plan de Cierre a que se refiere la observación anterior.

En relación al Área de Control y Seguimiento, de acuerdo a la modelación e implementación de las medidas contempladas en el PSyCI, la DGA RM ha precisado que espera una mejora sustancial en la calidad y cantidad de aguas en esta área, acorde a los resultados y plazos de la herramienta predictiva.

En cuanto al Área de No Impacto, la DGA RM ha precisado que con la implementación de las medidas contempladas en el PSyCI, espera se mantenga, durante toda la fase de operación del proyecto, la condición natural del acuífero en cuanto a calidad y cantidad, similar a lo existente con anterioridad a la ejecución del proyecto y sin sobrepasar el límite máximo establecido en la metodología Wendland (2003).

Al respecto, se solicita al titular acompañar los antecedentes que permitan justificar que se dará cumplimiento a las antedichas condiciones señaladas por la DGA RM.

Respuesta:

En cuanto a la primera consulta formulada en esta observación, se aclara que el límite norte del muro del tranque corresponde a la línea definida por la pata del talud de aguas abajo del muro del tranque de relaves. Con la continuidad de la depositación del relave en el tranque y el crecimiento del muro de arena, se proyecta el avance de esa pata hacia el sector Sur, modificándose en consecuencia, el área de manejo así definida.

En cuanto a los efectos sobre la cantidad de aguas que se pretenden atribuir a las medidas del PSyCI, cabe señalar que el Tranque Ovejería no genera menoscabo en la cantidad de aguas subterráneas, y por el contrario, el fenómeno de infiltraciones que se busca controlar con este Plan, genera un aumento del flujo pasante. Por esta razón el PSyCI no contempla medidas asociadas a este parámetro.

En relación a las expectativas de mejoramiento de la calidad del agua subterránea que plantea la DGA RM, es necesario precisar que el titular en los resultados esperados para las medidas del PSyCI ha comprometido mejoramientos de la calidad del agua subterránea, específicamente en las Áreas de Seguimiento y Control y de No Impacto. Lo esperado por DGA RM no corresponde a los resultados esperados para las medidas del PSyCI, según se reitera a continuación y se grafica en la Figura 1.4-A:

a) Para el Área de Manejo, que se extiende entre la línea definida por la pata del muro del tranque por el norte, y la línea de inyección de agua fresca por el sur, la DGA RM espera que "se revierta la tendencia de menoscabo en la calidad y cantidad de aguas en el largo plazo, aproximándose de manera progresiva a la condición natural del acuífero".

Sin embargo, como se ha informado durante el proceso de revisión y se respaldó con las proyecciones de calidad del agua subterránea del acuífero Huechún del escenario Sim02, presentado en enero de 2014, en esta área se espera una tendencia al equilibrio del agua subterránea con la calidad de la fuente, que corresponde al agua clara del tranque. Esta tendencia se confirma con las proyecciones actualizadas del escenario Sim03 que se adjunta a esta presentación.

En efecto, como se advierte en la Figura 1.4-A, la aplicación de las medidas del PSyCI no tiene como resultado una mejora de las condiciones de calidad en las aguas subterráneas del Área de Manejo, sino que durante la operación de esas medidas se espera un aumento gradual en la concentración de sulfatos por sobre los niveles observados actualmente de rangos de 800 a 1600 mg/l, a valores de 800 a 1800 mg/l.

Ahora bien, los efectos señalados son los previstos para esta área, precisamente porque el Área de Manejo corresponde al sector donde se emplazarán las obras de manejo de agua y control de infiltraciones, y en consecuencia, no se pretende generar mejoras de calidad en dicha área, sino generar las condiciones que permitan capturar las infiltraciones provenientes del tranque.

Es importante destacar que en esta área, de propiedad de DAND, no existen aprovechamientos del recurso hídrico que sean afectados en ninguna forma, ni se han definido objetivos de protección que deban ser considerados.

b) Para el Área de Control y Seguimiento (CS), que se extiende entre el límite del Área de Manejo y el límite de la propiedad de DAND, con la operación de las medidas del PSyCI se proyecta una mejora progresiva de las actuales condiciones de calidad en el acuífero, hasta alcanzar valores que se enmarcan dentro de los estándares definidos por las normas chilenas NCh 409/1.Of.2005 para uso en agua potable, y NCh 1.333.Of.78 Modificada en 1987 para uso en riego.

De este modo, y no obstante que en esta zona, de propiedad de DAND, no existen aprovechamientos del recurso hídrico que puedan verse afectados, con las medidas del PSyCI se espera que la concentración actual de sulfatos, en rangos de 100 a 900 mg/l, disminuya a rangos entre 400 a 100 mg/l en el plazo de 5 años desde la implementación de las medidas, y a rangos medios de 250 a 100 mg/l después de 20 años de operación, como se ilustra en la Figura 1.4-A.

Estos resultados se han respaldado con las proyecciones de calidad del agua subterránea del acuífero Huechún del escenario Sim02, y se ven confirmados con los resultados de las proyecciones de actualización del escenario Sim03 que se adjunta a esta presentación.

c) Para el Área de No Impacto, sector que se extiende fuera de los límites de la propiedad de DAND, con la implementación de las medidas del PSyCI se espera una mejora progresiva en el tiempo de las actuales condiciones de calidad en el acuífero, de manera que:

- Se mantenga el cumplimiento de los estándares de la NCh 409/1.Of.2005 para agua potable en toda la zona y en todo momento.

- Se recuperen los estándares de la NCh 1.333.Of.78 Modificada en 1987 en el plazo de 15 años, considerando el actual avance de la pluma y el tiempo requerido para que el PSyCI produzca los efectos esperados. Ello sin perjuicio de asegurar que en los usos de riego de terceros que puedan existir en las zonas de esta área (NI) en que los parámetros de la NCh 1.333.Of.78 asociados a la pluma de infiltración se vean superados, se adoptarán medidas tales como remplazo del agua de riego, la adquisición de los derechos de aprovechamiento y/o de los predios involucrados.

- Se asegura la calidad natural en los pozos de agua potable rural de las localidades de Huechún, Santa Matilde y Punta Peuco, para aquellos parámetros asociados a la pluma de aguas de infiltración definido a través de la metodología Wendland (2003). Concentración de sulfato 119 mg/l.

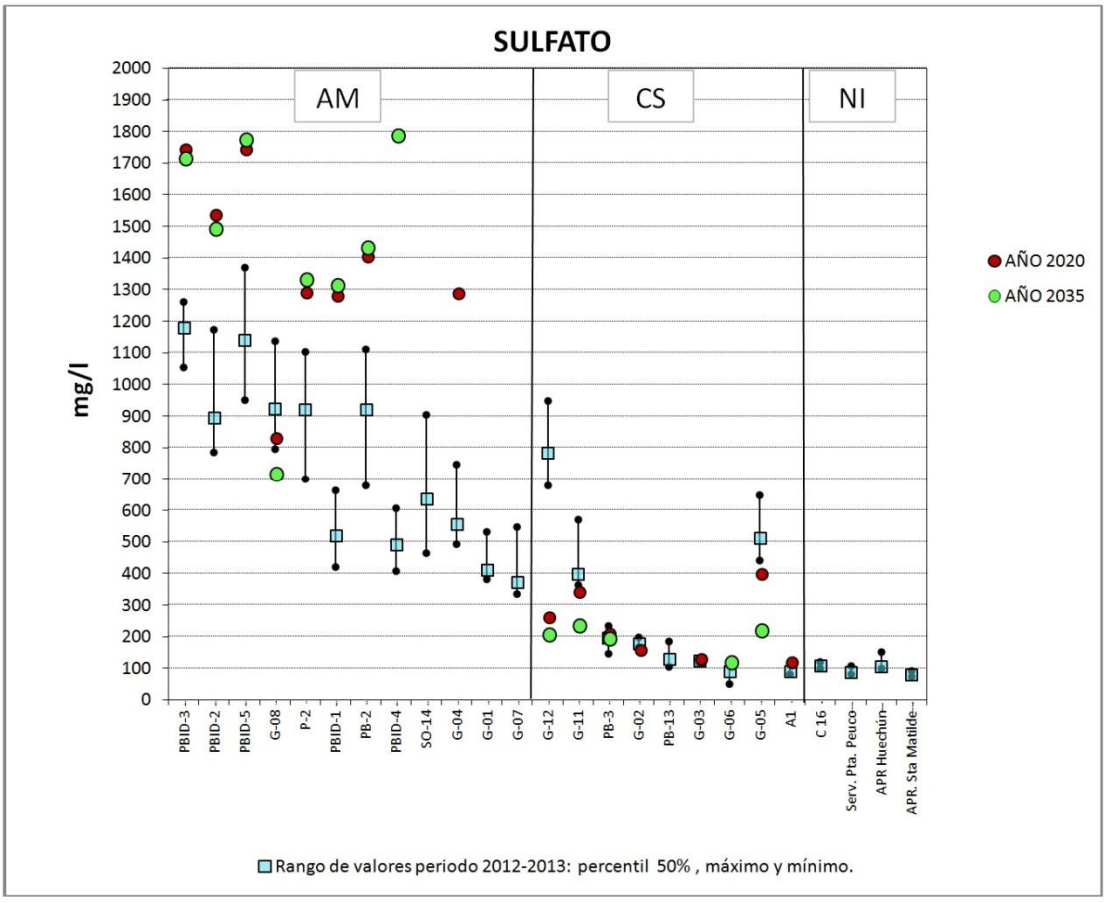
Según las proyecciones de calidad del agua subterránea del acuífero Huechún del escenario Sim02, confirmadas con los resultados de las proyecciones de actualización en el escenario Sim03 que se adjunta a esta presentación, la concentración de sulfatos que actualmente presenta el Área de No Impacto (NI) está en rangos de 100 a 300 mg/l y se estabiliza bajo los 250 mg/l a los 15 años de operación de las medidas del Plan. Ello sin perjuicio de mantenerse la calidad natural actual bajo 119 mg/l en los pozos APRs, que son el objeto de protección de mayor sensibilidad considerado en el PSyCI.

Respecto de las condiciones de descenso de la concentración de sulfatos, de acuerdo a las proyecciones realizadas en el escenario de simulación identificado como Sim03, para los pozos de observación existentes, la evolución esperada de este parámetro en el agua

subterránea del acuífero de las tres áreas identificadas se ilustra en la Figura 1.4-A siguiente:

Figura 1.4-A

Proyecciones de Concentración de Sulfatos en acuífero Huechún - Chacabuco Escenario Sim03



Como se advierte nítidamente en los antecedentes anteriores, que son perfectamente consistentes con la información entregada durante el presente proceso de revisión de la RCA 275-B y con los planteamientos formulados por este titular, los objetivos de recuperación de la calidad del acuífero que resultan procedentes considerando la existencia del tranque, corresponden a los propuestos en el Plan. Estos permiten, además dar cumplimiento a la normativa vigente aplicable a la actividad evaluada ambientalmente

cuyos impactos no previstos son objeto de evaluación a través del procedimiento del artículo 25 quinquies de la Ley N° 19.300.

La expectativa de recuperar la calidad natural previa a la existencia del tranque de relaves, que puede ser procedente para la etapa posterior al cierre de dicha instalación y en el largo plazo, desvirtúa la naturaleza y propósito del proceso de revisión en curso, que tiene por finalidad evaluar los impactos de un proyecto o actividad que no fueron previstos en la evaluación original y determinar las medidas y condiciones que deberán cumplirse para que dichos impactos se ajusten a la normativa vigente.

Considerar la línea de base anterior al proyecto aprobado y ejecutado, y exigir que se retrotraigan el estado de las componentes ambientales a la situación anterior a la existencia de la actividad implica, por una parte, desconocer la aprobación ambiental y los permisos sectoriales bajo cuyo amparo se ha desarrollado dicha actividad, y por la otra, aplicar un estándar de reparación ambiental que la ley no establece para este tipo de situaciones.

En efecto, el procedimiento de revisión busca hacerse cargo de una situación de hecho (la evolución de variables ambientales en forma diferente a lo previsto en la RCA) derivada de que no se dieron las premisas técnicas originales, generándose una situación distinta a la prevista en la RCA, con la información existente en ese momento. Así, a partir de esa realidad y para corregir la situación, se requiere revisar las medidas consideradas en el proyecto y adoptar las que sean necesarias para evitar cualquier daño ambiental, lo que no significa volver a la situación original o pretender suprimir los impactos que son propios de la actividad, sino someterlos a las exigencias que correspondan para hacerlos compatibles con la normativa vigente.

Sin duda, recuperar calidad natural previa a la existencia del tranque de relaves durante la fase de operación de éste, es una exigencia mayor al estándar de una evaluación de impacto ambiental, ya que desconoce la obra, su naturaleza e impactos propios sobre el medio ambiente.

Finalmente y como se ha señalado, los resultados de las medidas comprometidas satisfacen los estándares normativos exigibles:

- En el área de No Impacto, es decir en toda zona que exceda los límites de propiedad de DAND, se cumplen los estándares de la Norma Chilena NCh 409, para Agua Potable, sin perjuicio de mantenerse la calidad natural en los pozos de APR Huechún, Santa Matilde y Punta Peuco.

- En propiedad de terceros, en pozos donde se mantenga el uso de riego, se recuperarán los estándares de la NCh 1333, para uso de riego.

Cabe señalar que el cumplimiento de las normas antes aludidas se encuentra acotado a aquellos contenidos asociados a la pluma de aguas claras de infiltración, esto es Ca, Na,

Mg, Cl, SO4, Mn, Fe y CE, y cuando exista mérito que sustente que la variación de esos contenidos es producida por la infiltración de aguas claras del tranque.

1.5. Se hace presente que el titular deberá presentar una propuesta técnica y ambientalmente viable, que cumpla con el objetivo de reducir las infiltraciones de aguas claras desde el tranque al acuífero.

Lo anterior deberá presentarse un plazo máximo de 1 año, a contar de la fecha en que se ponga término al presente proceso de revisión de la RCA *257-B/1994* de la COREMA RM, ante la DGA RM.

Respuesta:

Se acoge el requerimiento formulado en esta observación, para lo cual elaborará y presentará ante la DGA RM, una propuesta técnica y ambientalmente viable que avance en el objetivo de reducir las infiltraciones de aguas claras desde el tranque hacia el acuífero.

Sin embargo, se estima que el plazo de 1 año resulta insuficiente para el desarrollo de los estudios de ingeniería que permitan identificar alternativas y evaluar su viabilidad técnica y ambiental para lograr una reducción de la magnitud de las infiltraciones de aguas claras desde el tranque de relaves de Ovejería hacia el acuífero.

Efectivamente, para la elaboración de la propuesta solicitada, en términos que sea técnica y ambientalmente viable, es necesario tanto el análisis de las opciones técnicas existentes, como la evaluación de los efectos esperables sobre la cantidad de agua en el tranque o su manejo en la operación, y la ponderación de las implicancias que ello tiene sobre la magnitud de las infiltraciones, además del desarrollo de ingenierías de diseño y evaluación, que permitan disponer de la información suficiente para que la Corporación pueda sustentar dichas medidas.

En virtud de lo anterior, para satisfacer este requerimiento se considera necesario un plazo no inferior a 2 años, contado desde la fecha de término del presente proceso de revisión de RCA.

Por las consideraciones señaladas, se solicita establecer un plazo de dos años para el cumplimiento del requerimiento formulado en este numeral, contado desde la resolución que ponga término al presente procedimiento.

2. Modelo hidrogeológico.

2.1. En la respuesta 2.5 del documento singularizado en el N° 7 del ANT., en relación con el caudal de recarga total asumido en la zona de aguas claras, el Titular considera que éste se mantendrá constante en todo el tiempo de modelación, oscilando estacionalmente entre aproximadamente 40 mm/año y 45 mm/año. Se solicita al Titular justificar este supuesto de homogeneidad en la recarga del acuífero en dicha área, vinculándolo con la proyección de crecimiento del Tranque. En esta misma línea, se solicita justificar que la concentración de sulfato se asuma constante e igual a 2000 mg/l en la misma zona de aguas claras.

Respuesta:

Las infiltraciones asumidas en la zona de aguas claras dicen relación con la superficie de la laguna, según se han descrito las recargas artificiales en el Anexo F "Modelo Numérico de Flujo y Transporte Sistema Tranque-Acuífero Ovejería – Calibración", en su acápite 2.1.5.2.2 "Recargas en Régimen Transiente (condición CON Tranque Ovejería)", letra e) "Recarga por Infiltración desde la Cubeta". De acuerdo con el Anexo H "Resultados de Simulaciones", acápite 2.2.5 "Recargas Artificiales", se considera que la superficie de la laguna está en equilibrio, con variaciones estacionales según se presentan actualmente, sobre la base del control de volumen y superficie de la laguna por medio descarte a través de forestación.

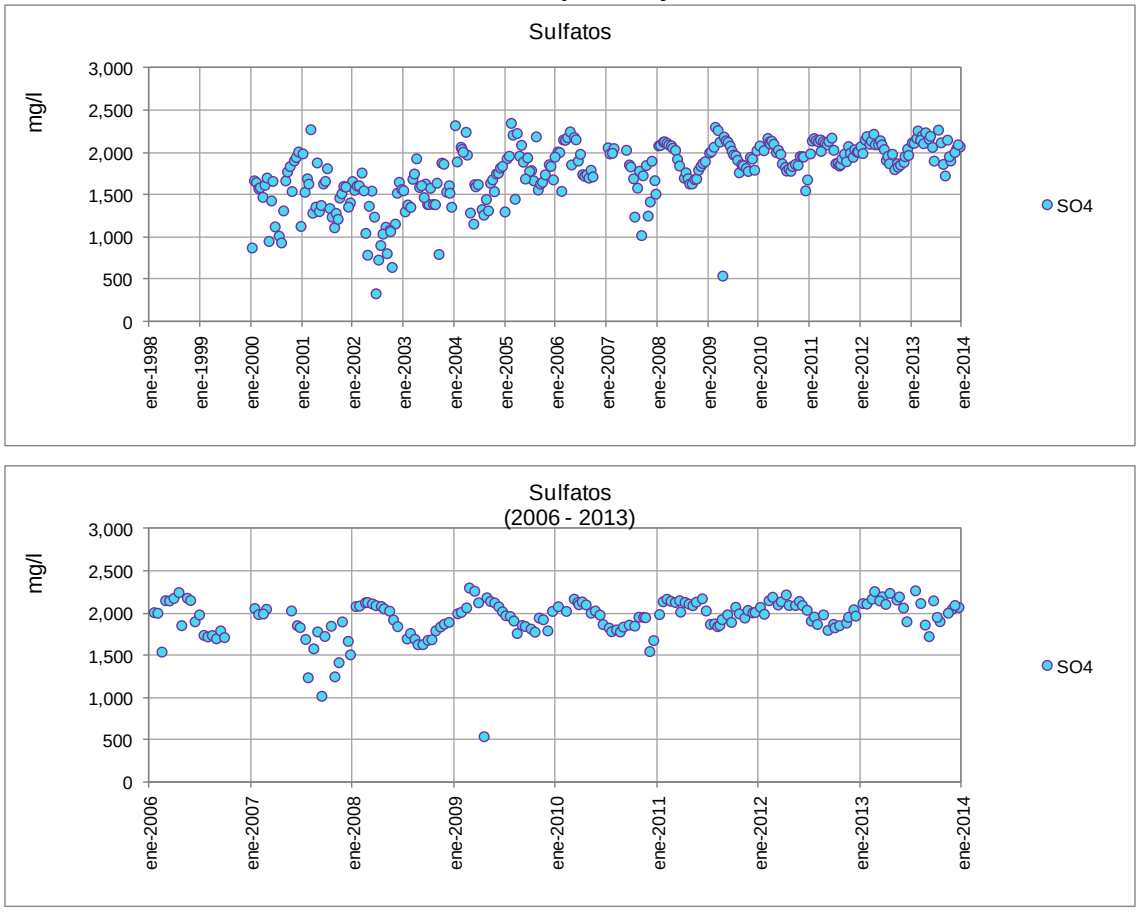
Respecto a los valores de recarga en la zona de aguas claras oscilando entre 40 mm/año y 45 mm/año que indica la observación, es necesario aclarar que al parecer corresponden a valores extraídos del modelo de simulación en VisualModflow, que corresponden a la expresión en lámina de agua y sólo a una zona de recarga, específicamente a la laguna sobre lamas. Sin embargo, según se ha descrito en el Anexo F, la recarga producto de infiltraciones de la laguna de aguas claras se ha sectorizado de acuerdo al terreno sobre el cual se encuentra, en tres zonas genéricas: laguna sobre depósitos fluviales, laguna sobre depósitos coluviales y laguna sobre depósitos de lamas; constituyendo los depósitos fluviales la zona donde se estima mayor infiltración y la laguna sobre lamas la de menor infiltración. La recarga total estimada y asignada en el modelo de proyección en la zona de aguas claras, oscila estacionalmente entre 74 l/s y 86 l/s.

Respecto a la concentración de sulfato, el escenario de calibración considera la serie histórica medida en forma quincenal promediada para representar los periodos de cálculo de un mes. La serie histórica completa se presenta en la Figura 2.1-A para el periodo desde el año 2000, con un detalle del último periodo a partir del año 2006.

Para los escenarios futuros, se decidió utilizar una condición media de acuerdo con la tendencia de los datos históricos de los últimos años, previa observación del

comportamiento en el tiempo. La tendencia histórica muestra en los primeros años de operación, concentraciones de SO4 en la laguna de aguas claras que fluctuaban entre 600 mg/l y 2,000 mg/l con una media aproximada de 1,400 mg/l. Este valor medio fue creciendo a lo largo de los años hasta tender a estabilizarse en torno a valores de 2,000 mg/l para los años recientes, valor que se ha adoptado para las simulaciones dada la estabilización observada.

Figura 2.1-A
Comportamiento histórico en la concentración de sulfatos en la laguna de aguas claras del tranque Ovejería.



2.2 En la Tabla 2.3, página 15 del Anexo F del documento singularizado en el N° 7 del ANT., el Titular especifica las recargas consideradas para el modelo numérico, dentro de las que se encuentra la recarga producida por el estero Chacabuco (ID 8 y 9, correspondientes a la recarga base y la recarga en crecida, respectivamente). Seguidamente, en el título 2.1.5.2.2 Recargas en Régimen Transiente (condición CON Tranque Ovejería), el Titular señala en la letra b) que la recarga por infiltración desde aguas conducidas por el estero Chacabuco *"Se ha mantenido desestimada, de igual manera que para régimen permanente.* " (Esto también se menciona en el Anexo B). En consideración a esto, la DGA RM ha informado que verificó la aplicación de tal criterio en el modelo numérico Ovejería proporcionado por el Titular y constató que sí se considera la recarga desde el estero Chacabuco. Por tal razón, se requiere que el Titular aclare la condición en la que se calibró el modelo, justifique la decisión de desestimar la recarga desde el estero Chacabuco y aclare si los resultados expuestos en éste y demás Anexos son representativos de la situación calibrada y simulada.

Respuesta:

La recarga por efecto de filtraciones desde el estero Chacabuco se encuentra efectivamente ingresada en la zonificación de recargas en el modelo numérico a través de las zonas VisualModflow 9 y 10. Sin embargo, dicha recarga es de muy bajo caudal y es posible constatar en los modelos que *no se encuentran activas*, lo que significa que no participan en los cálculos numéricos. Ello, con la sola excepción que ocurre en la zona 10 del modelo transiente de calibración, caso en que el valor de la recarga es cercano a 0 l/s, a excepción del día 0 a 1 con un caudal de 0,5 l/s que corresponde a un error en el ingreso de información, el cual no interfiere en los resultados expuestos.

Se aclara entonces, que la condición con que se calibró el modelo incluye la desestimación de la recarga desde el estero Chacabuco según se indica en Anexo B y Anexo F, siendo los resultados representativos de la situación calibrada y simulada.

Con el fin de eliminar la duda que se ha presentado en esta observación, en la versión adjunta a esta Adenda se eliminan los valores mayores a cero en la recarga del estero Chacabuco y se mantienen no activos.

La recarga desde el estero Chacabuco fue considerada en el modelo conceptual, desagregada en 2 componentes: infiltración permanente debido al caudal base e infiltración por los eventos de crecidas asociados a lluvias intensas. Los valores medios considerados en el modelo conceptual para estas 2 componentes corresponden simplemente a inferencias o estimaciones preliminares y no existen mediciones que la sustenten y, por lo tanto, esta estimación debe ser considerada como una infiltración potencial referencial.

Cabe hacer notar que la presencia en superficie de la unidad hidrogeológica 1, Arcillas, en prácticamente la totalidad del área de estudio excepto en los sectores más elevados aguas arriba del tranque, podría limitar de forma importante la infiltración real de todas las componentes superficiales.

Es precisamente la calibración del modelo la etapa en la cual se validan/corrigen las estimaciones realizadas en el modelo conceptual. Particularmente en este modelo, la calibración tanto en régimen permanente como en régimen transiente del modelo de flujo, así como la calibración del modelo de transporte, muestran que estos caudales de infiltración no son evidentemente necesarios para ajustar los valores medidos. Los modelos podrían ajustar en forma similar tanto si se consideran estas infiltraciones como si se desestiman. Para ello, basta con variar sutilmente las permeabilidades de las unidades hidrogeológicas dentro de los rangos geológicos factibles.

Ante esta disyuntiva, la versión final de la calibración desestima la infiltración desde el estero Chacabuco, de forma de no incorporar variables de alto nivel de incerteza que pudieran artificialmente incorporar agua de buena calidad al acuífero de forma irreal. Por otra parte, es pertinente destacar que la desestimación de esta infiltración ha sido consistente con la condición hídrica de la cuenca durante los últimos cinco años, con escasa precipitación y escorrentía en los cauces.

2.3 Respecto al modelo de transporte MT3DMS y los resultados obtenidos en la fase de Calibración, el Titular presenta los Errores Medios Absolutos (EMA) en el Anexo F, Tabla 3.5. En la citada Tabla, se presentan magnitudes del EMA normalizado por pozo en el rango 8.8% a 158% (a modo de ejemplo, el pozo G-05 y PB-3 presentaron errores iguales a 24.9% y 82.6%, respectivamente). Al respecto, cabe señalar se entenderá que los resultados del modelo son considerados confiables sólo una vez que éste se encuentra calibrado en forma apropiada y por tanto se considera que sólo entonces la herramienta tiene una capacidad predictiva adecuada, cobrando sentido llevar a cabo las simulaciones futuras. Por lo anterior, se solicita corregir o aclarar la calibración del modelo de transporte. A mayor detalle, se sugiere revisar los lineamientos contenidos en la "Guía para el Uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA" (SEA, 2012).

Respuesta:

En primer lugar, cabe señalar que la Tabla 3.5 del Anexo F fue presentada con el objetivo de mostrar a través de estadísticos simples, las diferencias entre los valores medidos y simulados en cada uno de los pozos. Los estadísticos presentados correspondieron a Error Medio Absoluto (EMA), EMA normalizado por rango medido en cada pozo y EMA normalizado por rango del dominio modelado.

El grado de ajuste de un modelo se debe medir a través del ajuste del conjunto de pozos y no de cada uno en particular. En un modelo de simulación siempre habrá pozos que ajusten mejor que otros lo cual se debe a que la complejidad inherente de un sistema acuífero no puede ser transferido íntegramente a un modelo de abstracción matemática.

Analizando en este sentido, 14 de los 22 pozos de la Tabla 3.5 presentan EMA bajo los 100 mg/l y más aún, el promedio de los EMA de todos los pozos es 102 mg/l lo cual representa sólo un 9% del rango medido.

El EMA normalizado por el rango de cada pozo, motivo de la presente consulta, es un estadístico extremadamente exigente como parámetro de bondad y por ello no se menciona en la "Guía para el Uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA". De hecho, dicha guía señala en su página 43: *"La evaluación del éxito de la calibración se debe realizar de forma cuantitativa y cualitativa. Ambas evaluaciones son necesarias, puesto que independientemente de la magnitud del error, es importante que el modelo refleje las tendencias observadas."*. Y más adelante en la misma página, *"Es importante destacar que el objetivo principal de la calibración es buscar la consistencia entre los resultados del modelo numérico y el modelo conceptual. Es por esto que se debería privilegiar una mejor representación cualitativa de las tendencias del modelo conceptual por sobre la estricta minimización del error numérico, ya que esto último por sí solo no garantiza resultados coherentes con el comportamiento observado del sistema."*

En la versión actualizada del Anexo F se ha actualizado la Tabla 3.5 dado que el modelo ha sufrido actualizaciones recientes (por ejemplo para mejorar los ajustes del pozo PB-3) y se incluye ahora el Error Cuadrático Medio Normalizado, que alcanza un valor de 12% para los sulfatos, considerando los 22 pozos de control utilizados en el modelo.

Al analizar los hidrogramas de ajuste de sulfatos en su conjunto, se observa indudablemente que las tendencias de cambio se reproducen de forma correcta en el modelo. Esto, sumado a un error estadístico dentro de un rango razonable para un modelo de transporte de solutos, permite concluir que el modelo sí es una herramienta válida como elemento de análisis del problema en cuestión.

2.4 El Titular incluye un análisis de sensibilidad del modelo Sim02 ante la variación del parámetro dispersividad (en más menos un orden de magnitud; escenarios Sim02a1 y Sim02a2 del Anexo H, respectivamente), entendiéndose que el rango escogido corresponde a una variación dentro de un rango realista de magnitudes del parámetro. De este modo, se interpreta que el Titular demuestra el efecto de la anisotropía del acuífero sobre dispersión de la pluma contaminante en el sector acuífero modelado. Para el primer caso (Sim02a1), ante una menor dispersividad, el Titular indica que la pluma de contaminante se alarga hacia el suroeste, incrementándose la concentración de sulfatos en el pozo APR Punta Peuco por sobre la calidad objetivo comprometida

(calidad natural), llegando a una concentración de aprox. 130 mgSO_4/l. En tal situación y reconociendo la incertidumbre inherente del acuífero y de la herramienta de simulación utilizada para predecir los impactos sobre el acuífero, se solicita al Titular que el PAT establezca e indique medidas adicionales a las consideradas en el Plan de Acciones de Control de Infiltraciones, de forma tal que éstas permitan enfrentar en un plazo oportuno una alteración de la condición de calidad natural del agua del acuífero en las proximidades del pozo APR Punta Peuco, así como en los demás pozos APR, manteniendo la condición comprometida para el Área de No Impacto (NI) según el PSyCI (Anexo B).

Respuesta:

Las medidas del PSyCI que el PAT considera para contener niveles de concentración de SO4 por debajo de umbrales, la incorporación de pozos de captura focalizada en la zona de la Barrera Hidráulica, la incorporación pozos de inyección de aguas frescas en una cortina de inyección, y pozos focalizados de inyección de aguas fresca.

En atención a la incertidumbre inherente del acuífero dada su condición natural de hetereogeneidad, el PSyCI considera a su vez como medida de compensación el tratamiento de las aguas alumbradas para los APRs de Huechún, Santa Matilde o Punta Peuco; en forma y oportunidad según se describe en acápite 2.5 del Anexo B "Consolidado de Obligaciones del Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones (PSyCI)". Ello, con el fin de garantizar en todo momento la buena calidad del agua potable que proporciona el respectivo sistema. Es así como en el Anexo B se indica que:

"En los pozos APRs de Huechún, Santa Matilde o Punta Peuco, si a partir de los resultados del monitoreo de calidad de aguas en los mismos pozos de abastecimiento APRs, el percentil 50% de los últimos doce meses consecutivos, para el indicador concentración de sulfatos; muestra que se ha superado durante un trimestre el valor de concentración de calidad natural equivalente al percentil 90% de 119 mg/l, definido para la zona media del acuífero Chacabuco Polpaico, como se detalla en el Anexo D "Calidad Natural" de este documento; y este estadígrafo muestra una tendencia al sostenida al alza, se procederá a la activación de esta medida."

Cabe destacar que el umbral comprometido de línea base (119 mg/l) que se considera para activar la incorporación de la medida de una planta de tratamiento, corresponde a una concentración muy por debajo del límite de la Norma Chilena NCh409/1 Of. 2005 de requisitos para agua potable, la cual establece 500 mg/l. Ello significa que la medida de tratamiento de agua para el abastecimiento de agua para consume humano se activa con una concentración menor al 25% del límite hoy normado en el país.

3. Acciones de control y proyecciones.

3.1 Identificar en un plano en planta a escala 1: 1000 o en cartografía similar a la Figura 1.1 Anexo B del documento singularizado en el N° 7 del ANT., todos los pozos de captura e inyección con sus respectivas coordenadas (Datum WGS84 H19).

Respuesta:

De acuerdo a lo solicitado de adjunta como parte del presente documento el "Plano N°1: Disposición General de Instalaciones Escenario de Simulación Sim02", identificando en planta los pozos de captura e inyección identificando en planta los pozos de captura e inyección considerados con sus respectivas coordenadas (Datum WGS84 H19). Se ha considerado apropiada una escala 1:4.500, toda vez que la escala solicitada 1:1.000 o cartografía similar no permite su impresión en ploter.

Es necesario precisar que dicha Figura 1.1 - y por ende el Plano N°1 adjunto - corresponde a una figura general de ubicación cuyo objetivo es ilustrar los pozos utilizados en el escenario de simulación Sim02 en el cual se adicionan pozos acorde con las Medidas para el Control de Infiltraciones (Medidas de Control Global y Focalizado). De acuerdo con lo indicado en el acápite 2.3 "Evaluación de Escenarios de Medidas de Control de Infiltraciones", en la Figura 1.1 se muestra la disposición general de las instalaciones definidas para el escenario de simulación Sim02, siendo relevante en esta figura, la definición de las zonas de acción para la implementación de estas medidas, en particular las de captura focalizada, cortina de inyección de agua fresca e inyección focalizada de agua fresca, dominio dentro de los cuales se implementará el tipo de medida definida en el plan.

Las acciones comprometidas para el control de infiltraciones descritas en el acápite 2.4 del Anexo B incluye la operación de la Barrera Hidráulica Ovejería actual de 15 pozos de bombeo, complemento de la Barrera Hidráulica con 8 pozos de apoyo, al menos tres pozos de captura focalizada, pozos de inyección focalizada y al menos seis pozos de inyección ubicados aguas abajo de los pozos de captura de la Barrera.

Si bien a solicitud del presente documento se incluye en el Plano N°1 la identificación de cada pozo considerado en el escenario de simulación con sus respectivas coordenadas geográficas; al igual que la Figura 1.1 el plano mantiene su objetivo de ilustrar las ubicaciones consideradas, si bien el número de pozos y su ubicación precisa puede variar, siendo relevantes las zonas de acción ilustradas dentro de las cuales se proyectan los pozos que dan forma a las medidas de control.

En Anexo Respuesta 3.1 se incluye el plano planta solicitado.

3.2 Se solicita al titular llevar el control de caudales mediante flujómetros en cada uno de los pozos de inyección y captación considerados, tal como se compromete en la respuesta 3.2 del documento singularizado en el N° 7 del ANT., incluido en el OF. ORD. JUR. N°140 del SEA RMS de 23 de enero de 2014.

Respuesta:

En lo referente al control de caudales, la solicitud aludida 3.2 Indica (extracto textual):

"De igual forma, y para corroborar ambientalmente el ejercicio del derecho de aprovechamiento, se deberán remitir a la DGA RM los caudales diarios extraídos en formato Excel por cada bomba en los mismos informes trimestrales comprometidos por el Titular, con el fin de verificar que los balances proyectados están acorde a las medidas que se proponen y se ejecutan tal como señala la estrategia anteriormente solicitada."

En respuesta se indica, en forma textual:

Respecto de los registros de caudales de extracción por pozo, para corroborar el correcto ejercicio del derecho, en los informes trimestrales comprometidos en el Plan de Seguimiento según detalle en el acápite 3.5 Reportes del Anexo B; se incluirá el registro de los caudales medios diarios explotados por la barrera hidráulica en su conjunto, así como también el registro de los caudales diarios de los pozos que la conforman, en el formato solicitado.

Es decir, se refiere a los caudales de extracción por pozo. En el entendido que la solicitud del presente ICSARA de refiere a su extensión a los pozos de inyección, se incluirá también el registro de los caudales medios diarios de cada uno de los pozos de inyección. El control de los caudales será llevado a través de flujómetros.

Luego los pozos de bombeo tendrán medidores instantáneos de caudal y totalizadores de flujo.

Durante todo el período de explotación, deberá mantenerse un "Registro de Bombeo de los Pozos de Producción", en el que constará el registro mensual de cada pozo con el caudal medio diario bombeado y el caudal máximo diario.

3.3 Especificar en qué punto del balance hídrico que se ingresó al modelo predictivo, se considera un flujo de extracción de 255 l/s del sistema y un caudal de inyección máximo de 80 l/s.

Respuesta:

En el modelo numérico predictivo se ingresó un caudal variable en el tiempo de extracción entre 150 l/s y 225 l/s y de inyección entre 20 y 66 l/s, según se indica en Anexo H *Resultados de Simulaciones*, Tabla 2.1, de la Adenda 2 del PSyCI.

En el proyecto de ingeniería se aplican márgenes de seguridad como parte de los diseños respecto a las estimaciones numéricas, en particular tratándose de sistemas naturales. En este caso, se ha considerado un margen de seguridad de 30 l/s adicionales para la extracción y de 14 l/s adicionales para el caudal de inyección.

3.4 Incluidos los casos citados en el numeral 3.3 anterior, se requiere que el Titular actualice los resultados de la modelación Sim02 ya que éstos consideran la implementación y operación de medidas desde el año 2013, lo que no es coherente con la situación actual (por ejemplo, en el escenario Sim02, la extracción de aguas con los nuevos pozos se ejecutaría en el año 2013, medida que no fue implementada). En este sentido, la actualización del modelo deberá incluir los nuevos datos que haya recolectado el Titular y las proyecciones de las concentraciones de Sulfato, considerando la situación existente desde el momento en que se inicie la operación de las medidas comprometidas en el Plan de Acciones de Control para Calidad del Agua Subterránea. Este nuevo escenario del modelo de flujo y transporte se denominará Sim03.

De lo anterior, cabe destacar que el bombeo a efectuar deberá estar acotado a los traslados de ejercicio de derecho que el Titular deberá realizar, volúmenes que no podrán superarse al momento de la extracción de aguas subterráneas, de acuerdo a lo señalado en la respectiva Resolución dictada por la Dirección General de Aguas. Asimismo, se debe solicitar la autorización de esta Dirección previo a la ejecución de las obras de recarga artificial del acuífero, rigiéndose por los artículos 66 del Código de Aguas y la Resolución DGA N°425/2008, o la que esté vigente al momento de ingresar dicha solicitud.

Respuesta:

De acuerdo al requerimiento de la autoridad, se ha realizado una actualización del modelo numérico considerando la información disponible a marzo del 2014, escenario Sim03, el que incluye la información disponible de niveles y calidad de aguas subterráneas en los

pozos de calibración, así como también incorpora las fechas efectivas y las más probables de implementación de las medidas recomendadas en el PSyCI, considerando que ellas han sido autorizadas en la Resolución Exenta N° 330/2014 Establece medidas Provisionales en Proceso de Revisión de Resolución de Calificación Ambiental N° 275/B, Proyecto "Sistema de Disposición de Relaves a Largo Plazo: Proyecto Ovejería", conforme a lo dispuesto en el Artículo 25 Quinquies de la Ley N°19.300, de la Comisión Evaluadora de la Región Metropolitana, con fecha 05 de junio de 2014; y considerando también las solicitudes de autorización que el titular debe realizar para proceder a su operación.

Los antecedentes técnicos de la evaluación del escenario de simulación Sim03 se incluyen en el *Anexo F "Modelo Numérico de Flujo y Transporte Sistema Tranque – Acuífero Sector Ovejería. Calibración" y Anexo H "Resultados de Simulaciones Modelo Chacabuco Polpaico y Modelo Ovejería*". Particularmente en el anxo H se ha incluido los resultados obtenidos en los escenarios de simulación Sim01 y Sim02, a objeto que sirva de comparación con el escenario actualizado Sim03, apreciando los efectos por la recalendarización de las medidas del Plan.

De acuerdo a estos resultados, las medidas recomendadas en el PSyCI, siguen logrando los objetivos de calidad comprometidos, no obstante del análisis se desprende la urgencia en la necesidad de implementación y operación de las medidas propuestas.

En esta evaluación también se incluyó, un análisis de medidas complementarias destinadas principalmente a la atención de las infiltraciones que se han producido previo a la operación de las medidas de Plan, las cuales son incorporadas como acciones dentro del Plan de Alerta Temprana, en la medida que esa infiltraciones que están fuera del área de acción de las medidas globales, puedan colocar en riesgo los objetos de protección, APRs de localidades vecinas.

3.5 Respecto a la medida de pozos de inyección de agua fresca de buena calidad en el Área de Manejo (AM) y en el Área de Control y Seguimiento (CS), considerando que los objetivos son *"contener las infiltraciones sobre la zona de captura definida por la barrera, y a la vez mejorar la calidad del efluente subterráneo que sobrepase esta obra de control"* y *"atender fugas localizadas de infiltraciones que no lograron ser capturadas por la Barrera Hidráulica ";* se solicita al titular adquirir el compromiso de inyectar agua que esté en directa relación con las propiedades basales de calidad de agua del acuífero. En esta línea, de acuerdo con la propia información aportada por el Titular, la calidad natural o basal del agua subterránea en el área de influencia del tranque de relaves Ovejería para el parámetro Sulfato, se considera entre 65 y 119 mg SO_4/l. Esto, de acuerdo a lo solicitado por la DGA RM, hace exigible mejorar el estándar actualmente comprometido de concentración de sulfato 150 mg SO_4/l en el PSyCI. Del mismo modo, la inyección de aguas por un caudal de 66 l/s, que se realizará aguas abajo de la barrera

hidráulica, debe contener la misma o mejor calidad que el valor presentado por la metodología alemana empleada (Wendland et al., 2003), lo anterior para todos los parámetros que se consideran relevantes, en especial para sulfatos.

Respuesta:

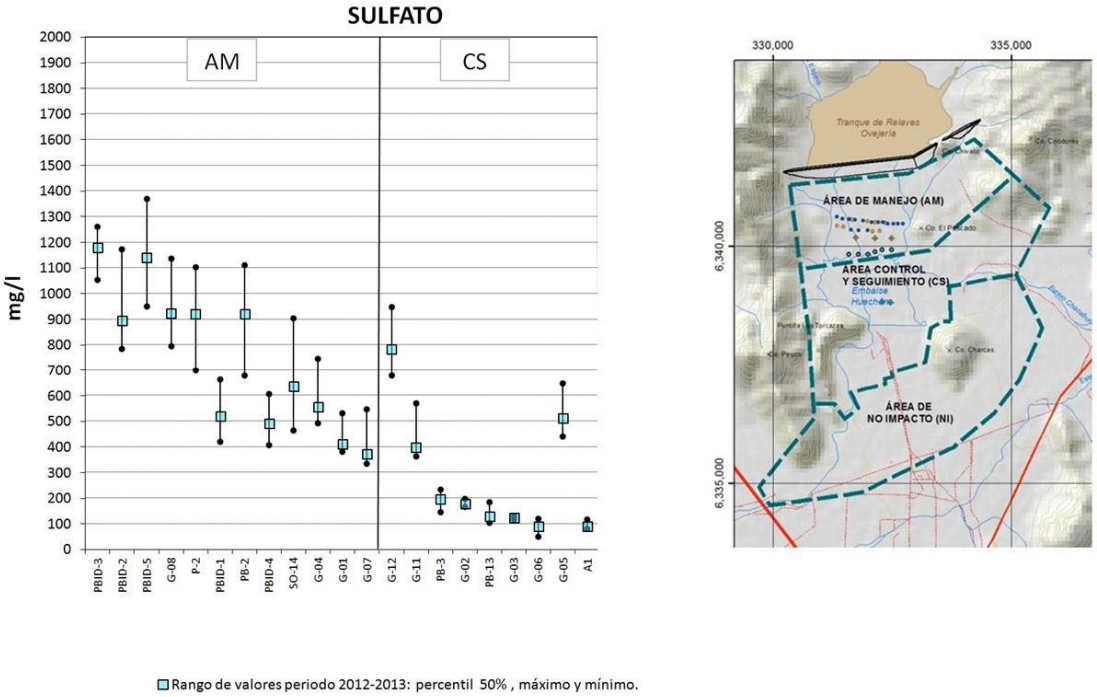
Respecto de la calidad del agua considerada en la medida de pozos de inyección de agua de buena calidad, que permitirá incorporar estas aguas al acuífero en la zona de inyección en el área de manejo (al menos 6 pozos) y en la inyección focalizada aguas abajo del área de manejo (al menos 2 pozos), el titular reitera su compromiso de inyectar aguas con concentraciones máximas de sulfato de 150 mg/l, lo que constituye una calidad equivalente a la calidad natural que presenta el acuífero Chacabuco – Polpaico, de acuerdo a los siguientes antecedentes:

a) Los objetivos de la medida de inyección son los siguientes: 1) permitir una optimización de la operación hidráulica de la barrera hidráulica, aportando estabilidad en la extracción de agua de los pozos que conforman la barrera; 2) reducción de la concentración de sulfatos en las aguas subterráneas; y 3) necesidad puntual o temporal de controlar alzas de concentración puntuales o remanentes aguas abajo de las medidas globales. Estas medidas, en su conjunto aportan a la contención de las aguas sulfatadas, y la reducción de la concentración de sulfatos en las aguas subterráneas, controlando la expansión de la pluma y permitiendo su adecuado control.

En tal sentido, el agua que se ha considerado para la inyección, con una concentración máxima de sulfatos de 150 mg/l, permite cumplir los objetivos señalados en el párrafo anterior, lo que ha sido validado en los diversos escenarios de modelación, en los que se ha considerado la inyección de agua con ese contenido de sulfatos. Así, los análisis técnicos permiten señalar que la calidad del agua que se inyectará, con una concentración máxima de sulfato de150 mg/l, es adecuada para los fines de dilución y control del riesgo de un eventual daño ambiental. Los escenarios de modelación que respaldan esta afirmación corresponden al Sim02 y a la actualización contenida en el Sim03 que se adjunta a esta presentación.

b) Como se advierte en la siguiente Figura 3.5-A, la calidad del agua que se inyectará está en directa relación con las propiedades basales de calidad que se presenta en los distintos sectores en que las aguas serán incorporadas al acuífero (zonas de inyección en AM y CS), donde existen niveles de sulfatos superiores al indicado.

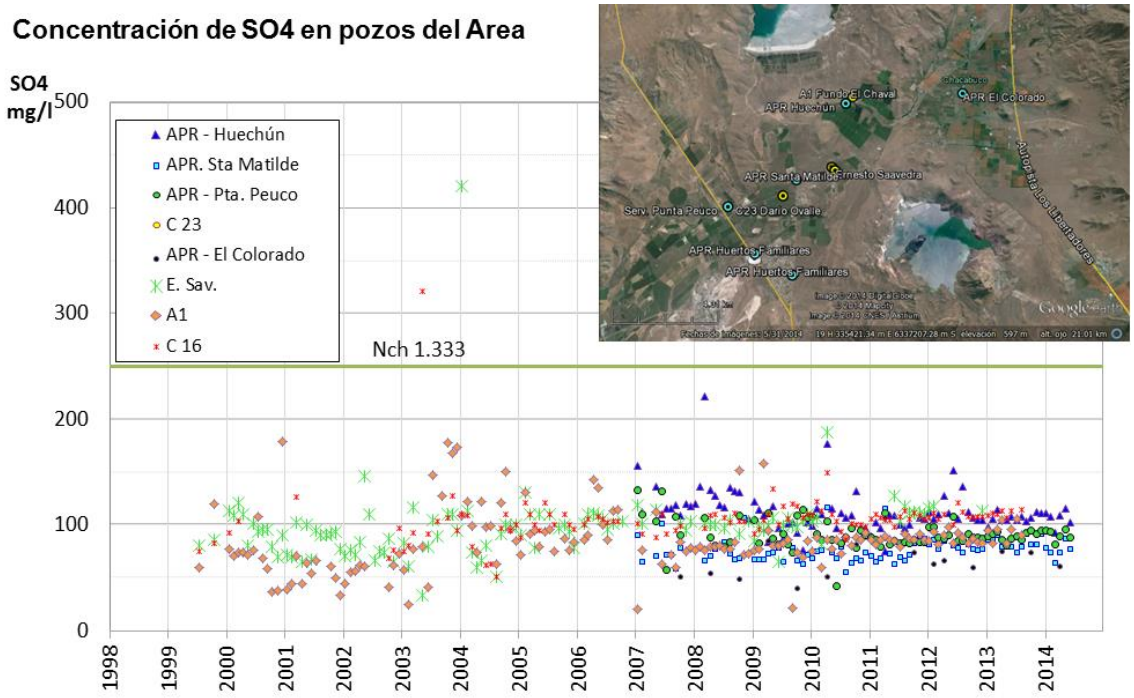
Figura 3.5-A
Contenido de Sulfato en Pozos Área de Manejo y Control y Seguimiento



c) Respecto de la concentración de Sulfatos en el acuífero, en la gráfica siguiente se puede observar que en los sectores aguas abajo del traque de relaves, donde se ha comprobado que no existen efectos de las infiltraciones del Tranque Ovejería, y por ende, se mantienen condiciones de calidad natural, se ha superado en reiteradas oportunidades el valor de 150 mg/l de sulfatos, valor comprometido para las aguas de buena calidad para inyección. Lo anterior, sin considerar que el acuífero Chacabuco – Polpaico, en otras zonas sin intervenciones antrópicas, supera los 300 mg/l de concentración de sulfatos.

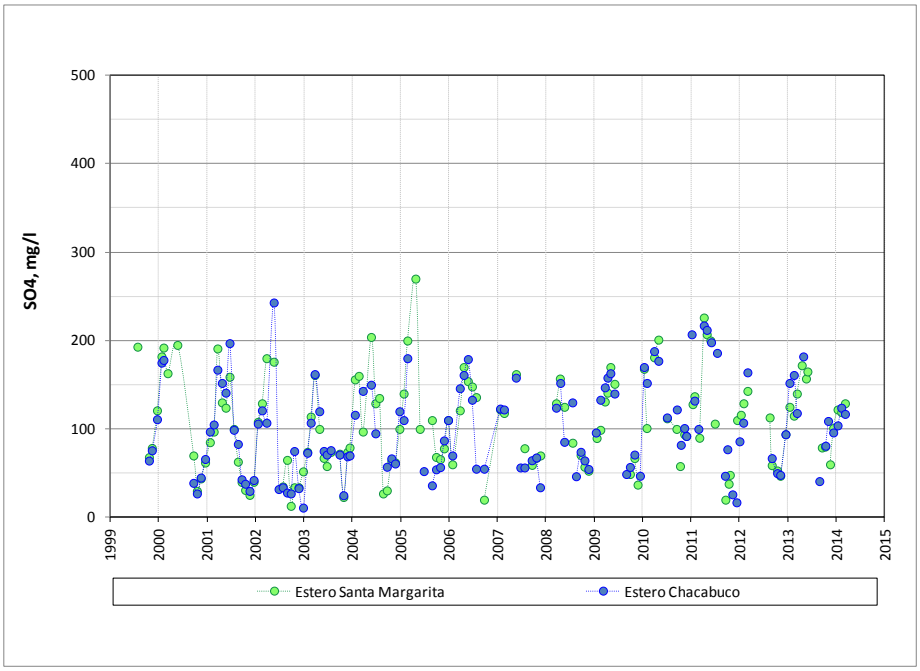
En cuanto a la calidad natural del agua alumbrada en los APRs, si bien el percentil 90% corresponde a un valor de 119 mg/l de sulfatos, también se han registrado valores por sobre dicha concentración, que responden a condiciones naturales del acuífero.

Figura 3.5-B
Contenido de Sulfato en Pozos Acuífero Chacabuco



d) Respecto de la calidad de las aguas superficiales, la figura siguiente muestra que en los esteros observados se registran concentraciones de sulfato superiores a 200 mg/l. Específicamente en el estero Chacabuco, curso de agua superficial que en su trayecto atraviesa toda el área de Control y Seguimiento del PSyCI y que se ubica cercano a la zona de inyección focalizada, conduce aguas que en forma natural se infiltran al acuífero, y que superan la concentración de sulfatos indicada.

Figura 3.1-C
Concentración de Sulfatos Aguas Superficiales Cuenca Chacabuco



Con los antecedentes anteriormente detallados, es posible sostener que la calidad del agua de inyección comprometida, con una concentración máxima de sulfatos de 150 mg/l, cumple con la exigencia de ajustarse a la calidad natural o basal en las áreas del acuífero en que se verificará la inyección, ya que esta concentración está por debajo de las que registran las aguas subterráneas en esas áreas, así como de las registradas en otras zonas del acuífero sin intervención antrópica y en las aguas superficiales del mismo.

Adicionalmente, si se hace una comparación simple de referencia, con las normativas chilenas vigentes, se advierte que una concentración de 150 mg/l está muy por debajo de lo establecido en la NCh 1.333 Of. 78 (Mod. 1987) para uso en riego (250 mg/l); de la NCh 409/1 Of. 2005 para uso en agua potable (500 mg/l); del DS N°90/2000 para descargas de Residuos Líquidos a aguas continentales (1000 mg/l en los casos más restrictivos); y del DS N°46/2002 para descargas de Residuos Líquidos a aguas subterráneas (500 mg/l y 250 mg/l para acuíferos con baja y media vulnerabilidad respectivamente).

Por lo tanto, respecto a la calidad del agua para inyección, el titular reitera su compromiso de inyectar aguas con una calidad equivalente a la calidad natural que presenta el acuífero Chacabuco – Polpaico, con concentraciones de sulfato hasta 150 mg/l.

Ahora bien, el agua para la implementación de la medida de inyección, que deberá cumplir con el estándar de calidad comprometido, provendrá del mismo acuífero

Chacabuco-Polpaico, donde será captada mediante extracciones amparadas en los respectivos derechos de aprovechamiento.

Sin embargo, por las restricciones propias de los períodos de escasez que han tenido lugar en la zona y considerando los rangos de calidad de las aguas subterráneas descritos anteriormente, resulta razonable considerar la posibilidad de no contar en forma permanente e indefinida con recursos frescos que cumplan en todo momento con dichos estándares de calidad.

En consecuencia, asumiendo la probabilidad de un escenario de escasez que impida contar con los recursos frescos necesarios para sustentar la medida de inyección en el tiempo, y con la finalidad de garantizar la disponibilidad futura de agua de buena calidad para dicha medida, se ha incluido en el PSyCI una medida de resguardo que permitirá complementar o reemplazar el abastecimiento del agua necesaria para el cumplimiento del mismo.

La medida de resguardo, que se describe en detalle en el punto 6 del Anexo B, consiste en tratar parte de las aguas extraídas desde la batería de pozos profundos que conforman la barrera hidráulica del tranque, en una Planta de Osmosis Inversa con una capacidad total de diseño de 100 l/s de agua de calidad garantizada (sulfatos inferiores a 150 mg/l) y compatibles con las aguas del acuífero Chacabuco – Polpaico.

De este modo, con la medida de aseguramiento indicada, se aprovecharán como fuente alternativa y complementaria de agua para las medidas de inyección del PSyCI, los mismos pozos de la barrera hidráulica, los que se encuentran amparados con derechos de aprovechamiento de aguas consuntivos, permanentes y continuos por un caudal máximo de 208 l/s (Resolución DGA RM N°405/2011), y donde el agua obtenida y que se obtendrá con los pozos de reforzamiento, se recircula al tranque de relaves. Mediante el tratamiento de parte de esta agua se producirá agua de calidad asegurada para la inyección, lo que permitirá a DAND asegurar la disponibilidad de los 80 l/s comprometidos en la eventualidad que las fuentes de agua fresca del mismo acuífero Chacabuco - Polpaico presenten problemas de disponibilidad física o de calidad.

3.6 Para efectos de no generar impactos significativos en la cantidad de agua subterránea, se requiere comprometer umbrales de descensos máximos en los pozos de monitoreo detallados en las Tablas 3.1, 3.2, 3.3, Y 3.4, Anexo B del PSyCI (documento singularizado en el N° 7 del ANT). En esta misma línea, se espera que la activación del PAT mantenga la independencia entre las medidas de acción asociadas a la detección de concentraciones de sulfato que superen los umbrales establecidos y las medidas asociadas a cambios en los niveles freáticos.

Respuesta:

No es posible comprometer umbrales de descensos en los pozos de monitoreo del PAT, dado que las medidas de reducción de las infiltraciones, solicitadas en otras observaciones de este proceso, implicarán una disminución de los flujos subterráneos efluentes del acuífero de Huechún, por el retiro de las aguas infiltradas del tranque desde este cuerpo receptor.

En efecto, la presencia del tranque de relaves en la rinconada de Huechún ha provocado una recarga antrópica al sistema acuífero, situación que originó un alza local de niveles freáticos, dado que esta recarga por infiltraciones de aguas claras tiene una magnitud muy superior a la recarga natural de esa subcuenca de régimen pluvial, agua de infiltración que con las medidas de control solicitadas se deberá retirar del acuífero para evitar la afección de terceros.

No obstante lo anterior, es importante hacer notar que entre las medidas de control del PSyCI, se incluye la recarga artificial del acuífero, con agua de buena calidad, a través de una cortina de inyección ubicada dentro del Área de Manejo, medida que tiene carácter de permanente. El flujo estimado de inyección de agua de buena calidad supera los 60 l/s, magnitud superior al flujo subterráneo natural que tiene el acuífero de la rinconada, por lo que esta medida segura la no afección de niveles de agua de la zona por la implementación del PSyCI.

4. Programa de monitoreo y seguimiento de variables.

4.1 De acuerdo a lo indicado por la DGA RM, mediante el documento singularizado en el N° 15 del ANT., *"considerando que, según los resultados de las modelaciones, la aplicación del PSyCI en un periodo de tiempo establecido debiese volver a otorgar una calidad de aguas mejor o igual que la detectada antes del desarrollo del proyecto, es decir, una condición de línea base de las aguas subterráneas del área de influencia sin la intervención de aguas claras, se requiere que el Titular comprometa la aplicación de las medidas respectivas con objeto de controlar y remediar los impactos no previstos. Este Servicio plantea necesario respetar la calidad de* 119 *mg/l de sulfatos, propuesta por el*

Titular, en toda el Área de Influencia y no sólo los límites máximos de las normas indicadas anteriormente."

Sin embargo, dicho servicio, mediante el Ord. N° 279, de fecha 10 de marzo de 2014, ha precisado que se espera que con la implementación de las medidas contempladas en el PSyCI, se mantenga, durante toda la fase de operación del proyecto, la condición natural del acuífero en cuanto a calidad y cantidad, similar a lo existente con anterioridad a la ejecución del proyecto y sin sobrepasar el límite máximo establecido en la metodología Wendland (2003); en cuanto al Área de Manejo, se espera que, como resultado de la implementación de las medidas tendientes a reducir las infiltraciones de aguas claras, se revierta la tendencia de menoscabo en la calidad y cantidad de aguas en el largo plazo, aproximándose de manera progresiva a la condición natural del acuífero; en cuanto al Área de Control y Seguimiento, de acuerdo a la modelación e implementación de las medidas contempladas en el PSyCI, se espera una mejora sustancial en la calidad y cantidad de aguas en esta área, acorde a los resultados y plazos de la herramienta predictiva.

De esta manera, se hace presente al titular la necesidad de que presente un cronograma de mejoramiento de largo plazo de la calidad del agua en el Área de Influencia, que incluya la fase de cierre y las acciones concretas de reducción de infiltraciones en la fuente, con objeto de alcanzar la calidad natural del acuífero.

Finalmente la DGA RM, mediante el oficio antes singularizado, señala que: *"Eventualmente y como resultado de la revisión de la etapa de cierre y de la propuesta de control de infiltraciones, y una vez mejorada la herramienta predictiva en los términos solicitados en el ORD. DGA RMS N° 235, de 19 de febrero de 2014, podría ser discutido si en el Área de Manejo podría flexibilizarse el objetivo de calidad de largo plazo. "*

Respuesta:

Como se detalla en la respuesta a la observación 1.5, el titular estima que en un plazo de dos años, una vez concluido este proceso de revisión de la RCA 275-B/94 en la componente infiltraciones del tranque; se presentará una propuesta que sea técnica y ambientalmente viable, donde se identifique medidas adicionales y se evalúe los efectos esperables sobre la cantidad de agua en el tranque o su manejo en la operación, y la ponderación de las implicancias que ello tiene sobre la magnitud de las infiltraciones, como lo solicita la autoridad. Sólo una vez identificadas y evaluadas estas opciones de manejo se podrá construir un cronograma de mejoramiento de calidad en el Área de Influencia, en la medida que las opciones identificadas provoquen efectivamente ese mejoramiento sobre el sistema.

De la misma forma, en virtud de ese análisis de ingeniería y con la información de efectos estimada en base a la herramienta numérica de simulación hidrogeológica, mejorada y actualizada a esa fecha, dos años, se dispondrá de mayores antecedentes que permitirán discutir el objetivo de la calidad de las aguas subterráneas, esperado por la autoridad para las Área de Manejo, de Control y Seguimiento, y de No Impacto.

4.2 En la letra b) del punto 7.2), Medio Ambiente Físico del Plan de Seguimiento y Monitoreo Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), se indica textual: *"Dada la importancia que tiene el recurso subterráneo para los habitantes de la zona de Huechún (agua potable y riego), se propone continuar con estos mismos cinco puntos y la misma frecuencia. A diferencia de los recursos superficiales, para los subterráneos se determinarán las características físico químicas y bacteriológicas según la Norma Chilena de Agua Para uso Potable (NCh 409/84) dado el primordial uso de este tipo que se da al agua de origen subterráneo en la zona de Proyecto, pero limitando la cantidad de parámetros solamente a aquellos de mayor importancia.*". Por otra parte, en el Considerando 1.9.1.2, Recursos Hídricos Subterráneos de la RCA *N°275-B/ 1994,* se señala: *"Se aprueba el Plan de Monitoreo propuesto por la División Andina contenido en Estudio de Impacto Ambiental, el cual considera un muestreo trimestral en cada uno de los cinco pozos indicados en la Figura 7.2 de dicho informe, y el análisis de las muestras extraídas de acuerdo a los parámetros de la Tabla 7.2 del mismo documento, a los cuales se agregará molibdeno (Mo) y boro (Bo).* ". No obstante lo anterior, en la respuesta 4.3 del documento singularizado en el N° 7 del ANT., el Titular señala lo siguiente: *"El término indicador se refiere a la individualización de un parámetro en particular cuyo control en la evolución espacial y temporal que presenta permite efectuar directamente el seguimiento del comportamiento de la pluma que representa o área de afectación. En el caso del tranque de relaves Ovejería, como indicador principal de la pluma ha sido identificado el contenido de sulfatos, dada su marca química por predominancia iónica, y nivel de aguas subterráneas. Por lo tanto, la Lista Corta incluye los indicadores sulfatos y nivel de aguas subterráneas, así como Conductividad Especifica y Sólidos Disueltos Totales como una manera de permitir corroborar el análisis de laboratorio de sulfatos; adicionando pH* (. . .) *En conclusión, los antecedentes técnicos, las modelaciones y los monitoreos realizados a la fecha, no justifican el agregar los parámetros señalados a la Lista Corta, que además, tiene un objetivo relacionado a la toma de decisiones operativas en el manejo del sistema de contención de infiltraciones.* ".

De acuerdo a lo antes expresado, se hace presente que la presencia de filtraciones de aguas claras al acuífero se fue detectando por un compuesto (Sulfato) que en la modelación presentada en el proceso de evaluación del EIA no era relevante, dejando condicionado a monitorear el Molibdeno como principal indicador, generándose las

circunstancias que dieron motivo al presente proceso de revisión de la RCA. En este mismo sentido, hay un conocimiento preexistente sobre la elección de un indicador que fue erróneamente estimado para verificar el desplazamiento de las aguas claras en el acuífero. Más aún, en las Figuras del Anexo C: 'Caracterización Hidroquímica de las Aguas Subterráneas' del complemento del proyecto "Sistema de disposición de Relaves a Largo Plazo: Proyecto Ovejería, del Titular Codelco Chile - División Andina", se puede verificar que existe más de un indicador para este fenómeno físico-químico en los recursos hídricos (movilidad de la pluma de aguas claras y alteración de calidad en aguas subterráneas). Por todo lo anterior, se solicita agregar a la Lista Corta los siguientes elementos: Sodio, Magnesio, Cloruro, Hierro total y Arsénico.

Los parámetros incluidos en la Lista Corta y en la Lista Larga deberán ser medidos el mismo día y a la misma hora de cada mes.

Respuesta:

Se aclara que si bien en el EIA[1] efectivamente las modelaciones se realizaron para el molibdeno identificado originalmente como principal parámetro de interés ambiental, ello no dejó condicionado a monitorear el Molibdeno como principal indicador, sino a los parámetros comprometidos de acuerdo con la RCA 275-B que corresponden efectivamente a aquellos indicados en la Tabla 7.2 del EIA[1] - que incluye entre otros el contenido de sulfatos -, más molibdeno (Mo) y boro (Bo); con frecuencia de monitoreo trimestral.

Es así como el monitoreo para verificación de tendencias históricas de todos los parámetros contenidos en la Tabla 7.2 y no sólo del molibdeno, permitió detectar en los pozos de monitoreo asociados a la RCA 275-B el avance de infiltraciones desde el Tranque de Relaves Ovejería, evidenciado a través del aumento progresivo de las concentraciones de sulfato en alguno de estos pozos según se indica en el PSyCI.

El Programa de Monitoreo y Seguimiento parte del PSyCI (acápite 3 del Anexo B), incluye monitoreo con tres objetivos diferentes:

- El *Monitoreo de Seguimiento de la Pluma de Aguas Claras del Tranque* que incluye los contenidos en la Lista Corta (Tabla 2.1) asociada a los principales indicadores conteniendo niveles de aguas subterráneas, pH, Conductividad Específica (CE), Sólidos Disueltos Totales (SDT), y concentración de sulfato (SO4); a monitorear con frecuencia mensual,

[1] "Estudio de Impacto Ambiental; Sistema de Disposición de Relaves a Largo Plazo: Proyecto Ovejería; Dames & Moore Chile Ltda., Noviembre de 1993".

- El *Monitoreo para Verificación de Tendencias Históricas* que incluye los parámetros contenidos en la Lista Larga (Tabla 2.2), la que incluye amoniaco (NH3), arsénico (As), bicarbonato (HCO3), boro (B), calcio (Ca), cadmio (Cd), carbonato (CO3), cianuro (CN-), cloruro (Cl-), cobre (Cu), color verdadero (-), olor (-), sabor (-), cromo (Cr), fluoruro (F-), hierro (Fe), magnesio (Mg), manganeso (Mn), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), nitrato (NO3-), nitrito (NO2-), razón nitrito+nitrato (-), plomo (Pb), potasio (K), selenio (Se), sodio (Na), zinc (Zn); a monitorear con frecuencia trimestral y;

- El *Monitoreo Dedicado de Pozos APRs* que incluye los parámetros contenidos en la Lista Larga y en la Lista Corta, a monitorear con frecuencia mensual, para los APRs definidos en la Tabla 3.1 del Anexo B.

Es así como los parámetros Sodio, Magnesio, Cloruro, Hierro total y Arsénico solicitados en la presente solicitud se encuentran considerados como parte del Monitoreo para Verificación de Tendencias Históricas, con frecuencia trimestral, y como parte del Monitoreo Dedicado de Pozos APRs Huechún, Santa Matilde y Punta Peuco, con frecuencia mensual.

Respecto a la Lista Corta, tal como se indica en texto citado en la presente solicitud de la respuesta 4.2 "*El término indicador se refiere a la individualización de un parámetro en particular cuyo control en la evolución espacial y temporal que presenta permite efectuar directamente el seguimiento del comportamiento de la pluma que representa o área de afectación.*" Y también, si bien no se cita en la presente solicitud, como parte de la respuesta se indica que *"Bajo este concepto, la pluma puede contener otros componentes, los que de encontrarse asociados, se espera que presenten una relación con el indicador principal"*.

Es así como, respecto a los parámetros solicitados Sodio, Magnesio, Cloruro, Hierro total y Arsénico, de acuerdo con el Anexo C, en su acápite 4 "Conclusiones"; de éstos parámetros Sodio, Magnesio, Cloruro, así como Sulfato, presentan un comportamiento relacionado, siendo identificados como parámetros móviles con la pluma, es decir, constituyendo la pluma de infiltraciones, la que es dominada por el contenido de Sulfatos, de acuerdo con la marca química de las infiltraciones. No así el caso del Hierro y Arsénico, los que han sido identificados como parámetros con alteraciones localizadas, que no se encuentran asociadas al movimiento de la pluma de sulfatos, y por lo tanto, no presentan el mismo comportamiento, a diferencia de los parámetros móviles con la pluma.

Respecto a la Lista Corta, no incluye todos los parámetros identificados como componentes de ésta, sino aquellos que permiten realizar el Seguimiento de la Pluma de Aguas Claras del Tranque, los que han sido determinados con base en el monitoreo de

tendencias históricas de más de 20 años, desde el inicio de la operación del tranque, a diferencia del EIA realizado por su objetivo, antes de la operación del tranque.

En ningún caso el monitoreo queda condicionado a los parámetros incluidos en la Lista Corta como principal indicador, siendo los parámetros solicitados incluidos en la Lista Larga a monitorear con frecuencia trimestral y cuyos resultados son parte del Monitoreo de Tendencias Históricas, por lo que se mantiene su monitoreo y análisis en el tiempo.

Respecto a la oportunidad de medición de los parámetros incluidos en la Lista Corta y en la Lista Larga que deberán ser medidos el mismo día y a la misma hora de cada mes según la presente solicitud; las mediciones serán realizadas por el laboratorio responsable de acuerdo con su procedimiento de medición para cada parámetros, sobre muestras tomadas en la misma oportunidad de muestreo (el mismo día y a la misma hora para ambas listas) para cada punto de monitoreo en particular. Por cuanto la Lista Larga es de frecuencia trimestral, las muestras serán tomadas en la misma oportunidad en cada punto para ambas listas en forma trimestral.

4.3 Respecto a la toma de muestras de aguas subterráneas, se requiere que el Titular defina el procedimiento de muestreo, incluida la profundidad desde donde se recogerán las muestras de agua para análisis químico, lo cual debe ser debidamente justificado. En el caso de los pozos de monitoreo situados en el área de control y seguimiento, más los pozos PES-01, PES-03 y PES-04 que se ubican en el área de No Impacto, las muestras y datos in situ deberán obtenerse a las profundidades más representativas de la condición de avance de la pluma contaminante.

Respuesta:

Con el objeto de asegurar la representatividad de las aguas subterráneas como resultado del monitoreo desde pozos, el procedimiento para este efecto que actualmente aplica la División Andina a través del ejecutor a cargo que es el Centro de Medio Ambiente (CENMA), ha sido desarrollado con asesoría de la División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente de la Universidad de Chile.

Dicho procedimiento se basa en las siguientes referencias:

- NCh-411/11. Of 98 Calidad del agua – Muestreo – Parte 11: Guía para el muestro de aguas subterráneas.
- Standard Methods for examination water and wastewater, Ed 21, 2005. Método 1060 -Preservación y toma de muestras.
- Low-Flow Groundwater Sampling: Using In-Situ, Inc. Troll 9500 Multi-Parameter Probe & Flow-

- Sense Software, David A. Wardwell – In-Situ, Inc. Groundwater Market Manager, 2009.
- Groundwater – Low-Flow Purging and Sampling, White Paper, Geotech, 2009.
- Low-Flow Purging and Sampling Guidance, New Jersey Departmental of Enviromental Protection, 2003.

El procedimiento de muestreo para pozos que cuentan con bomba dedicada se realiza a través de la bomba existente, con un tiempo de bombeo mínimo en el cual se miden los parámetros físico-químicos in situ y hasta estabilizarse. En los pozos que no cuentan con bomba dedicada el muestreo se realiza previo purgado de bajo caudal de manera de asegurar el muestreo de las aguas subterráneas del acuífero, para lo cual se realiza una prueba en terreno a fin de determinar el método apropiado de purga.

Las profundidades de muestreo son definidas con base en los antecedentes hidrogeológicos, en particular descripciones estratigráficas, pruebas de inyección de trazador para aquellos con que se cuenta (pruebas de pozo único realizadas por la Comisión Chilena de Energía Nuclear) y el análisis de perfiles de conductividad, los que se realizan para detectar los tramos en los cuales se presentan las mayores conductividades específicas, es decir, de mayor contenido de infiltraciones de aguas claras, las que en conjunto con los antecedentes técnicos de perforación del pozo en sí mismo así como de otros aledaños, permite definir la profundidad de medición, la cual se mantiene en cada pozo con verificación en el tiempo.

En el caso de los pozos a construir, PES-01, PES-03 y PS-04, se analizarán los antecedentes de perforación y de perfilajes de conductividad específica a realizar. Con base en los resultados se obtendrán las muestras y datos in situ a las profundidades más representativas de la condición de avance de la pluma contaminante.

4.4 El Titular debe considerar que el control de datos in situ y el muestreo de agua subterráneas deben ser representativos del sector acuífero circundante al pozo de muestreo. Por tal motivo, se requiere que el Titular adjunte a los respectivos informes los certificados que acrediten al personal y al laboratorio responsable de los análisis, junto con el cumplimiento de las normas que fijan los estándares de estos procedimientos.

Respuesta:

Se acoge la solicitud. Se incluirá en anexos respectivos en los informes a que se refiere el Programa de Monitoreo y Seguimiento propuesto en el PSyCI, los correspondientes certificados que acrediten al personal y al laboratorio responsable de los análisis, junto

con el cumplimiento de las normas que fijan los estándares de estos procedimientos según lo solicitado.

4.5 Respecto a los resultados de los análisis químicos, con la finalidad de llevar a cabo un control de la calidad de los datos, se requiere informar los límites de detección de las técnicas analíticas utilizadas por el laboratorio que tenga a su cargo los procedimientos de análisis químico de las muestras de agua. Del mismo modo, se requiere informar acerca del error de balance iónico de cada muestra, considerándose admisible errores menores al 5% (asociado a la conductividad específica del agua). A mayor detalle, se sugiere revisar los lineamientos contenidos en la "Guía para el Uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA" (SEA, 2012).

Respuesta:

De acuerdo con lo solicitado, se considerará dentro del Programa de Monitoreo y Seguimiento propuesto en el PSyCI como parte de los informes considerados y descritos en el Anexo B, acápite 3.5 “Reportes”, la inclusión de los límites de detección de las técnicas analíticas utilizadas por el laboratorio que tenga a su cargo los procedimientos de análisis químico de las muestras de agua, y se informará el error de balance iónico de cada muestra. Se considerará admisible un error de cierre de análisis de laboratorio menor o igual a 5%.

4.6 En el Anexo B, numeral 3.5 Sistema de Acceso Público, del documento singularizado en el N° 7 del ANT., el Titular señala que implementará una plataforma web donde se mantendrán los registros de monitoreo sobre conductividad específica (CE) para los Sistemas APR Santa Matilde, Huechún y Punta Peuco, datos que serán cargados en el sistema dentro de los quince primeros días del mes siguiente a la que han sido obtenidos los datos. Al respecto, se valora la publicación de los resultados del PSyCI en la web de Codelco, y se solicita que éstos queden disponibles no sólo para los del último período publicado, sino que para toda la serie histórica de información. Por su parte, respecto a la entrega de la información a la autoridad competente, se aclara que todos los informes deberán incluir la información levantada en planillas digitales en formato Excel y no deberán limitarse a una presentación de los datos, sino que también deberán contener un análisis de los resultados y su comparación con los valores históricos.

Respuesta:

Se acoge la solicitud.

5. Plan de Alerta Temprana.

5.1 De acuerdo a 10 indicado en las Tablas 3.1, 3.2, 3.3 Y 3.4 del Anexo B del documento singularizado en el N° 7 del ANT., se puede apreciar lo siguiente:

• Los umbrales para los pozos de control PES-02, G-02, PB-03 Y G-03 fueron estimados por tramos (1° a 4° año, 5° a 7° año y 8° año en adelante). De acuerdo a la propuesta del PAT, la concentración umbral de sulfato va disminuyendo en el tiempo, pero alcanzado una concentración mayor que lo proyectado en el 4°, 7° Y 8° año simulado en el escenario Sim02. Por ejemplo, el pozo G-03 tiene un umbral de 300 mg/l al 4° año, 300 mg/l al 7° año y 200 mg/l el 8° año en adelante, pero de acuerdo a la modelación, la máxima concentración para todos esos años en este pozo es de 125 mg/l, por lo cual los umbrales que se proponen no tienen ninguna relación con la evolución esperada de la pluma para activar tempranamente el PAT.

• Los umbrales para el pozo de control G-12 fueron estimados por tramos (1 ° a 4° año, 5° a 7° año y 8° año en adelante), donde la concentración de sulfato va disminuyendo pero alcanzado una concentración mayor que lo proyectado en el 4°, 7° y 8° año simulado en el escenario Sim02. Por ejemplo, el pozo G-12 tiene un umbral de 950 mg/l al 4° año, 500 mg/l al 7° año y 350 mg/l el 8° año en adelante, pero de acuerdo a la modelación, la máxima concentración para el 4° año en este pozo es de 275 mg/l y de 200 mg/l del 5° en adelante, por lo cual los umbrales que se proponen no tienen ninguna relación con la evolución esperada de la pluma para activar tempranamente el PAT.

• Los umbrales para los pozos de control G11 Y G05 fueron estimados por tramos (1 ° a 4° año, 5° a 7° año y 8° año en adelante), donde la concentración de sulfato va disminuyendo pero alcanzado una concentración mayor que lo proyectado en el 4°, 7° y 8° año simulado en el escenario Sim02. Por ejemplo, el pozo G05 tiene un umbral de 650 mg/l al 4° año, 600 mg/l al 7" año y 450 mg/l el 8° año en adelante, pero de acuerdo a la modelación, la máxima concentración para en este pozo es de 450 mg/l el 4°, 300 mg/l el 7° y 200 mg/l en el 8° año en adelante, por lo cual los umbrales que se proponen no tienen ninguna relación con la evolución esperada de la pluma para activar tempranamente el PAT.

• Los umbrales para los pozos de control PES-01, PES-03 y PES-04 fueron estimados por tramos (1° a 15° año y 16° año), donde la concentración de sulfato va disminuyendo pero alcanzado una concentración mayor que lo proyectado en el 15° y 16° año simulado en el escenario Sim02. Por ejemplo, el pozo PES-01 tiene un umbral de 400 mg/l al 15° año y 270 mg/l el 16° año en adelante, pero de acuerdo a la modelación, la concentración mayor para todos esos años en este pozo es de 250 mg/l, por lo cual los umbrales que se proponen no tienen ninguna relación con la evolución esperada de la pluma para activar tempranamente el PAT.

• Considerando que la totalidad de las medidas comprometidas estarán implementadas y operando en el año 2015, (según se establece en el escenario Sim02, que incluye: Pozos de robustecimiento, pozos focalizados y pozos de inyección), no se entiende el compromiso adicional propuesto de adelantar la ejecución de dichas medidas como consecuencia de activación de umbrales del PAT. Se aclara que adelantar la ejecución de las medidas del PSyCI señaladas en las Tablas indicadas anteriormente, no cumple el objetivo de corregir las situaciones detectadas con la activación de los umbrales, ya que éstas por si solas deben ser aplicadas.

• Por otra parte, el Titular sólo traduce el establecimiento del PAT para mantener la calidad de uso de agua potable en los APRs ubicados aguas abajo de la propiedad DAND, situación que debe ser atendida, ya que las medidas debiesen apuntar a mantener la calidad de aguas subterráneas, es decir, corregir el alza de parámetros en toda el Área de Influencia del proyecto en un periodo de tiempo establecido.

En consecuencia, con el análisis antes expuesto, y considerando los demás antecedentes presentados por el Titular, la DGA RM considera que el PAT no resuelve la necesidad de detectar y controlar tempranamente el avance de la pluma contaminante en el Área de Influencia ante comportamientos no previstos. En virtud de lo anterior, se solicita corregir la propuesta del PAT, atendiendo los siguientes puntos:

Respuesta:

Como la autoridad lo señala, el PAT originalmente presentado contemplaba la incorporación secuencial de las todas las medidas propuestas en el PSyCI, de acuerdo a la necesidad para controlar el ascenso del contenido de sulfatos que se registrara en el tiempo sobre los pozos de observación PAT, dado que esa era una situación previsible al comienzo del proceso de revisión de la RCA.

Sin embargo en la actualidad y en virtud de la Resolución Exenta 330/2014 de fecha 5 de junio del 2014, de la Comisión de Evaluación de la Región Metropolitana de Santiago, donde se establece medidas Provisionales en el Proceso de Revisión de la RCA N° 275-B, se autoriza la implementación de las medidas propuestas en el PSyCI dentro de plazos definidos, estableciendo con ello una condición base para el seguimiento y control de la pluma de infiltraciones, bajo la operación de las medidas recomendadas.

Luego a partir de este nuevo escenario, con todas las medidas en operación, se ha reformulado el PAT y reescrito en en el Anexo B del PSyCI, considerando las observaciones de la autoridad, y manteniendo los mismos objetivos de protección de calidad del agua explotada por los pozos APRs del área de influencia y los pozos de riego en predios de terceros, condiciones de calidad ya establecidos en el proceso.

5.1.1 Definir umbrales de activación en coherencia con las concentraciones proyectadas con la herramienta predictiva implementada por el Titular (modelos), los cuales se definirán para un nuevo escenario Sim03, (señalado en la observación 3.4 del presente oficio) y por cada año calendario desde la fecha de implementación de la primera medida del Plan de Acciones de Control para Calidad del Agua Subterránea del PSyCI (Pozos de Robustecimiento).

Respuesta:

Como se detalla en la respuesta a la observación 5.1, se ha reformulado el Plan de Alerta Temprana, a partir de los resultados de la actualización Sim03 solicitado, el cual considera la operación de las medidas recomendadas en el PSyCI como condición base.

Según se detalla en el Anexo F, para el período de calibración, la modelación numérica del transporte del sulfato alcanzó errores cuadráticos medios normalizados (NMRS) de 12,1% (dentro de los rangos aceptables para la validez del modelo matemático como herramienta de análisis del problema en cuestión). Por lo tanto, para efectos de definir una tolerancia para la diferencia entre la concentración de sulfato medida a través del percentil 50% de seis meses móviles y el valor proyectado máximo anual, se ha considerado el margen entregado por este indicador, de 12%, como el rango tolerable de variación en la comparación, cuya superación determinará la activación de medidas de corrección. En otros términos, para efectos del PAT se considerará que diferencias mayores al 12% entre el P50% de seis meses móviles y el valor máximo anual proyectado mediante la modelación numérica pueden poner en riesgo el logro del objetivo de calidad comprometido y, por lo tanto, definen la aplicación de medidas correctivas.

Los nuevos umbrales anuales así definidos se consignan en el Plan de Alerta Temprana que ha sido reformulado en el Anexo B del PSyCI, incorporado en la documentación de respuesta de esta nueva solicitud de antecedentes.

5.1.2 La definición de la concentración del umbral de cada pozo incluido en el PAT deberá considerar la máxima concentración definida en el escenario Sim03 para un año calendario, con un margen de holgura de un 5,0% (cinco coma cero por ciento), el cual debe ser coherente con la variabilidad esperada con los resultados del modelo.

Respuesta:

Como se señala en la respuesta a la observación 5.1.1, se han redefinido los umbrales anuales para los pozos de seguimiento PAT, de acuerdo a la observación de la autoridad.

Respecto a la tolerancia entre el estadígrafo medido, percentil 50% de la concentración medida de seis meses móviles, y el umbral establecido de la proyección estimada a través del modelo numérico, se ha definido un rango de tolerancia de 12%, que se obtiene para el NRMS en el período de calibración del modelo de transporte para el sulfato, según se detalla en el Anexo F, y a objeto de dar coherencia con los resultados esperado de la modelación como lo sugiere la autoridad.

5.1.3 Redefinir el criterio de activación del PAT propuesto en el Anexo B del documento singularizado en el N° 7 del ANT., (uso de percentil 50 de los últimos 12 meses consecutivos, superación del umbral durante 3 meses consecutivos de un trimestre, y el análisis del evento en un Informe Trimestral). Al respecto, se espera que los plazos de activación de las medidas del PAT, respondan coherente y oportunamente en base a las situaciones proyectadas con el modelo.

Las concentraciones de los umbrales y los periodos de vigencia del PAT deberán ser ajustados en función de los resultados que el Titular obtenga de la simulación de un tercer escenario del modelo de flujo y transporte (Sim03).

Respuesta:

Como se señala en la respuesta a las observaciones 5.1, 5.1.1 y 5.1.2, y como se consigna en el acápite 5 *Plan de Alerta Temprana del Anexo B*, se ha hecho una reformulación del PAT, incorporando los resultados del escenario de simulación actualizado Sim03 y las observaciones de la autoridad en esta materia, específicamente en cuanto a la redefinición de umbrales anuales para los pozos de seguimiento PAT.

En dicha redefinición se ha considerado como indicador de comparación de los valores observados respecto de los proyectados, el uso del percentil 50% del valor medido de seis meses móviles, ya que proporciona un plazo adecuado para registrar los efectos de la operación de alguna medida adicional sobre los pozos de seguimiento más cercanos, y como estadígrafo, recoge adecuadamente las tendencias de los cambios de fondo que experimenta el sistema acuífero, junto con modular valores extremos por sobre la tendencia del sistema, que pueden tener su origen en condiciones puntuales temporales, o incluso en imperfecciones del muestreo o análisis.

5.1.4 Respecto del PAT, la propuesta presentada por el Titular en el numeral 4 del Anexo B, no establece medidas de control adicionales a las ya comprometidas para resolver el problema que se enfrenta, no constituyéndose como un aporte técnico al control del problema en caso de superarse los umbrales propuestos. Al respecto, el titular deberá

comprometer nuevas medidas que se relacionen con los umbrales del PAT, adicionales a las que considera el plan de acciones de control de infiltraciones, las que deberán controlar directamente la fuente contaminante, es decir, la cantidad de aguas claras que se están infiltrando desde el tranque de relave al acuífero.

Respuesta:

Como se detalla en la respuesta a la observación 5.1, se ha reformulado el Plan de Alerta Temprana bajo el nuevo escenario que establece la operación de las medidas recomendadas en el PSyCI como condición base. El PAT reformulado que se incluye en la actualización del Anexo B, considera medidas adicionales, pero de la misma naturaleza de las ya planteadas, es decir pozos de captura focalizada adicionales y pozos de inyección de agua fresca adicionales a los ya definidos en el Plan, además de la medida de tratamiento de la fuente de agua de los APRs, ante el escenario de afección de la condición natural de calidad de esos pozos.

Respecto del requerimientos de incorporar en el PAT medidas destinadas a controlar directamente la fuente de aguas claras, como se ha señalado en la respuesta a la observación 1.5 de este consolidado, para el desarrollo de estudios de ingeniería que permitan identificar y evaluar alternativas técnicas y ambientalmente viables que potencialmente permitan una reducción de la magnitud de las infiltraciones de aguas claras desde el tranque de relaves de Ovejería hacia el acuífero; el titular estima que en un plazo no menor a dos años es factible disponer de una propuesta en este sentido, ello a partir de la fecha de término del presente proceso; por lo que en esta fase del proceso no es factible incluir medidas destinadas a disminuir la magnitud de las infiltraciones del tranque, sino sólo a su control y manejo para evitar la afección de la calidad de pozos APRs y pozos de riego dentro del área de influencia definida para la componente de infiltraciones de tranque Ovejería.

5.1.5 Con relación a los umbrales de activación del actual PAT, generados en base a los resultados de la modelación del escenario Sim02, se debe señalar que éstos no corresponden a la situación actual, así como tampoco se condicen con la situación a enfrentar en el momento de iniciar la operación de las medidas asociadas al plan de acciones de control de infiltraciones, ya que los umbrales definidos en el PAT consideran que los pozos de robustecimiento de la barrera hidráulica y los pozos focalizados han sido implementados durante el año 2013. Por estos motivos, los umbrales del PAT deberán ser ajustados en función de los resultados que el Titular obtenga de la simulación de un tercer escenario del modelo de flujo y transporte ("Sim03"), correspondiente a las concentraciones de Sulfato proyectadas en los pozos relevantes establecidos para la detección temprana de afectación de los pozos APR's (detallados en

las Tablas 3.1, 3.2, 3.3, Y 3.4, Anexo B), posterior a la implementación de las cuatro medidas de control de infiltraciones. La herramienta predictiva (modelo) utilizada para determinar estos umbrales, deberá ser verificada por la DGA RM en el momento de presentar la nueva simulación del escenario Sim03 solicitado.

Se hace presente que la respuesta a las observaciones anteriores deberá presentarse en una nueva propuesta del Plan de Alerta Temprana.

Respuesta:

Como se detalla en la respuesta a la observación 5.1, se ha reformulado el Plan de Alerta Temprana bajo el nuevo escenario que establece la operación de las medidas recomendadas en el PSyCI como condición base y actualizada al 2013 de acuerdo a la solicitud de la autoridad. El PAT reformulado se incluye en la actualización del Anexo B, que acompaña el consolidado de respuestas.

6. Actualización del Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones.

6.1 En la respuesta 6.1 se indica textual: "(...) ***se produzcan o no las condiciones de desviaciones negativas respecto de las proyecciones realizadas con el modelo de simulación, se considera revisión del modelo establecido en el PSyCI (i.e., Modelo Chacabuco- Polpaico y Modelo Ovejería) cada dos años durante los primeros cuatro años contados desde el inicio de la ejecución de las medidas contenidas en el mismo PSyCI Al quinto año de operación se evaluará el mérito de mantener dicha frecuencia de actualización, con la información y comportamiento observado a la fecha."*** **. Por otra parte, el Titular modificó el PAT de acuerdo a lo indicado en la Tabla 3.1 Umbrales en Pozos de Control para Activación de Medidas. APR Huechún., Tabla 3.2 Umbrales en Pozos de Control para Activación de Medidas APRs Santa Matilde y Punta Peuco (Pozo G12), Tabla 3.3 Umbrales en Pozos de Control para Activación de Medidas APRs Santa Matilde y Punta Peuco (pozos G11 - G05) y Tabla 3.4 Umbrales en Pozos de Control para Activación de Medidas APRs Santa Matilde y Punta Peuco (pozos PES-01, PES-03 Y PES-04) del punto 4. Plan de Alerta Temprana (PAT) del Anexo B (del documento singularizado en el N° 7 del ANT.), donde se agregó el tramo en años que debiese verificar el comportamiento del escenario Sim02.**

Al respecto, se solicita que el Modelo Hidrogeológico se actualice para los años 2, 4, 6 y 8, donde se incluyan los nuevos antecedentes validados de terreno (mediciones de calidad, caudales de inyección, niveles, etc.). Los Informes de actualización del Modelo Hidrogeológico deberán ser reportados, en un plazo de 30 días hábiles una vez ejecutada la actualización, a la Autoridad Ambiental, quien deberá decidir además la continuidad de dicho proceso.

Respuesta:

Se acoge la observación,se ha incluido en el Anexo B de la presente presentación.

6.2 De acuerdo a los antecedentes expuestos por el Titular en el punto 5. Actualización del Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones del Anexo B del documento singularizado en el N° 7 del ANT., se hace presente al titular que la DGA RM ha manifestado que *"no es una medida adecuada (deforma) y concreta (de fondo) que permita actuar frente a escenarios disímiles a los proyectados con la simulación Sim02, ya que ésta se encuentra implícita en las acciones y medidas asociadas al PSyCI, por lo cual no corresponde incluir la misma al final de un proceso de verificación. En este sentido, el riesgo de no contener la evolución de la pluma de aguas claras del tranque debe estar atendido en un plazo acotado para verificar su evolución. La última medida del PSyCI no puede ser una actualización del mismo Plan, ya que las desviaciones en los resultados obtenidos se deben observar con las variables conocidas."*

Respuesta:

Se acoge la observación, según se detalla en la reformulación del Plan de Alerta Temprana incluido en el Anexo B de la presente presentación.

6.3 No obstante lo anterior, conforme a lo señalado en respuesta 6.3 del documento singularizado en el N° 7 del ANT., y en caso de presentarse desviaciones significativas al modelo predictivo del Sim03, se solicita al titular presentar ante la DGA RM, un informe que contenga a lo menos lo siguiente:

- **El análisis pormenorizado de aquellas variables contempladas en el seguimiento ambiental que no tuvieron el comportamiento esperado según las modelaciones del Sim03, identificando las desviaciones más sustantivas sobre la base de los umbrales de control que se solicita redefinir en el presente Oficio.**

- **Todas las actualizaciones realizadas a la fecha para el modelo conceptual y/o numérico, con los nuevos patrones de calibración y validación de datos, los parámetros de ajuste (conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento, porosidad, dispersividad, entre otros) y las simulaciones predictivas.**

- **La propuesta concreta de nuevas medidas de control necesarias para controlar el avance de la pluma de aguas claras en el acuífero, incluyendo en particular medidas de acción en la fuente de origen de la pluma, todo lo anterior en el caso de que las condiciones incluidas en el PSyCI no hayan tenido el efecto esperado y siempre con el objetivo de corregir dicha situación.**

• Todo lo anterior será consolidado en un Informe Técnico que deberá ser remitido para aprobación de la autoridad ambiental competente antes de 20 días hábiles desde la recepción del último Informe Trimestral con los antecedentes de seguimiento.

Respuesta:

Se acoge la observación, según se detalla en el acápite 5.3 Plan de Actualizción del Anexo B actualizado, donde se establece el alcance del informe técnico a presentar a DGA RM al producirse desviaciones respecto de las proyecciones realizadas, que puedan colocar en riesgo el objeto de protección de calidad de las aguas subterráneas definido en el PSyCI.

ANEXO B

CONSOLIDADO DE OBLIGACIONES
DEL PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE INFILTRACIONES
(PSyCI)

Septiembre de 2014

ANEXO B

CONSOLIDADO DE OBLIGACIONES
DEL PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE INFILTRACIONES

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 1

2. PLAN DE ACCIONES DE CONTROL DE INFILTRACIONES 2

2.1 Generalidades 2
2.2 Identificación de Medidas para el Control de Infiltraciones 2
2.2.1 Medida de Control Global - Barrera Hidráulica Ovejería 3
2.2.2 Medidas de Control Focalizado 5
2.3 Evaluación de Escenarios de Medidas de Control de Infiltraciones 6
2.3.1 Resumen de Resultados Relevantes 11
2.4 Acciones Comprometidas para el Control de Infiltraciones 17
2.5 Medida de Compensación: Tratamiento de aguas en APRs 18
2.6 Programa de Implementación de Medidas del PSyCI 20
2.7 Cumplimiento de las NCh 409 y NCh 1.333 21

3. PROGRAMA DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO 21

3.1 Aspectos Generales 22
3.2 Puntos de Monitoreo 22
3.2.1 Áreas de Estudio 22
3.2.2 Puntos de Monitoreo Propuestos 23
3.2.3 Monitoreo de Seguimiento Pluma de Aguas Claras del Tranque 28
3.2.4 Monitoreo para Verificación de Tendencias Históricas 29
3.2.5 Monitoreo Dedicado de Pozos APRs 29
3.3 Frecuencia de Monitoreo 34
3.4 Datos de Producción – Control de Extracciones 34
3.5 Reportes 34
3.6 Sistema de Acceso Público 35

4. PLAN DE ALERTA TEMPRANA 36

4.1 Objetivo 36
4.2 Condición inicial del sistema acuífero Huechún-Chacabuco 37
4.3 Plan de Alerta Temprana para el acuífero Huechún-Chacabuco: PAT – HCH 38
4.3.1 Monitoreo del comportamiento del acuífero y áreas sensibles 38

4.3.2 Envío de antecedentes *42*
4.4 Predicción de impactos y medidas de corrección 42
4.5 Revisión y actualización periódica del PAT – HCH 54
5. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE INFILTRACIONES 56
5.1 Generalidades 56
5.2 Casos en que Opera la Actualización del Plan 56
5.3 Plan de Actualización 57
6. ASEGURAMIENTO MEDIDAS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE INFILTRCIONES 59
6.1 Descripción detallada Planta de Osmosis Inversa (POI) 62
6.2 Ubicación general del proyecto 63
6.3 Descripción del sistema de tratamiento 64
6.3.1 Pre-tratamiento: *64*
6.3.2 Tratamiento *66*
6.4 Componentes principales del proyecto 67
6.5 Monitoreo POI 69

FIGURAS

Figura 2.1: Disposición General de Instalaciones Escenario de Simulación Sim02 y Sim03.
Figura 2.2: Disposición General Pozos de Monitoreo. Simulación Sim02 y Sim03.
Figura 2.3a: Resultados de Calibración y Proyecciones de Sulfatos para Escenarios Simulados. Pozo G-12.
Figura 2.3b: Resultados de Calibración y Proyecciones de Sulfatos para Escenarios Simulados. Pozo G-05.
Figura 2.3c: Resultados de Calibración y Proyecciones de Sulfatos para Escenarios Simulados. Pozo APR Huechún.
Figura 2.3d: Resultados de Calibración y Proyecciones de Sulfatos para Escenarios Simulados. Pozo APR Santa Matilde.
Figura 2.3e: Resultados de Calibración y Proyecciones de Sulfatos para Escenarios Simulados. Pozo APR Punta Peuco.
Figura 3.1: Áreas de “Manejo”, de “Control y Seguimiento” y de “No Impacto” del PSyCI.
Figura 3.2: Ubicación de estaciones (pozos) red de monitoreo ambiental actual respecto a ubicación medidas de control PSyCI.
Figura 3.3: Ubicación de estaciones (pozos) de monitoreo propuestas en la presente actualización.

Figura 4.1: Concentración de Sulfatos Acuífero Huechún - Chacabuco.
Figura 4.2: Ubicación de Pozos de Control PAT-HCH. APR Huechún.
Figura 4.3: Ubicación de Pozos de Control PAT. APR Santa Matilde y Punta Peuco.
Figura 4.4: Proyecciones de Sulfato Pozos PAT-HCH.)
Figura 4.5: Umbrales de Activación Pozo G-03.
Figura 4.6: Umbrales de Activación Pozo G05.
Figura 4.7: Umbrales de Activación Pozo G-11.
Figura 4.8: Umbrales de Activación Pozo G-12.
Figura 4.9: Umbrales de Activación Pozo PB-3.
Figura 4.10: Umbrales de Activación Pozo PES-02.
Figura 4.11: Umbrales de Activación Pozo PES-03.
Figura 6.1: Niveles Freáticos Pozos Acuífero Chacabuco – Polpaico.
Figura 6.2: Layout general ubicación del proyecto.
Figura 6.3: Diagrama de flujo Planta de Osmosis Inversa Huechún

TABLAS

Tabla 2.1: Descripción Escenarios de Simulación PSyCI.
Tabla 2.2: Comparación Escenarios de Simulación Sim02 – Sim03.
Tabla 2.3: Programa de Ejecución de Medidas del Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones.
Tabla 3.1: Pozos Propuestos para Monitoreo de Aguas Subterráneas.
Tabla 3.2. Parámetros Físicos y Químicos Propuestos “Lista Corta”.
Tabla 3.3. Parámetros Físicos y Químicos Propuestos “Lista Larga”.
Tabla 4.1: Pozos PAT-ACH de Control de Calidad de Aguas Subterráneas.
Tabla 4.2: Umbrales de Activación Medidas Pozos PAT-HCH.
Tabla 4.3 Síntesis de las medidas PAT y condiciones de activación.

1. INTRODUCCIÓN

El presente Anexo contiene un consolidado de las obligaciones y compromisos que DAND ha asumido en el marco del presente procedimiento administrativo de revisión de la RCA 275-B, a través de lo que se ha denominado Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones (PSyCI).

El PSyCI presentado por DAND en el marco del presente proceso de revisión opera sobre la base de cuatro sub-planes o conjuntos de medidas y/o acciones:

- **Plan de Acciones de Control para Calidad del Agua Subterránea**, que corresponden a las acciones preventivas y correctivas comprometidas para el control de infiltraciones aguas abajo del muro del Tranque Ovejería, en particular, para mantener la calidad de aguas subterráneas con una aptitud para uso de agua potable fuera de la Rinconada de Ovejería.

- **Plan de Monitoreo y Seguimiento**, que consiste en una red de monitoreo –parte de la cual ya se encuentra en operación– que permitirá hacer el seguimiento del avance de la pluma y de la efectividad de las medidas comprometidas. Este nuevo Plan sustituirá en su totalidad la red actual de monitoreo de aguas subterráneas, que corresponde a aquella que ha sido implementada a partir del considerando 1.9 de la RCA 275-B/1994 y que ha ido adoptando diversos cambios y actualizaciones con conocimiento de la autoridad ambiental durante el curso del tiempo.

- **Plan de Alerta Temprana (PAT)**, que se traduce en la incorporación de medidas adicionales para el control de infiltraciones, para ser aplicadas en caso que en el monitoreo de pozos de seguimiento se detecten desviaciones respecto del comportamiento esperado, que puedan colocar en riesgo el objetivo de calidad establecido sobre los pozos de agua potable de las localidades de Santa Matilde, Huechún y Punta Peuco, asegurando de ese modo, la conservación de la calidad de uso.

- **Plan de Actualización**, que consiste en la adecuación progresiva del PSyCI cuando las mediciones realizadas con la red de monitoreo indiquen una desviación negativa con respecto a las proyecciones –esto es, concentraciones de sulfato mayores a las previstas para la misma fecha—, a pesar de la aplicación de las medidas del PAT. Con ello se busca que el Plan se vaya perfeccionando en caso de ser necesario, previa consulta y autorización de los organismos administrativos pertinentes.

A continuación se expondrá el contenido actualizado de cada uno de estos Planes, teniendo en consideración las diversas modificaciones que ha ido experimentando el

PSyCI a raíz de las sucesivas solicitudes de información adicional formuladas por los diversos organismos de la Administración del Estado que han participado en el presente procedimiento administrativo.

En ese contexto, el Consolidado incluye el escenario de simulación denominado Sim03, que atiende la solicitud de actualizar la herramienta numérica al año 2013, considerando que han trascurrido dos años desde el inicio de la tramitación de este procedimiento y existe información adicional recopilada durante ese período que permite dicha simulación.

2. PLAN DE ACCIONES DE CONTROL DE INFILTRACIONES

2.1 Generalidades

En el presente acápite se las presentan acciones preventivas y correctivas que se comprometen para el control de infiltraciones, así como los resultados de las modelaciones realizadas para predecir el comportamiento del sistema en cuanto a los niveles de aguas subterráneas y a la concentración de sulfato, aguas abajo del muro del Tranque de Relaves, esperables bajo las condiciones de infraestructura de control de infiltraciones. Estas modelaciones sirven de base a la identificación y definición de obras y/o acciones que permiten alcanzar un control efectivo de las infiltraciones de aguas claras del tranque en el sistema acuífero local.

El análisis que se presenta, se enmarca en el proceso de identificación de medidas adecuadas para el control de las infiltraciones desde el tranque, a través de la construcción de escenarios probables de infraestructura para el manejo de la pluma de infiltraciones del acuífero.

2.2 Identificación de Medidas para el Control de Infiltraciones

A la fecha, el control de la pluma de aguas claras del tranque ha considerado medidas que van desde la detección inicial de las infiltraciones y su reducción en la fuente, hasta el diseño, construcción y operación de una barrera hidráulica, todo ello de acuerdo a definiciones sustentadas en estudios técnicos específicos.

Como acciones de complemento para alcanzar el control de infiltraciones, se ha identificado una serie de medidas tanto para el sistema principal de la barrera hidráulica, como también para actuar sobre sectores ubicados aguas abajo de esta línea de captura, y fuera de la influencia hidráulica de esta obra principal de control.

El primer tipo de medidas son las que se identificarán como de Control Global, a desarrollarse en el área de la barrera hidráulica. Estas están destinadas a mejorar la captura de aguas claras, tanto a través de la gestión de los flujos posibles de captar en los pozos de captura, como también a través de la construcción de nuevos pozos de complemento para la barrera.

Adicionalmente, y dentro de las medidas de Control Global, se incluye la inyección de agua fresca de buena calidad a través de una cortina de pozos de infiltración construidos para ese efecto, agua que permitirá contener las infiltraciones sobre la zona de captura definida por la barrera, y a la vez, mejorar la calidad del efluente subterráneo que sobrepase esta obra de control.

El segundo tipo de medidas, identificadas como de Control Focalizado, corresponden a medidas de extracción de agua mediante pozos focalizados, o bien de inyección focalizada de agua fresca de buena calidad hacia el acuífero, con el objetivo de atender fugas focalizadas de infiltraciones que no logren ser capturadas por la Barrera Hidráulica, así como aquellas infiltraciones que ya han avanzado aguas abajo de la línea de captura antes de su reforzamiento con las acciones de Control Global. La definición de este segundo tipo de medidas, requiere de la evaluación de efectividad de las medidas de Control Global, por lo tanto el diseño de detalle de las medidas de Control Focalizado que atenderán las posibles fugas de la barrera, será establecido durante el primer año de operación de las medidas de Control Global.

En la Figura 2.1 se muestra la disposición general de las obras asociadas a dichas medidas, en la ubicación considerada para los escenarios de simulación, y se identifican las zonas geográficas específicas donde se ejecutarán las principales medidas del Plan, de captura de aguas, e inyección de agua fresca que contempla el PSyCI, medidas cuyo detalle se describe a continuación:

2.2.1 Medida de Control Global - Barrera Hidráulica Ovejería

El primer tipo de medidas son las definidas como de “Control Global”, a desarrollarse en el área de la barrera hidráulica. Ellas están destinadas a mejorar la captura de infiltraciones de aguas claras, tanto a través de la gestión operativa de los pozos de captura, como también a través de la construcción de nuevos pozos de complemento para la barrera. En forma complementaria se considera la inyección de agua fresca de buena calidad inmediatamente aguas abajo de la línea de captura. En síntesis las medidas de Control Global son las siguientes:

- **Robustecimiento de la Barrera Hidráulica (1ª y 2ª línea de captura)**

  El robustecimiento de la barrera hidráulica se logrará a través de la construcción de 8 nuevos pozos de extracción (PBH-15 a PBH-22) en el área de la barrera, líneas de captura uno y dos.

  Estos pozos de robustecimiento, sumados a los 15 existentes, en conjunto podrán extraer hasta 225 l/s.

- **Pozos de Inyección de Agua de Buena Calidad**

  Se plantea el uso de al menos 6 pozos de inyección de agua de buena calidad, emplazados sobre un área inmediatamente al Sur de las líneas de captura de la barrera hidráulica. Esta medida tiene por objetivo controlar la expansión de la pluma de aguas claras del tranque mediante la incorporación de aguas de buena calidad al sistema acuífero (concentración de sulfatos menor o igual a 150 (mg/l). Esta inyección producirá una optimización de la operación hidráulica de la barrera, provocando una contención de las aguas sulfatadas, y la reducción de la concentración de sulfato en las aguas subterráneas, controlando de ese modo la expansión de la pluma y permitiendo su control adecuado.

  La fuente del agua para inyección corresponderá en principio al acuífero de Chacabuco-Polpaico, y se obtendrá mediante pozos de captación dotados con la infraestructura necesaria para la conducción del agua hacia la Rinconada de Huechún y su inyección en esta zona. A falta de estos recursos o complementariamente, se utilizarán recursos provenientes del tratamiento en una Planta de Osmosis Inversa, del agua captada en la barrera hidráulica.

  En cualquier caso, el agua para inyección será de una calidad similar a la calidad natural que presenta el acuífero del Chacabuco, con una concentración de sulfatos menor o igual a 150 mg/l).

  Para esta medida de inyección se contempla un total de 80 l/s, considerando un margen de seguridad sobre los 66 l/s, de acuerdo a los resultados de la modelación del escenario Sim03 del PSyCI.

El detalle de la evaluación de todas estas medidas y el efecto de su implementación se describen en la Sección 2.3 del presente Anexo.

2.2.2 Medidas de Control Focalizado

Como se señaló previamente, estas medidas están destinadas a (i) controlar situaciones locales de fugas de la pluma de aguas claras que superan la sección de captura que representa la Barrera Hidráulica, o de aquellas infiltraciones que la han superado antes de la implementación de su reforzamiento y (ii) contener localmente alzas de concentración mediante la inyección puntual de agua de mejor calidad. Las medidas identificadas se detallan a continuación:

- **Pozos de Bombeo Focalizados**

  Esta medida corresponde a la incorporación de pozos de bombeo específico que se emplazaran aguas abajo de la línea de captura principal de la barrera hidráulica en la llamada *zona de captura focalizada* que mediante la extracción puntual de aguas subterráneas (30 l/s) puedan contener una pluma remanente fuera del alcance de las medidas de Control Global.

  Estos pozos tienen por objeto hacerse cargo de dos situaciones que podrían llegar a presentarse durante el proceso de control y manejo de infiltraciones de aguas claras del tranque:

  - La primera situación, responde a la posible existencia de fugas de aguas subterráneas conteniendo infiltraciones que superen en forma focalizada la zona de captura de la barrera hidráulica.

  - La segunda corresponde a la existencia de infiltraciones remanentes desde el tranque de relaves Ovejería que no fueron captadas por la Barrera Hidráulica Ovejería y o controladas por las medidas de Control Global, ya que éstas no existían al momento de que ellas se producían, y que hoy muestra un despliegue en el dominio, que esta fuera del alcance de estas medidas.

Las medidas de control focalizado se llevarán a la práctica analizando el comportamiento de variables de control como los niveles de agua subterránea y la concentración de un ión representativo como el sulfato, y una vez se encuentre operando el robustecimiento de la primera y segunda línea de captura y la inyección de agua fresca a través de la cortina de inyección, correspondientes a las Medida de Control Global.

Para efectos del PSyCI, se identifica la zona donde se realizará esta captura focalizada.

- **Inyección Focalizada de Aguas Frescas de Buena Calidad**

  Esta medida se relaciona con la necesidad puntual o temporal de controlar la calidad de las aguas subterráneas efluentes del sistema de la Rinconada de Huechún, a la altura del embalse Huechún, a consecuencia del aumento de la concentración de sulfatos en esa zona, ocurrido en forma previa a la implementación de las Medidas de Control Global (el robustecimiento de la barrera y su cortina de inyección de agua fresca), y a la verificación del impacto esperado de estas medidas sobre el sistema subterráneo de aguas abajo.

  En efecto, la inyección focalizada se aplicará al detectarse un aumento de la concentración de sulfato en pozos alejados de la cortina hidráulica, a la altura del embalse Huechún. A través de ella se incorporan aguas de buena calidad en el sistema acuífero (concentración de sulfatos menor a 150 mg/l), provocando la reducción de la concentración de sulfato en las aguas subterráneas, mejorando así la condición del flujo efluente. Esta medida es de carácter transitorio, hasta que en esa zona se manifieste el efecto de las medidas de Control Global.

  La ubicación de las zonas de Control Focalizado, donde se implementarán estos pozos de inyección se ilustra en la Figura 2.1.

  El detalle de estas medidas y su efecto esperado establecido por medio del modelo de simulación, se describen en la Sección 2.3. No obstante, la oportunidad de su implementación y la definición de su emplazamiento de detalle, será determinado en base al seguimiento de los datos de calidad del agua subterránea.

  El flujo estimado para esta medida se encuentra incluido dentro de los 80 l/s, (considerando un margen de seguridad sobre los 66 l/s del escenario Sim03), definido en la medida de inyección de agua a través de los pozos de inyección de agua de buena calidad de las Medidas de Control Global.

2.3 Evaluación de Escenarios de Medidas de Control de Infiltraciones

Las medidas de control descritas han sido simuladas por medio de la operación del Modelo Ovejería (ver Anexo H) en acople con el Modelo Chacabuco-Polpaico (ver Anexo G del documento de Respuestas a Solicitud de Antecedentes, PSyCI, del 24 de julio de 2013). Ello permite estimar el comportamiento del sistema en cuanto a los niveles de aguas subterráneas y a la concentración de sulfato aguas abajo del muro del Tranque de Relaves, determinando así el efecto esperado de las medidas del PSyCI sobre la calidad de

agua del sistema subterráneo a nivel local (Modelo Ovejería) y a nivel regional (Modelo Chacabuco-Polpaico).

La simulación de escenarios fue realizada para diferentes configuraciones de infraestructura de control, ejercicios que permitieron la identificación de obras y/o acciones para alcanzar un control efectivo de las infiltraciones de aguas claras del tranque en el sistema acuífero local. Por otro lado, para el escenario que considera la implementación de las medidas descritas en el PSyCI, se realizó un análisis de sensibilidad respecto a los parámetros y variables hidrogeológicas que se consideraron de mayor relevancia, lo que ayuda a entender la precisión de los resultados obtenidos de las simulaciones.

En estos ejercicios de simulación no se consideraron futuras condiciones operativas previstas para el tranque, las cuales potencialmente pueden contribuir en el plan de manejo de infiltraciones. En efecto, en el proceso de crecimiento del tranque se contempla el movimiento hacia el Norte de su poza de clarificación, favoreciendo su disposición sobre terrenos más impermeables, debido a que ya cuentan con una cobertura de relaves, lograda con la operación actual. Para efectos de evaluaciones futuras, no se realiza ningún supuesto favorable sobre esta condición, considerando con ello una condición más conservadora desde el punto de vista de los impactos esperables por las infiltraciones del tranque.

Por otra parte, en las proyecciones de simulación numérica tampoco se ha considerado la recarga producto de infiltraciones desde el canal Chacabuco y por precipitaciones directas aguas abajo de la zona de forestación. Ello implica, para esta zona, una baja capacidad de dilución con aguas naturales.

Para todos los efectos de este análisis, y en atención a la tercera solicitud de información adicional del proceso, se utilizó el Modelo Ovejería en acople con el Modelo Chacabuco-Polpaico, ambos calibrados para el período diciembre de 1999 a diciembre del 2013, luego de lo cual se procedió a efectuar la proyección de la hidrodinámica del acuífero y del comportamiento de la pluma en diferentes escenarios de simulación a nivel local (Modelo Ovejería) y regional (Modelo Chacabuco-Polpaico). En estos escenarios se incluye una situación base en la que se estima el comportamiento esperado del sistema de aguas subterráneas, bajo la configuración de las actuales obras de control existentes (barrera hidráulica con 15 pozos); y un segundo escenario, donde se evalúa el comportamiento esperado con las medidas identificadas y necesarias de adoptar en el futuro para su mejor control. El análisis de estos escenarios permite definir un Plan de acción concreto en cuanto al control futuro de la expansión de la pluma de aguas claras del tranque. Finalmente, para el escenario con las medidas del Plan se realiza un análisis de sensibilidad, respecto a los parámetros y variables hidrogeológicas que se

consideraron más relevantes, lo que ayuda a entender e ilustrar el rango de confianza de los resultados de las predicciones obtenidas de las simulaciones.

En esta versión actualizada del Anexo B, se incluyen los resultados relevantes del escenario denominado Sim03, que considera la extensión del período de calibración de ambos modelos hasta el 1 de abril del 2014, y la recalendarización de las medidas de Control Global y Focalizado, a objeto de representar de mejor manera los tiempos en que efectivamente se espera la materialización y operación de ellas, atendiendo la extensión de más de dos años que a la fecha lleva el presente proceso de revisión de la RCA 275-B/1994.

Los escenarios evaluados en el marco de este análisis técnico, que se presentan en la Tabla 2.1, son los que se describen a continuación:

- **Sim01:** Simulación proyectando la barrera hidráulica actual (15 pozos de bombeo), con el caudal de extracción actual de 150 l/s como caudal medio mensual.

- **Sim02:** Simulación adicionando pozos acorde con las Medidas para el Control de Infiltraciones (Medidas de Control Global y Focalizado) descritas en el acápite 2.2. La simulación considera la adición a la barrera hidráulica actual de una batería de 8 pozos de bombeo de robustecimiento que inician su operación en diciembre de 2012, ubicados en zonas identificadas para el reforzamiento de la capacidad de captura de la barrera actual. Adicionalmente, la simulación considera la adición durante el año 2013, de tres pozos focalizados de captura ubicados en la zona de captura focalizada, y dos pozos de inyección focalizada en el sector del embalse Huechún. Se incluye también en este escenario, a partir del el año 2015, la operación de una cortina de inyección de 6 pozos, ubicados en la zona de inyección, inmediatamente aguas abajo de la línea de captura definida por la barrera hidráulica y pozos de captura focalizada.

  En este escenario, el caudal de extracción total estimado, alcanza a 225 l/s, mientras que el flujo de inyección de agua de buena calidad, pasa de 20 l/s entre el 2013 y 2015, a 66 l/s del año 2015 en adelante, considerándose una concentración máxima de sulfatos en las aguas de inyección, de 150 mg/l.

- **Sim03:** Simulación adicionando pozos acorde con las Medidas para el Control de Infiltraciones (Medidas de Control Global y Focalizado) descritas en el acápite 2.2. La simulación considera la adición a la barrera hidráulica actual de una batería de 8 pozos de bombeo de robustecimiento que inician su operación en modalidad de prueba en septiembre del 2013, ubicados en zonas identificadas para el reforzamiento de la capacidad de captura de la barrera actual. Adicionalmente, la simulación considera la adición a diciembre del 2014, de tres pozos focalizados de captura

ubicados en la zona de captura focalizada, y dos pozos de inyección focalizada en el sector del embalse Huechún. Se incluye también en este escenario, a partir de abril del año 2015, la operación de una cortina de inyección de 6 pozos, ubicados en la zona de inyección, inmediatamente aguas abajo de la línea de captura definida por la barrera hidráulica y de pozos de captura focalizada.

En este escenario, el caudal de extracción total estimado, alcanza a 225 l/s, mientras que el flujo de inyección de agua de buena calidad, o calidad natural del acuífero Chacabuco, pasa de 20 l/s entre diciembre del 2014 y marzo del 2015, a 66 l/s de abril del año 2015 en adelante, considerándose una concentración máxima de sulfatos en las aguas de inyección, de 150 mg/l.

De acuerdo con los resultados de la modelación, la incorporación de agua como recarga artificial produce un descenso en la concentración de sulfatos del flujo pasante en la sección del embalse Huechún, de 600 mg/L a valores bajo los 300 mg/L como media en esa sección, permitiendo mantener esa concentración en el tiempo, como se detalla el numeral 2.3.1 del presente documento.

Adicionalmente, para el escenario Sim02 se realizaron cuatro simulaciones de sensibilidad, destinadas a sustentar algunas de las preguntas recibidas por parte de la autoridad en el ORD. N° 465 del 27 de febrero de 2013, como también para conocer el grado de variabilidad esperable en los resultados, ante variaciones de parámetros físicos del sistema acuífero.

Tabla 2.1
Descripción Escenarios de Simulación PSyCI

Escenario	Situación Actual	Año de Inicio Medida				Caudal de bombeo	Caudal de inyección
		8 pozos de refuerzo BH	pozos de bombeo focalizado	Pozos de inyección focalizada	6 pozos en cortina de inyección	(l/s)	(l/s)
Sim01	Barrera actual (15 pozos)	-	-	-	-	150	0
Sim02	Barrera actual (15 pozos)	Diciembre 2012	3 pozos en Julio de 2013,	2 pozos en Julio de 2013	Abril de 2015	225	66
Sim03	Barrera actual (15 pozos)	Septiembre de 2013	3 pozos en Diciembre de 2014	2 pozos en Diciembre 2014	Abril de 2015	225	66

Nota: Estos escenarios corresponden a simulaciones, y por tanto, no constituyen un cronograma de actividades ni de ejecución de las medidas contenidas en el PSyCI. Dicho cronograma se encuentra descrito en la Sección 2.6 de este Anexo.

Otras medidas, como el mejoramiento en la impermeabilización de la cubeta, no han sido consideradas en la evaluación numérica, aunque obviamente involucran un potencial de reducción en la infiltración de aguas desde el depósito hacia el acuífero. Con ello se pretende que los resultados de la modelación proyecten una situación más bien conservadora respecto del resultado de protección buscado con la ejecución de las medidas de control identificadas en el Plan.

Con todo, el modelo numérico de simulación hidrogeológica de flujo y transporte, corresponde a una representación limitada de la realidad, y sus proyecciones representan respuestas esperadas de las variables del sistema a nivel global, pudiendo existir mayores desviaciones a nivel puntual; los ejercicios de simulación realizados permiten identificar el tipo de medida y la oportunidad de implementación de las acciones que provocan los efectos buscados de contención y captura de la pluma de aguas claras, y la dilución de fugas menores de estas aguas que puedan superan la línea de captura. De la misma forma, permite jerarquizar las medidas e identificar el paquete de ellas que satisface el objeto de control y de protección buscado, como lo reflejan los resultados del fenómeno modelado, ilustrados en el escenario de simulación Sim02 y Sim03, cuyas componentes principales se describen en la Tabla 2.2, mientras que en la Figura 2.1, se muestra la disposición general de las instalaciones definidas para el escenario de simulación Sim02 y Sim03, incluida la definición de las zonas específicas de acción para la implementación de

estas medidas, en particular las de captura focalizada, cortina de inyección de agua fresca e inyección focalizada de agua de buena calidad.

Tabla 2.2
Comparación Escenarios de Simulación Sim02 – Sim03

Escenario	Situación Actual 2012	Año de Inicio Medida				Caudal de bombeo	Caudal de inyección
		Pozos de robustecimiento	Pozos de bombeo focalizados	Pozos de inyección focalizado	Pozos de inyección	(l/s)	(l/s)
Sim02	PBH-1 a PBH-14, PBID5 (Barrera actual)	Diciembre 2012 PBH-15 a PBH-22	Julio 2013 PBF-1 a PBF- 3	Julio 2013 PIF-1, PIF-2	Abril 2015 PIN-1 a PIN-6	225	66 (*)
Sim03	PBH-1 a PBH-14, PBID5 (Barrera actual)	Septiembre 2013(prueba) PBH-15 a PBH-22	Dic 2014 PBF-1 a PBF- 3	Dic 2014 PIF-1, PIF-2	Abril 2015 PIN-1 a PIN-6	225	66 (*)

(*) Entre los años 2013 y 2015 es de 20 l/s y del 2015 en adelante asciende a 66 l/s.
Nota: Estos escenarios corresponden a simulaciones, y por tanto, no constituyen un cronograma de actividades ni de ejecución de las medidas contenidas en el PSyCI. Dicho cronograma se encuentra descrito en la Sección 2.6 de este Anexo.

Las magnitudes de flujo estimados a partir de la herramienta de simulación, y contenidas en la tabla anterior, corresponden a valores referenciales de equilibrio del sistema, pudiendo existir desviaciones menores respecto de ellas, una vez implementadas las medidas identificadas en el Plan. Los resultados se presentan en el Anexo H.

Se hace presente que el titular contará con los derechos de aprovechamiento de agua y las autorizaciones que resulten necesarias para la operación de las medidas y acciones comprometidas en el Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones.

2.3.1 Resumen de Resultados Relevantes

Para efectos de analizar la eficacia de las medidas propuestas se presentan cinco figuras (2.3a a la 2.3e) que permiten comparar la evolución futura de la concentración de sulfato en cinco pozos, G-12, G-05, APR Huechun, Santa Matilde y Punta Peuco, pertenecientes a la nueva red de monitoreo que se describe más adelante, cuya ubicación se ilustra en la Figura 2.2. El total de pozos de monitoreo analizados y las predicciones para cada uno de ellos se presentan en el Anexo H, donde también se consignan los resultados del análisis de sensibilidad realizado.

En las Figuras 2.3a a 2.3e se presenta la evolución futura de la concentración de sulfato en los pozos G-12, G-05, APR Huechún, Santa Matilde y Punta Peuco, respectivamente. En cada una de estas figuras se presentan los resultados de las simulaciones descritas en la Tabla 2.1.

Figura 2.1
Disposición General de Instalaciones Escenarios de Simulación Sim02 y Sim03

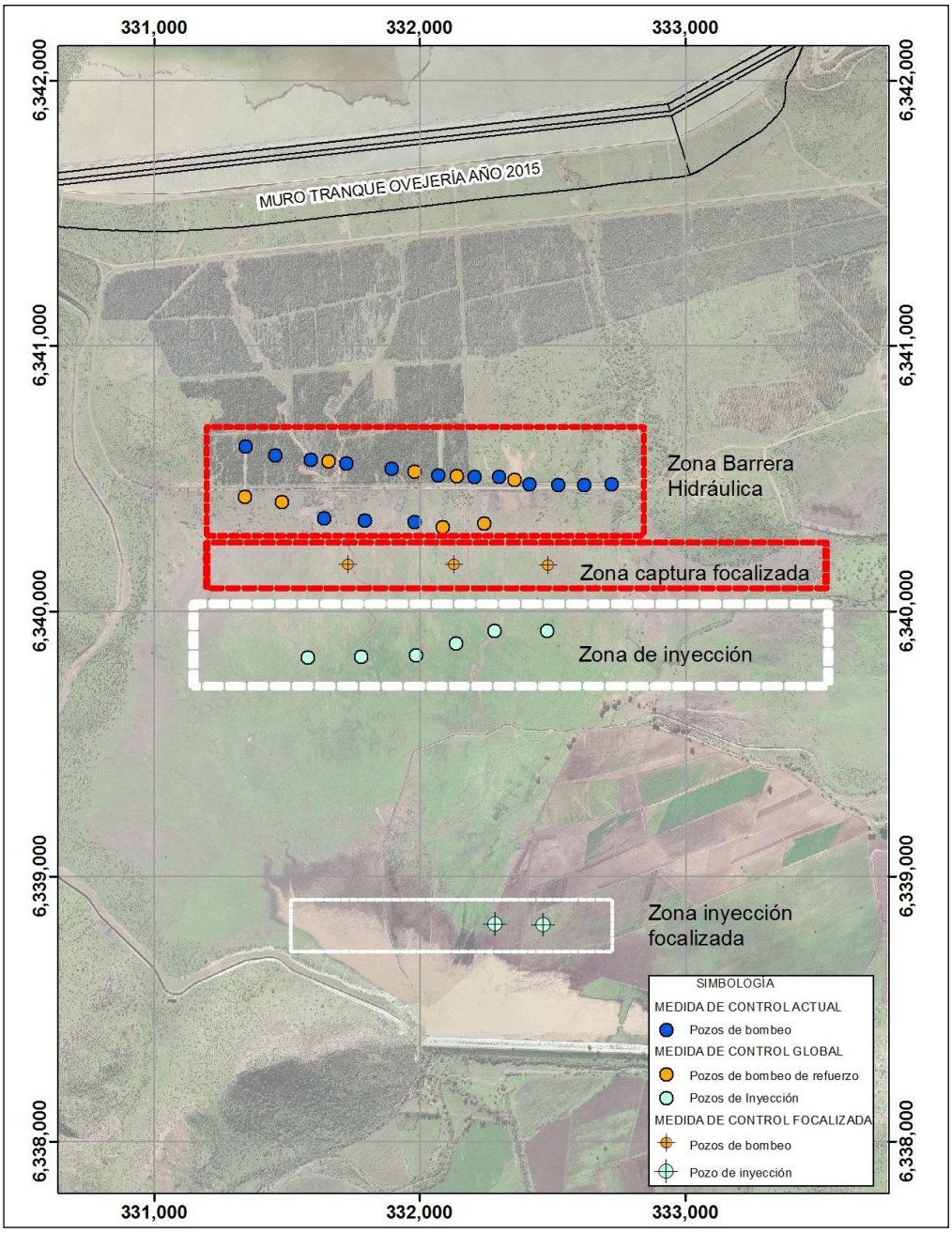


Figura 2.2 Disposición General Pozos de Monitoreo.
Simulación Sim02 y Sim03.

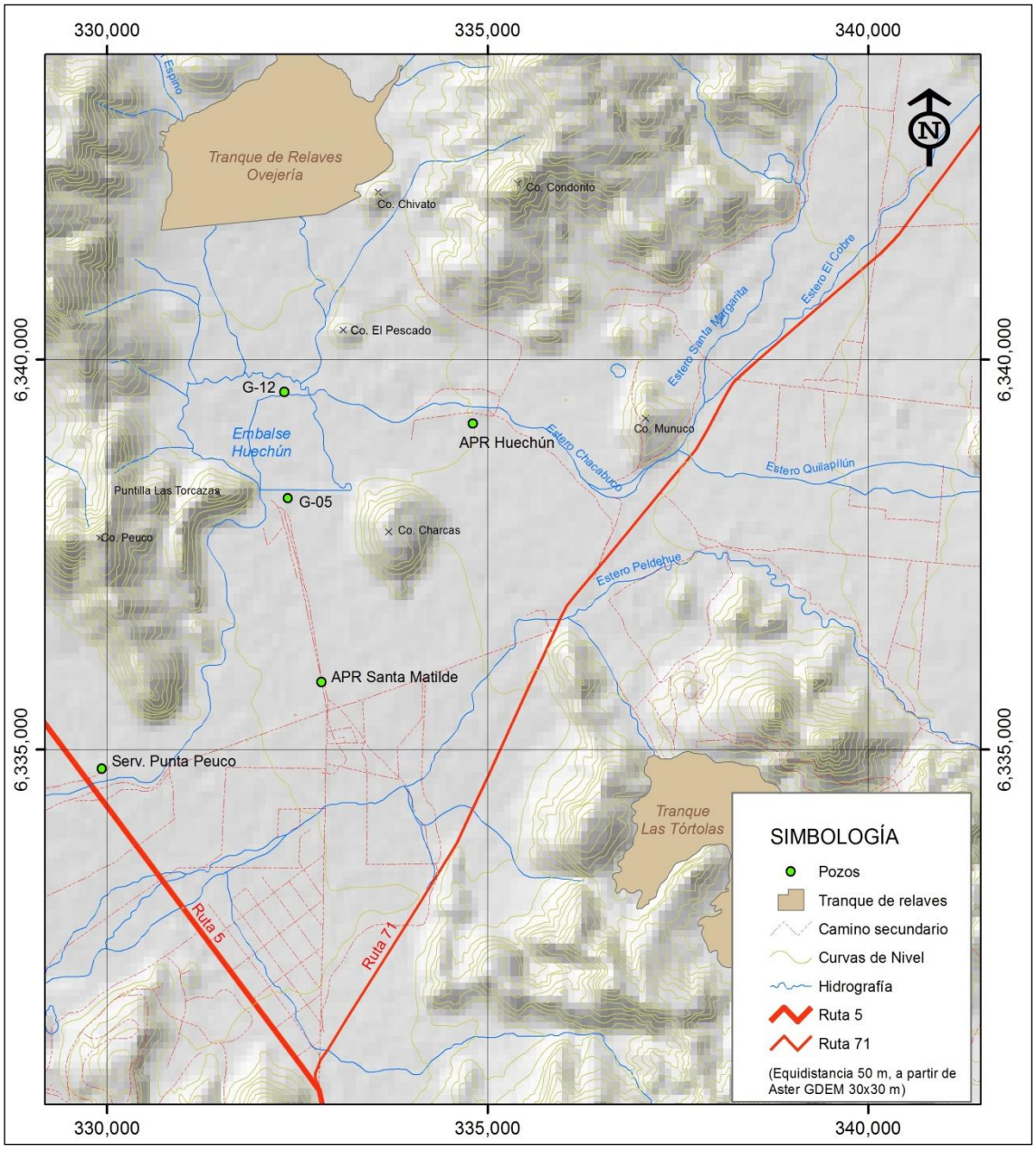


Figura 2.3a Resultados de Calibración y Proyecciones de Sulfatos para Escenarios Simulados. Pozo G-12.

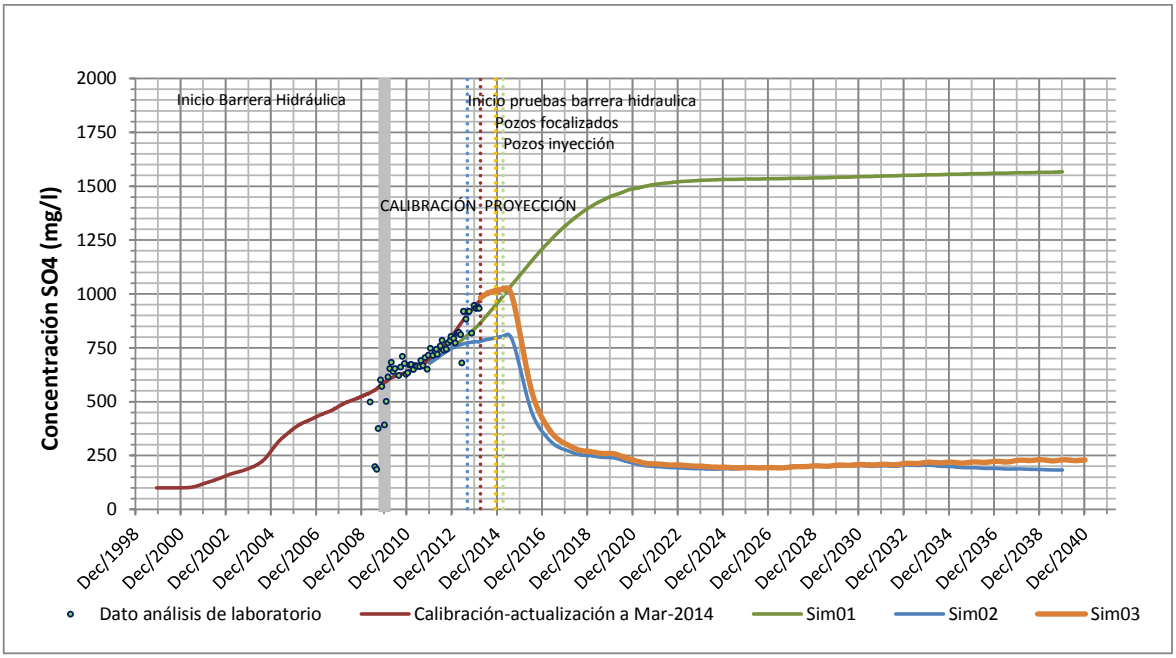


Figura 2.3b Resultados de Calibración y Proyecciones de Sulfatos para Escenarios Simulados. Pozo G-05.

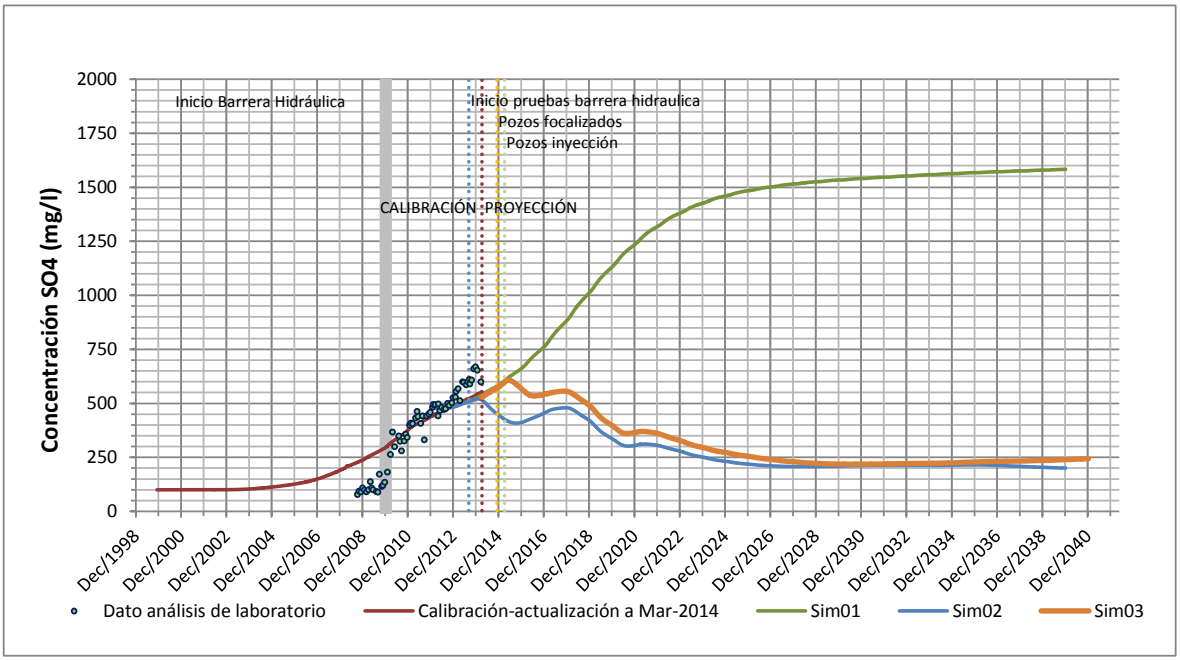
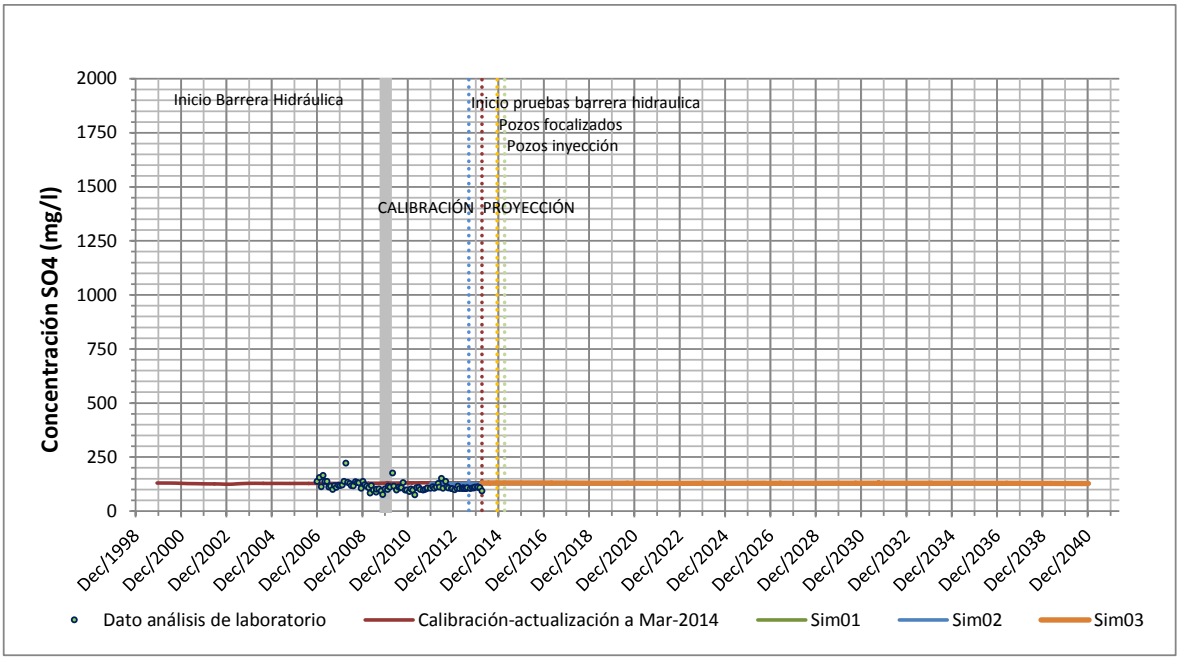
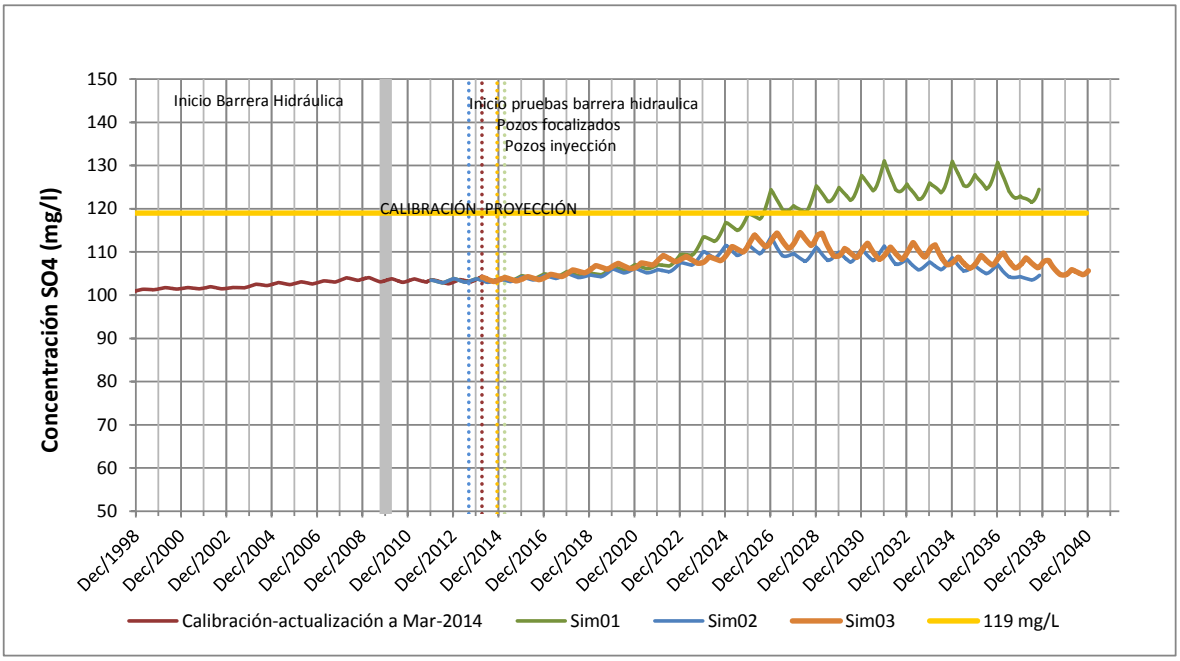


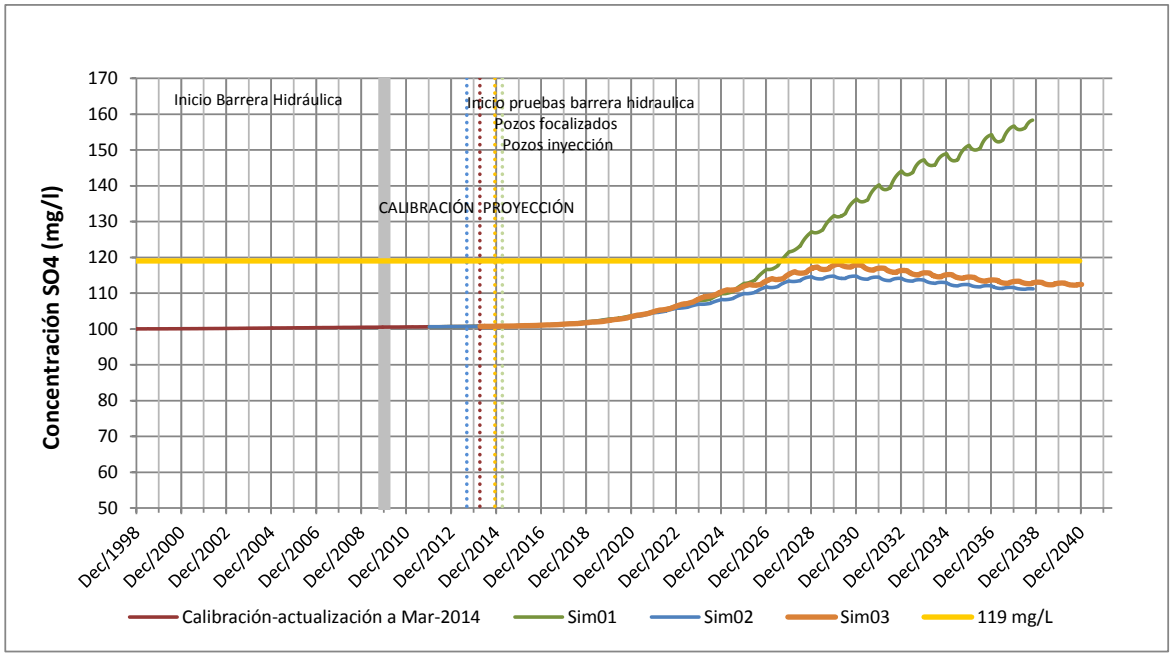
Figura 2.3c Resultados de Calibración y Proyecciones de Sulfatos para Escenarios Simulados. Pozo APR Huechún.



Figuras 2.3d Resultados de Calibración y Proyecciones de Sulfatos para Escenarios Simulados. Pozo APR Santa Matilde.



Figuras 2.3e Resultados de Calibración y Proyecciones de Sulfatos para Escenarios Simulados. Pozo APR Punta Peuco.



- La evolución del sulfato en el pozo G-12 se presenta en la Figura 2.3a, muestra que para el escenario Sim01, se espera que al 2015 la concentración de sulfatos supere los 1000 mg/l, y después del 2020 alcance una concentración superior a 1.500 mg/l.

  Sin embargo, con la implementación de las medidas del Plan, se espera revertir la tendencia al ascenso, alcanzando después de aproximadamente cinco años de su puesta en marcha, concentraciones bajo los 250 mg/l, como lo muestran los resultados del escenario Sim03.

- La evolución futura del contenido de sulfato en el pozo G-05 (localizado junto al muro embalse Huechún), como se ilustra en la Figura 2.3b, muestra que al mantenerse en la situación actual, al 2020 se esperan concentraciones cercanas a los 1000 mg/l, y al 2015, por sobre los 600 mg/l. Mientras que para la condición de simulación Sim03, se espera que al menos cuatro años después de haber puesto en marcha todas las medidas del Plan, la concentración de sulfatos baje de los 500 mg/l, y después del año 2026, se encuentre en el rango de los 250 mg/l

- La Figuras 2.3c, muestra la evolución esperada para la concentración de sulfatos del pozo APR de la localidad de Huechún, observándose que no se prevé un mayor efecto de la pluma de infiltraciones de aguas claras sobre las aguas alumbradas de este pozo.

No obstante ello, y teniendo presente el foco sensible que representa el resguardo de la calidad de esta fuente de agua potable, en el presente Plan de Control y Seguimiento de Infiltraciones, se contemplan pozos de monitoreo para el control de esa condición del acuífero y la activación de medidas específicas para el resguardo de este objetivo, a partir de los resultados del monitoreo de esos pozos.

- Las Figuras 2.3d y 2.3e muestran la evolución esperada en los pozos de APR de las localidades de Santa Matilde y Punta Peuco. Ambas figuras muestran, para la actual condición de control, un efecto sobre la calidad que se manifiesta con posterioridad al año 2015 y alcanza valores de concentración de sulfatos de 130 a 160 mg/l. Sin embargo, con la implementación de las medidas definidas en el escenario Sim03, el aumento en la concentración se sitúa entre 110 y 116 mg/l, siempre dentro del rango establecido como calidad natural promedio para toda esta zona, esto es, bajo los 119 mg/l definido como el percentil 90% de calidad natural de acuerdo a lo definido en el Anexo D del documento de Respuestas a Solicitud de Antecedentes, PSyCI, del 24 de julio de 2013.

Los resultados anteriores dan cuenta del efecto de las diversas medidas que se comprometerán en el Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones (PSyCI) para el tranque Ovejería. De ellas, la inyección artificial de agua hacia el acuífero de la Rinconada, (de una calidad similar a la que actualmente presenta el acuífero de Chacabuco), corresponde a una acción esencial para alcanzar el objetivo de calidad definido.

2.4 Acciones Comprometidas para el Control de Infiltraciones

Finalmente, de acuerdo a lo desarrollado en las Secciones 2.2 y 2.3, para conseguir el objetivo de mantener la calidad de las aguas subterráneas alumbradas en los pozos APRs de las localidades vecinas de Huechún, Santa Matilde y Punta Peuco, para uso en agua potable, la División Andina compromete mantener la siguiente configuración futura de obras de control de infiltraciones, en operación:

- Operación de Barrera Hidráulica Ovejería actual con 15 pozos de bombeo.

- Complemento de Barrera Hidráulica con 8 pozos de apoyo, los que inician su operación en prueba en septiembre del 2013, y su funcionamiento en régimen, en la fecha más próxima una vez autorizado este procedimiento y tramitada la gestión de derechos que respalden su operación.

- Pozos de captura focalizada, al menos tres pozos de bombeo ubicados al sur de las líneas de captura de la barrera hidráulica, destinados a la captura de potenciales fugas que sobrepasen las dos líneas de pozos, la puesta en marcha se estima dentro del

semestre posterior a la puesta en servicio de los 8 pozos de complemento anteriores y los pozos de inyección de agua fresca en la zona de inyección, o en la fecha más próxima requerida, una vez autorizado este procedimiento, y tramitada la gestión de derechos que respalden su operación.

- Pozos de inyección focalizada de agua de buena calidad, ubicados aguas arriba del embalse Huechún, en la fecha más próxima una vez tramitada la gestión de derechos y autorizaciones de inyección que respalden su operación.

- Cortina de inyección de agua de buena calidad. Al menos seis pozos de inyección ubicados aguas abajo de los pozos de captura de la Barrera, a perforar en la zona de inyección, los que deberán entrar en operación el primer semestre del año 2015, o en la fecha más próxima una vez autorizado este procedimiento y tramitada la gestión de derechos y autorizaciones de inyección que respalde su operación.

Luego, el Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones desde el Tranque Ovejería se basará en este conjunto de medidas, utilizando la información de monitoreo de pozos de seguimiento en el área (ver Sección 2: Programa de Monitoreo y Seguimiento), y los resultados de las proyecciones numéricas como un punto de comparación, para evaluar la efectividad futura de esta medida, y adoptar las acciones correctivas o de contingencia, que sea necesario para mantener la calidad del agua según el compromiso anterior.

De este modo, el "plan de control de infiltraciones del tranque" identificado y evaluado, corresponde a un *sistema dinámico* que será ajustado, actualizado y modificado en función de los resultados que se obtenga en la evaluación de su efectividad a través del seguimiento de la evolución de las variables indicadoras.

2.5 Medida de Compensación: Tratamiento de aguas en APRs

No obstante que las medidas y acciones propuestas por DAND se encuentran diseñadas para el control del avance de la pluma de aguas claras desde el Tranque, en caso que concurran las circunstancias que se indicarán más adelante en alguno de los APRs de Huechún, Santa Matilde o Punta Peuco; el Titular se compromete a instalar una planta de tratamiento de aguas en el poblado identificado con la potencial afección, con el fin de garantizar en todo momento la buena calidad del agua potable que proporciona el respectivo sistema.

Si a partir de los resultados del monitoreo de calidad de aguas en los mismos pozos de abastecimiento APRs de Huechún, Santa Matilde o Punta Peuco, el percentil 50% de los últimos doce meses consecutivos, para el indicador concentración de sulfatos; muestra que se ha superado durante un trimestre el valor de concentración de calidad natural

equivalente al percentil 90% de 119 mg/l, definido para la zona media del acuífero Chacabuco Polpaico, como se detalla en el Anexo D "Calidad Natural" de este documento; y este estadígrafo muestra una tendencia al sostenida al alza, pero siempre bajo los estándares recomendado por la norma chilena NCh 4091.Of.2005, se procederá a la activación de esta medida en el APR afectado.

Con todo, esta medida operará bajo las siguientes condiciones para el servicio de agua potable afectado:

- **Plazo para la operación**: La planta de tratamiento de agua deberá iniciar su operación a más tardar al trimestre siguiente en que el percentil 50% de doce meses consecutivos, de la concentración de sulfatos registrada en el agua alumbrada en el APR afectado, haya superado el valor de 119 mg/l correspondiente al percentil 90% para la concentración de sulfatos estimada para la zona media de acuífero de Chacabuco Polpaico como se detalla en el Anexo D "Calidad Natural" de este documento; y muestre una tendencia sostenida al alza sobre ese valor.

  Para tales efectos, DAND iniciará las gestiones tendientes a la instalación de la respectiva planta de tratamiento una vez concluido el presente procedimiento administrativo, y una vez obtenidas las autorizaciones que sean aplicables, procederá a instalarla.

- **Cumplimiento de la medida**: Se entenderá cumplida la medida cuando los monitoreos en el pozo respectivo arrojen que los valores de concentración para Sulfato, estimados a través del percentil 50% de los últimos 12 meses consecutivos, vuelvan a ser iguales o menores a los 119 mg/l. En esta situación la respectiva planta dejará de operar, utilizando nuevamente el pozo fuente para el abastecimiento de agua potable.

- **Capacidad de operación**: Dependiendo del APR afectado, la planta correspondiente tendrá una capacidad de diseño para dar abasto a la cantidad de arranques domiciliarios que se encuentran aprobados actualmente por la SEREMI de Salud mediante las Res. N° 001572 (del 16 de enero de 2006, para Santa Matilde); N°002268 (del 19 de enero de 2006, para Huechún) y N° 025886 (del 25 de julio de 2006, para Punta Peuco).

- **Administración de la planta:** Sin perjuicio que la administración de los respectivos sistemas APR corresponde a cada Comité bajo la supervisión de la Dirección de Obras Hidráulicas RM en su calidad de administradora del Programa Nacional de Agua Potable Rural, la planta de tratamiento será administrada por DAND, quien se

hará cargo, por cuenta y riesgo suyo, de todas las labores de operación, mantención y/o reparación asociadas a cada planta instalada en los correspondientes APRs.

Cabe hacer presente que, en todo caso, esta medida se encuentra sujeta al acuerdo previo con los Comités de Administración de cada APR y con la Dirección de Obras Hidráulicas RM, dado que cada APR se encuentra bajo la administración del Comité respectivo y la segunda es la administradora del Programa Nacional de Agua Potable Rural.

2.6 Programa de Implementación de Medidas del PSyCI

En la Tabla 2.3 se muestra el programa de ejecución de medidas identificadas en el Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones actualizado a objeto de atender los requerimientos del en el

Tabla 2.3
Programa de Ejecución de Medidas del Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones
(Actualizado a Agosto 2014)

ITEM	ACTIVIDAD		Año 1				Año 2		Año 3	
			Trim 1	Trim 2	Trim 3	Trim 4	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2
1	Refuerzo Barrera Hidráulica (8 pozos)									
2	Pozos de Inyección Focalizada E. Huechún									
3	Pozos de Bombeo Focalizado BH									
4	Cortina de Pozos de Inyección									
5	Seguimiento de Efectividad de Medidas									

Los plazos mínimos considerados para la puesta marcha de las medidas, a partir de la aprobación del PSyCI, están supeditados a los tiempos requeridos en la gestión de las autorizaciones administrativas con la autoridad, (p.ej., autorización para atravieso de cauces, traslado de punto de captación, entre otros). Por lo mismo, los plazos a que se refiere la tabla anterior para la activación de medidas comenzarán a correr tan pronto DAND cuente con los permisos administrativos necesarios para la implementación de las medidas.

Estas medidas corresponden a un sistema dinámico que será ajustado, actualizado y modificado en función de los resultados que se obtenga en la evaluación de su efectividad

a través del seguimiento de la evolución de las variables indicadoras. En virtud de lo anterior, contempla medidas complementarias en caso que se superarse los umbrales de activación definidos en el Plan de Alerta Temprana descrito en este documento, en cuyo caso, también se debe considerar los tiempos para la obtención de los permisos o autorizaciones administrativas respectivas.

2.7 Cumplimiento de las NCh 409 y NCh 1.333

Para los **APRs Santa Matilde, Huechún** y **Punta Peuco**, DAND se compromete a cumplir con los límites de la norma chilena NCh 409/1.Of.2005 y NCh 1.333.Of.78 Modificada en 1987 en todo momento. Ello, sin perjuicio que con las medidas del PSyCI, se están comprometiendo niveles de concentración de sulfatos menores a los establecidos en estas normas.

Respecto a la situación en el **área de propiedad de terceros** se estima que:

- Con respecto a los estándares de la **NCh 409/1.Of.2005**, se espera mantener su cumplimiento desde el inicio de la operación de las medidas de control propuesta en el presente Programa.

- Con respecto a los estándares de la **NCh 1.333.Of.78 Modificada en 1987,** se espera recuperar en el plazo de 15 años, considerando el actual avance de la pluma y el tiempo requerido para que el PSyCI produzca los efectos esperados. Ello sin perjuicio de asegurar que en los usos de riego de terceros que puedan existir en las zonas de esta área (NI) en que los parámetros de la NCh 1.333.Of.78 asociados a la pluma de infiltración se vean superados, se adoptarán medidas tales como remplazo del agua de riego, la adquisición de los derechos de aprovechamiento y/o de los predios involucrados.

Cabe señalar que el cumplimiento de las normas antes aludidas a que se refiere este compromiso, se encuentra acotado a aquellos contenidos asociados a la pluma de aguas claras de infiltración, esto es Ca, Na, Mg, Cl, SO4, Mn, Fe y CE, y cuando exista mérito que sustente que la variación de esos contenidos es producida por la infiltración de aguas claras del tranque.

3. PROGRAMA DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

Tal como se señaló anteriormente, el objetivo principal del PSyCI es describir las componentes, acciones y compromisos que DAND ha tomado, y tomará en el futuro, para hacer frente al control efectivo de infiltraciones desde el tranque de relaves.

Adicionalmente, este Plan contempla el establecimiento de una completa red de monitoreo, reemplazando la actual red de monitoreo establecida en la RCA 275-B/94 y compromisos posteriores con la autoridad. Este nuevo programa, a diferencia del actual Plan de Monitoreo, hace un seguimiento efectivo del avance de la pluma y de la efectividad de las medidas comprometidas o sus desviaciones, en un sector que se extiende más allá de la propiedad de DAND, asegurando la calidad de uso de agua potable en los sectores de Huechún y Santa Matilde, y con ello otros usos relacionados.

El Plan de Monitoreo y Seguimiento se encuentra estructurado sobre el monitoreo de dos objetivos: (i) el monitoreo para la verificación de control de pluma de aguas claras (según los parámetros establecidos en la que se denominará "Lista Corta"); y (ii) el monitoreo para la verificación de tendencias históricas (en base a los parámetros consignados en la que se denominará "Lista Larga").

El Plan de Monitoreo y Seguimiento aquí detallado alimentará la información de seguimiento del Plan de Alerta Temprana según se indica en el punto 4 siguiente.

3.1 Aspectos Generales

En lo fundamental, el Programa de Monitoreo y Seguimiento de Indicadores está constituido por los siguientes elementos:

- Área de Monitoreo y Seguimiento
- Monitoreo de seguimiento de la pluma de Aguas Claras
- Monitoreo de tendencias Históricas
- Monitoreos de Pozos APRs

3.2 Puntos de Monitoreo

3.2.1 Áreas de Estudio

Considerando que el potencial flujo de las fugas de aguas claras desde el tranque se produciría a través del sistema acuífero, se propone establecer un sistema de seguimiento y alerta de los niveles y calidad de las aguas subterráneas sobre el área existente entre la ubicación de la barrera hidráulica y línea de inyección principal de agua fresca, y los pozos de agua potable rural o APR. Para esto se utilizaran algunos de los pozos de monitoreo pertenecientes a la actual red de monitoreo y se agregan nuevos pozos complementarios. Conformando la red de monitoreo definitiva para los Recursos Hídricos Subterráneos, en reemplazo del punto 1.9.1.2 de la RCA 275-B/1994.

Para ello, sobre el área ubicada aguas abajo del muro del tranque Ovejería y los APRs, se definen tres sectores con características diferentes, cuya ubicación se presenta en la Figura 3.1:

- **Área de Manejo (AM)**. Sector que se extiende desde la línea definida por la cortina de inyección, hasta la pata del muro del tranque. Incluye la zona de crecimiento del muro del tranque, la zona de los drenes basales del muro, y el área existente hasta la sección donde se planifica la línea de inyección de aguas de buena calidad, inmediatamente al sur de la ubicación de la barrera hidráulica de pozos.

- **Área de Control y Seguimiento (CS)**. Sector que se extiende desde la línea de pozos de inyección al sur de la barrera hidráulica y hasta los límites de la propiedad de DAND. En este sector es donde se implementará el sistema de seguimiento y alerta, así como también donde se emplazarán las obras para el control focalizado del fenómeno.

- **Área de No Impacto (NI)**. Este sector que se extiende fuera de los límites de la propiedad de DAND, en el cual se ubican los pozos de APR Huechún, Santa Matilde y Punta Peuco. Una vez implementadas las obras del PSyCI, se espera que en estos pozos se mantenga el cumplimiento de los estándares de la norma NCh409/1. Of.2005 en las aguas alumbradas en estos pozos, para aquellos parámetros asociados a la pluma de aguas claras de infiltración, y en particular, el rango de contenido natural para estas fuentes definido en el Anexo D del documento de Respuestas a Solicitud de Antecedentes, PSyCI, del 24 de julio de 2013.

- En la propiedad de terceros, en los lugares en que existan usos de riego y en la medida que se conserven dichos usos, en el largo plazo (al menos 15 años después de implementado el PSyCI), se recuperarán y cumplirán los estándares de la NCh 1.333.Of.78 Modificada en 1987.

3.2.2 Puntos de Monitoreo Propuestos

La red de monitoreo ambiental actual de aguas subterráneas se muestra en la Figura 3.2, en la cual también se incluyen las obras asociadas a las medidas globales y focalizadas propuestas en el Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones. Del conjunto de pozos de control, algunos quedan ubicados en el Área de Manejo, entre la línea definida por el muro del tranque Ovejería y la futura línea de inyección de agua de buena calidad, por lo que en el tiempo tendrán un alto nivel de interferencia con la operación de las medidas del PSyCI, lo que afectará su tendencia. Por esta razón, y con el propósito particular de

dar continuidad a la información histórica, sólo se considera la inclusión de algunos de ellos en la nueva red de control, y revisar su mantención al tercer año de operación. Así dentro del plan de monitoreo propuesto, cuyo objeto es hacer seguimiento al efecto de las medidas de control de infiltraciones del PSyCI, se propone mantener el monitoreo en los actuales pozos emplazados al Sur de la línea de inyección principal, que muestran la calidad del flujo aguas abajo de la operación de las medidas de control.

De acuerdo a lo anterior, los puntos de monitoreo existentes se han agrupado en un único sistema de monitoreo, en el que se han adicionado pozos de control aguas abajo de la línea de inyección, que permiten realizar el seguimiento de los cambios en la calidad del agua subterránea previstos en este análisis.

De esa forma, en el Área de Control y Seguimiento y en la definida como de No Impacto, se seleccionan los pozos indicados en la Tabla 3.1 para ser parte del PSyCI, donde se propone efectuar el monitoreo de los indicadores para el control de la pluma de aguas claras del tranque, detallado en las Secciones 3.2.3 y 3.2.4 siguientes. La ubicación de los pozos se presenta en la Figura 3.3.

Este conjunto de puntos de monitoreo, tiene por principal objetivo obtener la información necesaria para el conocimiento de la evolución global y puntual del fenómeno de infiltraciones de aguas claras, y en especial, conocer el efecto de la implementación de las acciones identificadas para el control del fenómeno sobre el sistema hídrico subterráneo, junto con proporcionar información que permita alertar sobre desviaciones, u otro cambio del sistema que no haya sido previsto en el análisis de proyecciones realizado.

Figura 3.1
Áreas de "Manejo", de "Control y Seguimiento" y de "No Impacto" del PSyCI

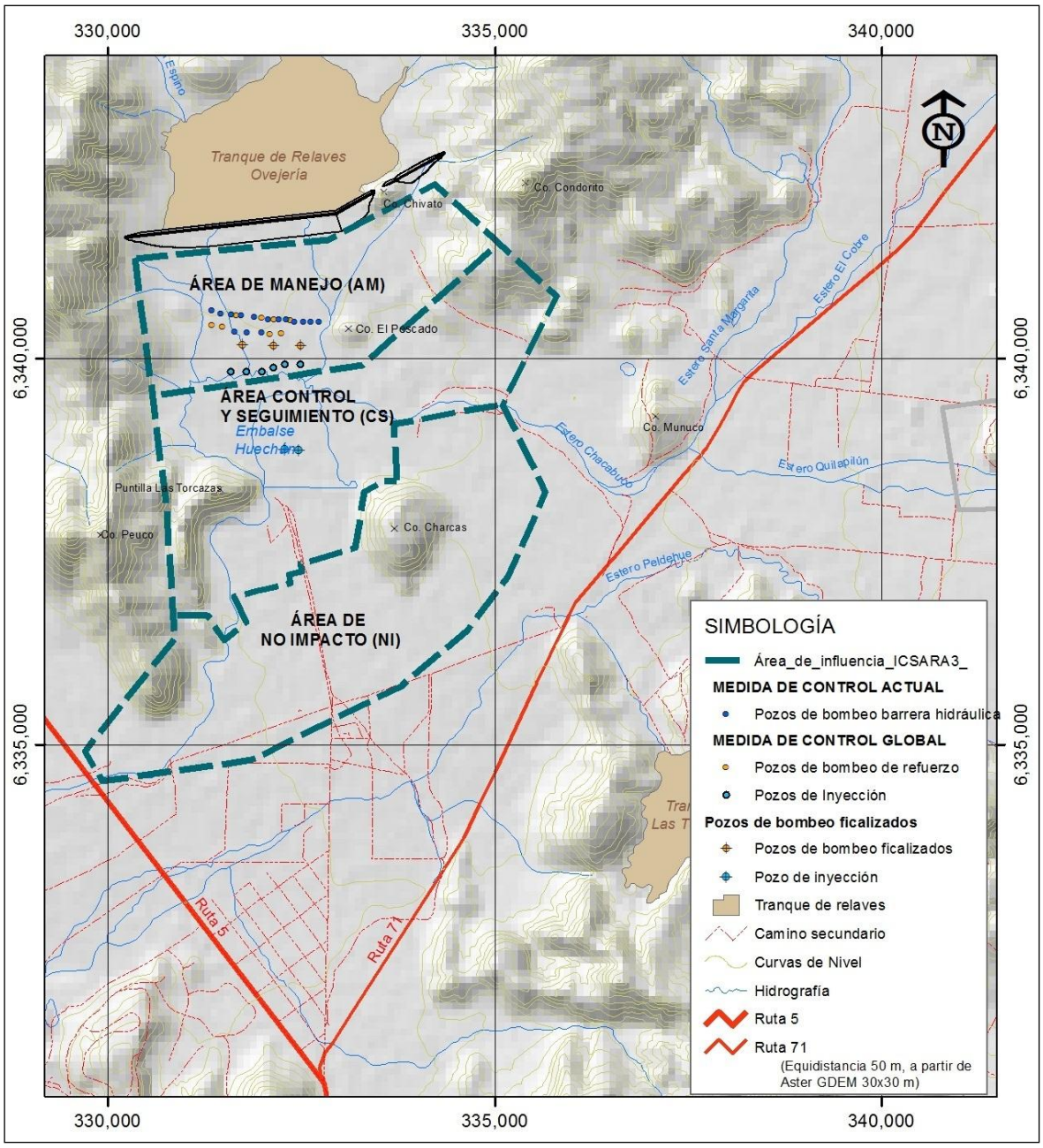
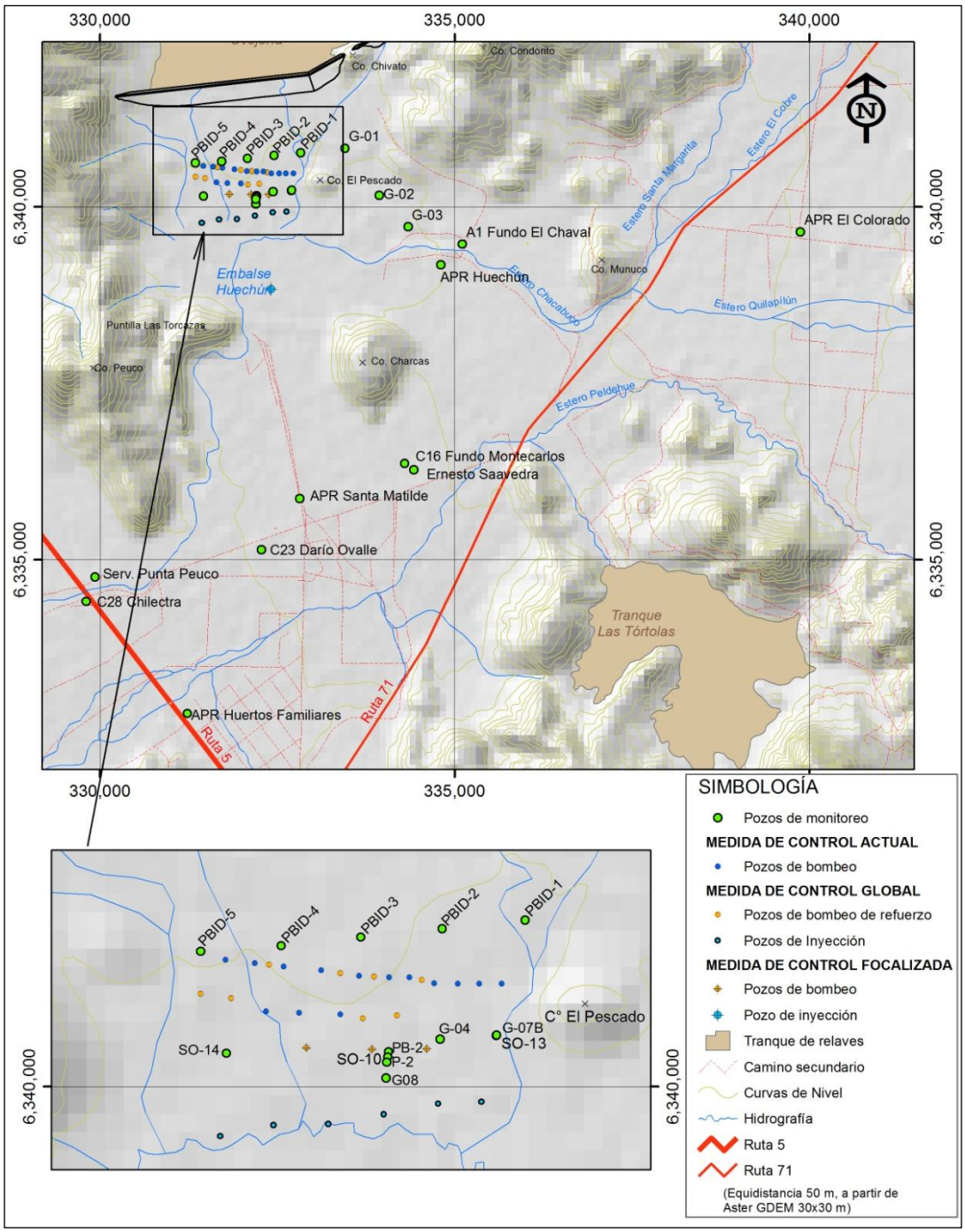
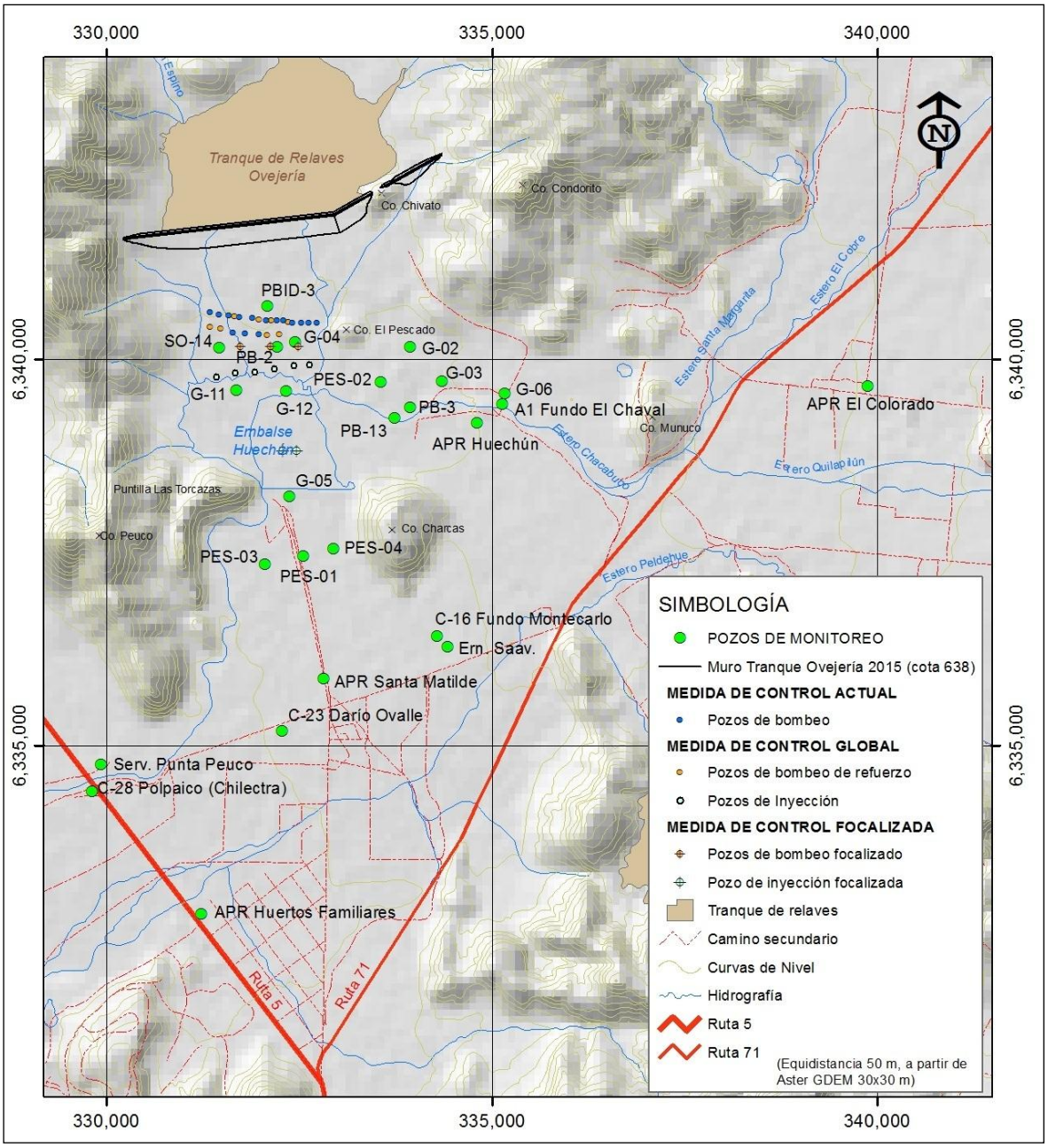


Figura 3.2
Ubicación de estaciones (pozos) red de monitoreo ambiental actual respecto a ubicación medidas de control PSyCI



Nota: Aguas arriba de la cubeta se encuentra la estación Vertiente V-1, la cual no es representada en esta figura, que prioriza los sectores aguas abajo del muro del tranque Ovejería.

Figura 3.3
Ubicación de estaciones (pozos) de monitoreo propuestas en la presente actualización



Nota: Los pozos C 28 Polpaico, C 16 Fundo Montecarlo, Ernesto Saavedra y C 23 Darío Ovalle, se encuentran en predios que no son propiedad de Codelco, por lo que el acceso y la posibilidad de monitoreo en ellos está sujeta a la disponibilidad de los dueños de dichos predios, y a la operación que puntualmente se esté realizando en ellos. A objeto de mejorar esta condición, se realizarán gestiones para ubicar pozos alternativos a ellos, en caminos públicos cercanos, dentro de la faja fiscal, para lo que se solicitarán las autorizaciones correspondientes. Previo a su construcción, se informará a la SMA.

3.2.3 Monitoreo de Seguimiento Pluma de Aguas Claras del Tranque

Las mediciones históricas en los pozos de monitoreo muestran que existen dos parámetros que han sido modificados de manera más directa por las infiltraciones de aguas claras del tranque Ovejería: Niveles de Agua Subterránea y Sulfato.

El Sulfato corresponde al mejor indicador de la presencia de las aguas claras del tranque Ovejería en las aguas subterráneas, por cuanto es una sustancia conservativa en presencia de oxígeno; adicionalmente, el sulfato es de fácil medición. Por otra parte, las concentraciones de Sulfato presentan una buena correlación con la Conductividad Específica, parámetro que puede ser leído instantáneamente con un sensor portátil y, por ende, se podrían efectuar estimaciones indirectas prácticamente en tiempo real por medio de mediciones de la Conductividad Específica. Adicionalmente, el contenido de Sulfato se correlaciona de manera muy cercana con la concentración de Sólidos Disueltos Totales (SDT), de tal manera que la medición de este último parámetro permitiría hacer una comprobación de los resultados de los análisis químicos del monitoreo comprometido.

Desde un punto de vista puramente físico, las mediciones históricas muestran que las infiltraciones de aguas claras desde el tranque Ovejería han afectado, además de las concentraciones de Sulfato, en el área de influencia directa, a los Niveles del agua subterránea. En consecuencia, se propone incluir además los Niveles del Agua Subterránea como Indicador del PSyCI.

De esta forma, la concentración de Sulfato y los niveles de agua subterránea serán utilizados como indicadores para analizar la eficacia de las medidas que se ha identificado en la Sección 2.

Finalmente, y a modo de resumen, los parámetros identificados para caracterizar la evolución de la pluma de aguas claras del tranque y verificar la eficacia de las medidas de manejo propuestas son: Niveles de aguas subterráneas, pH, Conductividad Específica (CE), Sólidos Disueltos Totales (SDT), y concentración de Sulfato (SO4). Para los efectos de los análisis posteriores se denomina al conjunto de parámetros como **“Lista Corta”** (Tabla 3.2).

3.2.4 Monitoreo para Verificación de Tendencias Históricas

Más allá del programa de monitoreo identificado en la sección anterior, cuyo objetivo es definir indicadores que den cuenta de la presencia de aguas claras del tranque, y adicionalmente, de la eficacia de las medidas de control propuestas, se plantea la necesidad de tener un monitoreo de más largo plazo y de seguimiento de las tendencias históricas.

Para este monitoreo se considera la evaluación de un subconjunto de parámetros contenidos en las normas actualmente en vigencia para Agua Potable (NCh 409/1 Of. 2005) y para Riego (NCh 1333/Of.78 Mod. 87), en todos los pozos de la red de monitoreo. Adicionalmente se incluirán los macroelementos Bicarbonato (HCO_3) y Carbonato (CO_3), Sodio (Na), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), y Potasio (K). Para los efectos de los análisis posteriores se denomina a este conjunto de parámetros de mayor alcance como **"Lista Larga"** (Tabla 3.3).

3.2.5 Monitoreo Dedicado de Pozos APRs

En complemento del monitoreo de seguimiento de la dinámica de la pluma de aguas claras y del monitoreo de tendencias históricas, en atención a la sensibilidad del objeto de protección que que representan las fuentes de agua potable de los pozos APRs de las localidades de Huechún, Santa Matilde y Punta Peuco, como medida de control dedicado se contempla el monitoreo a nivel mensual y trimestral de estos pozos, como se muestra en la Tabla 3.1, con análisis de calidad de acuerdo a los parámetros de la Tabla 3.2 y 3.3, todos acorde a lo establecido en la Nch. 409/2005.

Además, para estos pozos se propone la implementación de un sistema de control continuo de Conductividad Eléctrica (CE), que permita disponer de registros continuos (2 veces al día) sobre este indicador, cuya variación puede estar asociada a la presencia de aguas claras del tranque, como se detalla en el Anexo C de este documento. La información, si bien es continua, será publicada en una web de CODELCO, a nivel mensual, durante el mes siguiente al de la medición, para efectos de validación de la información recogida.

Cabe hacer presente que la implementación de esta medida de control continuo, queda sujeta en todo caso, al acuerdo y autorización de los responsables de los APRs, dado que estos no son de propiedad de DAND.

Tabla 3.1
Pozos Propuestos para Monitoreo de Aguas Subterráneas

Estación de Monitoreo	Sector Monitoreo	Tipo de pozo	Este (m)	Norte (m)	Prof. (m)	Condición para monitoreo	Lista de muestreo	Frecuencia
G-04	AM	Pozo Observación Codelco Andina	332.439	6.340.220	63 m	Sin bomba	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
PB-2	AM	Pozo Observación Codelco Andina	332.203	6340.160	50 m	Sin bomba	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
PBID-3	AM	Pozo Observación Codelco Andina	332.075	6340.690	55 m	Con bomba	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
SO-14	AM	Pozo Observación Codelco Andina	331.458	6340.155	69 m	Sin bomba	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
PB-3	CS	Pozo Observación, con bomba instalada	333.933	6.339.379	65 m	Con bomba y tubería cerrada	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
PB-13	CS	Pozo Observación	333.727	6.339.238	50 m	Con bomba y tubería cerrada	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
G-02	CS	Pozo Observación Codelco Andina	333.937	6.340.167	77 m	Sin bomba	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
G-03	CS	Pozo Observación Codelco Andina	334.340	6.339.720	72 m	Sin bomba	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
G-05	CS	Pozo Observación Codelco Andina	332.371	6.338.221	142 m	Sin bomba	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
G-06	CS	Pozo Observación Codelco Andina	335.158	6.339.557	85 m	Sin bomba	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
G-11	CS	Pozo Observación Codelco Andina	331.676	6.339.604	71 m	Sin bomba	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
G-12	CS	Pozo Observación Codelco Andina	332.323	6.339.587	100 m	Sin bomba	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
PES-02 (***)	CS	Pozo Observación Codelco Andina	333.555	6.339.710	50 m	Sin bomba	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral

Coordenadas UTM, Datum PSAD56 (metros)

(***) Pozos proyectados, coordenadas preliminares y profundidades proyectadas.

Tabla 3.1
Pozos Propuestos para Monitoreo de Aguas Subterráneas
(Continuación)

Estación de Monitoreo	Sector Monitoreo	Tipo de pozo	Este (m)	Norte (m)	Prof. (m)	Condición para monitoreo	Lista de muestreo	Frecuencia
Ern. Saav. (*)	NI	Pozo Particular de Riego	334.420	6.336.277	S/I	-	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
C-28 Polpaico (Chilectra) (**)	NI	Pozo Particular de Riego	329.801	6.334.408	S/I	-	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
APR El Colorado	NI	Pozo Agua Potable	339.818	6.339.668	S/I	Con bomba y tubería cerrada	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
APR Huertos Familiares	NI	Pozo Agua Potable	331.227	6.332.820	90 m	Con bomba y línea de aire	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
APR Huechún	NI	Pozo Agua Potable	334.805	6.339.181	60 m	Con bomba y tubería cerrada	Nch409 + Ca + Na + K + Mo + Nivel	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
APR Santa Matilde	NI	Pozo Agua Potable	332.810	6.335.865	80 m	Con bomba y tubería cerrada	Nch409 + Ca + Na + K + Mo + Nivel	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
Serv. Punta Peuco	NI	Pozo Agua Potable	329.927	6.334.756	80 m	Con bomba y tubería cerrada	Nch409 + Ca + Na + K + Mo + Nivel	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
A1 Fundo El Chaval	NI	Pozo Observación Codelco Andina	335.123	6.339.422	80 m	Sin bomba	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
C-16 Fundo Montecarlo	NI	Pozo Particular de Riego	334.278	6.336.416	S/I	Con bomba y línea de aire	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
C23 Darío Ovalle (*)	NI	Pozo Particular de Riego	332.275	6.335.189	55 m	-	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
PES-01 (***)	NI	Pozo Observación Codelco Andina	332.550	6.337.545	50 m	Sin bomba	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
PES-03 (***)	NI	Pozo Observación Codelco Andina	332.050	6.337.350	80 m	Sin bomba	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral
PES-04 (***)	NI	Pozo Observación Codelco Andina	332.940	6.337.545	60 m	Sin bomba	Lista corta	Mensual
							Lista Larga	Trimestral

Coordenadas UTM, Datum PSAD56 (metros)

(*) Pozo seco, se incluye bajo consideración de reperforación o reemplazo por pozo cercano cuyos antecedentes técnicos serán entregados a la autoridad para su consideración una vez terminado este proceso de revisión.

(***) Pozos proyectados, coordenadas preliminares y profundidades proyectadas.

(**) Pozo tapado, se incluye bajo consideración de reemplazo por pozo cercano cuyos antecedentes técnicos serán entregados a la autoridad para su consideración una vez terminado este proceso de revisión.

Los pozos C 28 Polpaico, C 16 Fundo Montecarlo, Ernesto Saavedra y C 23 Darío Ovalle, se ubican en predios que no son de propiedad de Codelco, por lo que el acceso y posibilidad de monitoreo en ellos, está sujeta a la disponibilidad de los dueños de dichos predios y a la operación que puntualmente se esté realizando en ellos. A objeto de mejorar esta condición, se realizarán las gestiones necesarias para ubicar pozos alternativos en los caminos públicos cercanos, dentro de la faja fiscal, para lo que se solicitarán las autorizaciones correspondientes. Previo a su construcción, se informará a la SMA.

En particular esta gestión se realizará con los pozos C28, tapado por su propietario; C23 Darío Ovalle, que por el descenso del nivel freático se encuentra seco; y pozo Ernesto Saavedra, cuyo acceso se ha visto interrumpido, siendo necesario su reemplazo.

Tabla 3.2
Parámetros Físicos y Químicos Propuestos "Lista Corta"

Parámetro	Símbolo	Unidad	Periodicidad
pH	-	-	Mensual
Conductividad Específica	CE	µS/cm	Mensual
Sulfato	SO4-2	mg/l	Mensual
Nivel de Aguas Subterráneas	-	m	Mensual
Sólidos Disueltos Totales	-	mg/l	Mensual

Tabla 3.3
Parámetros Físicos y Químicos Propuestos "Lista Larga"

Parámetro	Símbolo	Unidad	Periodicidad
Amoniaco	NH3	mg/l	Trimestral
Arsénico	As	mg/l	Trimestral
Bicarbonato	HCO3	mg/l	Trimestral
Boro	B	mg/l	Trimestral
Calcio	Ca	mg/l	Trimestral
Cadmio	Cd	mg/l	Trimestral
Carbonato	CO3	mg/l	Trimestral
Cianuro	CN-	mg/l	Trimestral
Cloruro	Cl-	mg/l	Trimestral
Cobre	Cu	mg/l	Trimestral
Color verdadero	-	Unidad Pt-Co	Trimestral
Olor	-	-	Trimestral
Sabor	-	-	Trimestral
Cromo	Cr	mg/l	Trimestral
Fluoruro	F-	mg/l	Trimestral
Hierro	Fe	mg/l	Trimestral
Magnesio	Mg	mg/l	Trimestral
Manganeso	Mn	mg/l	Trimestral
Mercurio	Hg	mg/l	Trimestral
Molibdeno	Mo	mg/l	Trimestral
Nitrato	NO3-	mg/l	Trimestral
Nitrito	NO2-	mg/l	Trimestral
Razón nitrito+nitrato	-	-	Trimestral
Plomo	Pb	mg/l	Trimestral
Potasio	K	mg/l	Trimestral
Selenio	Se	mg/l	Trimestral
Sodio	Na	mg/l	Trimestral
Zinc	Zn	mg/l	Trimestral

3.3 Frecuencia de Monitoreo

La frecuencia de monitoreo propuesta es de tipo mensual para la “Lista Corta” cuyo objetivo principal es analizar la evolución de la pluma de aguas claras del tranque, y trimestral para la “Lista Larga”, cuyo objetivo es un análisis de las tendencias históricas.

3.4 Datos de Producción – Control de Extracciones

Los pozos de bombeo deberán tener medidores instantáneos y totalizadores de flujo. Durante todo el período de explotación, deberá mantenerse un “Registro de Producción de los Pozos de Bombeo”, en el que constará el registro mensual de cada pozo con la tasa de flujo, el volumen total extraído, el control de caudal medio diario y máximo instantáneo de cada uno de los pozos de producción, a intervalos de un mes.

3.5 Reportes

El análisis de los indicadores contendrá, en lo fundamental, las mediciones efectuadas en el período que se informe (trimestral) y gráficos con las evoluciones observadas (medidas) y su comparación con las pronosticadas, además de relaciones entre las distintas variables de análisis (por ejemplo, CE vs. SO4, CE vs. SDT). Particularmente en las gráficas con las evoluciones observadas, se incluirá el estadígrafo percentil 50% de 6 meses móviles, sobre la concentración de sulfatos registrada en los pozos de seguimiento que se incorporan al Plan de Alerta Temprana, para efectos de evaluar el chequeo de umbrales y la activación de medidas.

Sin perjuicio del análisis trimestral anterior, se propone efectuar anualmente un análisis integral del comportamiento del acuífero, que permita evaluar la eficacia del funcionamiento de las medidas de control de infiltraciones. En este documento se incorporará información sobre otras variables relevantes (niveles de agua subterránea, parámetros de calidad).

En conclusión, la entrega de los resultados del monitoreo de los indicadores a la Superintendencia del Medio Ambiente se realizará según la siguiente descripción:

- **Informes Mensuales:** Resultados de análisis de laboratorio de las aguas claras del Tranque. Este informe será enviado a la autoridad dentro de los 15 días hábiles siguientes al mes correspondiente.

- **Informes Trimestrales**: Se informarán las mediciones de los indicadores y parámetros relevantes del monitoreo efectuado según se detalla en este capítulo, registro de los caudales diarios explotados por la barrera hidráulica en su conjunto en el período, observaciones y conclusiones sobre la evolución del sistema en el período que se informa.

  El Informe Trimestral será enviado a la autoridad 30 días hábiles después del último día hábil del tercer mes del trimestre correspondiente.

- **Informes Anuales**: Anualmente se informará sobre el análisis integral de los Informes Trimestrales del año correspondiente, lo que permitirá evaluar el comportamiento del acuífero, la eficacia del funcionamiento de las medidas del PSyCI, y hacer proposiciones de mejoramiento si la eficacia observada es menor a la prevista. El Informe Anual será enviado a la autoridad 60 días hábiles después del último día hábil del año correspondiente.

Lo anterior, sin perjuicio que la autoridad ambiental determine adicionalmente la remisión de estos informes a otros organismos.

3.6 Sistema de Acceso Público

Dentro de los 6 meses siguientes a la resolución que ponga término el presente procedimiento de revisión, DAND implementará en la web un Sistema de Acceso Público en el que se mantendrán los registros de monitoreo sobre conductividad específica para los Sistemas APR Santa Matilde, Huechún y Punta Peuco.

Esta información será cargada en el sistema dentro del mes siguiente al que ha sido obtenida.

4. PLAN DE ALERTA TEMPRANA

4.1 Objetivo

El acuífero de la subcuenca de la rinconada de Huechún, donde se emplaza el Tranque de Relaves de Ovejería, forma parte del acuífero de la cuenca de Chacabuco Polpaico, afluente del río Maipo, ubicado en la Comuna de Til Til en el sector norte de la Región Metropolitana.

Este acuífero actualmente recibe infiltraciones de aguas claras provenientes del tranque de relaves de Ovejería, las que deberán ser controladas para evitar la afectación en la calidad del agua captada en pozos de abastecimiento de agua potable de las localidades vecinas de Huechún, Punta Peuco y Santa Matilde por sobre los estándares de la norma chilena NCh 409/1.Of.2005, y por sobre la NCh 1.333.Of.78 en los pozos de terceros que sean explotados para uso en riego.

El objetivo del presente Plan de Alerta Temprana, PAT–HCH, es establecer las variables a controlar y cómo efectuar su seguimiento, de manera que permitan verificar si se están respetando las condiciones establecidas en el párrafo anterior y, en caso de desviaciones, implementar oportunamente medidas de corrección que permitan cautelar dicho objetivo.

De acuerdo a lo anterior, los objetivos específicos del PAT–HCH son los siguientes:

a) Desarrollo y aplicación del modelo de simulación para predecir la evolución de indicadores en las áreas sensibles para los objetivos de protección, derivados de las infiltraciones del tranque Ovejería y la operación de las medidas establecidas en el PSyCI.

b) Fijar las condiciones técnicas para el monitoreo del sistema acuífero Huechún-Chacabuco y de las áreas sensibles para los objetivos de protección.

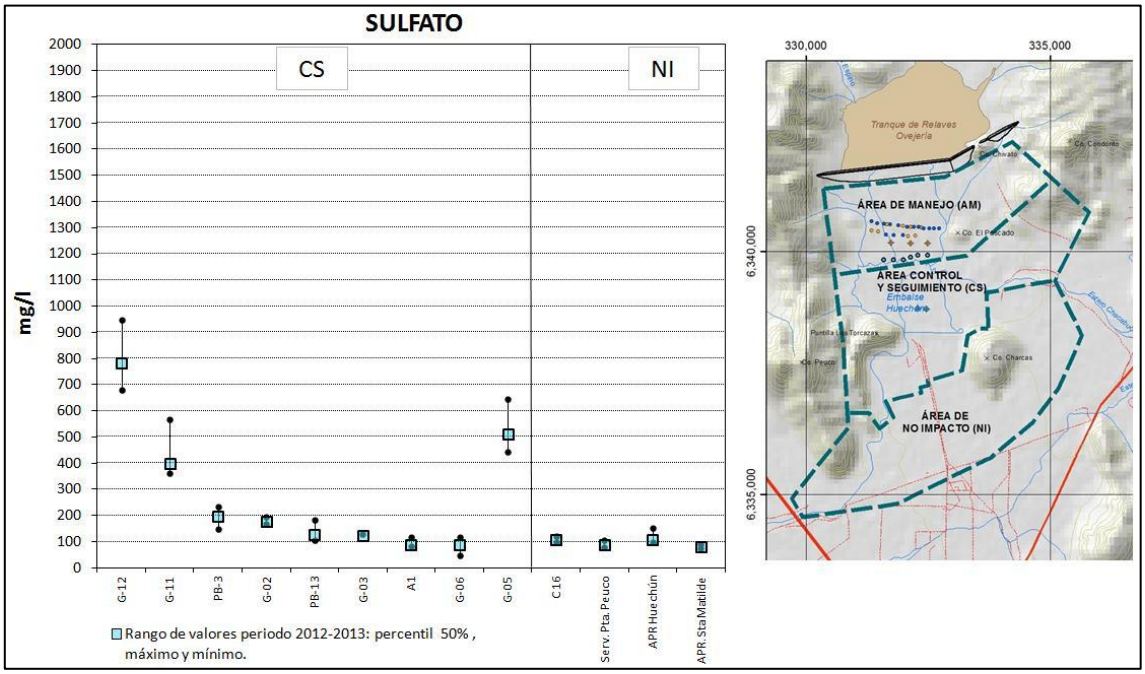
c) Mejorar el conocimiento del sistema de aguas subterráneas y de su respuesta frente a la presencia de infiltraciones y a la operación de las medidas del Plan.

d) Permitir la predicción oportuna de los potenciales impactos sobre los objetivos de protección, para prevenir afecciones negativas en el sector tomando las medidas correctivas necesarias para evitar los impactos no deseados.

4.2 Condición inicial del sistema acuífero Huechún-Chacabuco

Actualmente, en las definidas Área de Control y Seguimiento (CS) y Área de No Impacto (NI), donde se extiende la pluma de infiltraciones de aguas claras del tranque y se localizan los objetos de protección, el agua subterránea del acuífero del sector de la rinconada de Huechún y de la cuenca del Chacabuco, muestra, en algunos pozos de monitoreo, contenidos de sulfatos en rangos de 100 a 1000 mg/l, según se aprecia en la Figura 4.1,

Figura 4.1
Concentración de Sulfatos Acuífero Huechún - Chacabuco



Esta condición de concentración de sulfatos, que muestra la condición actual del acuífero, deberá mostrar los resultados de las medidas del PSyCI una vez que sean implementadas. Por ello, se considera que el presente PAT-HCH será aplicable sólo seis meses después que se hayan puesto en marcha dichas medidas de control, tiempo que permitirá hacer seguimiento, registrar y evaluar la respuesta del sistema acuífero ante la operación de las mismas.

4.3 Plan de Alerta Temprana para el acuífero Huechún-Chacabuco: PAT – HCH

El PAT – HCH consta de 3 fases:

4.3.1.- Monitoreo del comportamiento del acuífero y áreas sensibles

4.3.2.- Predicción de impactos y medidas de corrección

4.3.3.- Revisión y actualización periódica del PAT – HCH

4.3.1 Monitoreo del comportamiento del acuífero y áreas sensibles

Proveerá antecedentes acerca de los cambios en las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas y de los cambios en áreas ambientalmente sensibles. El análisis de los datos obtenidos de este monitoreo de largo plazo, permitirá conocer la real evolución de calidad que ocurra en el acuífero, mejorar la estimación de los parámetros hidráulicos del acuífero, mejorar el conocimiento del comportamiento de áreas sensibles y la sustentabilidad de las medidas de control de infiltraciones del Plan.

Durante la fase de operación del tranque, el control de calidad química en los pozos de seguimiento PAT-HCH, será recogido del Plan de Monitoreo del PSyCI.

Los constituyentes a analizar corresponden a los parámetros identificados para realizar seguimiento de la evolución de la pluma de aguas claras del tranque y verificar la eficacia de las medidas implementadas en el PSyCI, correspondientes a aquellos parámetros incluidos en la **Lista Corta**. Estos son: Niveles de aguas subterráneas, pH, Conductividad Específica (CE), Sólidos Disueltos Totales (SDT), y concentración de Sulfato (SO4).

El seguimiento de los pozos se realizará a intervalo de un mes.

En la Tabla 4.1 se detallan los pozos de seguimiento PAT-HCH y las características del monitoreo de calidad.

En las Figuras 4.2 y 4.3 se muestra el emplazamiento de los pozos de seguimiento PAT para los pozos APRs de Huechún y Santa Matilde-Punta Peuco respectivamente.

Tabla 4.1
Pozos PAT-ACH de Control de Calidad de Aguas Subterráneas

Estación de Monitoreo	Sector Monitoreo	Tipo de pozo	Este (m)	Norte (m)	Prof. (m)	Condición para monitoreo
PB-3	CS	Pozo Observación, con bomba instalada	333.933	6.339.379	65	Con bomba y tubería cerrada
G-02	CS	Pozo Observación Codelco Andina	333.937	6.340.167	77	Sin bomba
G-03	CS	Pozo Observación Codelco Andina	334.340	6.339.720	72	Sin bomba
G-05	CS	Pozo Observación Codelco Andina	332.371	6.338.221	142	Sin bomba
G-11	CS	Pozo Observación Codelco Andina	331.676	6.339.604	71	Sin bomba
G-12	CS	Pozo Observación Codelco Andina	332.323	6.339.587	100	Sin bomba
PES-02 (***)	CS	Pozo Observación Codelco Andina	333.555	6.339.710	50	Sin bomba
PES-01 (***)	CS	Pozo Observación Codelco Andina	332.550	6.337.545	50	Sin bomba
PES-03 (***)	CS	Pozo Observación Codelco Andina	332.050	6.337.350	80	Sin bomba
PES-04 (***)	CS	Pozo Observación Codelco Andina	332.940	6.337.545	60	Sin bomba

Figura 4.2
Ubicación de Pozos de Control PAT-HCH. APR Huechún

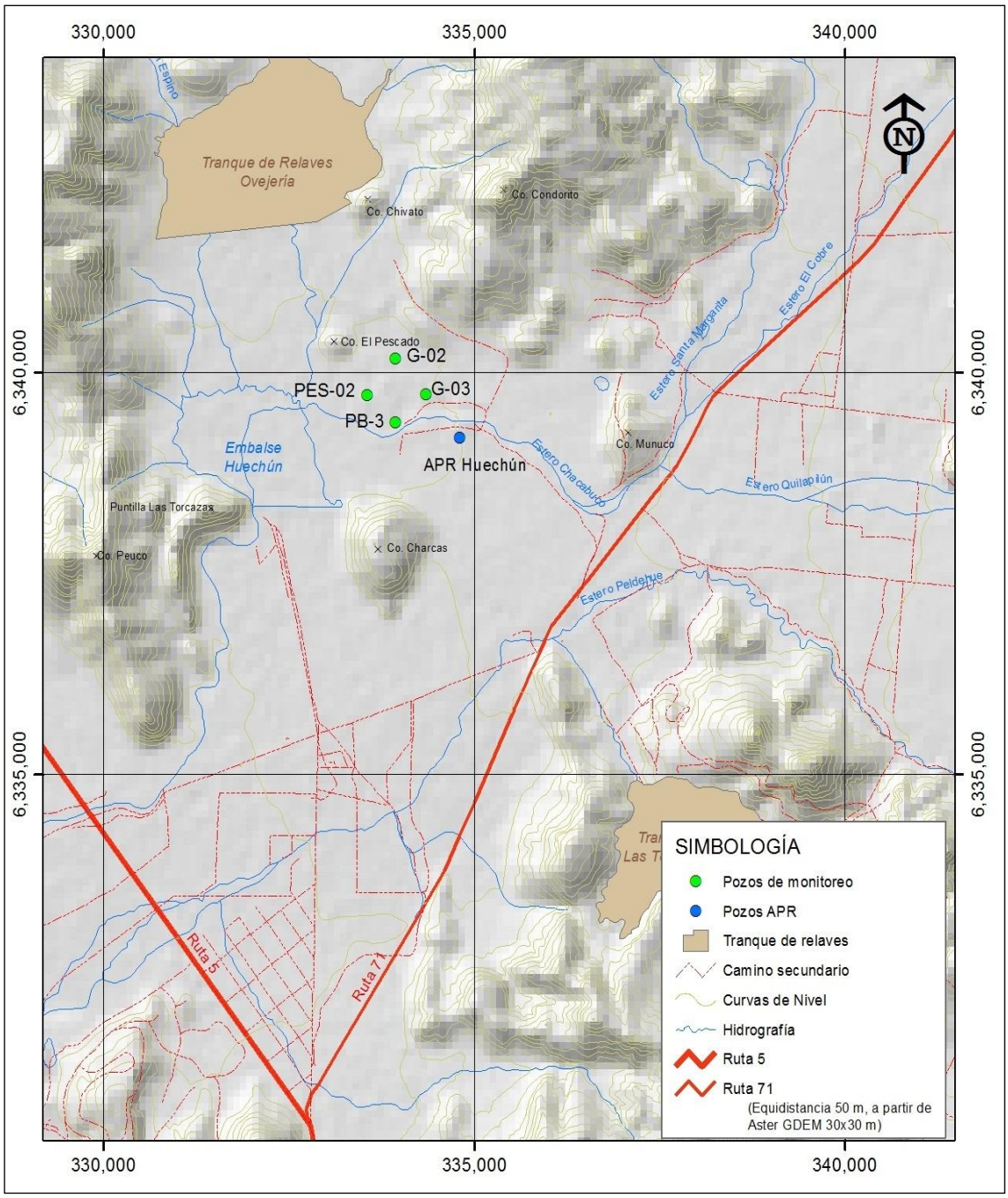
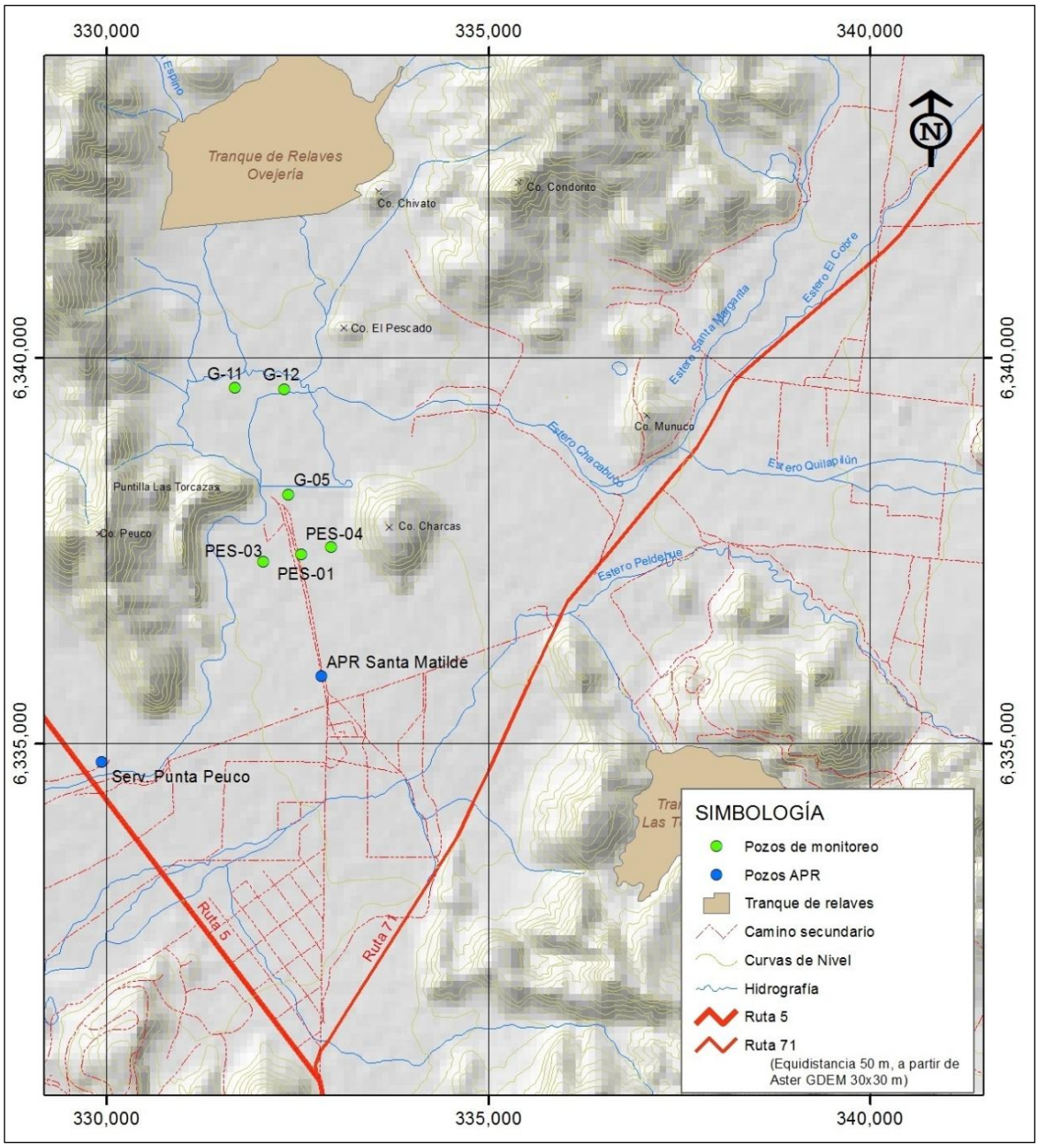


Figura 4.3
Ubicación Pozos PAT-ACH. APRs Santa Matilde Punta Peuco



4.3.2 Envío de antecedentes

Los reportes que a continuación se señalan deberán ser enviados a la Superintendencia del Medio Ambiente, con copia a la DGA, y contendrán la siguiente descripción:

i) **Informes Trimestrales**: Trimestralmente se informarán las mediciones de los indicadores y parámetros relevantes del monitoreo efectuado según se detalla en este capítulo. El Informe Trimestral será enviado a la Superintendencia de Medio Ambiente, con copia a la DGA, 30 días hábiles después del último día hábil del tercer mes del trimestre correspondiente. Luego, en los meses de enero, abril, julio y octubre de cada año se remitirá el informe de resultados del monitoreo del trimestre precedente, en papel y archivos digitales en formato Excel y Word.

ii) **Informes Anuales**: Durante el mes de Febrero de cada año se remitirá un informe con toda la información obtenida durante el año anterior, procesada y analizada adecuadamente. Este informe anual contendrá tablas y gráficos adecuados para analizar el comportamiento de las variables controladas.

Lo anterior, sin perjuicio que la autoridad ambiental determine adicionalmente la remisión de estos informes a otros organismos.

4.4 Predicción de impactos y medidas de corrección

Durante la operación del tranque y de las medidas de control de infiltraciones establecidas en el PSyCI, se deberá respetar las siguientes condiciones:

a) En el Área de No Impacto (NI), cumplimiento de los límites de la norma chilena para Agua Potable NCh 409/1.Of.2005 en todo momento y, en los pozos de agua potable que abastecen las localidades de Santa Matilde, Huechún y Punta Peuco, mantener niveles de concentración de sulfatos máximos de 119 mg/l.

b) En los pozos de propiedad de terceros ubicados en el Área de No Impacto (NI) que mantengan usos de riego, recuperación y cumplimiento de los estándares de la norma chilena NCh 1.333 Of. 78 (Mod. 1987).

   El cumplimiento de las condiciones antes aludidas se encuentra acotado a aquellos contenidos asociados a la pluma de aguas claras de infiltración, esto es Ca, Na, Mg, Cl, SO4, Mn, Fe y CE, y cuando exista evidencia de que la variación de esos contenidos es producida por la infiltración de aguas claras del tranque.

La herramienta para predecir el comportamiento de la calidad del agua subterránea en el acuífero y áreas sensibles, como los pozos APRs de las localidades vecinas, corresponde al modelo de simulación según se describe en el Anexo H.

De acuerdo a este modelo de simulación, construido, calibrado y operado con los antecedentes disponibles a la fecha, la evolución esperada de la calidad de agua del acuífero bajo la operación de las medidas del PSyCI se ilustra en la Figura 4.4, donde se aprecia la proyección de la concentración de sulfatos en algunos de los pozos de las Áreas de Control y Seguimiento, y de No impacto.

Figura 4.4 Proyecciones de Sulfato Pozos PAT-HCH

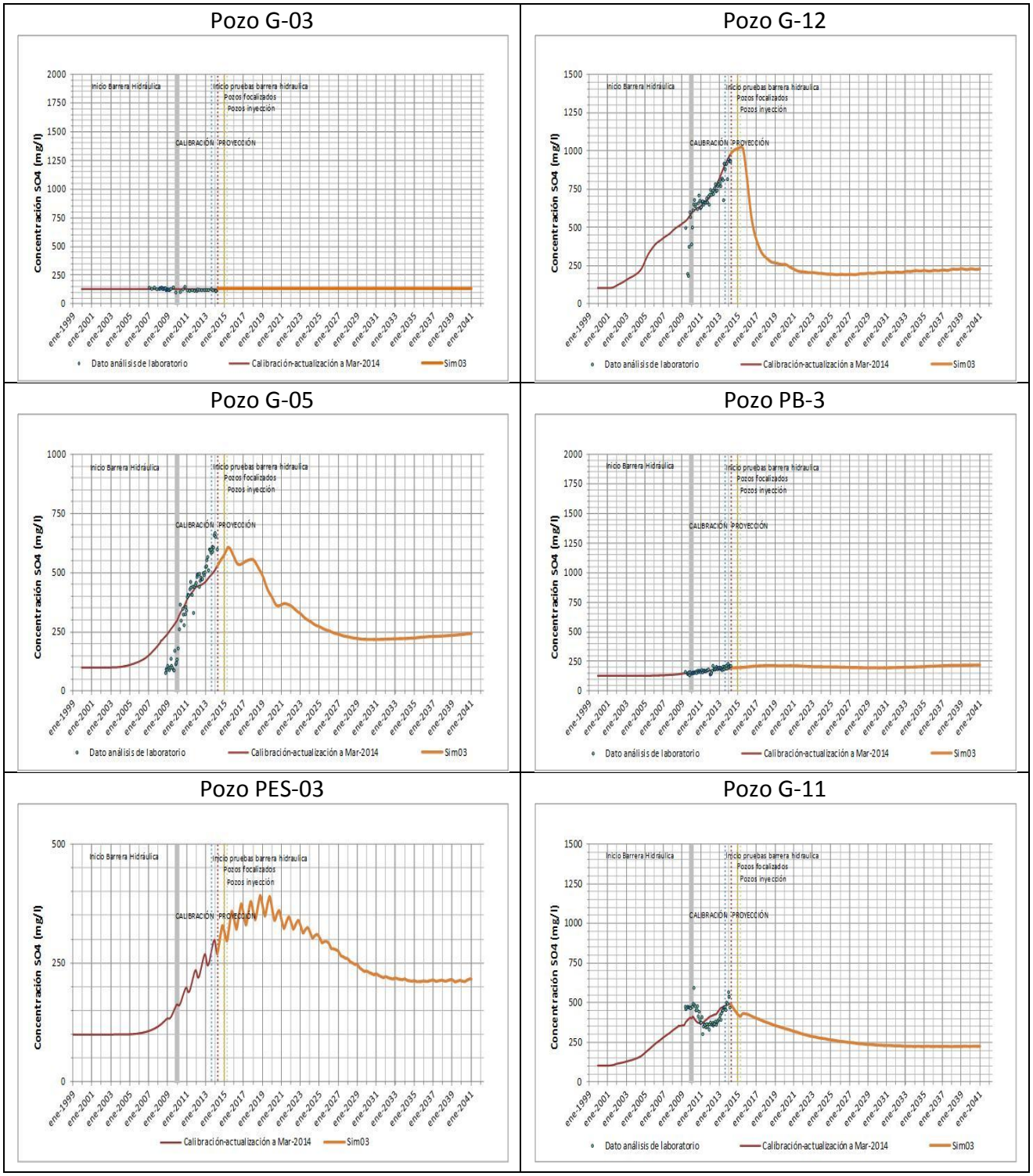
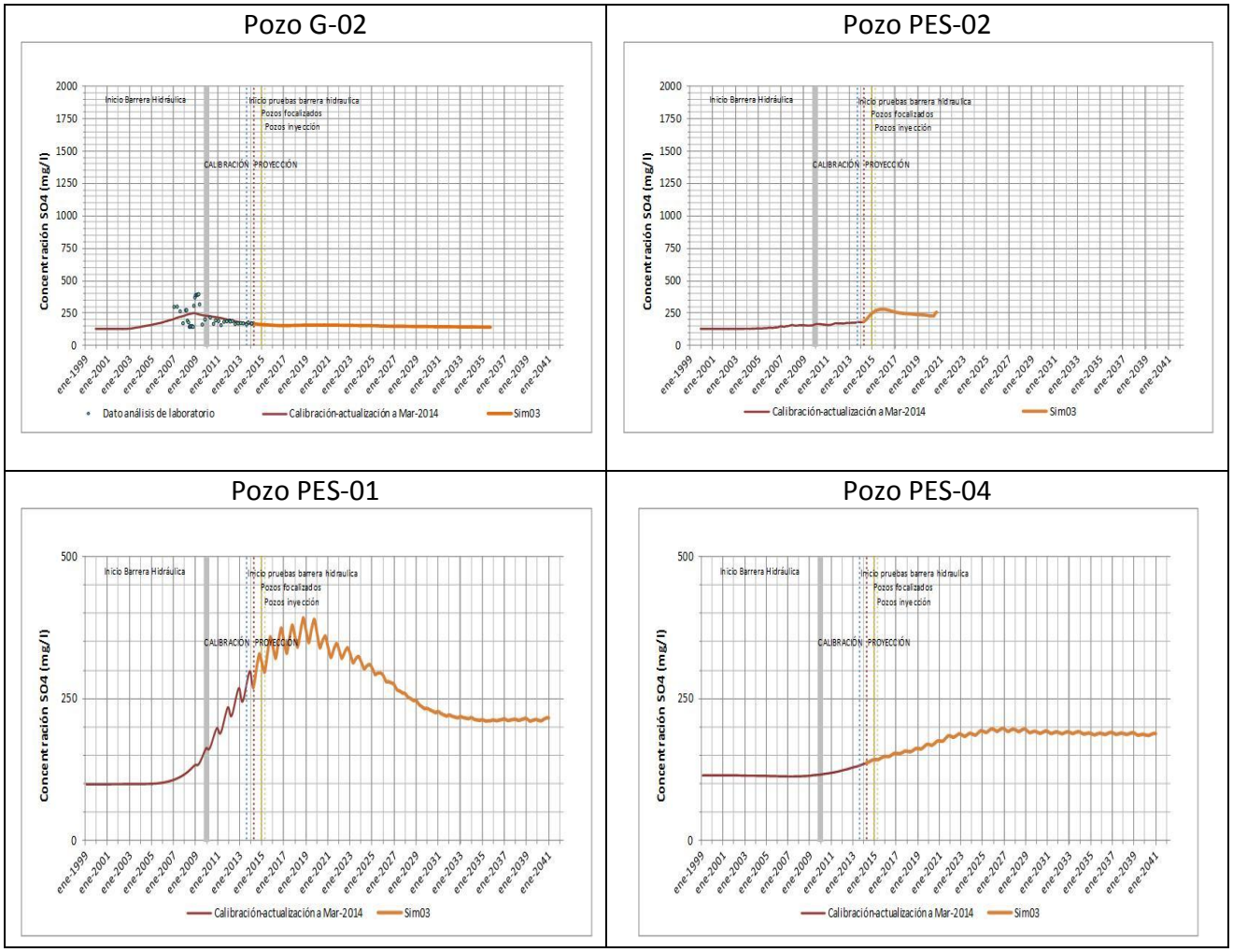


Figura 4.4 Proyecciones de Sulfato Pozos PAT-HCH (Continuación)



Si durante el proceso de operación de las medidas de control de infiltraciones, los resultados del monitoreo muestran que hay desviaciones significativas respecto de las proyecciones estimadas, que puedan colocar en riesgo los objetivos de calidad comprometidos, se activarán las medidas correctivas contempladas en el presente PAT, con el objeto de restablecer las tendencias esperadas y asegurar el compromiso de calidad.

El modelo numérico construido y calibrado representa el comportamiento hidrológico tanto de flujo como trasporte, y responde adecuadamente a las tendencias de cambios de nivel y sulfatos que se han observado en el tiempo. Se utilizará como indicador de comparación de los valores observados respecto de los proyectados, el percentil 50% del valor medido de seis meses móviles, ya que proporciona un plazo adecuado para registrar

los efectos de la operación de alguna medida adicional sobre los pozos de seguimiento más cercanos, y como estadígrafo recoge adecuadamente las tendencias de los cambios de fondo que experimenta el sistema acuífero, junto con modular valores extremos por sobre la tendencia del sistema, que pueden tener su origen en condiciones puntuales temporales, o incluso en imperfecciones del muestreo o análisis.

Por otra parte, como se detalla en el punto Anexo F *"Modelo Numérico de Flujo y Transporte Sistema Tranque – Acuífero Sector Ovejería. Calibración"*, para el período de calibración, la modelación numérica del transporte del sulfato alcanzó errores cuadráticos medios normalizados (NMRS) de 12% (dentro de los rangos aceptables para la validez del modelo matemático como herramienta de análisis del problema en cuestión). Por lo tanto, para efectos de definir una tolerancia para la diferencia entre indicador P50% de seis meses móviles y el valor proyectado mediante la modelación numérica, se ha considerado el margen entregado por este indicador, de 12%, como el rango tolerable de variación en la comparación, cuya superación determinará la activación de medidas de corrección. En otros términos, para efectos del PAT se considerará que diferencias mayores al 12% entre el P50% de seis meses móviles y el valor proyectado mediante la modelación numérica pueden poner riesgo el logro del objetivo de calidad comprometido y, por lo tanto, definen la aplicación de medidas correctivas.

Como indicador de comparación de la serie de proyección de la concentración de sulfatos en el pozo de análisis, se considerará el mayor valor anual proyectado para el año. Los valores así estimados se incluyen en la Tabla 4.2 siguiente.

Tabla 4.2
Umbrales de Activación Medidas Pozos PAT-HCH
Concentración de Sulfatos (mg/l) proyectada (Max Anual +12%)

Año	G-03	G-05	G-11	G-12	PB-3	PES-02	PES-03
2015	150	690	490	1170	230	330	360
2016	150	650	490	930	240	330	390
2017	150	630	460	480	240	300	420
2018	150	630	430	350	240	280	440
2019	150	560	410	310	240	280	460
2020	150	450	390	300	240	300	450
2021	150	420	370	260	240		440
2022	150	410	350	240	240		430
2023	150	380	330	240	230		420
2024	150	340	320	230	230		400
2025	150	310	310	230	230		390
2026	150	290	300	220	230		370
2027	150	280	290	230	230		350
2028	150	260	280	230	220		330
2029	150	260	270	240	220		310
2030	150	250	270	240	220		290
2031	150	250	270	240	230		280
2032	150	260	260	250	230		270
2033	150	260	260	250	230		260
2034	150	260	260	250	230		260
2035	150	260	260	250	240		250
2036	150	270	260	260	240		250
2037	150	270	260	260	250		250
2038	150	270	260	270	250		250
2039	150	280	260	270	250		250
2040	150	280	260	270	250		250

En las Figuras 4.5 a 4.14 se ilustra la representación gráfica de estos umbrales en cada pozo.

Figura 4.5
Umbrales de Activación Pozo G-03

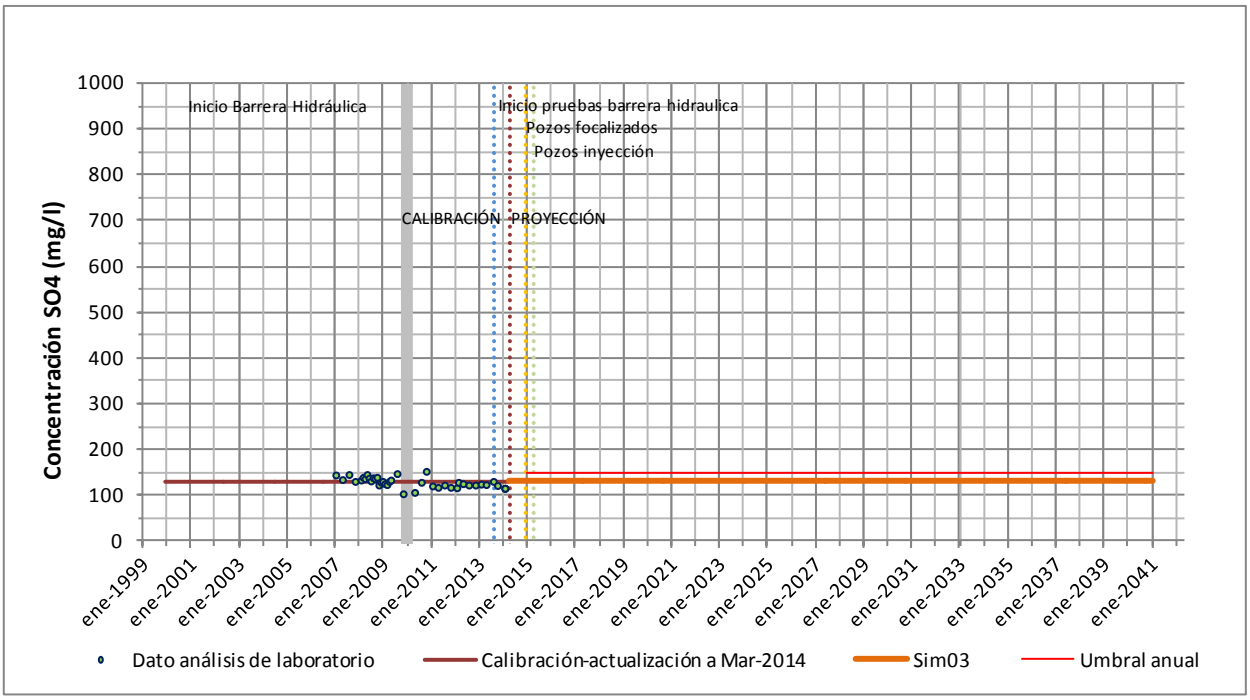


Figura 4.6
Umbrales de Activación Pozo G05

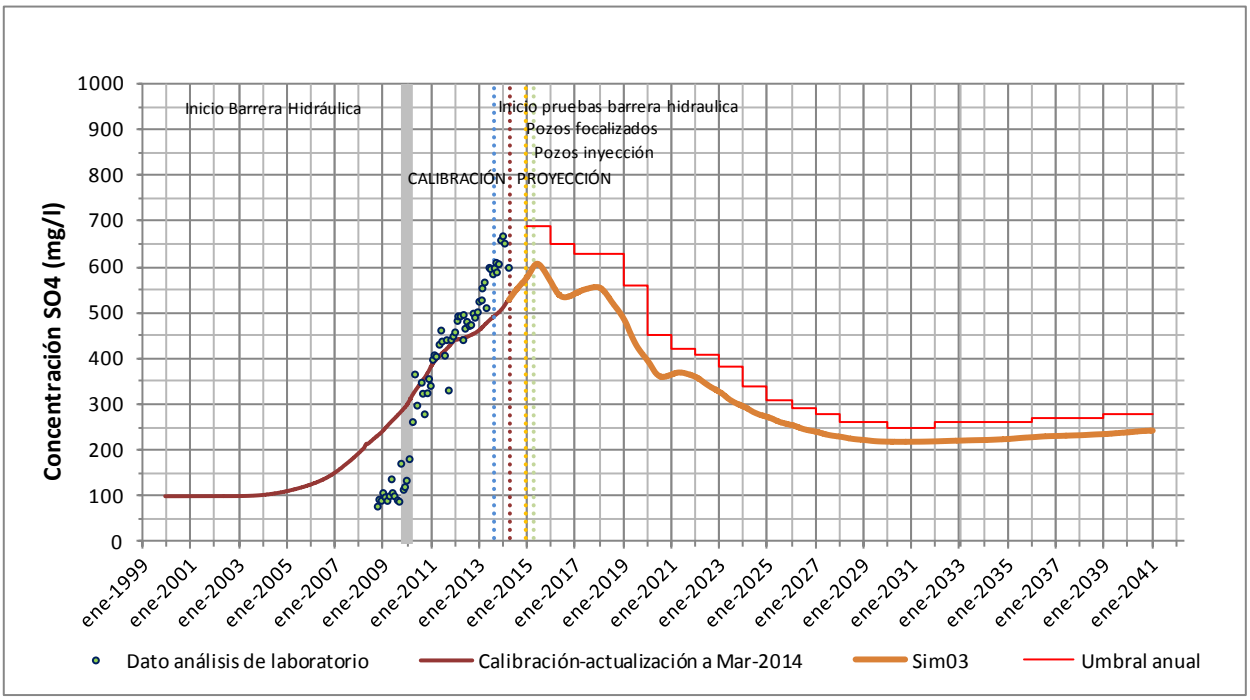


Figura 4.7
Umbrales de Activación Pozo G-11

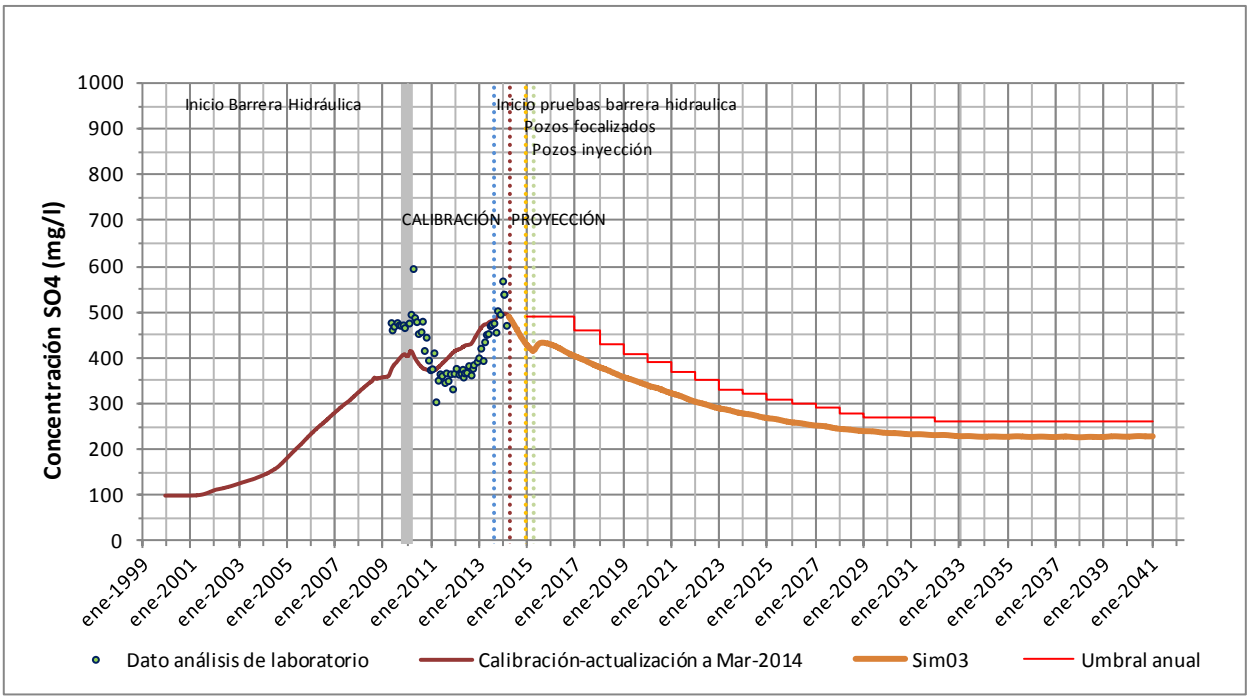


Figura 4.8
Umbrales de Activación Pozo G-12

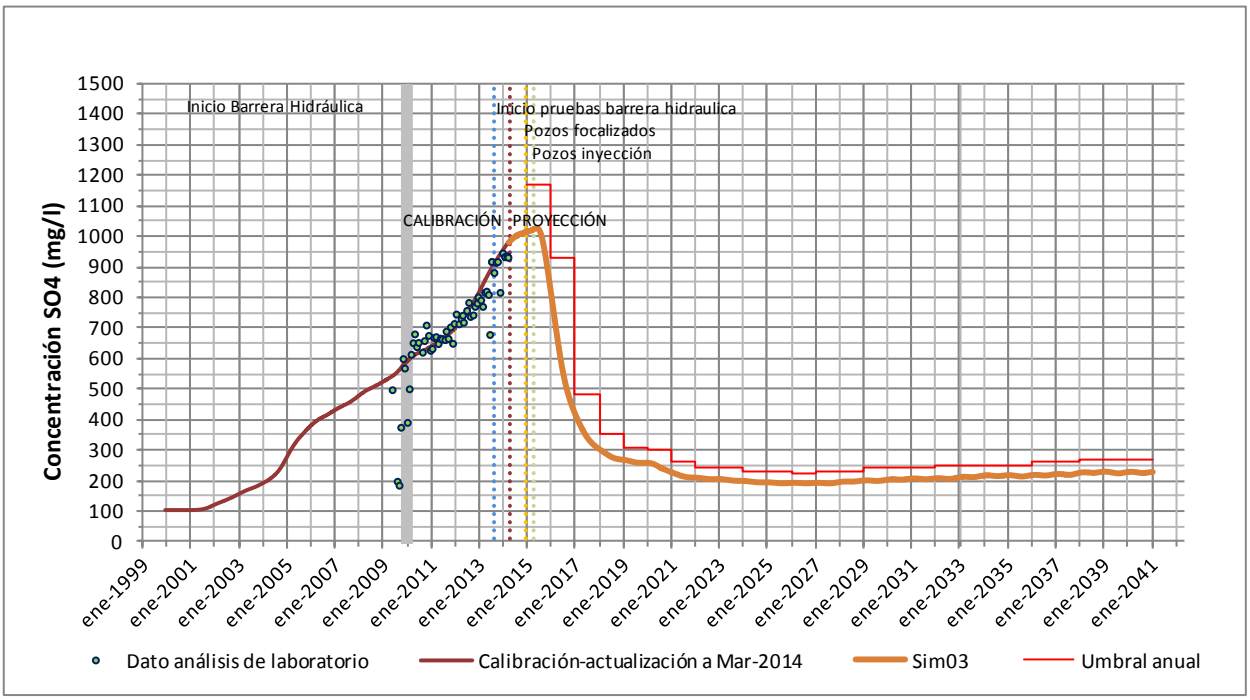


Figura 4.9
Umbrales de Activación Pozo PB-3

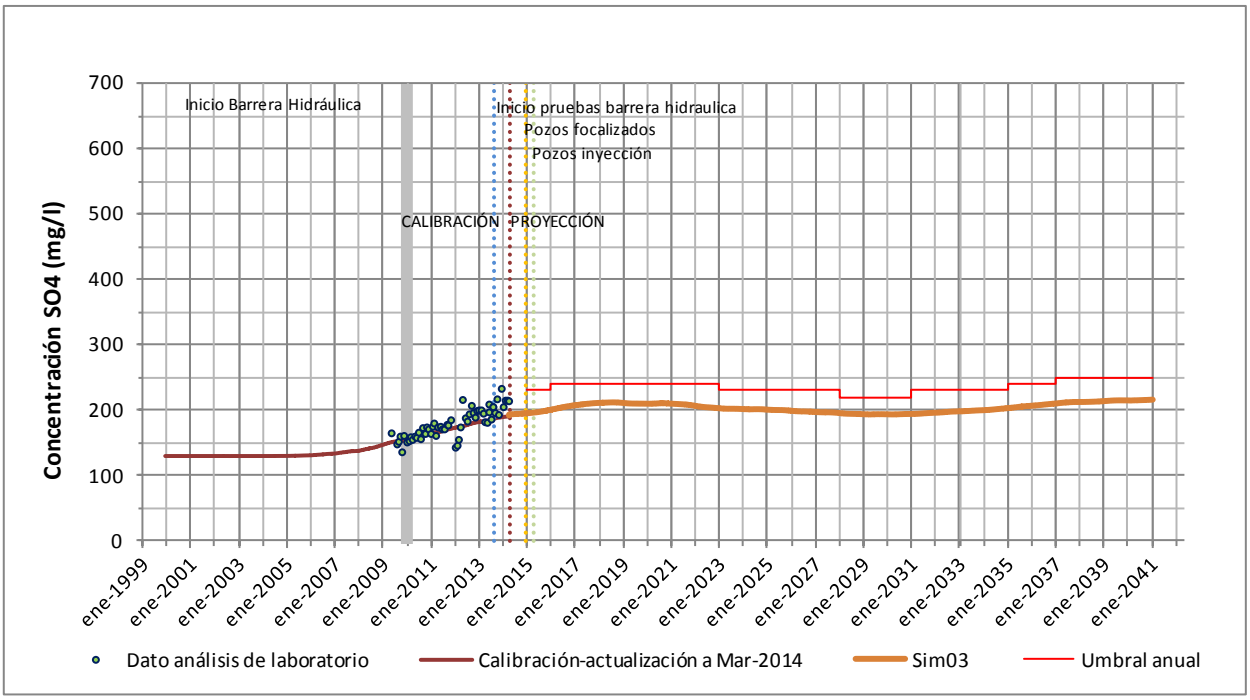
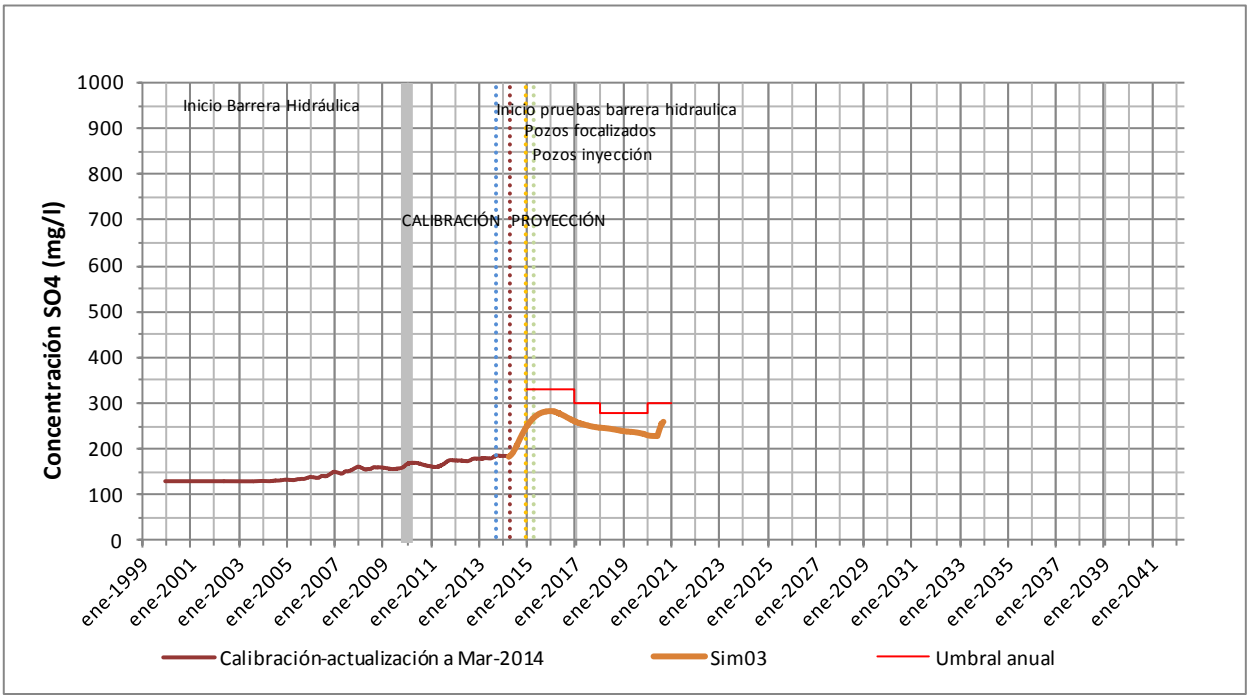
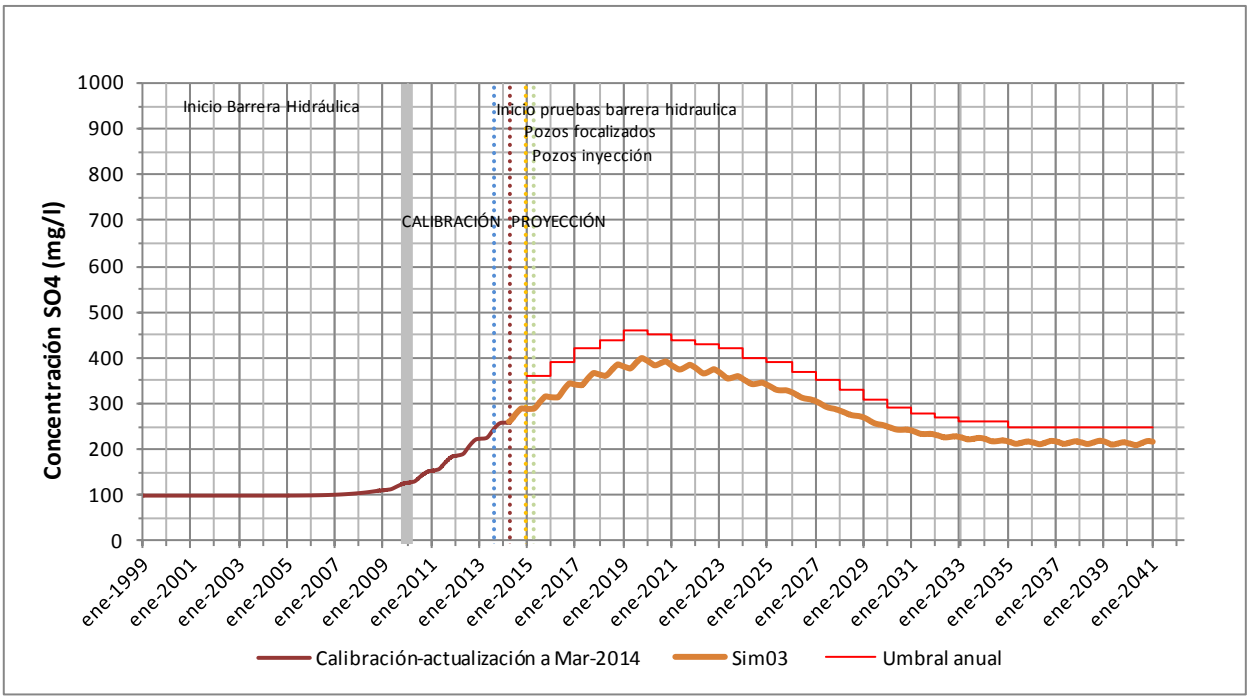


Figura 4.10
Umbrales de Activación Pozo PES-02



Nota: El modelo numérico da como resultado secamiento de celda en la ubicación de este pozo, el cual se encuentra en una zona en la cual se espera el monitoreo cese en el corto plazo por descenso de la napa.

Figura 4.11
Umbrales de Activación Pozo PES-03



De este modo, si en el proceso de comparación del percentil P50% de 6 meses consecutivos de la concentración de sulfato medida en los pozos de seguimiento PAT-HCH con el máximo anual proyectado, se obtienen diferencias superiores a un 12%, se activará el proceso de implementación de medidas correctivas destinadas a restablecer las tendencias esperadas en la evolución de las concentraciones de sulfatos del sistema, a objeto de resguardar el logro del compromiso de calidad definido.

Estas medidas correctivas podrán dejar de operar si el o los pozos evaluados muestran resultados del indicador dentro del rango de aceptación.

Las medidas correctivas y los pozos de seguimiento que las activan para las diferentes zonas, son las que se describen a continuación y se sintetizan en la Tabla 4.3:

Zona Santa Matilde y Punta Peuco:

- Si durante el seguimiento trimestral, en los pozos G-11 o G-12 el percentil 50% de los resultados del monitoreo de seis meses consecutivos, excede en más de un 12% el valor máximo anual de la proyección, en un plazo de tres meses el titular habrá presentado las solicitudes de autorizaciones necesarias para la operación de pozos de

reforzamiento a ser ubicados en la zona de captura focalizada y/o en la zona de inyección de agua fresca, y deberá ponerlos en operación dentro del mes siguiente a la obtención de dichos permisos. Los caudales adicionales de extracción en la Zona de Captura Focalizada o de Inyección en la Zona de Inyección Focalizada, serán establecidos e informados antes de implementar este tipo de medida. Medida 1.

- Si durante el seguimiento trimestral, en los pozos G-05 o PES-03, el percentil 50% de los resultados del monitoreo de seis meses consecutivos, excede en más de un 12% el valor máximo anual de la proyección, en un plazo de tres meses el titular habrá presentado las solicitudes de autorizaciones necesarias para la operación de pozos adicionales de captura focalizada y/o inyección focalizada de agua fresca, a ser ubicados en el área de seguimiento y control, y deberá ponerlos en operación dentro del mes siguiente a la obtención de dichos permisos. A partir de esa fecha estará en condiciones de operar los pozos de esta medida. El detalle del emplazamiento de los pozos de captura e inyección focalizada será definido e informados antes de implementar la medida. Medida 2.

Zona Huechún:

- Si durante el seguimiento trimestral, en el pozo PB-3 o PES-02 o G-03, el percentil 50% de los resultados del monitoreo de seis meses consecutivos, excede en más de un 13,% el valor máximo anual de la proyección, en un plazo de tres meses el titular habrá presentado las solicitudes de autorizaciones necesarias para la operación de pozos de reforzamiento en la zona de captura focalizada y/o en la zona de inyección de agua de buena calidad, y deberá ponerlos en operación entro del mes siguiente a la obtención de dichos permisos A partir de esa fecha estará en condiciones de operar los pozos de refuerzo de esta medida.Los caudales adicionales de extracción en la Zona de Captura Focalizada o de Inyección en la Zona de Inyección Focalizada, serán establecidos e informados antes de implementar este tipo de medida. Medida 3.

Se hace presente que el titular contará con los derechos de aprovechamiento de agua y las autorizaciones que resulten necesarias para la operación de las medidas y acciones de corrección que se requiera con las medidas PAT.

Tabla 4.3
Síntesis de las medidas PAT y condiciones de activación

Objeto de Protección	Pozos de control	Umbral	Medidas	Plazo de activación
APRs Santa Matilde y Punta Peuco	G-11 o G-12	P50 de 6 meses 12% sobre el valor máximo anual de la proyección	Reforzar Zona de Captura Focalizada con pozos de captura complementarios Reforzar la zona de inyección, con pozos complementarios de inyección de agua de buena calidad	3 meses para solicitud de autorizaciones 1 mes para activación luego de obtenidos los permisos
	G-05 o PES-03	P50 de 6 meses 12% sobre el valor máximo anual de la proyección	Incorporar pozos de captura adicionales en el área de seguimiento, para extraer hasta 40 l/s en forma temporal. Reforzar la zona de inyección focalizada, con pozos complementarios de inyección de agua de buena calidad, que permitan la inyección de 10 l/s adicionales sobre esa zona	3 meses para solicitud de autorizaciones 1 mes para activación luego de obtenidos los permisos
APR Huechún	PB-3 o PES-02	P50 de 6 meses 12% sobre el valor máximo anual de la proyección	Reforzar Zona de Captura Focalizada, con pozos de captura complementarios Reforzar la zona de inyección, con pozos complementarios de inyección de agua de buena calidad	3 meses para solicitud de autorizaciones 1 mes para activación luego de obtenidos los permisos

4.5 Revisión y actualización periódica del PAT – HCH

El método de predicción de los impactos se basa en la simulación numérica del modelo de aguas subterráneas. Con la operación del plan de control de infiltraciones y el seguimiento de la evolución del acuífero, será posible lograr un mayor conocimiento del sistema, permitiendo corroborar y/o mejorar las predicciones de su comportamiento.

Se realizará una revisión exhaustiva de los datos de monitoreo en forma periódica. Durante los cuatro primeros años, será de carácter anual y, de allí en adelante, se establecerá una frecuencia acorde con los resultados obtenidos los primeros años.

La revisión anual se basará al menos en las siguientes técnicas:

1) Cotejo y control de la calidad de los datos derivados del Monitoreo del comportamiento del acuífero y áreas sensibles.

2) Análisis cualitativo de la respuesta observada en los niveles de concentración de sulfatos en el agua. Se prepararán gráficos de la respuesta observada desde inicio de la operación de las medidas en todos los pozos de seguimiento PAT-CHC. La respuesta observada de los niveles de concentración durante el período de revisión se comparará con las primeras respuestas y se tomará nota de cualquier cambio marcado en el comportamiento.

3) Simulación numérica del comportamiento del acuífero hasta el momento de la revisión. La actual versión aceptada del modelo numérico del acuífero será usada para simular el comportamiento del acuífero hasta el momento de la revisión.

4) Comparación y evaluación de la respuesta observada y simulada del acuífero. Se prepararán gráficos de la respuesta observada y simulada del acuífero. Se efectuará la comparación cualitativa y cuantitativa de las respuestas observadas y simuladas en todos los pozos de seguimiento PAT-CHC. La comparación cuantitativa se basará en el cálculo de la diferencia entre las concentraciones observadas y simuladas, expresada como porcentaje de la variación máxima observada registrada en el pozo.

5) Evaluación de sí existen desviaciones significativas entre las respuestas observadas y simuladas. Esta evaluación se basará en los resultados del punto anterior. La realización de las acciones indicadas en los dos puntos a continuación se llevará a cabo si se determina a juicio de la DGA, que existen desviaciones significativas y, por lo tanto, que es posible seguir refinando el modelo numérico.

6) Investigaciones de los posibles refinamientos del modelo numérico. Sobre la base de la comparación de las respuestas observadas y simuladas, se desarrollarán e implementarán refinamientos del modelo numérico. En esta etapa del proceso se efectuarán los refinamientos de las estimaciones de los parámetros cruciales, tales como permeabilidades, coeficiente de almacenamiento, dispersividad. Refinamientos sucesivos del modelo numérico darían como resultado una representación cada vez más exacta del sistema acuífero.
7) Revisión de los impactos estimados. El modelo refinado resultante de las evaluaciones anteriores, aceptado como la mejor representación del sistema acuífero, se utilizará para proporcionar una predicción revisada de los impactos de más largo plazo sobre el sistema acuífero, derivados de la operación del tranque.

8) Revisión y evaluación de los antecedentes de calidad de las aguas y variación de niveles, de una extensión mayor dentro de la cuenca del Chacabuco, a partir de monitoreo del PsyCI.

Los resultados de la revisión se presentarán como un informe a la Superintendencia de Medio Ambiente, con copia a la DGA. Inicialmente, esto se hará anualmente hasta que se haya establecido una mayor confianza en la capacidad predictiva del modelo. Este informe formará parte del informe anual citado en el punto 4.3.2. ii)

5. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE INFILTRACIONES

5.1 Generalidades

En el presente acápite se expone la forma de actualización del Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones con el objeto de adecuarlo progresivamente a partir de la información recogida durante su operación. En particular se requerirá su actualización y corrección, como se detalla en el PAT-CHC, en caso que las mediciones realizadas con la red de monitoreo indiquen una desviación negativa con respecto a las proyecciones (es decir, concentraciones de sulfato mayores a las previstas para la misma fecha), y así impedir situaciones de no cumplimiento de los objetivos de calidad u otras afecciones no previstas. Con ello se busca que el PSyCI se perfeccione en caso de ser necesario, previa consulta y autorización de los organismos administrativos pertinentes.

5.2 Casos en que Opera la Actualización del Plan

Según ya se expuso, una vez realizado el levantamiento de información obtenida con el Programa de Monitoreo y Seguimiento, se analizará la información recogida con el objeto de establecer si las variables ambientales han evolucionado o no de la manera prevista en la Sección 1 del presente documento.

No obstante lo anterior, en los Informes Trimestrales, en virtud de los méritos de la información disponible y “sólo si hay riesgo de no contener la evolución de la pluma de aguas claras del tranque”, se incluirá el análisis de la pertinencia de actualizar este Plan y su oportunidad. Y dado que la medida se activa con la información de seis meses consecutivos, el informe incluirá el análisis señalado, sólo a partir del segundo trimestre de operación de las medidas comprometidas en el PSyCI ya aprobado.

Para estos efectos, una vez implementadas las medidas de corrección establecidas en el PAT, se entenderá que hay riesgo de no lograr el objetivo de contención de los compromisos del Plan, en los siguientes casos:

a) Ante la evidencia de estar en presencia de cualquier evento no previsto en el estudio de estimación para predicciones de variables claves que respaldan el Plan, que motive la desviación de los indicadores y ponga en riesgo el objeto de protección establecido.

b) Si durante el seguimiento trimestral, en los pozos G-11, G-12, G-05, PES-03, PB-3 o PES-02 el percentil 50% de los resultados del monitoreo de seis meses consecutivos excede en más de un 12% del valor máximo anual de la proyección.

5.3 Plan de Actualización

En los casos señalados anteriormente, esto es, cuando los informes arrojen que las variables no han evolucionado según lo esperado, poniendo en el logro del objetivo de contención de la pluma de aguas claras, DAND se compromete a enviar al Servicio de Evaluación Ambiental RM, dentro de los 20 días hábiles siguientes al envío del último Informe Trimestral de monitoreo que corresponda, una propuesta de Actualización del Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones, con el objeto de ser aprobada por la autoridad ambiental.

Esta propuesta de actualización del Plan incluirá, según sea necesario, todos o algunos de los siguientes aspectos:

i. El análisis pormenorizado de aquellas variables contempladas en el seguimiento ambiental que no tuvieron el comportamiento esperado según las modelaciones, identificando las desviaciones más sustantivas sobre la base de los umbrales de control que se definen en el PAT.

ii. Todas las actualizaciones realizadas a la fecha para el modelo conceptual y/o numérico, con los nuevos patrones de calibración y validación de datos, los parámetros de ajuste y las simulaciones predictivas.

iii. Una proposición del plan de actualización del Modelo Conceptual del Sistema Acuífero si la información de monitoreo y de operación del tranque permite definir que el origen de las desviaciones puede ser la conceptualización del sistema hídrico local. Entre los resultados que deberá entregar la posterior ejecución de esa actualización se encuentran los siguientes productos:

    iii.a La propuesta de actualización de los umbrales del PAT del PSyCI. Ello en caso que las conclusiones del modelo actualizado así lo determinen.

    iii.b El estudio de la idoneidad de las nuevas medidas de control a proponer, en el caso que las condiciones incluidas en el PSyCI no hayan tenido el efecto esperado, con el objetivo de adoptar las nuevas acciones necesarias para corregir dicha situación.

iv. Una proposición del plan de actualización del Modelo de Simulación Hidrogeológico desarrollado para las componentes de flujo y transporte, si la información recogida a la fecha indica que la representación numérica del modelo físico debe ser modificada, para mejorar las predicciones de calidad del acuífero y la revisión de las medidas de control de infiltraciones propuestas en el Plan, a través de la actualización del

modelo. Entre los resultados que deberá entregar la ejecución de esa actualización se encuentran los siguientes productos:

iv.a La propuesta de actualización de los umbrales del PAT. Ello en caso que las predicciones del modelo actualizado así lo determinen.

iv.b El estudio de la idoneidad de las nuevas medidas de control a proponer, en el caso que las condiciones incluidas en el PSyCI no hayan tenido el efecto esperado, con el objetivo de adoptar las nuevas acciones necesarias para corregir dicha situación.

La proposición del Plan de Actualización excepcional del instrumento PSyCI será presentada a la autoridad ambiental, para su consideración, y con el objeto de recoger sus observaciones e incorporarlas en el proceso de actualización del instrumento.

5.4. Revisión del Modelo de Simulación Hidrogeológica

Por otra parte, independientemente de la existencia de desviaciones negativas respecto de las proyecciones realizadas con el modelo de simulación, se considera la revisión del modelo establecido en el PSyCI cada dos años durante los primeros cuatro años contados desde el inicio de la ejecución de las medidas contenidas en el mismo PSyCI. Al quinto año de operación se evaluará el mérito de mantener dicha frecuencia de actualización, con la información y comportamiento observado a la fecha.

Para estos efectos, DAND remitirá un informe al Servicio de Evaluación Ambiental dentro de los tres meses siguientes a la fecha de cierre de datos (diciembre del año respectivo) para ejecutar la actualización, que contendrá (i) un análisis sobre la necesidad de revisar o no el modelo y; (ii) en caso de ser ello procedente, una revisión del mismo. El informe se cerrará con los datos levantados hasta diciembre del año comprometido, y serán reportados a fines del mes de marzo del año siguiente.

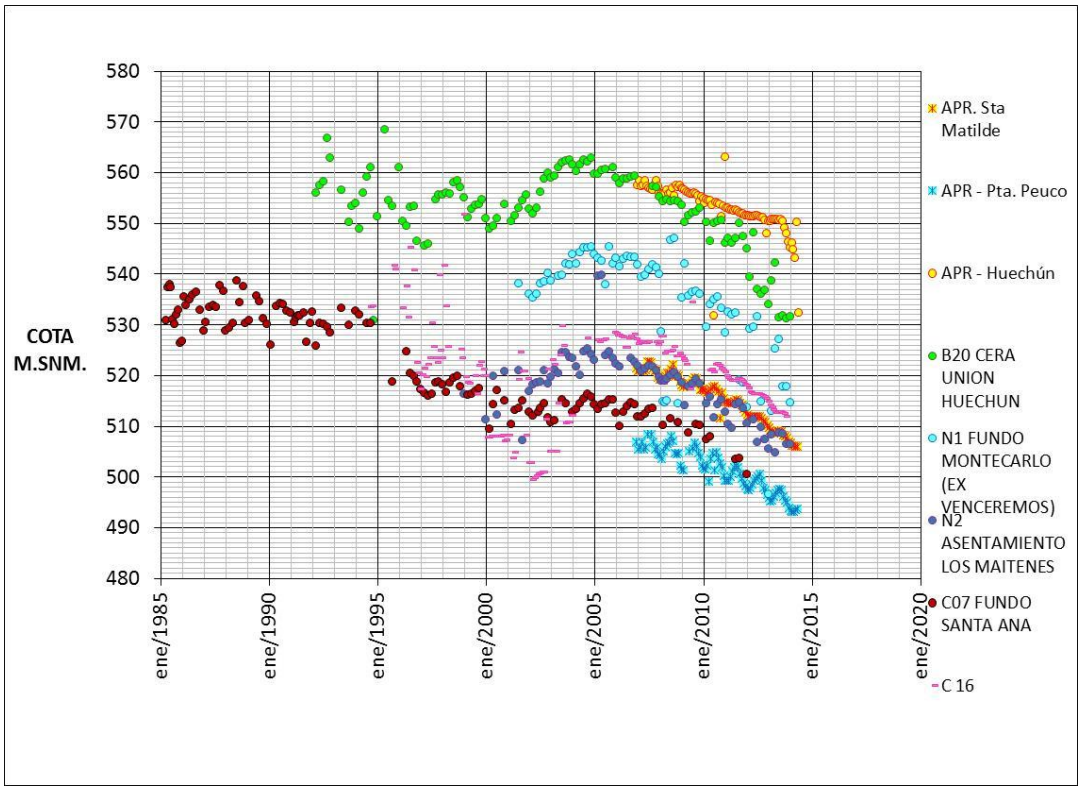
Este lapso de tres meses permitirá a DAND incorporar no sólo la información física (i.e., niveles de agua subterránea) sino también la calidad de agua, que requiere un tiempo mayor para su proceso.

6. ASEGURAMIENTO MEDIDAS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE INFILTRCIONES

Dentro de las medidas propuestas en el PSyCI para controlar, en el corto plazo, el aumento de sulfatos por el avance de las infiltraciones del Tranque Ovejería está la inyección de 100 l/s de aguas de buena calidad (150 mg/l máximos de concentración de sulfatos disueltos) aguas abajo de la barrera hidráulica.

La fuente de agua para inyección del PSyCI, corresponde al acuífero Chacabuco – Polpaico. En diversos sectores de este acuífero, DAND cuenta con derechos de aprovechamiento de aguas para dichas fuentes, sin perjuicio de los respectivos traslados o ejercicios alternativos que sean necesarios para el adecuado ejercicio de los derechos. No obstante lo anterior, la zona central del país, y en especial las regiones Metropolitana y de Valparaíso, llevan varios años consecutivos con una disminución de las precipitaciones, lo que ha implicado una disminución de las fuentes de agua en las cuencas. En el caso específico del acuífero Chacabuco – Polpaico, se ha observado una fuerte disminución de los niveles freáticos, que ha afectado los rendimientos específicos de los pozos y el volumen de agua embalsada disponible en el acuífero (Figura 1), lo anterior, acompañado por una disminución de las fuentes superficiales. Esta situación se ha visto agravada por un aumento de las extracciones de aguas subterráneas en el acuífero en los últimos tres o cuatro años.

Figura 6.1
Niveles Freáticos Pozos Acuífero Chacabuco – Polpaico.



En la actualidad, existe una escasa posibilidad que la situación de este acuífero mejore en el corto o mediano plazo, atendiendo a la inercia que tienen los sistemas acuíferos para recuperar sus niveles de almacenamiento y a que la mayor explotación del acuífero afecta su balance de recarga negativamente cuando se prolongan los ciclos de sequía.

Preocupados de esta situación, es de interés de DAND de que los impactos a las aguas subterráneas generados por la operación del Tranque Ovejería sean controlados de manera sustentable y contribuyan a minimizar en el mediano plazo la presión en los pozos de DAND, y por ende del acuífero Chacabuco – Polpaico, dada su situación actual. En este sentido, se proyecta medida de aseguramiento de la disponibilidad de agua de buena calidad la implementación de una Planta de Osmosis Inversa (POI o POR) que permita tratar parte de las aguas extraídas desde la batería de sondajes o pozos profundos que conforman la barrera hidráulica del tranque y así asegurar los 100 l/s de agua de buena calidad comprometidos en el PSyCI.

Cómo se señaló, la fuente de agua para la POI corresponde al agua subterránea obtenida desde los pozos de extracción de la barrera hidráulica (B.H.) del Tranque de Relaves

Ovejería y que actualmente es recirculada y retornada a la cubeta del mismo Tranque. Para esta agua, DAND dispone de derechos de aprovechamiento de aguas consuntivos, permanentes y continuos por un caudal máximo de 208 l/s (Resolución DGA RM N°405/2011). El objetivo principal de la POI es aprovechar como fuente de agua complementaria los mismos pozos de la barrera hidráulica para darles un uso más eficiente y producir agua de calidad requerida para la inyección considerada en el PSyCI, que permita a DAND disponer de hasta 100 l/s en la eventualidad que las fuentes de agua fresca del mismo acuífero Chacabuco - Polpaico presenten problemas de disponibilidad física o calidad de aguas requerida.

La POI se emplazará en el sector poniente del Tranque de Relaves Ovejería, en sector industrializado. Cabe destacar que el emplazamiento definido para la POI está fuera del área de protección establecida en el Plan de Manejo Predial y Conservación de los Recursos Naturales del Fundo de Rinconada de Huechún, dentro de los terrenos de División Andina.

El sistema de tratamiento de aguas de la POI tendrá una capacidad total de diseño de 100 l/s de agua de calidad garantizada (sulfatos inferiores a 150 mg/l) y compatibles con las aguas del acuífero Chacabuco – Polpaico. Para producir esta cantidad de agua, se utilizarán hasta 180 l/s de agua de la barrera hidráulica. El agua de rechazo de este proceso, será recirculada al Tranque Ovejería, manteniendo la condición de cero descarga que tiene esta instalación. La POI considera un módulo inicial que producirá al menos 25 l/s de agua de calidad garantizada operando el primer trimestre del año 2015 y que se completará en forma modular de hasta 100 l/s, asegurando la disponibilidad de 100 l/s de agua de buena calidad para la inyección. Se adjunta más delante una descripción detallada de la POI considerada para el PSyCI.

El consumo máximo de energía de la planta se ha estimado en 2MVA, con alimentación en 380 V. Respecto al consumo de sustancias químicas para acondicionamiento del agua corresponde principalmente a reguladores de pH y coagulante, insumos que se almacenarán por un mes y que no superarán las 5 ton/mes.

Cabe señalar que, las aguas subterráneas que se obtienen en la barrera hidráulica no tienen la calificación de residuos industriales líquidos, ya que el DS 46 (descargas de residuos líquidos en aguas subterráneas) excluye expresamente a los tranques de relave como fuentes emisoras, de modo que las infiltraciones desde el tranque no constituyen RILES para efectos normativos.

Respecto al agua de rechazo de la POI, contiene la totalidad de las sales disueltas y se recirculará al tranque. El efecto del agua de rechazo en el tranque es inocuo, por cuanto la masa original de sales disueltas que son actualmente recirculadas no se verá alterada,

de modo que no se producirán otros efectos en la laguna de aguas claras que afecten los equilibrios químicos de solubilidad. En términos analógicos y de manera muy simple, las sales contenidas en el rechazo son las mismas que se recircularían al tranque sin la planta de osmosis, es decir el contenido de sales disueltas en el agua es y será siempre el mismo (no se adiciona ni se disminuyen sales disueltas ni sulfatos).

Respecto de la operación de la POI, se considera que el primer módulo podrá complementar parte de los 80 l/s considerados en el PSyCI, quedando disponible la diferencia de caudal, hasta completar los 80 l/s en el momento que la disponibilidad de agua física en los pozos de origen de las aguas de inyección disminuyan o no cuenten con la calidad de aguas necesaria en términos de sulfatos (<150 mg/l).

Finalmente, cabe destacar algunos beneficios marginales de la POI, que si bien no son el objetivo principal de su implementación, que es el asegurar el abastecimiento de agua de buena calidad para inyectar, son:

- Disminuir el agua almacenada en la laguna de aguas claras, dado que sólo una fracción del agua retorna al tranque de relaves, pudiendo disminuir hasta un 50%
- Dar un uso más eficiente a los pozos de la barrera hidráulica.
- Disminuir la presión sobre los pozos de DAND en el acuífero y que son la fuente de abastecimiento principal del agua de buena calidad para inyectar, dado que no serán utilizados en forma permanente.” Aportando y favoreciendo a una mejor y más eficiente y racional explotación del acuífero”

6.1 Descripción detallada Planta de Osmosis Inversa (POI)

El objetivo principal del proyecto es disponer de una fuente alternativa y complementaria de agua fresca para inyección, que permita a DAND disponer de los 100 l/s para su eventual uso en el Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones del Tranque Ovejería en la eventualidad que las fuentes de agua fresca del mismo acuífero Chacabuco - Polpaico presenten problemas de disponibilidad física o calidad de aguas requerida.

El sistema de tratamiento de aguas mediante osmosis inversa o reversa (OI o OR) o nano filtración con un módulo inicial que produzca al menos 25 l/s operando a inicios del año 2015 y que se complete en forma modular la planta para alcanzar la capacidad total de diseño de 100 l/s durante el mismo año, asegurando la disponibilidad de agua de buena calidad para la inyección.

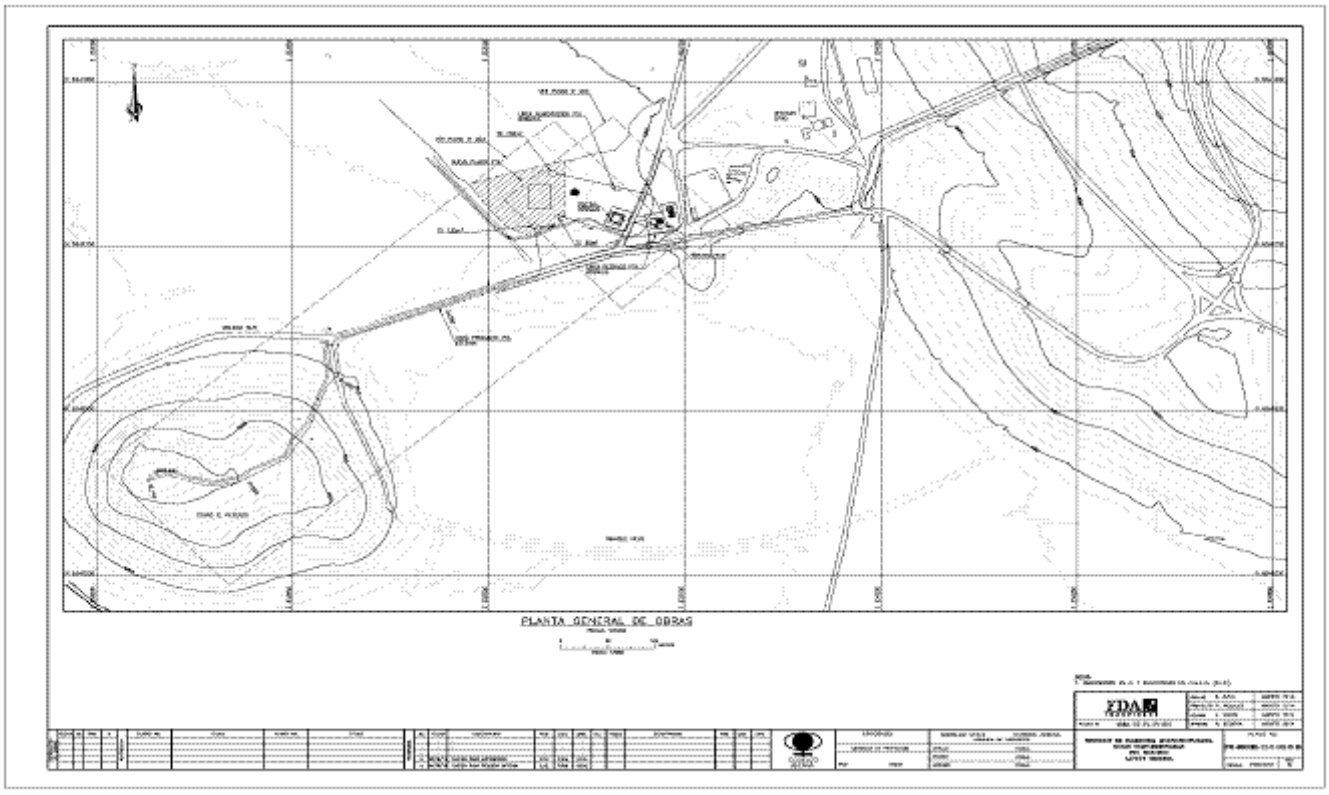
La fuente de agua para la POI es la barrera hidráulica (B.H.) que en estos momentos dispone de derechos de aprovechamiento de aguas por un máximo de 208 l/s (Resolución

DGA RM N°405/2011) que luego de ser bombeados en la B.H. son retornados al Tranque de Relaves Ovejería.

6.2 Ubicación general del proyecto.

La planta será emplazada dentro de los terrenos de DAND en el Tranque de Relaves Ovejería, sector de Huechún (Figura 2).

Figura 6.2
Layout general ubicación del proyecto.



6.3 Descripción del sistema de tratamiento

El sistema de tratamiento consta de las siguientes etapas:

Pre-tratamiento:

- Almacenamiento de Agua de ingreso y acondicionamiento químico.
- Bombeo de Baja Presión.
- Filtración.
- Lavado del filtro
- Microfiltración.

Tratamiento:

- Sistema de Osmosis Inversa.
- Rechazo del proceso de osmosis.
- Almacenamiento de agua producto.

6.3.1 Pre-tratamiento:

El Pretratamiento tiene por objetivo fundamental proteger el conjunto de membranas de osmosis inversa, asegurando que el agua a alimentar al sistema de osmosis inversa no provoque la contaminación y/o colmatación de las membranas de las unidades de osmosis inversa.

1.1.1.1 Almacenamiento de agua de ingreso y acondicionamiento químico.

Se dispondrá de un estanque para almacenar el agua de ingreso a la planta proveniente de la sentina sur (agua de pozos de la barrera hidráulica). En caso de ser necesario, en este estanque se acondicionará el agua mediante regulación de pH en torno a 6,5 – 7 por medio de soda cáustica, mediante un sistema de dosificación y mezcla de productos preparados.

Adicionalmente a la regulación de pH se adicionará cloruro férrico para aglutinar los sólidos en suspensión de la corriente de alimentación con objeto de que sean retenidos en los filtros y un antincrustante evitar incrustaciones en las líneas de conducción de agua

La cantidad de sustancias peligrosas que será necesario usar para el acondicionamiento químico del pre-tratamiento se señalan a continuación:

Sustancia a utilizar	Uso	Cantidad/meses	Toneladas almacenadas/Mes
Bidones de 25 Kg contenedores de Antiescalante, Solución al 100%	Antincrustante: Para prevenir la precipitación de sulfato cálcico en las membranas.	23,4 bidones	0,59
Cloruro Férrico (Coagulante) Tambores 200 lts (Densidad 1,45 gr/cc)	Para aglutinar los sólidos en la etapa de acondicionamiento químico	13,3 Tambores	3,9
Sacos de 5 Kg contenedores de Soda caustica (NaOH) al 50% (regula pH a la salida)	Para regulación de pH en la etapa de acondicionamiento químico	90 sacos	0,45
		TOTAL	4,94

1.1.1.2 Bombeo de baja Presión

El estanque anterior se conectará a un manifold de aspiración en la que se instalarán las bombas centrífugas horizontales para bombear el agua acondicionada hacia los filtros multimedia cerrados (a presión) y a los filtros de cartuchos. La configuración de funcionamiento del sistema de bombeo considerará una bomba de reserva para alimentar los filtros. El sistema considera un caudalímetro para medir el caudal de ingreso de agua cruda a la batería filtrante.

1.1.1.3 Filtración

Se prevé la instalación de filtros horizontales multimedia trabajando a una tasa de filtración de 6,40 m3/h hasta 8,5 m3/h cuando se realicen los retrolavados.

Los filtros serán diseñados para una presión de trabajo de 5 bares. Su sistema de tuberías será común para todos los filtros simultáneamente, simplificándose la instalación y será

realizada en PEAD o PVC. Del mismo modo, se instalará una línea de alimentación de aire que será suministrado por un compresor de aire interno.

En esta etapa de filtración se eliminarán sólidos en suspensión para evitar su paso a la etapa de osmosis, asegurando que la turbidez del agua sea siempre inferior a 5 NTU.

1.1.1.4 Lavado del Filtro

Con el paso del tiempo el lecho del filtro se irá colmatando de suciedad, es por ello que se debe realizar su lavado y posterior aclarado antes de poner en línea nuevamente.La colmatación del filtro en el tiempo se puede detectar observando un aumento de la presión diferencial o reducción del caudal a filtrar.

El sistema está constituido por un sistema de control automático de detección de colmatación por aumento de presión, que además considera un sistema de lavado a través de dos bombas centrifugas, una operando y otra de reserva, con un caudal unitario de 595 m3/h más un compresor de aire que mantenga un suministro de 1.000 Nm3/h y una presión de 0,5 bar.

1.1.1.5 Microfiltración (filtros de cartucho)

Se dispone de una batería de filtros de cartucho como filtración de seguridad, con el fin de realizar una operación de afinamiento y obtener las condiciones de SDI (índice de ensuciamiento) requeridas para las membranas de osmosis (SDI menor a 3).

Los filtros de cartucho serán de polipropileno y 1250 mm de longitud y cinco micras relativas de grado de filtración. La carcasa de los filtros podrá ser de acero o PRFV.

A la salida del agua de los microfiltros (filtros de cartucho) se dispondrá de los correspondientes instrumentos de control (conductividad, pH, Temperatura, Presión), para saber en todo momento y de forma automática, las características del agua de entrada a la osmosis inversa.

6.3.2 Tratamiento

1.1.1.6 Osmosis inversa

Cuando una solución de sales es separada de un agua desmineralizada mediante una membrana semipermeable, la mayor presión osmótica de la solución de sales produce un flujo de agua desde el compartimento de agua desmineralizada. El agua fluirá y diluirá la solución concentrada hasta que se equilibre la presión osmótica con la presión hidráulica de la columna de agua. Si ahora, se aplica presión en este lado, es posible hacer fluir el agua en la dirección inversa, concentrando nuevamente esta solución, aún hasta niveles de concentración mayores a los iniciales. Este proceso se define como ósmosis inversa.

Cómo se indicó, la osmosis inversa es el fenómeno reversible de osmosis natural o directa que hoy constituye el nivel más fino de filtración existente, llegando a rechazar elementos tan pequeños, como 0.0001 mm, a través de una membrana semipermeable por un

proceso de difusión controlada.Este tratamiento tiene aplicación para la eliminación de impurezas iónicas tales como: nitratos, fosfatos, sulfatos, iones metálicos, coloides, compuestos orgánicos y también de microorganismos.

1.1.1.7 Rechazo del proceso de osmosis y retro lavado de filtros.

El rechazo del proceso de osmosis corresponde al descarte de la fracción de agua donde se concentran las sales disueltas que fueron retiradas a través de las membranas de osmosis del agua tratada. Dependiendo del porcentaje de recuperación, la fracción de agua de rechazo contendrá de manera inversamente proporcional las sales disueltas que originalmente estaban en el agua tratada. En este caso, se ha estimado un rechazo de 40%, por lo tanto las sales disueltas estarán en una concentración cercana al doble que en su condición original, en la fracción de agua de descarte, ya que el agua producto no contendrá sales disueltas.

En este caso el rechazo y agua del retro lavado de los filtros, será bombeado hacia la línea actual de impulsión que lleva el agua desde la sentina sur de la barrera hidráulica hacia el tranque.

Cómo se indicó anteriormente, el agua de descarte no será usada en la inyección hacia la napa y desde el punto de vista de su efecto en el tranque, es inocuo, por cuanto la masa original de sales disueltas que son actualmente reciruculadas tampoco se ve alterada, por lo que no se producirán otros efectos en la laguna de aguas claras que afecten los equilibrios químicos de solubilidad.

El sistema de bombeo tendrá un flujómetro o caudalímetro que mida caudal instantáneo y volumen acumulado.

1.1.1.8 Almacenamiento de agua producto y bombeo a estanque de almacenamiento (sector El Pescado).

El agua producto de la osmosis inversa será almacenada en un estanque, para un tiempo de residencia de 20 minutos, desde donde será bombeada al estanque El Pescado, para su utilización en sistema de inyección de agua de buena calidad del Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones del tranque Ovejería.

6.4 Componentes principales del proyecto

Los componentes principales de la POI son los siguientes:

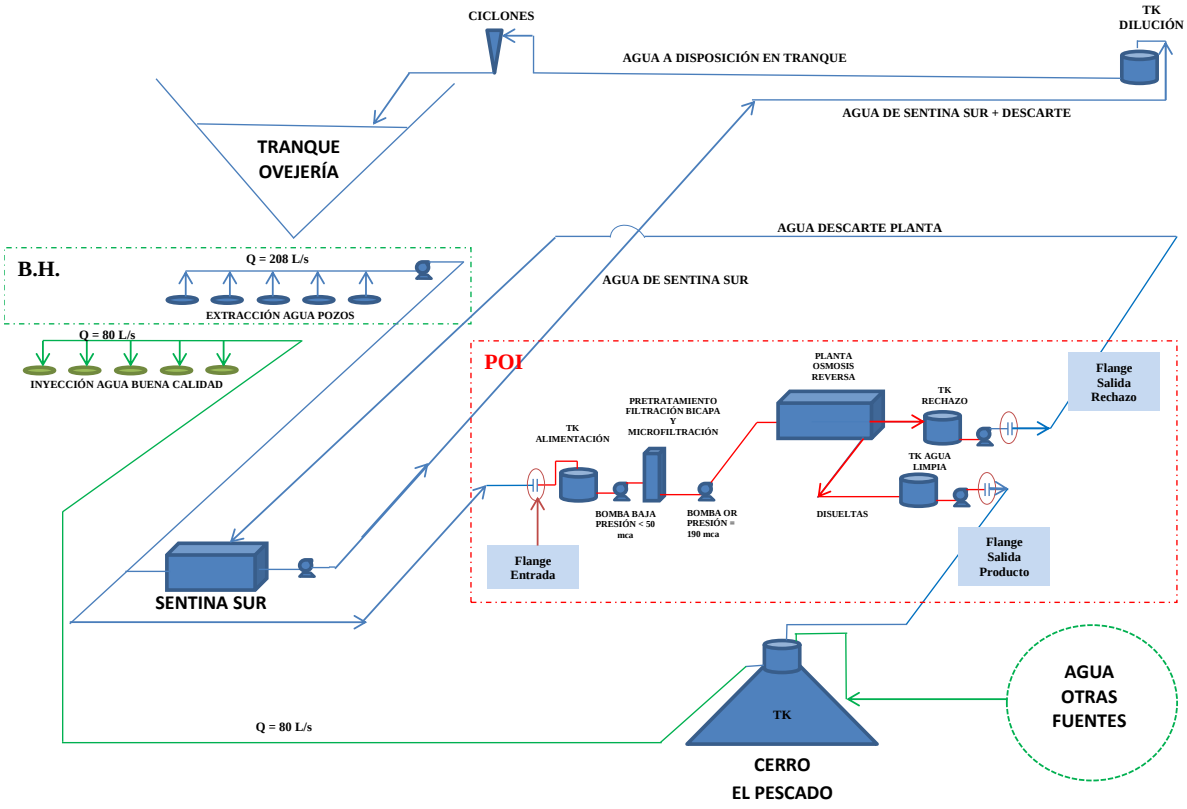
a) Estanque de agua cruda a tratar, t= 20 min.
b) Estanque de agua producto, t = 20 min., Q = 100 l/s.
c) Estanque de agua rechazo, t = 20 min, Q = 100l/s.
d) Sistemas de bombeo agua de producto y agua de rechazo, hasta la conexión al flange de inicio de cada impulsión.

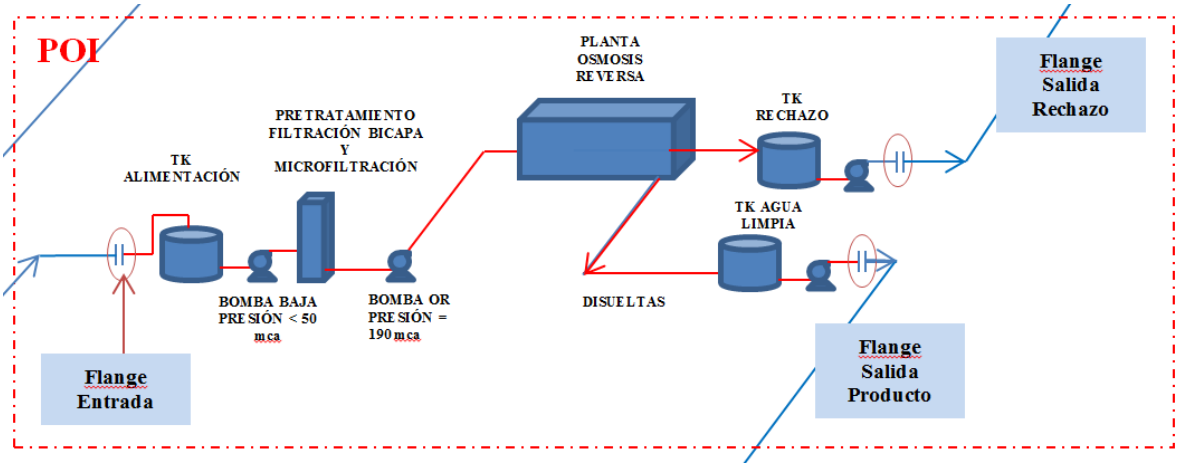
e) Sala para operadores.
f) Sala de cambio y baños.
g) Oficina de la planta, sala de laboratorio.
h) Sala de Control y Tableros eléctricos.
i) Bodega de almacenamiento de insumos.
j) Grupo generador de respaldo.
k) Estanque de almacenamiento de combustible, 12 hrs. de autonomía y sus interconexiones.

En las siguientes figuras se esquematizan los componentes principales, circuitos de alimentación y bombeo:

Figura 6.3

DIAGRAMA DE FLUJO
PLANTA DE OSMOSIS INVERSA HUECHÚN





6.5 Monitoreo POI

La operación de la POI y de las proporciones de agua utilizada por DAND en la inyección, será informada a la Autoridad en los Informes trimestrales del punto 3, con la siguiente información:

- Caudal medio diario ingresado a la POI para cada día del período informado.
- Caudal medio diario de agua tratada de calidad garantizada enviada al estanque de acumulación de agua fresca para inyección “Cerro El Pescado” para cada día del período informado.
- Caudal medio diario de agua de rechazo enviado a la línea de recirculación de agua de la barrera hidráulica para cada día del período informado.
- Conductividad y pH medido una vez al día, en las líneas señaladas anteriormente: agua de ingreso a la POI, agua tratada y en el agua remanente.
- Muestreo completo de la lista larga del PSyC del agua tratada de calidad garantizada y del agua de rechazo, a nivel mensual.

ANEXO F

MODELO OVEJERÍA

MODELO NUMÉRICO DE FLUJO Y TRANSPORTE
SISTEMA TRANQUE – ACUÍFERO SECTOR OVEJERÍA

CALIBRACIÓN

Septiembre de 2014

CODELCO
Orgullo de Todos

ANEXO F
MODELO OVEJERÍA

MODELO NUMÉRICO DE FLUJO Y TRANSPORTE
SISTEMA TRANQUE – ACUÍFERO SECTOR OVEJERÍA

CALIBRACIÓN

INDICE

1. INTRODUCCION 2

1.1 ANTECEDENTES 4

1.2 CÓDIGO MATEMÁTICO 4

2. MODELO DE FLUJO 5

2.1 Construcción modelo numérico de flujo 5

2.1.1 Dominio de la Modelación 5
2.1.2 Discretización Espacial 8
2.1.3 Discretización Temporal 9
2.1.4 Geometría y Propiedades Hidráulicas 9
2.1.5 Condiciones de Borde 11
2.1.5.1 Límites Impermeables (Condición de borde tipo: No Flow) 14
2.1.5.2 Recarga (Condición de Borde tipo: Recharge) 14
2.1.5.3 Nivel Constante (Condición de Borde tipo: Constant Head) 28
2.1.5.4 Contorno de Potencial Constante (Condición de Borde: General Head Boundary) 31
2.1.5.5 Drenes (Condición de Borde tipo: Drain) 33
2.1.5.6 Pozos de Extracción (Condición de Borde tipo: Well) 33

2.2 Calibración modelo numérico de flujo 37

2.2.1 Generalidades 37
2.2.2 Calibración en Régimen Permanente 37
2.2.2.1 Patrón de Calibración 37
2.2.2.2 Resultados de la Calibración en Régimen Permanente 40
2.2.3 Calibración en Régimen Transiente 50
2.2.3.1 Introducción 50
2.2.3.2 Patrón de Calibración 50
2.2.3.3 Resultados de la Calibración en Régimen Transiente 52

2.3 Conclusiones principales 83

3. MODELO DE TRANSPORTE 86

3.1 Construcción modelo numérico de transporte 86

3.1.1 Introducción 86
3.1.2 Mecanismos de Transporte 86
3.1.3 Dominio de la Modelación 88
3.1.4 Condiciones de Borde 88
3.1.4.1 Recargas superficiales 89

3.1.4.2 Conexiones subterráneas con acuífero Chacabuco-Polpaico 94
3.1.5 Condición Inicial 94
3.2 Calibración modelo numérico de transporte 96
3.2.1 Generalidades 96
3.2.2 Patrón de Calibración 96
3.2.3 Resultados de la Calibración 96
3.2.3.1 Parámetros de Transporte Ajustados 97
3.2.3.2 Concentración de Sulfatos en Pozos de Observación 106
3.3 Conclusiones principales 119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Límite Dominio de Modelación. 5
Tabla 2.2 Rangos de propiedades hidráulicas de las unidades hidrogeológicas. 10
Tabla 2.3 Condiciones de borde tipo "Recharge" empleadas en el modelo numérico. 15
Tabla 2.4 Caudales por efecto de recarga natural en zonas de quebradas aguas arriba de la cubeta del Tranque Ovejería. 16
Tabla 2.5 Caudales por efecto de recarga de precipitaciones en área aguas abajo del muro del Tranque Ovejería. 17
Tabla 2.6 Caudales de recarga por infiltración de aguas provenientes de riego de forestación y precipitaciones 20
Tabla 2.7 Evaluación de filtraciones desde la Laguna de Aguas claras a diciembre de 2007. 23
Tabla 2.8 Estimación de filtraciones desde la cubeta, basado en superficies de batimetrías disponibles. 24
Tabla 2.9 Recarga desde Canal de Contorno 26
Tabla 2.10 Recarga muro de las arenas 27
Tabla 2.11 Pozos de Monitoreo – Régimen Permanente 38
Tabla 2.12 Niveles Piezométricos Medidos vs Simulados. 41
Tabla 2.13 Valores de Conductividad Hidráulica Calibradas. 43
Tabla 2.14 Balance de Aguas – Régimen Estacionario. 44
Tabla 2.15 Pozos de Monitoreo – Régimen Transiente. 50
Tabla 2.16 Coeficientes de almacenamiento ajustados durante la calibración del modelo de flujo en régimen transiente. 53
Tabla 2.17 Caudales Representativos de Entradas y Salidas de Aguas del Sistema Acuífero. Condición con Tranque Ovejería, previo a la entrada en operación de la Barrera Hidráulica. 76
Tabla 2.18 Caudales Representativos de Entradas y Salidas de Aguas del Sistema Acuífero. Condición con Tranque Ovejería, posterior a la entrada en operación de la Barrera Hidráulica. 77
Tabla 2.19 Caudales Representativos sector Sur rinconada de Huechún 79
Tabla 2.20 Balance Hídrico acuífero Ovejería 80
Tabla 3.1a Valores de Porosidad Total teórica. 88
Tabla 3.2b Valores de Porosidad Efectiva teórica. 88
Tabla 3.3 Distribución de Sulfato en el dominio del modelo. 95
Tabla 3.4 Valores de porosidad efectiva y dispersividad longitudinal. 98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Delimitación del dominio de modelación..... 6
Figura 2.2 Delimitación del área activa e inactiva del modelo de simulación. 7
Figura 2.3 Delimitación de área activa e inactiva del modelo de simulación. 8
Figura 2.4 Ubicación condiciones de borde en modelo de simulación..... 12
Figura 2.5 Ubicación de zonas de recarga. 13
Figura 2.6 Laguna de Aguas Claras: áreas que se encuentran sobre terreno natural (depósitos fluviales y coluviales) y sobre lamas. 22
Figura 2.7 Ubicación pozos de observación del límite Sureste utilizados para acople. 30
Figura 2.8 Series de tiempo de nivel constante (Constant Head) en límite Sureste. 30
Figura 2.9 Serie de tiempo de potencial constante (General Head) en límite Sureste. 32
Figura 2.10 Ubicación extracciones de agua por medio de pozos de bombeo. 36
Figura 2.11 Ubicación pozos de observación modelo de flujo en régimen permanente. 39
Figura 2.12 Ajuste de niveles calibración en régimen permanente. 40
Figura 2.13 Conductividad hidráulica: capas 1 y 2 del modelo de simulación. 45
Figura 2.14 Conductividad hidráulica: capas 3 y 4 del modelo de simulación. 46
Figura 2.15 Conductividad hidráulica: capas 5 y 6 del modelo de simulación. 47
Figura 2.16 Conductividad hidráulica: capas 7 y 8 del modelo de simulación. 48
Figura 2.17 Conductividad hidráulica: capas 9 y 10 del modelo de simulación. 49
Figura 2.18: Ubicación pozos de observación modelo de flujo en régimen transiente. 51
Figura 2.19 Coeficiente de almacenamiento: capas 1 y 2 del modelo de simulación. 54
Figura 2.20 Coeficiente de almacenamiento: capas 3 y 4 del modelo de simulación. 55
Figura 2.21 Coeficiente de almacenamiento: capas 5 y 6 del modelo de simulación. 56
Figura 2.22 Coeficiente de almacenamiento: capas 7 y 8 del modelo de simulación. 57
Figura 2.23 Coeficiente de almacenamiento : capas 9 y 10 del modelo de simulación. 58
Figura 2.24 Niveles simulados y observados: pozo PBID-1. 59
Figura 2.25 Niveles simulados y observados: pozo PBID-2. 60
Figura 2.26 Niveles simulados y observados: pozo PBID-3. 60
Figura 2.27 Niveles simulados y observados: pozo PBID-4. 61
Figura 2.28 Niveles simulados y observados: pozo PBID-5. 61
Figura 2.29 Niveles simulados y observados: pozo G-02. 62
Figura 2.30 Niveles simulados y observados: pozo G-03. 62
Figura 2.31 Niveles simulados y observados: pozo G-04. 63
Figura 2.32 Niveles simulados y observados: pozo G-05. 63
Figura 2.33 Niveles simulados y observados: pozo G-06. 64
Figura 2.34 Niveles simulados y observados: pozo G-07B. 64
Figura 2.35 Niveles simulados y observados: pozo G-08. 65
Figura 2.36 Niveles simulados y observados: pozo G-09. 65
Figura 2.37 Niveles simulados y observados: pozo G-10B. 66
Figura 2.38 Niveles simulados y observados: pozo G-11. 66
Figura 2.39 Niveles simulados y observados: pozo G-12. 67
Figura 2.40 Niveles simulados y observados: pozo G-13. 67
Figura 2.41 Niveles simulados y observados: pozo PB-2. 68
Figura 2.42 Niveles simulados y observados: pozo PB-3. 68
Figura 2.43 Niveles simulados y observados: pozo APR Huechún. 69
Figura 2.44 Niveles simulados y observados: pozo A-1 Fundo El Chaval. 69
Figura 2.45 Niveles simulados y observados: pozo P-02. 70
Figura 2.46 Grado de ajuste del modelo de flujo para el periodo de calibración transiente. 71

Figura 2.47 Balance Hídrico en Dominio de Modelación. 72
Figura 2.48 Porcentaje de Discrepancia de Balance Hídrico en Dominio de Modelación. 73
Figura 2.49 Esquema conceptual de los flujos de agua en el sector del tranque de relaves Ovejería 75
Figura 3.1 Ubicación de zonas de recarga. 91
Figura 3.2: Concentración asignada a zonas de recarga artificial aguas abajo muro del Tranque Ovejería, ajustadas durante la calibración. 92
Figura 3.3: Distribución de Sulfato en el dominio de análisis 95
Figura 3.4a: Dispersividad longitudinal: capas 1 y 2 del modelo de simulación 101
Figura 3.5: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo PBID-1. 107
Figura 3.6: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo PBID-2. 107
Figura 3.7: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo PBID-3. 108
Figura 3.8: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo PBID-4. 108
Figura 3.9: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo PBID-5 109
Figura 3.10: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-02. 109
Figura 3.11: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-03. 110
Figura 3.12: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-04. 110
Figura 3.13: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-05. 111
Figura 3.14: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G06. 111
Figura 3.15: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-07B. 112
Figura 3.16: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-08. 112
Figura 3.17: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-09. 113
Figura 3.18: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-10B. 113
Figura 3.19: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-11. 114
Figura 3.20: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-12. 114
Figura 3.21: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-13. 115
Figura 3.22: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo PB-3. 115
Figura 3.23: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo PB-2. 116
Figura 3.24: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo APR Huechún. 116
Figura 3.25: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo A-1. 117
Figura 3.26: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo P-02. 117
Figura 3.27: Grado de ajuste del modelo de transporte para calibración transiente 119

1. INTRODUCCION

Dentro de las instalaciones mineras que posee Codelco Andina (DAND), se encuentra el tranque de relaves de Ovejería, el cual se emplaza en la subcuenca de la Rinconada Ovejería, sector de Huechún, que forma parte de la cuenca Chacabuco-Polpaico, V región. Este tranque entró en operación a finales del 1999, y en el año 2002 se detectaron filtraciones provenientes de la laguna de aguas claras hacia el sistema subterráneo del sitio de emplazamiento del tranque.

Ello dio origen a una serie de actividades de exploración y estudios, entre los cuales se encuentra el desarrollo de un modelo conceptual de los procesos hidrodinámicos y la posterior construcción de un modelo hidrogeológico numérico de flujo y de transporte de solutos, de forma tal que permitiera tanto representar el comportamiento del acuífero, como realizar proyecciones del contenido en las aguas subterráneas en el espacio y tiempo bajo diferentes condiciones.

Un modelo numérico de aguas subterráneas es una representación de una conceptualización hidrogeológica a través de expresiones matemáticas, las que involucran una representación espacial de las unidades hidrogeológicas y características hidráulicas (permeabilidad y almacenamiento); así como también temporal de entradas y salidas de flujo (recargas y extracciones), condiciones de borde, y características del transporte de solutos en medios permeables.

En términos generales, en un modelo de simulación matemático de aguas subterráneas se consideran tres etapas básicas:

1) Desarrollo del modelo conceptual,
2) Desarrollo del modelo numérico (construcción y calibración) y,
3) Simulaciones aplicando el modelo.

Tanto el desarrollo del modelo conceptual como del modelo numérico se realizan con base en la información disponible a la fecha de su elaboración. Posteriormente, se mantiene un seguimiento de los resultados de proyección del modelo con respecto a valores observados como parte de un proceso de validación. En los casos en que los resultados de la validación no son satisfactorios, se procede a realizar la revisión y el análisis sobre el origen de las diferencias, lo que puede motivar a complementar con mayor información técnica; así como también a actualizar el modelo conceptual y numérico en sí.

El primer modelo matemático de flujo del acuífero de la Rinconada de Ovejería fue

desarrollado por INGEDOS (2005), siendo reformulado y complementado con un modelo de transporte (2006) con el fin de permitir el seguimiento de la pluma de filtraciones detectada. Posteriormente, el modelo fue revisado y se ejecutaron estudios hidrogeológicos adicionales cuyos resultados fueron volcados en un modelo de simulación confeccionado por SRK (2007). Con base en los antecedentes obtenidos, así como en estudios y actividades que se realizaron a fin de complementar el conocimiento del sistema hidrodinámico, el modelo fue actualizado en el año 2008 por GP Consultores. Con base en los antecedentes técnicos a la fecha y la aplicación de este herramienta como predictiva, se diseñó una barrera hidráulica compuesta por 15 pozos de extracción de aguas subterráneas en una sección ubicada 1 Km aguas abajo del muro del tranque, a fin de capturar las filtraciones provenientes del sistema del tranque pasantes por esa sección.

En el año 2009 se realizó la construcción, pruebas individuales de cada pozo y prueba hidráulica del sistema de los 15 pozos en forma conjunta; iniciando la operación continua a principios del año 2010.

Dados los nuevos antecedentes generados desde la actualización del año 2008, y a los cambios en el sistema hidrodinámico producto de la operación de la barrera, DAND solicitó a Schlumberger Water Services (SWS) verificar la necesidad de actualizar este modelo numérico. Su operación mostró que la respuesta del sistema para el periodo posterior difiere de lo proyectado por esta herramienta, por lo que se procedió a la actualización del modelo.

A su vez, en atención a la solicitud de ampliación del área de modelación contenida en la solicitud de antecedentes de acuerdo con el Ordinario N° 465 de fecha 27-02-13 del Servicio de Evaluación Ambiental R.M.; se ha procedido a ampliar el área de estudio a través del acople del modelo de la rinconada de Huechún, en adelante “Modelo Ovejería”, con un modelo hidrogeológico desarrollado a partir del modelo numérico originalmente elaborado en el estudio denominado “Determinación de la Disponibilidad de Recursos Hídricos para Constituir Nuevos Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en la Cuenca de Til Til, Chacabuco-Polpaico, Lampa, Colina Inferior, Colina Sur, Chicureo y Santiago Norte, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana”, Minuta N° 113, Santiago, agosto de 1999, realizado por el Departamento de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas. Los detalles sobre la construcción del modelo de simulación para el sector de Chacabuco-Polpaico, tanto en lo que respecta a su componente de flujo como transporte, se presentan en el Anexo G; mientras los resultados de simulación en el Anexo H. Este enfoque de dominio ampliado generó la revisión de las condiciones de borde del modelo Ovejería, lo que a su vez generó la necesidad de su revisión y ajuste del modelo.

Finalmente, en atención a observaciones específicas de la autoridad, incluidas en el Ordinario 2473 del SEA RM de fecha 22 de noviembre del 2013, a las observaciones

efectuadas con ocasión del EIA244 y a observaciones específicas incluidas en solicitud 3.4 del Ord. 944 del 02 de junio de 2014, fue necesario extender el período de calibración y ajustar algunos parámetros del modelo numérico de simulación hidrogeológica de Ovejería. La actualización de este Anexo, se incluye entonces como parte del documento de respuestas que se presenta a la autoridad.

En este documento se presenta la versión del modelo Ovejería recalibrado de acuerdo con el enfoque de acople con el modelo Chacabuco – Polpaico.

1.1 ANTECEDENTES

Los antecedentes utilizados para la generación del modelo numérico son identificados en el Anexo E - Modelo Conceptual Tranque Ovejería. En base a dichos antecedentes se procede a ilustrar la construcción y calibración del modelo de simulación matemática tanto de flujo y como de transporte.

1.2 CÓDIGO MATEMÁTICO

La implementación del modelo numérico fue realizada utilizando el software comercial Visual Modflow, desarrollado por Schlumberger Water Services (ex-Waterloo Hydrogeologic Inc.). Este software cuenta con herramientas de visualización que trabajan sobre los módulos matemáticos de flujo y transporte denominados MODFLOW-2005 (USGS) y MT3DMS (USACE), los que comparten la misma estructura de ingreso y salida de datos.

El código anterior fue seleccionado por cuanto la Autoridad Chilena en materia de recursos hídricos acepta el software comercial Visual Modflow en las modelaciones hidrogeológicas que sean sometidas a su revisión.

La implementación del modelo de flujo fue realizada utilizando el módulo MODFLOW. Este código permite generar un modelo tridimensional representativo de las formaciones hidrogeológicas contenidas en un área de estudio (dominio de modelación), e integrar elementos involucrados en el flujo de aguas subterráneas a través de medios porosos saturados.

La implementación del modelo numérico de transporte fue realizada utilizando el módulo MT3DMS. Este código permite simular los procesos de advección, dispersión y reacciones químicas de componentes disueltos en el caso de solutos no conservativos en el agua en 3-dimensiones.

2. MODELO DE FLUJO

2.1 Construcción modelo numérico de flujo

2.1.1 Dominio de la Modelación

Originalmente, el Modelo Ovejería consideraba como dominio de modelación un área que cubría, dentro de la Rinconada de Huechún, el área de influencia directa del proyecto hasta un límite sur demarcado por el muro del embalse Huechún y sur-este cercano al poblado de Huechún. El modelo posteriormente amplió el dominio de modelación hacia el Sur, con el objeto de permitir una mayor representatividad en la dirección del pozo APR Santa Matilde, sin ser éste incluido dentro de su dominio.

Dada la necesidad de conocer explícitamente la influencia del tranque Ovejería en los puntos APR Santa Matilde y APR Punta Peuco, el presente modelo numérico fue acoplado con el "Modelo Chacabuco-Polpaico" según se describe en el Anexo G lo cual ha permitido evaluar el efecto del tranque más allá de los límites del modelo Ovejería.

En la Figura 2.1 se muestra la zona de estudio del Modelo Ovejería, en que se aprecia la delimitación de la cuenca hidrográfica de acuerdo a las altas cumbres. Los vértices del dominio del Modelo Ovejería se encuentran comprendidos entre las coordenadas que se indican en la Tabla 2.1, en coordenadas UTM referidas al datum Provisional Sudamericano de 1956 (PSAD56) – Huso 19.

Tabla 2.1 Límite Dominio de Modelación.

Limite	Coordenada UTM, m
Norte	6,350,000
Sur	6,336,000
Oeste	328,000
Este	338,000

De acuerdo a estos límites señalados, el rectángulo del área total cubierta por el modelo tiene una superficie de 140 km2, con 14 Km de extensión en la dirección Norte-Sur y 10 Km en la dirección Oeste-Este, lo que incluye la cuenca de la Rinconada de Ovejería de aproximadamente 74 Km2.

En la Figura 2.2 se presenta el área activa del Modelo Ovejería, tanto para las simulaciones de flujo como para las de transporte. En esta figura se observa que el área activa dentro del modelo es menor al área total de la cuenca hidrográfica. Se definió con base en el

mapa geológico presentado en el modelo conceptual (Anexo E), considerando evitar introducir efectos de inestabilidad numérica cuando se incorpora agua en forma de condición de borde tipo recarga (principalmente en cabecera) en zonas de baja permeabilidad y de alto gradiente topográfico.

Figura 2.1 Delimitación del dominio de modelación.

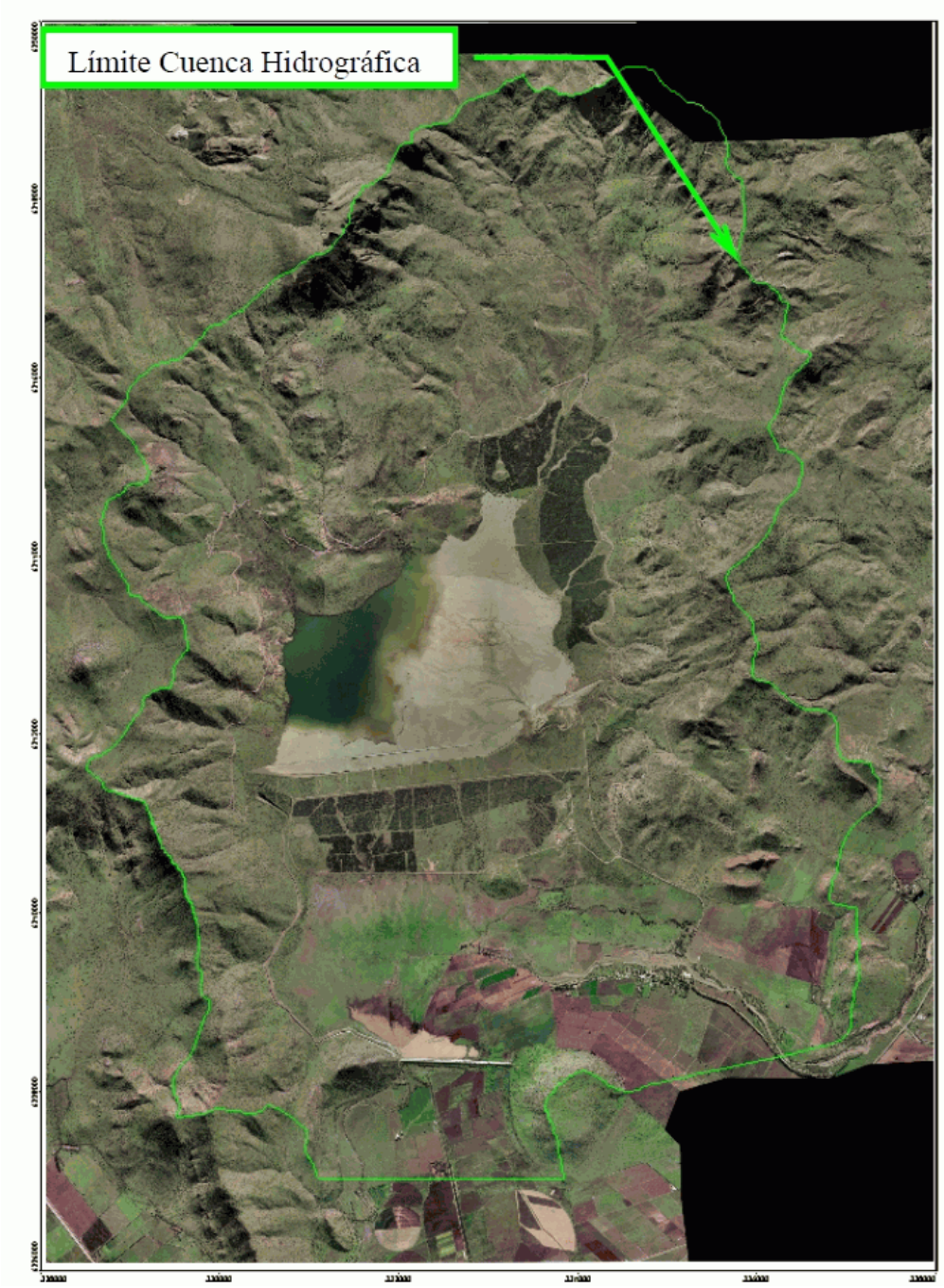
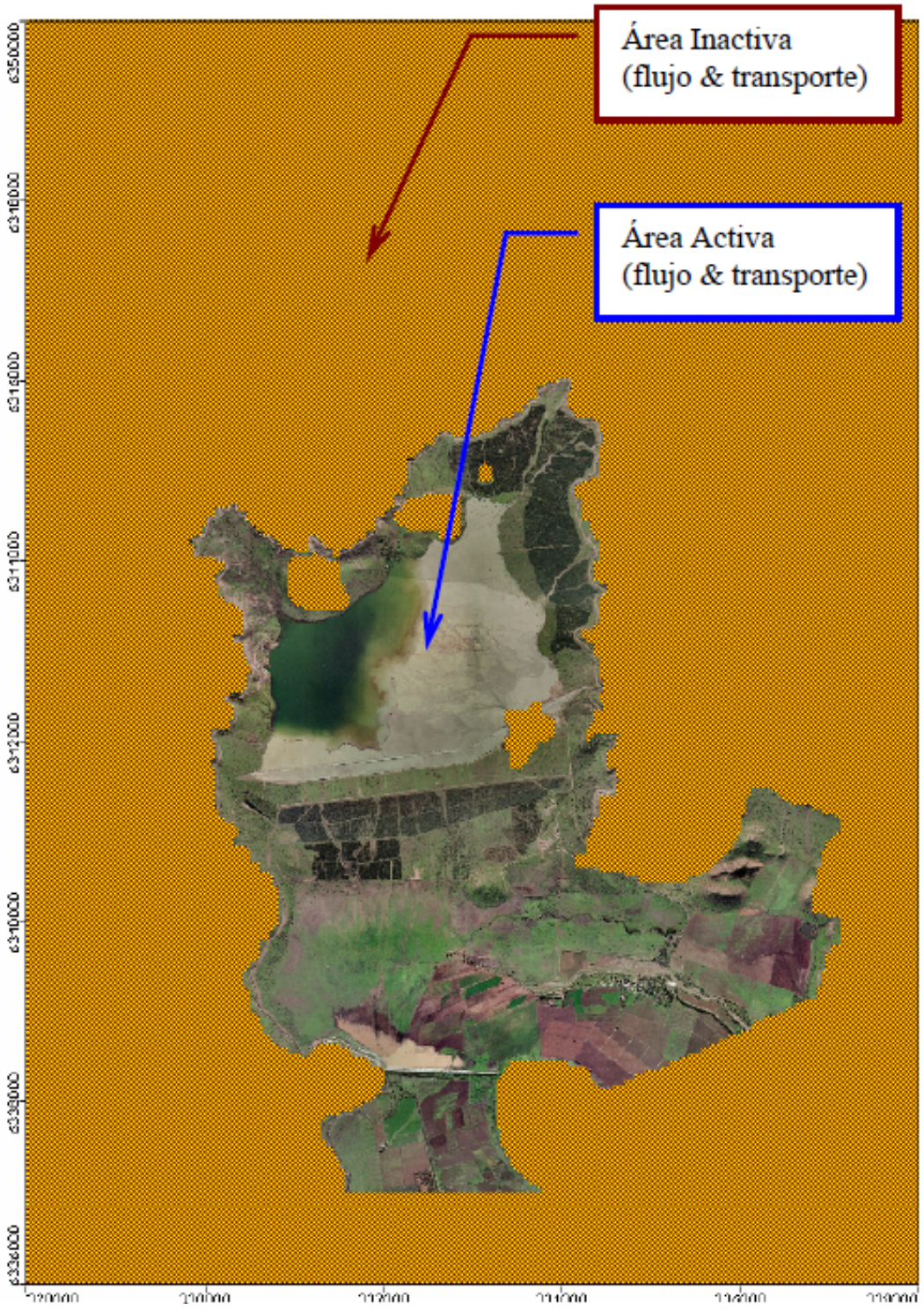


Figura 2.2 Delimitación del área activa e inactiva del modelo de simulación.



2.1.2 Discretización Espacial

La discretización espacial consiste en dividir la zona de estudio en cubos de un tamaño que permitan representar las singularidades del entorno geológico existente, las unidades hidrogeológicas y el fenómeno de flujo y transporte que se desea estudiar.

La superficie total cubierta por el modelo ha sido dividida en 280 filas y 200 columnas, totalizando 56,000 celdas. Cada una de estas celdas tiene una dimensión en planta de 50m x 50m.

La discretización vertical para representar las diferentes unidades hidrogeológicas definidas en el modelo conceptual incluye 10 capas de espesor variable. La cota de fondo de la última capa se ha impuesto en 400 msnm para todo el dominio del modelo. En la Figura 2.3 se visualiza la discretización espacial de la zona modelada.

Figura 2.3 Delimitación de área activa e inactiva del modelo de simulación.



2.1.3 Discretización Temporal

El tranque Ovejería comienza su operación el mes de diciembre del 1999. Antes de esta fecha, el sistema subterráneo de la cuenca de la Rinconada de Huechún se veía condicionado principalmente por recargas naturales. Posteriormente, se adiciona la existencia del tranque que conlleva recarga artificial, así como extracciones de aguas subterráneas, lo que genera una condición diferente.

De acuerdo a ello, la simulación se realiza en dos etapas, la primera de ellas corresponde a la situación inicial definida como la condición SIN Tranque Ovejería, y la segunda a la situación CON Tranque Ovejería, simuladas en régimen permanente y transiente respectivamente, de acuerdo a:

- Régimen Permanente (condición SIN Tranque Ovejería):

Se representa al sistema hidrodinámico de aguas subterráneas en situación media de equilibrio entre flujos de entrada y salida; y corresponde a la condición pre-tranque e inicial para el modelo de simulación en régimen transiente. Se ha establecido como el día cero del modelo numérico el día 30 de Noviembre de 1999.

- Régimen Transiente (condición CON Tranque Ovejería):

Corresponde al periodo a partir de la operación del tranque hasta el fin del periodo utilizado para la calibración, y permite representar los cambios temporales que ocurren por sobre la condición natural por efecto de las condiciones externas de ingresos y egresos de agua debido a la existencia y operación del Tranque Ovejería como a extracciones que se han iniciado en dicho periodo (por ejemplo la barrera hidráulica). El periodo de calibración en régimen transiente comprende desde el 1° de diciembre de 1999 al 31 de Marzo 2014; abarcando 14 años y 3 meses que involucran el periodo de operación del Tranque Ovejería y cerca de 4 años con barrera hidráulica en funcionamiento.

Los períodos de “stress” o períodos donde las variables hidrológicas se mantienen constantes, han sido definidos mes a mes.

2.1.4 Geometría y Propiedades Hidráulicas

De acuerdo con el análisis geológico e hidrogeológico presentado en el modelo conceptual (Anexo E), se ha definido:

Geometría espacial: Con el fin de obtener una representación tridimensional de las

unidades hidrogeológicas descritas en el modelo conceptual, se generaron 10 capas en el modelo numérico en base a los perfiles hidrogeológicos, curvas topográficas del tranque y de la superficie de la cubeta antes del tranque. La diferenciación de las unidades hidrogeológicas fue efectuada mediante las características hidráulicas, en que en general una misma unidad se encuentra en más de una capa correspondiente al modelo geométrico de celdas de cálculo.

Propiedades hidráulicas: La distribución espacial de las propiedades hidráulicas (conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento, porosidad, dispersión mecánica), fue definida con base en sondajes existentes, mapeo en superficie, perfiles hidrogeológicos y pruebas de bombeo.

Para la conductividad hidráulica y el coeficiente de almacenamiento se establecieron rangos basados en resultados de pruebas de bombeo e información referencial proveniente de la literatura. De acuerdo con el modelo conceptual, se han identificado 12 unidades hidrogeológicas, en que los rangos teóricos asociados se presentan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Rangos de propiedades hidráulicas de las unidades hidrogeológicas.

Unidad Hidrogeológica	Descripción	K (m/d)	S (-)
1	Arcillas	9.E-4 - 9.5.E-3	-
2	Gravas gruesas y arena gruesa limo-arcillosa	0.6 - 16.2	1.07.E-4 - 1.34.E-2
3	Gravas gruesas y arena gruesa con escasa arcilla	0.7 - 67.5	2.9.E-7 - 1.7.E-1
4	Gravas	1.30 - 76.7	6.33.E-5 - 1.05.E-1
5	Gravas finas arcillo-arenosas	0.07 - -	-
6	Arenas y gravas finas, escasa arcilla	-	-
7	Grava y arena antigua	-	-
9	Depósitos fluvio-aluviales recientes	1.0 - 6.5	-
10	Roca fracturada	5.0.E-4 - 1.2.E-1	4.1.E-7 -
11	Basamento impermeable	-	
12	Arcillas antiguas	-	-

Las permeabilidades obtenidas se presentan en el acápite 2.2, correspondiente a la calibración del modelo de flujo.

2.1.5 Condiciones de Borde

La representación en el modelo numérico de entradas y salidas del área se incorpora a través las siguientes condiciones de borde:

- Condiciones de No Flujo: *Límites Impermeables*.
- Condiciones de Flujo Conocidas: *Recharge* (Recargas naturales y antrópicas).
- Condiciones de Nivel Conocido: *Constant Head* (En límite Sur-Este).
- Contorno de Potencial Constante: *General Head Boundary* (En límite Sur).
- Condiciones Tipo Dren: *Drain* (Drenes basales en muro tranque Ovejería).
- Condiciones Tipo Pozo: *Well* (Pozos de extracción).

En La Figura 2.4 y 2.5 se presentan las condiciones de borde impuestas en el modelo del sector acuífero del tranque Ovejería, y a continuación se describe cada una de éstas, así como su cuantificación en el modelo numérico.

Figura 2.4 Ubicación condiciones de borde en modelo de simulación.

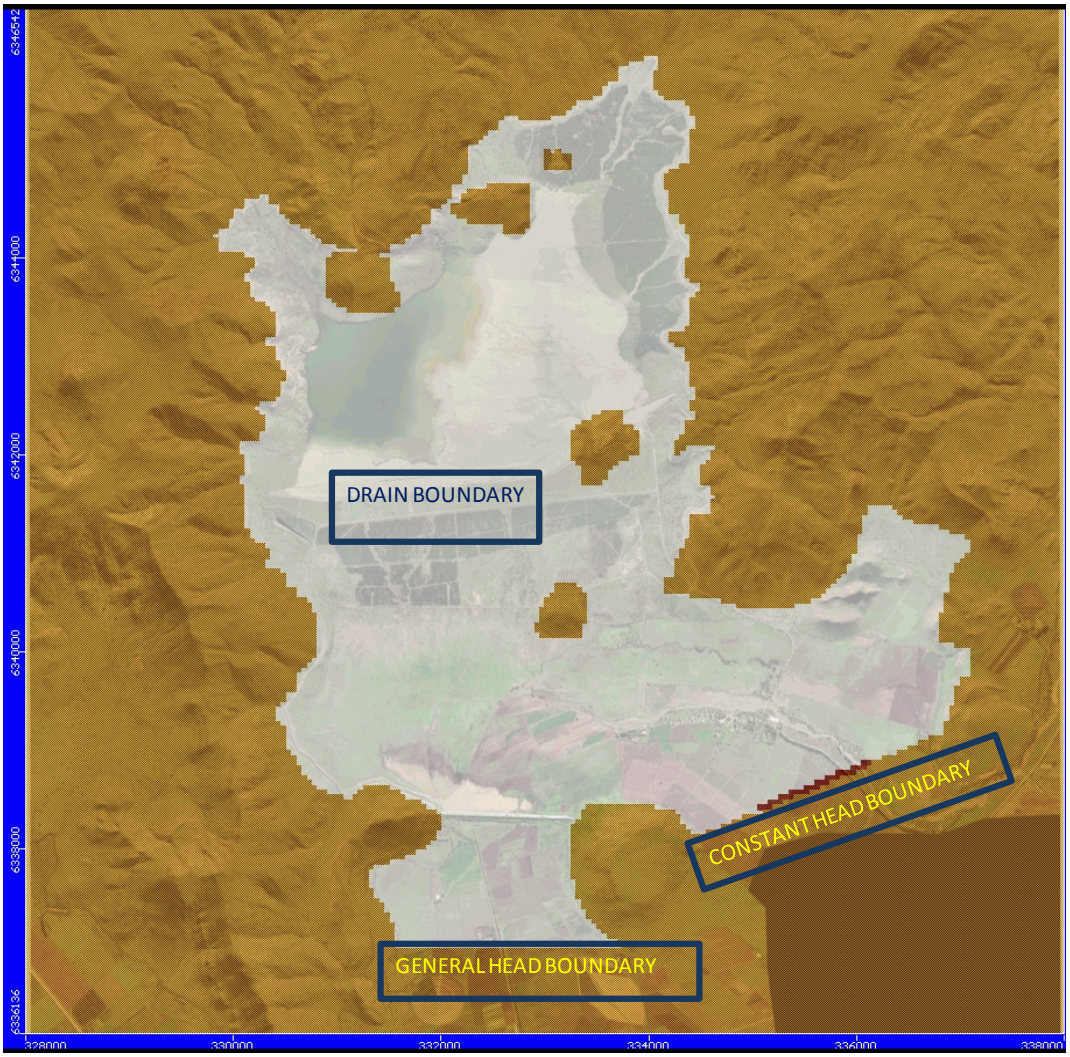
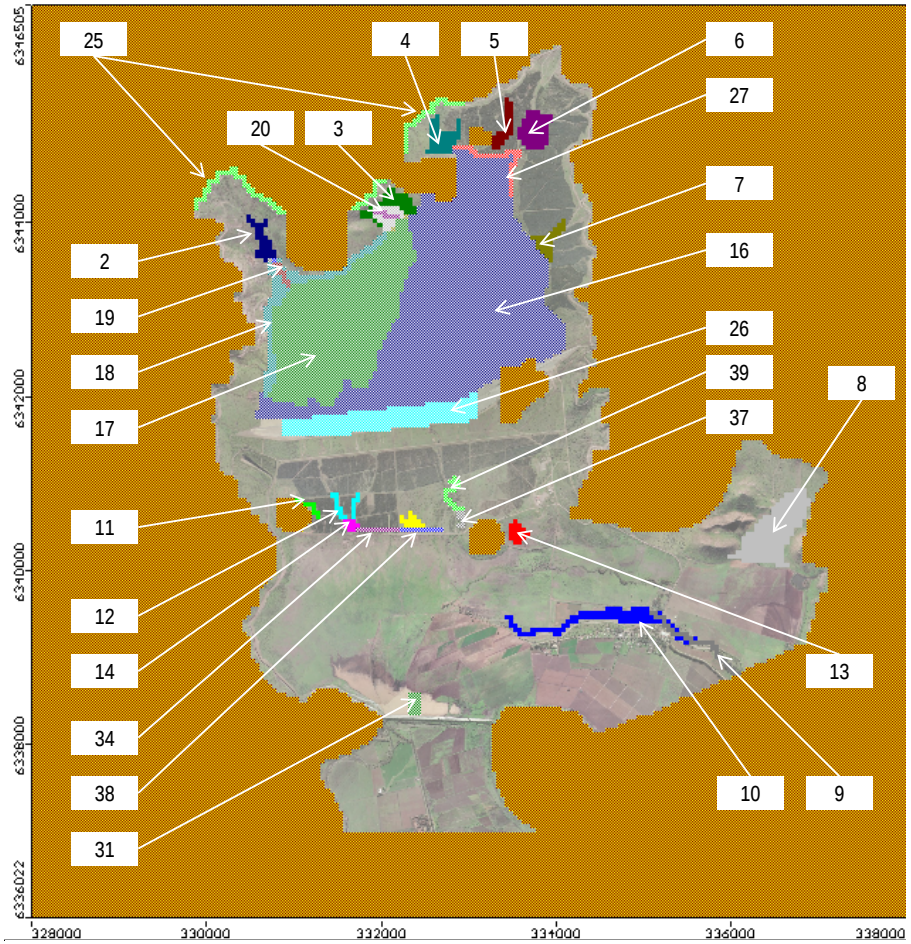


Figura 2.5 Ubicación de zonas de recarga.
Para régimen permanente (recarga natural) y para régimen transiente (recarga natural y recarga artificial).
(ID de acuerdo a la Tabla 2.3)



Zona VMOD		Descripción	ID
2		Quebrada del Espino	1
3		Quebrada Intermedia 1	2
4		Quebrada Intermedia 2	3
5		Quebrada Intermedia 3	4
6		Quebrada Ojos de Agua	5
7		Quebrada Intermedia 4	6
8		Quebrada Guayacán	7
9		Estero Chacabuco - Recarga Base	8
10		Estero Chacabuco - Recarga Crecidas	9
11		Quebrada Zona Poniente	10
12		Quebradas del Espino y Ojo de Agua	12
13		Tranque Viejo	23
14		Pozones	11
15		Depressión (Pequeña Laguna)	13
16		Infiltración desde Lamas	16
17		Lamas Sumergidas	19
18		Depósitos Coluviales	18
19		Depósitos Fluviales	17
20		Depósitos Fluviales	17
22		Depósitos Coluviales	18
25		Perdidas desde Canal de Contorno	20
26		Infiltración Agua de Construcción Muro	21
27		Riego Aguas Arriba del Muro del Tranque	15
31		Acumulación en embalse Huechún	22
34		Depresión (pequeña Laguna)	13
37		Pozones	11
38		Depresión (pequeña Laguna)	13
39		Quebrada del Espino y Ojos de Agua	12

2.1.5.1 Límites Impermeables (Condición de borde tipo: No Flow)

Esta condición de borde se impone en aquellas zonas de la cuenca donde se espera que no exista flujo de aguas subterráneas, por ejemplo, en zonas con presencia de macizos rocosos y/o cuerpos intrusivos. En el caso del modelo del sector acuífero del tranque Ovejería se designó para distinguir entre la zona activa de modelación (zona en la cual existe flujo subterráneo) y la zona inactiva (zona sin flujo subterráneo), las que se observan en la Figura 2.2.

2.1.5.2 Recarga (Condición de Borde tipo: Recharge)

En el modelo se han incorporado a través de esta condición todas las entradas identificadas en el modelo conceptual, tanto para la condición sin tranque (régimen permanente), como para la condición con tranque (régimen impermanente).

En la Tabla 2.3 se presentan las diferentes recargas, identificadas por un ID que se ha volcado en la Figura 2.5, identificando el tipo de ingreso de agua (natural o artificial), así como la temporalidad con que la tasa de recarga es aplicada en los dos regímenes de simulación (permanente y transiente).

En el modelo matemático el ingreso de las recargas se realiza a través de tasas de recarga (en mm/año), si bien conceptualmente se refiere a caudales de aporte al acuífero según se señala en el presente acápite. Para cada recarga, se aplica la tasa correspondiente al caudal respectivo, de acuerdo con la superficie a la que es asignada cada recarga en el modelo.

2.1.5.2.1 Recargas en Régimen Permanente (condición SIN Tranque Ovejería):

a) **Recarga por Precipitación en Zonas de Quebradas**

La recarga por precipitación en Zonas de Quebradas aguas arriba del muro se produce principalmente en las quebradas del sector de cabecera del área de estudio, y ha sido evaluada como promedio anual de largo plazo en aproximadamente 60 l/s.

Para cada subcuenca se estimó un caudal aportante concentrado en su salida con base en precipitación efectiva media anual (234,3 mm/año) y proporcional a su superficie, siendo asignada en las diferentes zonas identificadas en la Figura 2.5 según se indica en la Tabla 2.3, en que fueron asignadas a la salida de las respectivas quebradas y tributarios en zonas ubicadas en el perímetro de la cubeta.

Tabla 2.3 Condiciones de borde tipo “Recharge” empleadas en el modelo numérico.

Descripción	Tipo	ID	Permanente	Transiente
Recarga por Precipitación en Zonas de Quebradas				
Quebrada del Espino	Natural	1	Tasa Constante	Tasa Variable
Qda. Intermedia 1	Natural	2	Tasa Constante	Tasa Variable
Qda. Intermedia 2	Natural	3	Tasa Constante	Tasa Variable
Qda. Intermedia 3	Natural	4	Tasa Constante	Tasa Variable
Quebrada Ojos de Agua	Natural	5	Tasa Constante	Tasa Variable
Qda. Intermedia 4	Natural	6	Tasa Constante	Tasa Variable
Quebrada Guayacán	Natural	7	Tasa Constante	Tasa Variable
Recarga por Infiltración Aguas Conducidas por Estero Chacabuco				
Estero Chacabuco - Recarga Base	Natural	8	Tasa Constante	Tasa Constante
Estero Chacabuco - Recarga Crecidas	Natural	9	Tasa Constante	Tasa Constante
Recarga por Precipitación en Zonas de Riego Aguas Abajo del Muro del Tranque				
Quebrada zona poniente	Natural	10	Tasa Constante	Tasa Variable
Pozones	Natural	11	Tasa Constante	Tasa Variable
Quebradas del Espino y Ojo de Agua	Natural	12	Tasa Constante	Tasa Variable
Depresión (pequeña laguna)	Natural	13	Tasa Constante	Tasa Variable
Recarga por Infiltración del Regadío en Áreas Forestadas				
Riego Aguas Arriba del Muro del Tranque	Artificial	15	N/A	Tasa Variable
Riego Aguas Abajo del Muro del Tranque				
Quebrada zona poniente	Artificial	10	N/A	Tasa Variable
Pozones	Artificial	11	N/A	Tasa Variable
Quebradas del Espino y Ojo de Agua	Artificial	12	N/A	Tasa Variable
Depresión (pequeña laguna)	Artificial	13	N/A	Tasa Variable
Recarga por Infiltración desde Cubeta				
Infiltración desde Lamas	Artificial	16	N/A	Tasa Variable
Infiltración desde Laguna de Aguas Claras				
Depósitos fluviales	Artificial	17	N/A	Tasa Variable
Depósitos coluviales	Artificial	18	N/A	Tasa Variable
Lamas sumergidas	Artificial	19	N/A	Tasa Variable
Recarga por Infiltración desde el Canal de Contorno				
Pérdidas desde Canal de Contorno	Artificial	20	N/A	Tasa Variable
Recarga por Infiltración desde Muro Tranque Ovejería				
Infiltración agua de Construcción Muro	Artificial	21	N/A	Tasa Variable
Recarga por Infiltración desde el embalse Huechún				
Acumulación en embalse Huechún	Artificial	22	N/A	Tasa Variable
Recarga por Infiltración desde el tranque Viejo				
Recarga tranque Viejo	Artificial	23	N/A	Tasa Variable

Tabla 2.4 Caudales por efecto de recarga natural en zonas de quebradas aguas arriba de la cubeta del Tranque Ovejería.

Subcuenca	Superficie (Km2)	ID	Descripción	Caudal Medio 1999-2011 (l/s)
Quebrada del Espino	25,9	1	Quebrada del Espino	8,3
Quebrada Ojos de Agua	4,8	2	Qda. Intermedia 1	4,0
		3	Qda. Intermedia 2	7,5
		4	Qda. Intermedia 3	1,9
		5	Quebrada Ojos de Agua	27,3
		6	Qda. Intermedia 4	4,9
Quebrada Guayacán	3,2	7	Quebrada Guayacán	6,1

b) Recarga por Infiltración Aguas Conducidas por el Estero Chacabuco

Con base en la delimitación de tramos con condiciones favorables para la filtración en el cauce del Estero Chacabuco (zonas arenosas), se ha estimado que parte de las aguas conducidas en época de estiaje filtran hacia el acuífero en un tramo de 1,8 Km, y en época pluvial, en una superficie de 22,3 Hás en la zona sur-este del límite del dominio de modelación.

Para evaluar la infiltración en periodos de estiaje, se considera un coeficiente de pérdida de caudal típico para conducciones de aguas sin revestimiento, utilizando un valor de 5 l/s/km, con lo que se obtienen 9 l/s.

En el periodo de lluvias, se considera la precipitación efectiva (precipitación menos evaporación), y un factor de infiltración de 0,8. Con ello se obtiene para una superficie de 22,3 Hás, una filtración de 1 l/s como promedio anual.

Con ello, se ha estimado una recarga inducida por el Estero Chacabuco proveniente de filtraciones como un caudal basal en 9 l/s y; 1 l/s proveniente de periodo de crecidas (como caudal medio anual).

Sin embargo, durante el proceso de calibración se desestimaron estas infiltraciones durante el ajuste de los valores observados, tanto del caudal basal como de aquel proveniente de crecidas.

c) Recarga por Precipitación en Zonas de Riego Aguas Abajo del Muro del Tranque

Se ha cuantificado una infiltración de agua de lluvia en la zona de forestación aguas abajo del muro del traque Ovejería, con un promedio anual de 3,5 l/s, la cual se distribuye en zonas de depresión del terreno más permeables en sectores identificados en la Tabla 2.3, asociada a la Figura 2.5.

Los caudales de infiltración fueron entonces incorporados al modelo numérico de manera concentrada según se indica en la Tabla 2.5, en zonas donde se espera (por topografía, tipo de sedimento y espesor de los mismos), exista infiltración hacia el acuífero.

Tabla 2.5 Caudales por efecto de recarga de precipitaciones en área aguas abajo del muro del Tranque Ovejería.

ID	Descripción	Caudal (l/s)
10	Quebrada zona poniente	1.0
11	Pozones	0,8
12	Quebradas del Espino y Ojo de Agua	0,8
13	Depresión (pequeña laguna)	0,9

Respecto a aguas abajo de la zona de forestación, durante la calibración en régimen permanente y transiente del modelo de flujo y transporte se desestimaron las infiltraciones producto de precipitaciones durante el ajuste de los valores observados.

2.1.5.2.2 Recargas en Régimen Transiente (condición CON Tranque Ovejería):

Producto de la atención a observaciones realizadas en el marco del proceso de revisión EIA del Proyecto Expansión Andina 244, así como de las observaciones específicas incluidas en solicitud 3.4 del Ord. 944 del 02 de junio de 2014 generadas dentro del marco del proceso de revisión del Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones (PSyCI), fue necesario realizar una extensión del período de calibración hasta fecha reciente y ajustar aunque en menor medida, algunos parámetros del modelo de forma de mejorar el ajuste en algunos pozos críticos, en particular en el PB-3.

Los puntos siguientes presentan las descripciones actualizadas para cada una de las recargas ingresadas al modelo en régimen transiente.

a) Recarga por precipitación en Zonas de Quebradas

La infiltración proveniente de las precipitaciones en las zonas de quebrada aguas arriba de la cubeta son asumidas con un valor promedio anual igual a los 60 l/s aplicados en régimen permanente, de acuerdo a lo señalado en la Tabla 2.4; sin embargo, para el período de calibración, este flujo ha sido ingresado de forma variable a nivel anual de forma de representar las variaciones climáticas a lo largo de los años.

b) Recarga por Infiltración Aguas Conducidas por Estero Chacabuco

Se ha mantenido desestimada, de igual manera que para régimen permanente.

c) Recarga por Precipitación en zonas Aguas Abajo del Muro del Tranque Ovejería

En el modelo en régimen transiente se incorpora la recarga producto de infiltraciones de precipitaciones y de riego en las mismas zonas de recarga, constituyendo una recarga conformada por ambos componentes.

La componente referida a recarga por infiltraciones provenientes de precipitaciones fue evaluada con base en la estadística histórica de precipitación mensual en la estación DGA Huechún Embalse (Código BNA: 5732001-K), considerando un factor que permita obtener como infiltración promedio anual la determinada en el modelo de calibración en régimen permanente.

El procedimiento consistió en calcular para cada mes, la precipitación disponible para infiltrar, la cual se calculó como la precipitación mensual total menos el valor de evaporación mensual de bandeja aplicando un coeficiente de 0.75 para transferirlo a evaporación de lámina de agua sobre suelo.

Luego, se calculó la tasa de recarga aplicando un coeficiente de infiltración de 20%, valor determinado a través del proceso de calibración y muy similar al determinado en el modelo conceptual (15%).

d) Recarga por Infiltración del Regadío en Áreas Forestadas

DAND efectúa el regadío de sus forestaciones con aguas provenientes de la laguna de aguas por medio de riego por surcos y de riego tecnificado. Ambas metodologías presentan diferencias en su eficiencia de riego. El riego por medio de surcos presenta una baja eficiencia (60%), por lo que se espera que un importante porcentaje del agua aplicada escurra y no sea aprovechada por la plantación. Por otra parte, el riego tecnificado presenta una eficiencia de riego cercana al 85% por lo que los excedentes son menores, lo que conlleva a una menor infiltración.

El agua excedente de riego corresponde al volumen de agua que la planta no consume o se pierde, ya sea como escorrentía superficial o percolación profunda. La infiltración producto de excedentes de riego se divide en dos zonas: la primera ubicada aguas arriba de la cubeta y la segunda aguas abajo del muro del Tranque Ovejería.

La estimación de la infiltración por riego se basa en la estadística histórica de demanda de los cultivos y de aplicación efectuada; información generada por la empresa contratista que mantiene la operación del riego (ATM Cons.).

La demanda de los cultivos que se maneja para confeccionar el programa de riego mensual ha sido determinada con base en la estadística histórica de precipitaciones, evaporación, coeficiente de cultivo de acuerdo al tipo y edad de las plantaciones asociada a cada cuartel de riego, así como a la eficiencia propia del sistema de riego utilizado.

Por otra parte, se mantiene la estadística histórica de los volúmenes mensuales de agua aplicada al riego por sector a partir del inicio de la forestación (año 2000), los que son obtenidos con base en frecuencias y tiempos de aplicación en los distintos cuarteles y equipos de riego.

No existen mediciones que permitan cuantificar qué porcentaje del exceso de riego fluye superficialmente fuera del área de forestación y cuánto se infiltra en la forestación misma. Sin embargo, se estima que aguas arriba del canal de contorno una infiltración de un 25% del excedente, dada la geomorfología, red de drenaje y tipo de suelo. En el caso de la naturaleza arcillosa de los suelos forestados aguas abajo del muro del tranque, de topografía menos abrupta, la mayor parte del exceso de riego fluye superficialmente quedando retenido en depresiones del terreno (canales interceptores, pozones), donde toma suficiente carga hidráulica para infiltrarse hacia el sistema subterráneo, por lo que se ha estimado en un 52%.

Con base en la estadística de caudales aplicados y la demanda de los cultivos mensuales, se han obtenido los caudales de excedencias mensuales, y posteriormente los caudales de infiltración, en que en la Tabla 2.6 se presentan los promedios anuales obtenidos los cuales incorporan la infiltración de la precipitación excedente.

Tabla 2.6 Caudales de recarga por infiltración de aguas provenientes de riego de forestación y precipitaciones.

Año	Sobre muro (l/s)	Bajo muro (l/s)
2000	0	5
2001	1	10
2002	3	16
2003	7	23
2004	7	27
2005	10	20
2006	12	20
2007	12	18
2008	16	19
2009	31	19
2010	34	14
2011	77	15
2012	33	13
2013	21	7
2014	7	14

Estimado con base en un porcentaje de infiltración de 25% para riego sobre muro y 52% bajo muro.

Para las zonas aguas arriba de la cubeta, la recarga ha sido asignada en zonas identificadas como favorables para la infiltración, en depósitos coluviales y fluviales, identificadas como ID 15 en la Figura 2.5 y en Tabla 2.3. Para las zonas aguas abajo de la cubeta, ha sido asignada en hondonadas y depósitos fluviales asociados a la red de drenaje, identificadas como favorables a la infiltración, identificadas como ID 10, 11, 12 y 13 en la Figura 2.5 y en Tabla 2.3.

e) Recarga por Infiltración desde la Cubeta

De acuerdo a lo expuesto en el modelo conceptual, la recarga por filtraciones desde la cubeta se ha clasificado en:

- Recarga por infiltraciones desde lamas (relaves o lamas expuestas).
- Recarga por infiltración desde la Laguna de Aguas Claras.

Las filtraciones desde la laguna variarán según las características del suelo bajo el agua. La mayor parte de la Laguna de Aguas Claras cubre un área cubierta por lamas (correspondiente a la fracción fina del relave producto del proceso de segregación de partículas que ocurre durante la depositación), las cuales por su granulometría se estima tienen una muy baja permeabilidad. Sin embargo, existe un sector de la laguna que se encuentra sobre terreno natural. En esta zona

se han identificado principalmente depósitos coluviales y depósitos fluviales asociados a la Quebrada El Espino. De acuerdo a ello, las filtraciones desde la Laguna de Aguas Claras se ha sectorizado según el terreno sobre el cual se encuentra en:

- Laguna sobre depósitos fluviales, constituyendo la zona de mayor infiltración.
- Laguna sobre depósitos coluviales.
- Laguna sobre depósitos de lamas, constituyendo la zona de menor infiltración.

En la Figura 2.6 se presenta la zonificación de la laguna sobre los distintos terrenos, basado en la batimetría de diciembre 2007 y con apoyo en fotografía satelital (octubre 2005).

Para efectos de la evaluación, se asume que el agua infiltrada se mueve verticalmente hacia el nivel freático. Luego, el flujo de agua por infiltración desde la Laguna de Aguas Claras queda definido por la ecuación de Darcy:

$$Q = -K \bullet A \bullet i$$

En que:

Q : Flujo entre la Laguna de Aguas claras y el acuífero [m3/s]
K : Conductividad hidráulica vertical suelo/relaves [m/s]
A : Área de infiltración [m2]
i : Gradiente hidráulico [adim]

El gradiente hidráulico queda definido por la siguiente expresión:

$$i = \frac{h_{laguna} - h_{unidad_bajo_relaves}}{L}$$

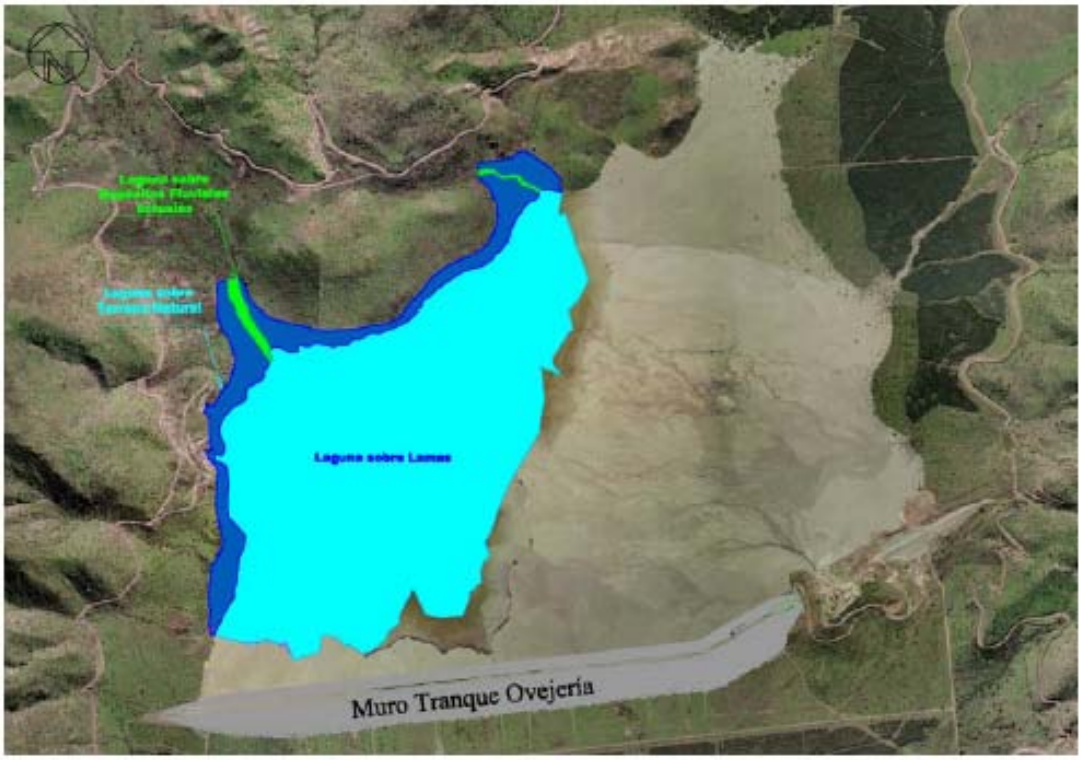
En que:

$h_{unidad_bajo_relaves}$: Es el nivel de la base de la unidad hidrogeológica bajo la laguna en contacto con el acuífero de la cuenca [m]

h_{laguna} : Es la cota de la laguna [m]

L: Es el espesor entre la superficie del terreno y el agua subterránea evaluado [m]

Figura 2.6 Laguna de Aguas Claras: áreas que se encuentran sobre terreno natural (depósitos fluviales y coluviales) y sobre lamas.



Asumiendo saturación entre la laguna y el acuífero subyacente, se asume como caso desfavorable que el gradiente hidráulico es 1, es decir, infiltra el mayor caudal posible de acuerdo con la permeabilidad de cada unidad ubicaba bajo la laguna.

En la zona existen pruebas sobre sondajes geotécnicos, los cuales han permitido definir una permeabilidad para el suelo natural compuesto por depósitos coluviales del orden de magnitud 1E-2 m/día. Para el sector de los depósitos fluvio-aluviales se tienen permeabilidades entre 2 y 6 m/d. Se asume que en la vertical la permeabilidad será un 10% de la permeabilidad horizontal, por lo que se consideran valores del orden de 1E-3 m/día para depósitos coluviales y del orden de 0,2 m/d para depósitos fluviales. Para las lamas, se ha asumido una permeabilidad vertical de del orden de 0.0001 m/d (equivalente a 1E-9 m/s en orden de magnitud), que representa a la fracción más fina del relave depositado.

A manera de ejemplo, respecto al área cubierta por la Laguna de Aguas Claras, se ha evaluado un área de 204 Hás de laguna sobre lamas y de 32 Hás sobre suelo natural para diciembre de

2007, obteniendo las filtraciones según se detalla en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 Evaluación de filtraciones desde la Laguna de Aguas claras a diciembre de 2007.

Terreno sobre el cual se encuentra la laguna	Área (m2)	K (m/día)	i adim	Caudal de infiltración (l/s)
Depósitos coluviales	300,773	0.0015	1	5,7
Depósitos fluvio-aluviales	23,241	0.2	1	55,1
Lamas	2,044,327	0.00012	1	2,4
TOTAL				63,2

La evaluación señalada está asociada a las condiciones particulares que presenta el tranque a diciembre de 2007. Para determinar las filtraciones históricas se evalúa la estadística histórica del área de la laguna (mediciones desde septiembre de 2000), la cual tiene diferentes frecuencias. En aquellos meses en que sólo se cuenta con medición del área total de la laguna, sin la diferenciación entre las zonas sobre lamas y sobre terreno natural, se ha mantenido la razón encontrada para diciembre de 2007 entre estas áreas, la cual se ha mantenido a su vez para las superficies sobre depósitos coluviales y fluviales:

$$A_{\text{depósitos fluvio-aluviales}} : A_{\text{depósitos coluviales}} : A_{\text{lamas}} = 1 : 13 : 88$$

$$A_{\text{depósitos fluvio-aluviales}} : A_{\text{total laguna}} = 1 : 102$$

Con base en lo anterior, se ha estimado el caudal por infiltración desde la laguna sobre los distintos tipos de terreno (depósitos fluvio-aluviales y coluviales) y desde lamas (relaves), en que en la Tabla 2.8 se presentan los promedios anuales obtenidos. Dichas filtraciones tienen relación con el crecimiento de la cubeta y de la laguna, en que desde el inicio de la operación ha alcanzado una superficie de 2,7 Km2 y 8,1 Km2 respectivamente.

Las filtraciones obtenidas fueron ingresadas en el modelo matemático de simulación a nivel mensual, a través de las zonas de recarga identificadas en la Figura 2.5 y en la Tabla 2.3 como ID 16 a 19. Para ello, se ha utilizado la estadística de superficie obtenida de batimetría histórica y, para aquellos meses sin información, se ha procedido a realizar interpolación para obtener la superficie de la laguna.

De acuerdo con las características de permeabilidad, las mayores infiltraciones han sido asignadas a la Laguna de Aguas Claras en contacto con depósitos fluviales. DAND ha realizado trabajos de impermeabilización de las quebradas naturales a partir de septiembre de 2008, esperándose una disminución en los aportes a la infiltración asociados a esta componente al

producirse procesos de compactación en el tiempo. Sin embargo, no es posible obtener mediciones de la permeabilidad para evaluar los cambios por encontrarse bajo agua. En esta actualización del modelo numérico, se ha optado por no incluir dicha disminución en la recarga por este efecto.

Tabla 2.8 Estimación de filtraciones desde la cubeta, basado en superficies de batimetrías disponibles.

Año	Laguna de Aguas Claras			Total Laguna de Aguas Claras	Relaves	Q TOTAL LAGUNA + RELAVES L/S
	Sobre depósitos fluviales (l/s)	Sobre depósitos coluviales (l/s)	Sobre Lamas (l/s)	(l/s)	Lamas expuestas (l/s)	
2000	23,3	2,1	0,9	26,3	24,9	51,3
2001	29,6	2,9	1,3	33,8	44,2	78,0
2002	42,2	4,1	1,7	48,0	43,4	91,4
2003	59,9	5,8	2,4	68,1	34,7	102,9
2004	58,8	5,6	2,3	66,6	45,4	111,9
2005	59,5	5,6	2,3	67,5	47,7	115,2
2006	57,3	5,4	2,3	65,0	52,2	117,0
2007	61,0	5,8	2,4	69,2	48,9	118,1
2008	63,8	6,1	2,5	72,3	52,4	124,8
2009	61,0	5,8	2,4	69,2	46,7	116,0
2010	67,7	6,5	2,7	77,0	49,0	126,0
2011	67,9	6,5	2,7	77,1	47,1	124,2
2012	60,9	7,0	2,6	70,5	46.3	116,8
2013	52,9	6,0	2,3	61,2	48.0	109,1

f) Recarga por Infiltración desde el Canal de Contorno

El Canal de Contorno conduce las aguas impulsadas desde la Laguna de Aguas Claras a través de bombas ubicadas en la Torre de Captación hacia las zonas de riego y la piscina de dilución. Se cuenta con antecedentes de pérdidas de agua desde este canal, detectadas por balance hídrico desde el punto de captación hasta el punto de entrega final, en que se estima que parte de las pérdidas infiltra hacia el acuífero. Es por ello, que entre los años 2005 y 2006 se efectuaron trabajos de impermeabilización de la conducción, razón por la cual se estima que dichas filtraciones han disminuido.

Esta recarga ha sido distribuida en zonas donde se prevé posibilidad de filtraciones por presencia de roca fracturada (conglomerado), identificadas como ID 20 en la Figura 2.5 y en Tabla 2.3, zonas que fueron identificadas mediante mapeo de superficie efectuado por GP Consultores en el marco del modelo de simulación 2008.

Se dispone de estadística del caudal impulsado desde la Torre de Captación para los periodos enero de 2005 a diciembre de 2007 con frecuencia mensual, y a partir de noviembre de 2009 hasta diciembre de 2011, en que entre mayo y agosto de 2010 no se construyó muro y no se condujo agua por el Canal de Contorno.

Para construir la estadística de caudal conducido por el Canal de Contorno se consideró el inicio del riego a partir de octubre de 2000, por lo cual se asume la conducción de agua del canal de contorno se inició en esa fecha.

Con base en estos antecedentes, se construyó la estadística de caudales de conducción por el Canal de Contorno, en que para el periodo anterior a enero de 2005 se repitieron los ciclos 2005 y 2006, mientras para el año 2009 se completó la estadística repitiendo los ciclos de los años 2006 y 2007.

En la actualización del modelo, durante el proceso de calibración se han estimado estas pérdidas en un 10% del caudal total impulsado desde la Torre de Captación hasta el año 2007, disminuyendo a un 5% producto de obras de mejora para disminuir tales infiltraciones.

Con base en lo anterior, se han obtenido filtraciones para cada intervalo de tiempo (stress period), los que se resumen en la Tabla 2.10 como promedios anuales.

Tabla 2.9 Recarga desde Canal de Contorno

Año	Caudal impulsado desde la Laguna de Aguas Claras (l/s)	Caudal de Infiltración (l/s)
2000	-	28
2001	-	75
2002	-	84
2003	-	75
2004	-	84
2005	747	75
2006	875	88
2007	726	35
2008	-	24
2009	-	20
2010	591	30
2011	1.117	56
2012	1.043	52
2013	897	45
2014	1.026	51

Nota: Para los años sin dato de caudal medio impulsado desde la Laguna de Aguas Claras, han sido extrapolados (2000 a 2004) e interpolados (2008 y 2009), con base en temporadas año 2006-2007, en que para el año 2000 se asume inicio a partir de octubre, fecha en que se inició el riego de la forestación.

g) Infiltración desde Muro del Tranque Ovejería

El muro del Tranque Ovejería es construido por arenas, las cuales son depositadas mediante la inyección de pulpa que contiene agua y arenas. Por su naturaleza, el muro es entonces permeable permitiendo la filtración de las aguas utilizadas para su conducción y denostación (se descuenta evaporación y retención), la cual es captada casi en su totalidad por un sistema de drenes ubicado para este efecto bajo muro.

Sin embargo, el caudal alumbrado por los drenes es mayor al caudal asociado a la construcción del muro, en que el dren capta también agua proveniente del acuífero y se estima que tiene entonces incidencia en el nivel de aguas subterráneas en la zona del muro. Por esta razón, el caudal asociado a la construcción del muro es asignado como entrada al sistema de aguas subterráneas.

Este caudal se estimó con base en la estadística de pulpa de construcción del muro, para un

porcentaje de humedad del 70% y asumiendo un porcentaje de agua retenida en el muro mismo, de 18% en peso.

Se presentan en la Tabla 2.11 los datos de caudal de agua por filtración asociada a la construcción del muro, calculados de acuerdo a los párrafos anteriores, los que fueron ingresados a nivel mensual en el modelo de calibración.

Tabla 2.10 Recarga muro de las arenas

Año	Sólido de construcción de muro (ton/m3)	Caudal de agua contenida en pulpa de construcción (l/s)	Caudal de agua por filtración asociada a construcción del muro (*) (l/s)
2000	199,201	32	19
2001	129,487	21	11
2002	250,149	41	24
2003	286,250	47	25
2004	273,541	45	24
2005	229,292	38	18
2006	325,461	53	26
2007	232,379	38	15
2008	83,427	14	6
2009	129,886	21	13
2010	174,221	28	14
2011	240,747	39	16
2012	183,942	30	15
2013	264,602	43	19
2014	182,851	31	3

(*) Considera: Evaporación, humedad 70%, retenciones 18% en peso.
(**) Año 2014 considera sólo los meses de Enero a Marzo

En términos espaciales, este efecto se incorporó en la zona de recarga por infiltraciones desde el muro, identificadas en la Figura 2.5 y en la Tabla 2.3 como ID 21.

h) Recarga por Infiltración en área del embalse Huechún

La condición de concentraciones observada en el pozo de monitoreo G05, no es consistente con el seguimiento y los contenidos en pozos de control que se han construido con fines de monitoreo ubicados inmediatamente aguas arriba de su ubicación, por lo que se estima que dicha alza podría tener relación con el manejo de aguas claras en la zona de aguas abajo del

muro del tranque, y que se pudieran haber tenido un tránsito más superficial y/o subsuperficial hacia el sector del embalse Huechún.

En particular, durante los años 2010 y 2011 algunos pozos de la actual red de monitoreo de la zona, y que se entregan a la autoridad, durante ese período, muestran algunas alzas en la concentración de sulfato, que se presume podría ilustrar lo señalado.

Luego, la recarga, que se ha asignado en el área del embalse Huechún, ha sido revisada en la presente actualización con el fin de representar las concentraciones de sulfatos registradas en el pozo G-05. En efecto, su magnitud y temporalidad fue revisada en el proceso de recalibración, en atención a observaciones específicas de la autoridad incluidas en el Ordinario 2473 del SEA RM de fecha 22 de noviembre del 2013. Esta recarga corresponde a la indicada como ID 22 en la Figura 2.5.

i) Recarga por infiltración desde el Tranque Viejo

Se ha identificado una tendencia ascendente en el pozo PB-3 (ver Figura 2.18 para su ubicación), no reflejada por el modelo de simulación con anterioridad. Para representar este comportamiento, el procedimiento consideró la revisión de parámetros elásticos y de transporte en el sector, sin embargo ello no permitió mejorar el ajuste razón por la cual se procedió a efectuar una nueva revisión de otras posibles causas que originaran dicha tendencia.

Es así como al oriente del cerro El Pescado se ha identificado la recarga proveniente del agua acumulada en la zona denominada “Tranque Viejo” correspondiente a la zona 23 de la Figura 2.5. Esta zona entre los años 2002 y 2008, recibió los excedentes del riego por surcos de árboles nativos ubicados inmediatamente al oriente de este tranque de riego con agua conducida por el Canal Sur, además de aguas descargadas desde el canal de contorno, durante eventos de alta pluviosidad invernal. De esta forma, se consideró una recarga de 4 l/s distribuida en este sector entre los meses de Diciembre a Marzo (por excedentes de regadío) para el periodo 2002-2008, y en los meses invernales más lluviosos del periodo de modelación.

2.1.5.3 Nivel Constante (Condición de Borde tipo: Constant Head)

En el sector Sur-Este de la zona de estudio existe una conexión con el acuífero de la cuenca principal Chacabuco-Polpaico. Esta conexión es representada por este tipo de condición de borde, que si bien su nombre la indica como “constante”, puede variar en el tiempo y en el espacio.

Con anterioridad al acople del modelo Ovejería con el modelo Chacabuco-Polpaico, la condición

de borde de nivel constante asociada al límite Sur-Este se construía a partir de las mediciones de nivel registradas en el pozo de observación A-1. Dicha conceptualización se vio modificada en el presente modelo numérico, obteniéndose actualmente dichos niveles a partir del acople del Modelo Ovejería con el Modelo Chacabuco-Polpaico como se explica en el Anexo G, lográndose de este modo una mejor representación de la evolución espacial y temporal del nivel en el límite antes mencionado. Para dicho acople se definieron en el Modelo Chacabuco-Polpaico 5 pozos de observación a lo largo del límite Sur-Este, mostrados en la Figura 2.7, los cuales se utilizan para extraer los niveles del agua subterránea calculados por dicho modelo, definiendo la condición de Constant Head del modelo Ovejería. A su vez, el modelo Ovejería calcula un flujo a través de dicho límite, el cual se utiliza como condición de borde para el Modelo Chacabuco-Polpaico. En este sentido, el acople de los modelos se consigue de manera iterativa. El resultado del acople se presenta en la Figura 2.8, la cual muestra las 5 series de tiempo de nivel asociadas a los pozos de la Figura 2.7.

Como se puede apreciar de la Figura 2.7, el nivel de agua subterránea aumenta en cota en dirección Nor-Este, existiendo alrededor de 10 m de diferencia entre los puntos de observación SE01 y SE05, la cual se mantiene relativamente constante en el tiempo. El gradiente espacial de nivel de agua subterránea se explica debido a que la sección de empalme Sur-Este tiene una orientación relativamente similar a la dirección del flujo principal de la cuenca Chacabuco-Polpaico.

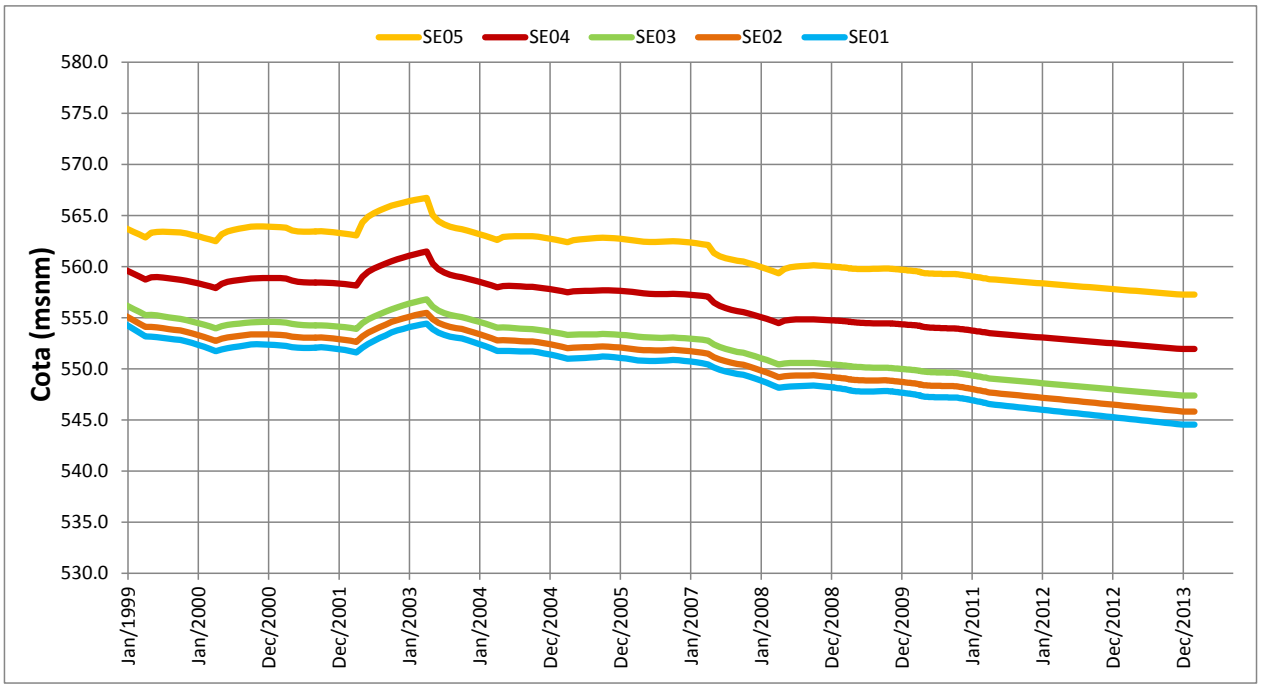
Por otro lado, para los 5 puntos de observación antes mencionados, el nivel disminuye alrededor de 6 m durante el periodo de calibración. La evolución del nivel en la sección de empalme guarda directa relación con la evolución del nivel en el acuífero principal de la cuenca Chacabuco-Polpaico.

Cabe mencionar que las modificaciones realizadas a la condición de borde Constant Head que se impone en el límite Sur-Este, generaron la necesidad de recalibrar el modelo Ovejería tanto en lo que respecta al flujo como al transporte, modificaciones que se explican en detalle en el presente anexo.

Figura 2.7 Ubicación pozos de observación del límite Sureste utilizados para acople.



Figura 2.8 Series de tiempo de nivel constante (Constant Head) en límite Sureste.



2.1.5.4 Contorno de Potencial Constante (Condición de Borde: General Head Boundary)

Se ha identificado como zona de principal descarga subterránea de la cuenca de la Rinconada de Ovejería al límite Sur, aguas abajo del embalse Huechún. El comportamiento del flujo subterráneo y los niveles de agua subterránea en este sector son representados en el modelo mediante una condición de borde de potencial constante o GHB (*General Head Boundary*). La principal diferencia entre un GHB y una condición de nivel constante es que la primera permite que el nivel de agua en la celda varíe de acuerdo al flujo subterráneo que cruza la celda. Para el límite Sur se seleccionó este tipo de condición de borde por cuanto no se dispone de pozos que permitan estimar niveles estáticos, siendo los existentes pozos de producción con niveles consecuentemente dinámicos.

La condición GHB corresponde a una condición de borde de flujo, cuyo caudal de entrada o salida depende de la cota piezométrica de las celdas circundantes, de una cota piezométrica de referencia y de un parámetro de conductancia que representa la resistencia al flujo entre el dominio del modelo y la condición de borde. Con anterioridad al acople del modelo Ovejería con el modelo Chacabuco-Polpaico, el nivel de la condición de borde GHB se imponía constante e igual a 519,3 msnm, valor que se consideraba representativo de las mediciones de nivel registradas en el pozo APR Santa Matilde, mientras que las conductancias tomaban valores de 13 y 42 m^2/día, obtenidos a partir de un proceso de calibración. En la versión acoplada del modelo Ovejería con el modelo Chacabuco-Polpaico, se decidió tomar como referencia la serie completa de niveles en el pozo APR Santa Matilde, la cual se presenta en la Figura 2.9. La idea detrás de considerar la serie completa de nivel es garantizar que el modelo responde correctamente a las variaciones de nivel del acuífero regional, las cuales serán generadas para el periodo de simulación por el modelo Chacabuco–Polpaico, en acople con el modelo Ovejería. Se observa en la Figura 2.9 una variación de nivel que incluye un descenso a partir del año 2005 entre 10 y 12 m.

Por otro lado, para calcular las conductancias de cada celda del límite Sur se utilizó la siguiente ecuación (que se sugiere en los manuales de Modflow), obteniéndose valores en el rango 3E-05 a 20 m^2/día, los cuales son constantes en el tiempo:

$$Conductancia_{Celda} = \frac{Alto_{Celda} \cdot Ancho_{Celda} \cdot Conductividad_{Celda}}{Distancia_{APR_Sta.Matilde}}$$

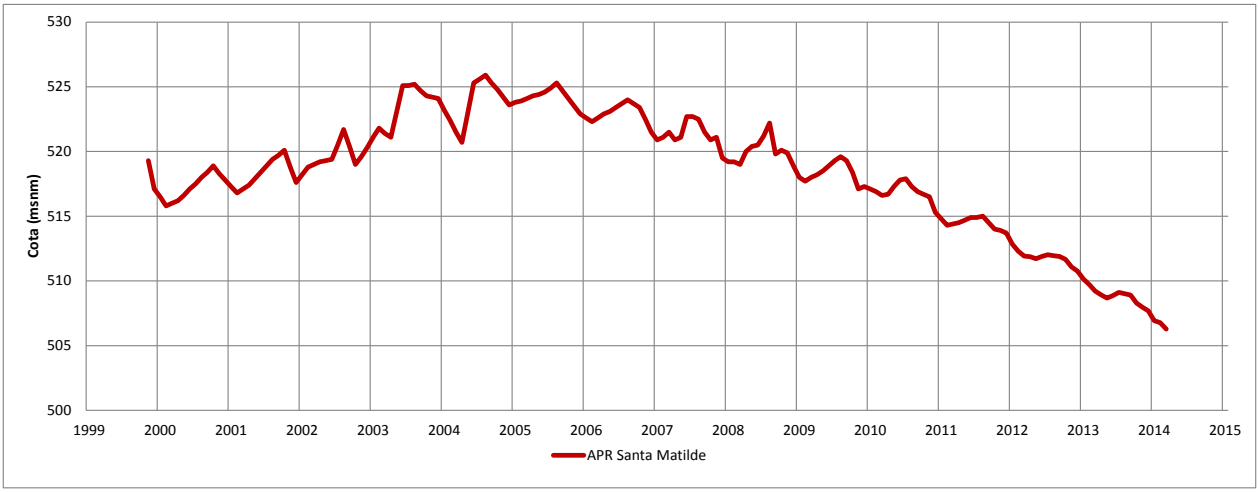
En que:

$Alto_{Celda}$: Es el alto de cada celda del límite Sur [m]
$Ancho_{Celda}$: Es el ancho de cada celda del límite Sur [m]
$Conductividad_{Celda}$: Es la conductividad de cada celda del límite SUr [m]

Distancia$_{APR_Sta\ Matilde}$: Es la distancia entre el límite Sur y el APR Sta. Matilde [m]

Cabe mencionar que las modificaciones realizadas a la condición de borde GHB que se impone en el límite Sur, generaron la necesidad de recalibrar el modelo Ovejería tanto en lo que respecta al flujo como al transporte, modificaciones que se explican en detalle en el presente anexo.

Figura 2.9 Serie de tiempo de potencial constante (General Head) en límite Sureste.



2.1.5.5 Drenes (Condición de Borde tipo: Drain)

El proyecto del tranque de relaves de Ovejería consideró un sistema de drenaje gravitacional basal desde el inicio de la construcción del muro, el cual tiene como finalidad capturar el agua que infiltra a través del muro contenida en el pulpa de construcción. Se tiene antecedentes que el sistema de drenaje captura también parte del flujo subterráneo proveniente desde la zona aguas arriba del muro.

Este sistema de drenaje se ha incorporado en el modelo numérico a través de celdas tipo *Drain*, la cual requiere como dato de entrada una cota de referencia y un valor de conductancia.

Las celdas tipo *Drain* son condiciones de borde que permiten extraer agua del sistema subterráneo en aquellos casos en que el nivel de agua en la celda es mayor a la cota de referencia asignada a la condición de borde. Por el contrario, si el nivel de agua es menor que la cota de referencia, el caudal extraído por la condición de borde es nulo.

Así, las celdas tipo *Drain* extraen un caudal que es proporcional a la diferencia de energía calculada por el modelo para la celda y un cierto nivel umbral especificado externamente, y a la conductancia.

Las cotas de referencias asignadas a las condiciones de borde tipo *Drain* provienen de los planos de diseño del sistema de drenaje, mientras que el valor de la conductancia es el resultado del proceso de calibración.

2.1.5.6 Pozos de Extracción (Condición de Borde tipo: Well)

De acuerdo con lo indicado en el modelo conceptual, se presentan las siguientes extracciones de agua a través de pozos de captación de aguas subterráneas:

- Tres pozos de bombeo permanentes (APR Huechún, PB-3 y PB-13).
- Pruebas de bombeo de larga duración en la zona efectuadas por DAND (Pozos PVN y PBID).
- Se tiene antecedentes de 4 pozos de extracción para regadío a partir de la temporada de riego 2008. Estos pozos se encuentran ubicados en el sector Sur del dominio de modelación, aguas abajo del muro del embalse Huechún y han sido denominados como FRT-1, FRT-2, FRT-3 y Gilo-1.
- A partir de finales del año 2009, bombeos del sistema de pozos de bombeo, compuesto por 15 pozos, implementado como barrera hidráulica aguas abajo del Tranque Ovejería (Pozos PBH-1 a 14 y PBID5).
- A partir de Abril 2014, bombeos adicionales al sistema de pozos de bombeo,

implementados como robustecimiento de barrera hidráulica original, compuesto por (Pozos PBH-15 a 22). El periodo de Octubre 2013 a Marzo 2014 fue considerado como periodo de prueba de bombeo conjunta.

La ubicación de los pozos mencionados en los párrafos anteriores se presenta en la Figura 2.10. En los puntos siguientes se presentan las principales extracciones por concepto de bombeos desde pozos existentes en el dominio de modelación. El ingreso de los caudales considera la duración de cada Stress period (1 mes), por lo que fueron prorrateados para este intervalo de tiempo en el caso de pruebas de bombeo, en general con diferente duración a un mes.

- **Bombeos en Régimen Permanente**

Para el caso de las simulaciones en régimen permanente, sólo se ha considerado el bombeo desde el pozo APR Huechún, para el cual se ha estimado un caudal continuo de 0,65 l/s.

- **Bombeos en Régimen Transiente**

Para el caso de las simulaciones en régimen transiente, se ha definido el bombeo de cada pozo, según se detalla a continuación:

- Bombeo desde pozos históricos

  Los pozos históricos existentes en la zona corresponden a APR Huechún; PB-3 y PB-13, con caudales que se han estimado en 0,9 l/s desde septiembre a marzo y 0,3 l/s desde abril a agosto en el pozo APR Huechún; 1 l/s para el pozo PB-3 y; 3 l/s para el pozo PB-13.

- Pruebas de bombeo especiales

  Se realizaron pruebas de bombeo utilizando packers entre febrero y abril de 2008 en los pozos PBID-1, PBID-2 y PVN-3. Estas pruebas correspondieron a pruebas de bombeo de caudal variable para la obtención de las propiedades hidráulicas de las distintas unidades hidrogeológicas existentes. Las pruebas fueron realizadas en forma individual por periodos entre 4 y 7 días, con caudales de extracción entre 4 y 40 l/s.

- Pruebas de bombeo desde conjunto de pozos

  Durante el periodo comprendido entre el 31 de julio de 2008 y abril de 2009, se efectuaron pruebas de bombeo de larga duración en los pozos PBID y PVN, monitoreando su efecto sobre los niveles y calidad de las aguas subterráneas en el sector. El objetivo de estas pruebas correspondió a la evaluación de la eficacia de los bombeos efectuados en capturar la mancha de Sulfatos detectada y proponer, en base a

las mediciones efectuadas, la ubicación y configuración de una barrera hidráulica (batería de pozos) que permita contener las fugas de agua del Tranque Ovejería.

Entre agosto y septiembre de 2008 se extrajo de los pozos PVN-1 a 3, 67 l/s. Entre septiembre de 2008 y abril de 2009 se extrajo 117 l/s desde los pozos PVN-1, PVN-2, PBID-1 a PBID-3.

- Bombeo de pozos para regadío

En el sector Sur del dominio de modelación, a partir del año 2008 se tiene antecedentes de que se construyeron 4 pozos pertenecientes a terceros con fines de riego agrícola, sin embargo, no se cuenta con antecedentes de caudales de bombeo. Dichos caudales se han estimado en base a una superficie de riego de 130 Hás y una demanda promedio de 0,6 l/s/Há. Ello implica un caudal promedio anual de 20 l/s cada uno, totalizando 80 l/s durante la temporada de riego, lo que como promedio anual representa 47 l/s.

- Bombeo de pozos de la barrera hidráulica

A partir del 11 de noviembre de 2009 se da inicio a las pruebas de la barrera hidráulica del conjunto de pozos de bombeo, compuesto por los pozos PBH-1 a PBH-14 y PBID-5, implementado como barrera hidráulica aguas abajo del tranque Ovejería. La configuración de funcionamiento se describe a continuación:

En un primer período, hasta el día 24 de noviembre de 2009, estuvieron en funcionamiento los pozos PBH-7, PBH-8 y PBH-10, con un caudal total de 34 L/s.

La segunda etapa, que parte el 25 de noviembre de 2009, se incorpora al bombeo de la barrera hidráulica los pozos PBH-1, PBH-2, PBH-4, PBH-5, PBH-6 y PBH-9, incrementándose el caudal total de extracción a 94 L/s.

El día 2 de diciembre de 2009 se puso en funcionamiento el pozo PBH-3 (caudal total barrera: 98 L/s), y el día 8 de diciembre empezó su funcionamiento el pozo PBH-11 (caudal total barrera: 109 L/s).

Finalmente, el día 31 de diciembre de 2009 se pusieron en funcionamiento los últimos pozos pertenecientes a la barrera hidráulica (PBH-12, PBH-13 y PBH-14), obteniéndose un caudal total de extracción de 156 L/s, concluyéndose con el bombeo el día 12 de enero de 2010.

El día 9 de marzo de 2010, luego de estar detenido el bombeo de la barrera hidráulica, se retoma parcialmente el funcionamiento del sistema, con un caudal total de extracción

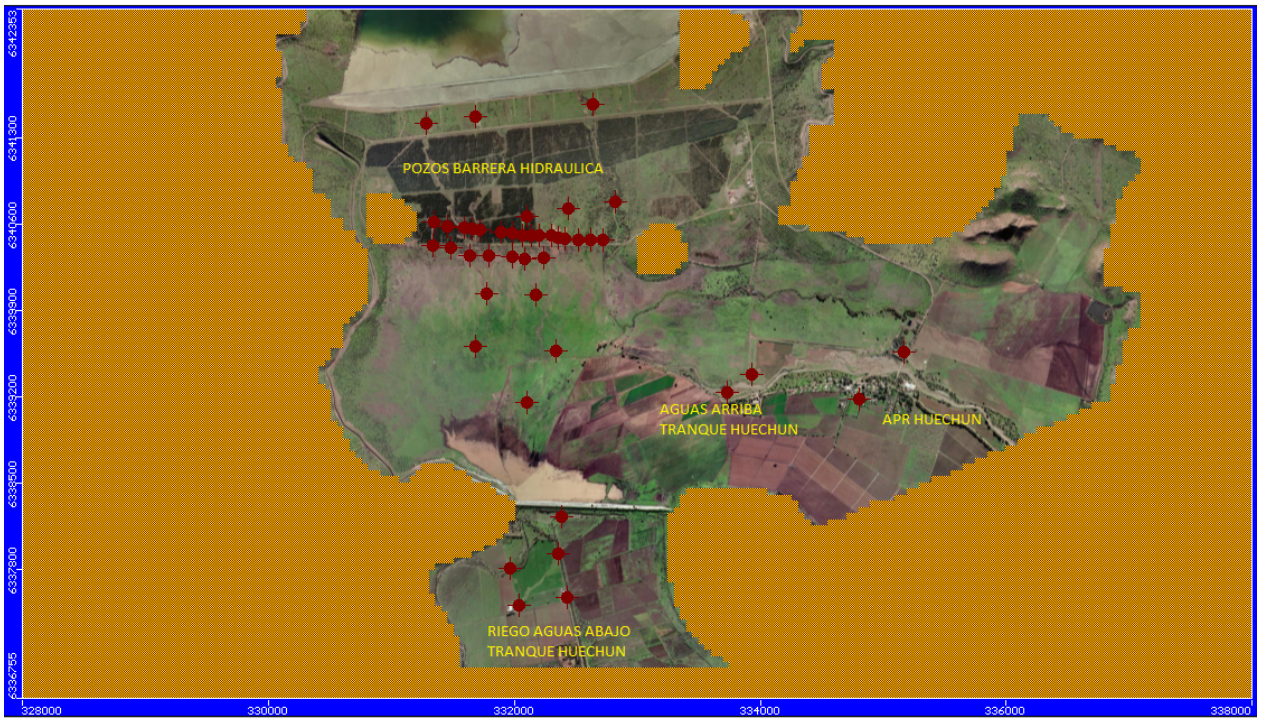
de aproximadamente 121 L/s hasta el 28 de ese mes. El día 30 de marzo de 2010 se pone en funcionamiento además el pozo PBID-5, con lo cual se da inicio a la operación de la barrera hidráulica.

En el período de funcionamiento se presenta una serie de detenciones por cortes en el abastecimiento de energía eléctrica, debido a la puesta en marcha del sistema de suministro eléctrico, por lo que los caudales medios mensuales son menores a los caudales medios instantáneos.

Los caudales asignados en el modelo de simulación corresponden a los caudales medios mensuales registrados, con un promedio de 145 l/s para el periodo abril de 2009 a diciembre de 2011.

A partir del año 2013, han entrado en prueba/operación los pozos de robustecimiento de la barrera hidráulica, lo cual ha incrementado el caudal total de bombeo a un valor conjunto levemente por sobre los 200 l/s desde fines de 2013 a la fecha.

Figura 2.10 Ubicación extracciones de agua por medio de pozos de bombeo.



2.2 Calibración modelo numérico de flujo

2.2.1 Generalidades

El proceso de calibración en un modelo numérico hidrogeológico de flujo consiste en el ajuste de los parámetros hidráulicos (permeabilidades y coeficientes de almacenamientos), así como de variables empíricas estimadas correspondientes a las condiciones de borde dentro de rangos probables, de manera de reproducir como resultado de la simulación matemática, los niveles piezométricos medidos y las condiciones de flujo estimadas. Se procede entonces a un proceso de ajuste tipo "ensayo y error", durante el cual se ajustan parámetros y variables en forma cíclica hasta que el grado de similitud entre las predicciones y los valores observados en el sistema físico cumpla con los objetivos establecidos para el proyecto. Cabe mencionar que la calibración de la versión del año 2012 del modelo Ovejería se vio modificada producto del proceso de acople de dicho modelo con el modelo Chacabuco-Polpaico, específicamente debido al cambio en las condiciones de borde General Head Boundary y Constant Head impuestas en los límites Sur y Sur-Este respectivamente. Dichas modificaciones se explican detalle en el presente acápite.

2.2.2 Calibración en Régimen Permanente

En régimen o estado permanente el sistema físico alcanza un equilibrio de largo plazo, en donde los volúmenes de agua que se incorporan y abandonan el dominio de modelación se igualan, no produciéndose cambios en el almacenamiento del acuífero. En consecuencia, las ecuaciones que gobiernan el flujo en medios porosos saturados en régimen permanente no dependen de la variable temporal ni de la capacidad de almacenamiento, siendo ajustada durante la calibración la conductividad hidráulica para cada una de las unidades hidrogeológicas considerando la heterogeneidad de un sistema natural.

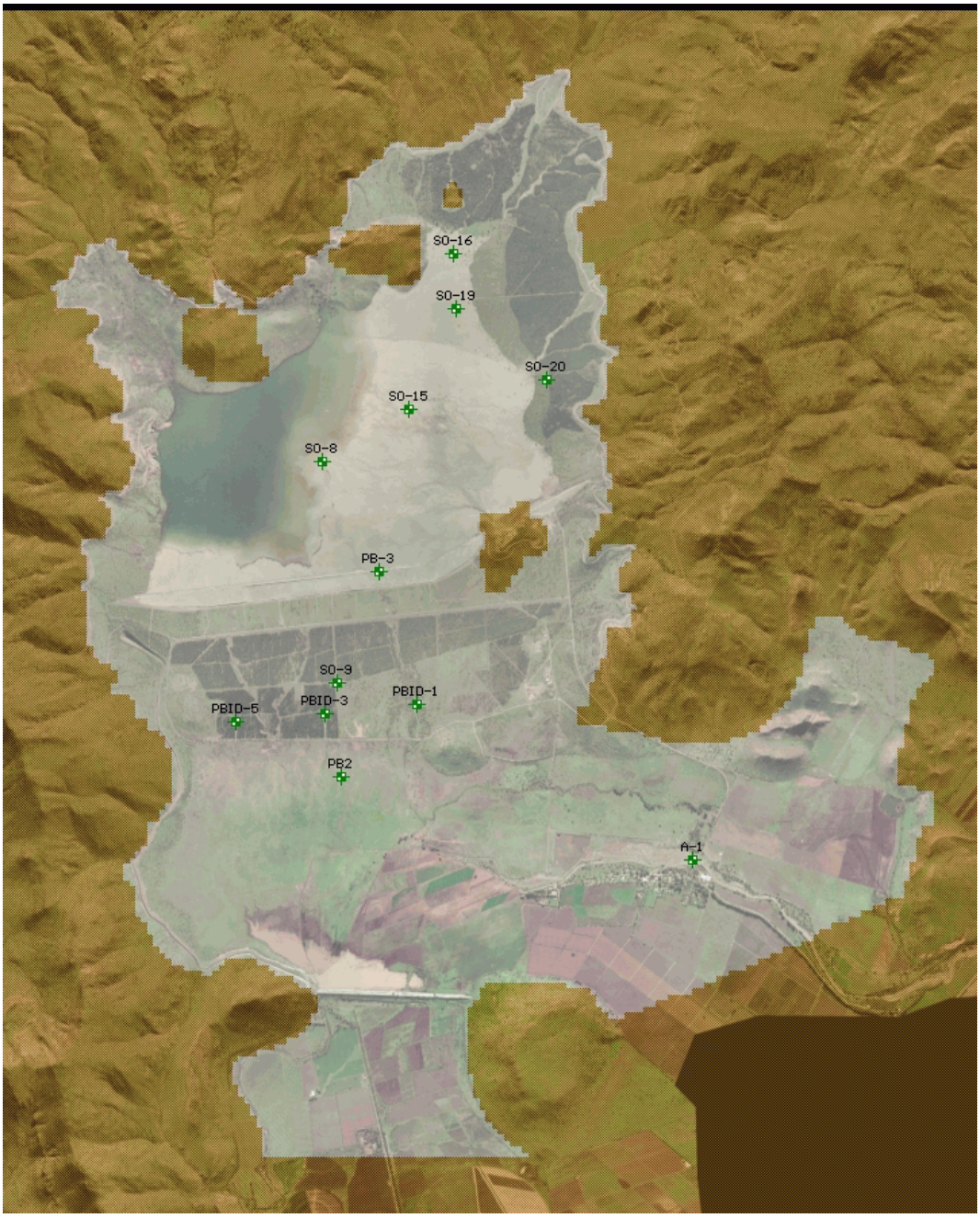
2.2.2.1 Patrón de Calibración

La calibración en régimen permanente tuvo como finalidad reproducir las condiciones de flujo subterráneo y distribución piezométrica existente en la cuenca de Ovejería antes de la entrada en operación del tranque de relaves (diciembre 1999). Basado en esto, se han empleado 12 sondajes y pozos con disponibilidad de mediciones durante el año 1999, las cuales son comparadas con los niveles resultantes de la calibración. En la Tabla 2.12 se indican los niveles estáticos de los pozos empleados junto con sus coordenadas UTM, cuyas ubicaciones son indicadas en la Figura 2.11.

Tabla 2.11 Pozos de Monitoreo – Régimen Permanente.

Pozo	Este (m)	Norte (m)	Nivel Estático (msnm)
A-1	335.103	6.339.474	561.51
PB-2	332.203	6.340.160	562.32
PB-3	332.512	6.341.875	567.54
PBID-1	332.830	6.340.770	564.50
PBID-3	332.075	6.340.690	564.10
PBID-5	331.340	6.340.625	564.30
SO-8	332.052	6.342.783	570.20
SO-9	332.166	6.340.951	564.99
SO-15	332.763	6.343.222	572.21
SO-16	333.129	6.344.513	592.05
SO-19	333.149	6.344.060	581.90
SO-20	333.901	6.343.470	593.75

Figura 2.11 Ubicación pozos de observación modelo de flujo en régimen permanente.



2.2.2.2 Resultados de la Calibración en Régimen Permanente

- Niveles Piezométricos

En la Figura 2.12 se representa la comparación entre los niveles piezométricos medidos y los niveles resultantes de la simulación para los 12 pozos considerados para la calibración en régimen permanente, mientras en la Tabla 2.13 se presentan valores numéricos para cada pozo. La gráfica contenida en la Figura 2.12 permite visualizar el grado de ajuste alcanzado en la calibración. Mientras más cerca de la línea central se encuentren los puntos, el grado de ajuste se considera mejor. La leyenda superior derecha del gráfico indica el layer en el cual se ubica cada punto de observación del modelo y las bandas asociadas al intervalo 95% (correspondiente a los pozos de mejor ajuste) y la banda de confianza 95% (asociada a la distribución de probabilidades). La leyenda inferior del gráfico presenta los estadísticos típicos utilizados para evaluar el grado de ajuste de un modelo matemático, entre ellos, el error medio cuadrático normalizado (NRMS).

Figura 2.12 Ajuste de niveles calibración en régimen permanente.

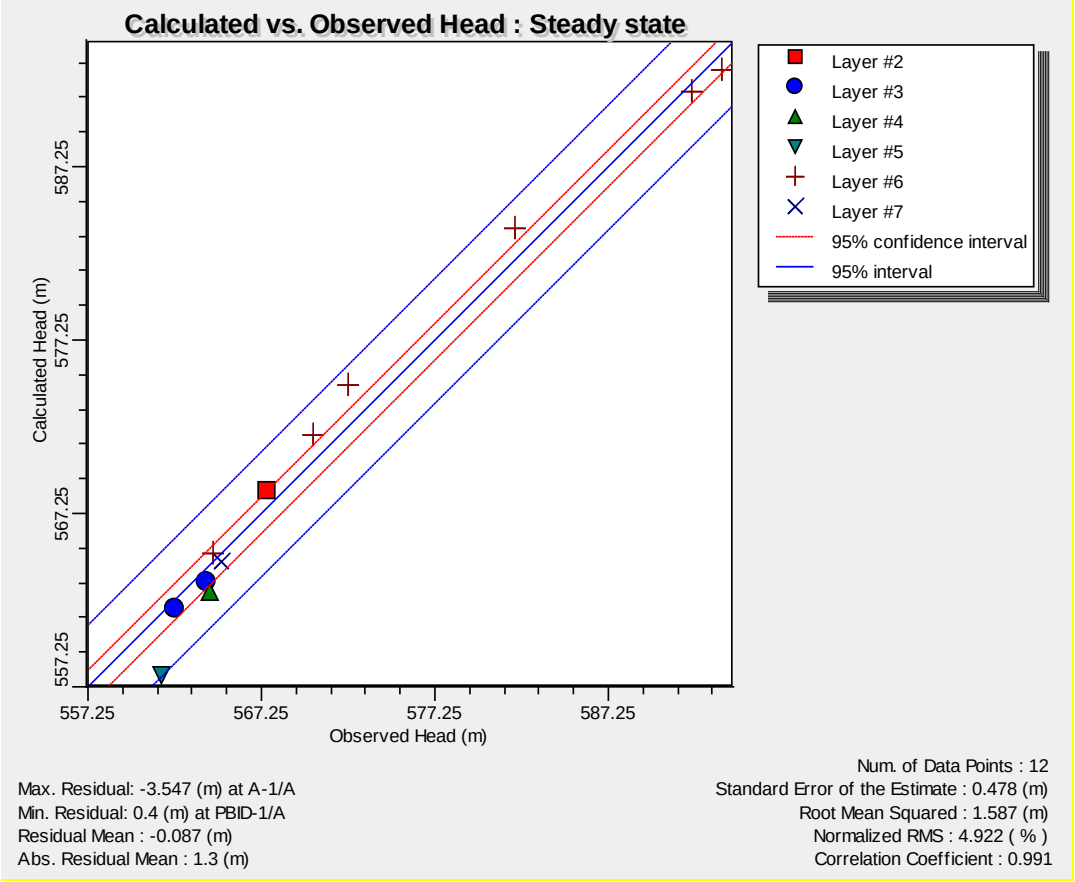


Tabla 2.12 Niveles Piezométricos Medidos vs Simulados.

Pozo	NE Medido (NEM) (msnm)	NE Simulado (NES) (msnm)	Δ= NEM-NES (msnm)
A-1	561.51	557.96	-3.5
PB-2	562.25	561.76	-0.5
PB-3	567.54	568.60	1.1
PBID-1	564.50	564.90	0.4
PBID-3	564.10	563.32	-0.8
PBID-5	564.30	562.74	-1.6
SO-8	570.20	571.80	1.6
SO-9	564.99	564.45	-0.5
SO-15	572.21	574.65	2.4
SO-16	592.05	591.58	-0.5
SO-19	581.90	583.68	1.8
SO-20	593.75	592.81	-0.9
RMS Normalizado = 4.92%			

Además de la comparación gráfica del grado de ajuste alcanzado entre cota piezométrica medida y simulada (Figura 2.12), existen indicadores estadísticos que permiten cuantificar la calidad de la calibración. El más usado es el RMS (Root Mean Squared) Normalizado, el cual corresponde a la raíz cuadrada del promedio de los residuos al cuadrado divido por la diferencia entre el nivel piezométrico medido máximo (593.75 msnm) y el mínimo (561.51 msnm). En general, se asume como objetivo de calibración un valor de RMS Normalizado entorno a 5% o menor, en que los resultados obtenidos cumplen con esta condición.

El objetivo principal del modelo matemático es reproducir niveles y concentración de sulfatos en el acuífero en el tiempo, por lo que, independiente que el orden de calibración corresponde a, primero el modelo de flujo en régimen permanente (que determina principalmente las permeabilidades), posteriormente del modelo de flujo en régimen transitorio (que determina principalmente los almacenamientos y define las permeabilidades finales) y finalmente del modelo de transporte (que determina principalmente las porosidades totas y dispersividades), se ha realizado la calibración de todo el conjunto, de modo de reproducir niveles y concentración de sulfatos en el dominio de modelación en el tiempo. Por ello, las permeabilidades obtenidas en esta calibración en régimen permanente, no han sido calibradas exclusivamente para estos niveles pre-operación del tranque sino que ha privilegiado la influencia de las permeabilidad en la representatividad temporal (calibración transiente).

- Conductividades Hidráulicas

Como se describe en párrafos anteriores, el ajuste entre niveles medidos y simulados en un modelo en régimen permanente se alcanza a través de la determinación de la distribución y valores de la conductividad hidráulica que permitan reproducir los niveles piezométricos registrados en terreno. En el caso del modelo de Ovejería, el ajuste de niveles presentado en la Figura 2.12 se alcanza con la distribución de conductividad hidráulica visualizada en la Figura 2.13 hasta la Figura 2.17. Por su parte, los valores de conductividad asignados a cada una de las zonas se encuentran en la Tabla 2.14.

Tabla 2.13 Valores de Conductividad Hidráulica Calibradas.

Zona	Unidad Hidrogeológica		Kx m/día	Ky m/día	Kz m/día
1	Unidad 9	Depósitos fluvio-aluviales	2.8	2.8	0.28
2	-	Muro Tranque Ovejería	4.5	4.5	0.45
3	Unidad 11	Basamento impermeable	0.0001	0.0001	0.0001
4	Unidad 10	"Roca Fracturada" (conglomerado "Lo Valle"	0.01	0.01	0.01
5	Unidad 1	Arcillas	0.001	0.001	0.0001
6	Unidad 5	Gravas finas arcillo-arenosas	11	11	1.1
7	Unidad 6	Arenas y gravas finas, escasa arcilla	10.1	10.1	1.01
8	Unidad 2	Gravas gruesas y arena gruesa limo-arcillosa	15	15	1.5
9	Unidad 4	Gravas con limos y arcillas	8.5	8.5	0.85
10	Unidad 3	Gravas gruesas y arena gruesa con escasa arcilla	15	15	1.5
11	-	Lamas	0.01	0.01	0.001
12	Unidad 10	"Roca Fracturada"	0.1	0.1	0.1
13	-	Dren Basal (bajo muro Tranque Ovejería)	51.2	51.2	5.12
14	-	Gravas aguas arriba Tranque Ovejería	35	35	3.5
15	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	0.3	0.3	0.03
16	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	12	12	1.2
17	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	0.2	0.2	0.02
18	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	1	1	0.1
19	-	Conglomerado fracturado sector Tranque Viejo	0.0012	0.0012	0.00012
20	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	20	20	2
21	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	40	40	4
22	Unidad 7	Grava y arena antigua	10	10	1
23	Unidad 12	Arcillas antiguas	0.01	0.01	0.001
24	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	12	12	1.2
25	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	12	12	1.2
26	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	18	18	1.8
27	Unidad 5	Gravas finas arcillo-arenosas	25	25	2.5
28	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	15	15	1.5
29	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	30	30	3
30	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	50	50	5
31	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	30	30	3
32	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	30	30	3
33	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	65	65	6.5
34	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	45	45	4.5
35	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	65	65	6.5
36	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	30	30	3
37	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	15	15	1.5
38	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	13	13	1.3
39	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	10	10	1
40	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	40	40	4
41	-	Conglomerado de baja permeabilidad	0.1	0.1	0.01

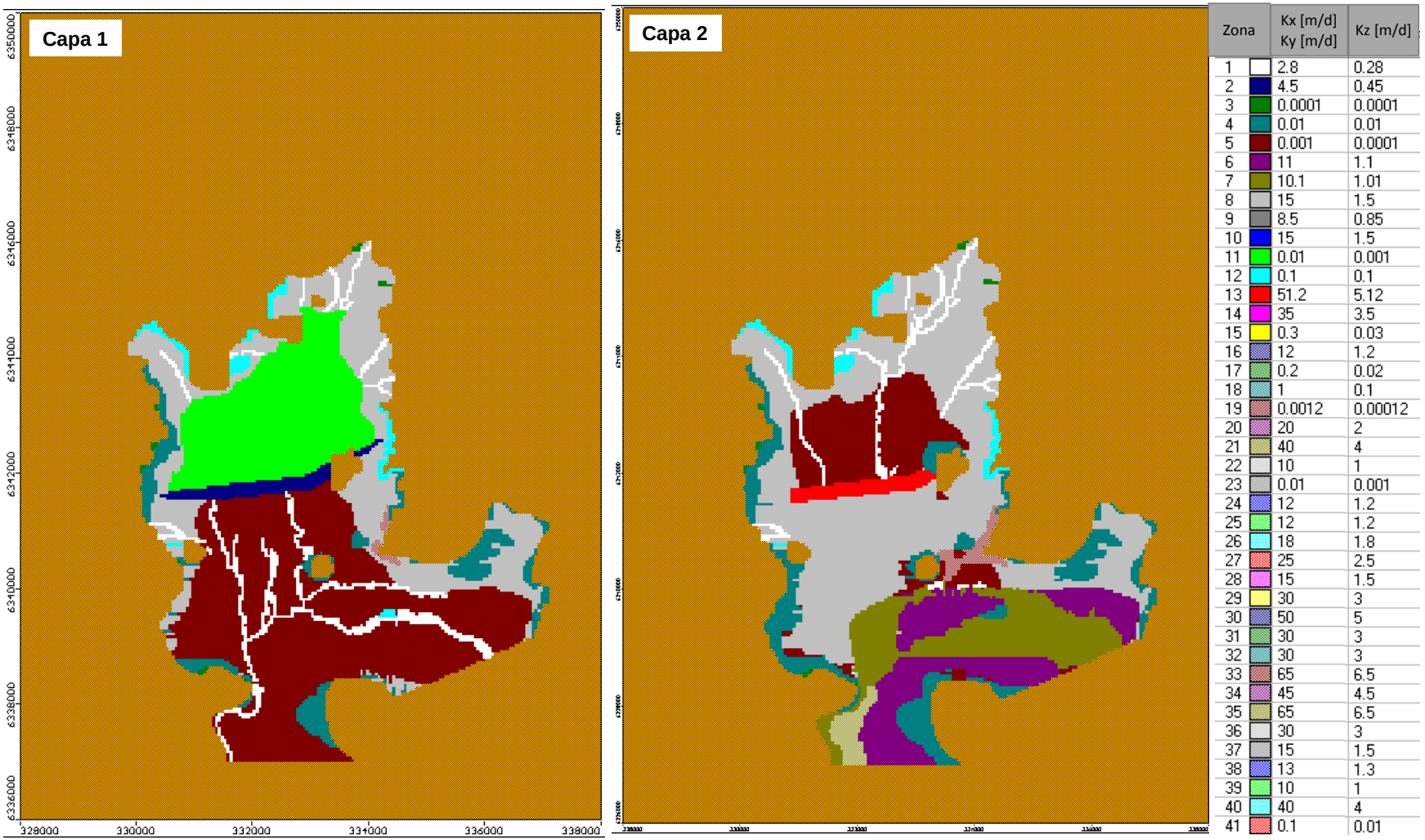
- Balance Hídrico del Sistema Acuífero en Régimen Permanente

Los volúmenes de agua por unidad de tiempo que ingresan o salen de la zona activa de modelación en régimen permanente (previa operación tranque Ovejería) se presentan en la Tabla 2.15, en que se observa un error de ajuste de un 0,7%, el cual refleja una buena convergencia del modelo numérico. En este sentido, se puede concluir que la mayor parte de la recarga natural sale del modelo a través del límite Sur, representando el caudal de salida por el límite Sur-este tan solo el 10,7% del caudal total de salida del modelo, lo cual es consistente con el modelo conceptual, explicado en el Anexo E. Cabe mencionar que el proceso de acople del modelo Ovejería con el modelo Chacabuco-Polpaico modificó levemente el balance de aguas en régimen estacionario respecto a la versión original de este anexo.

Tabla 2.14 Balance de Aguas – Régimen Estacionario.

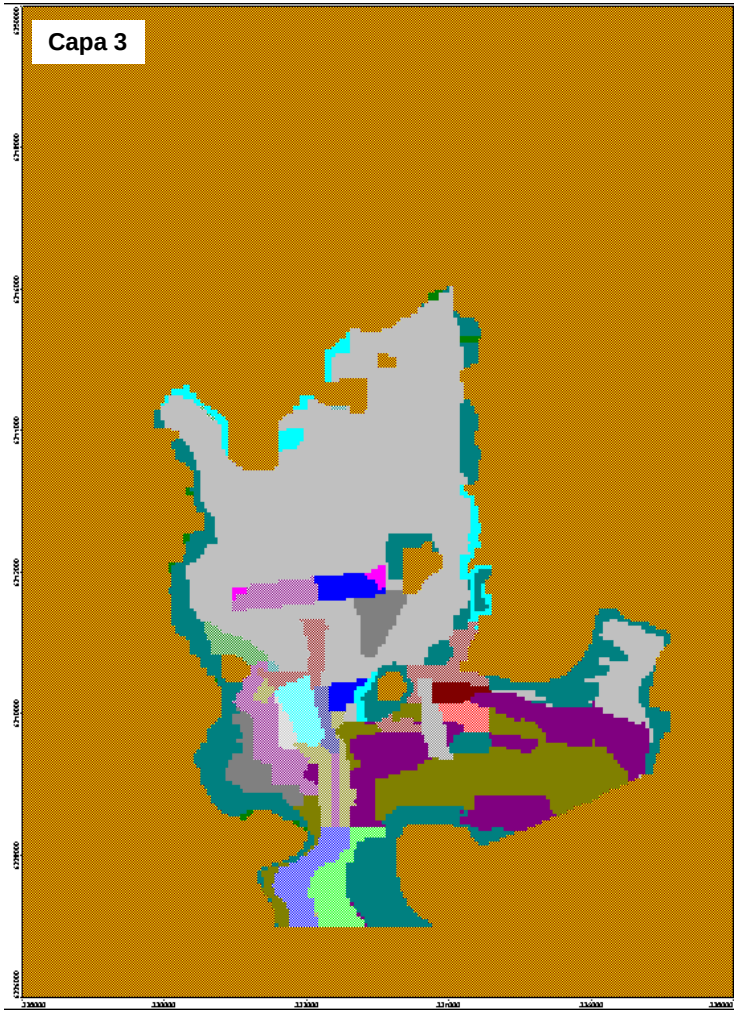
Descripción	Condición de Borde	IN (l/s)	OUT (l/s)
Recarga	Recharge	60,8	0
Flujo saliente límite Sur-este	Constant Head	0	6,5
Flujo saliente límite Sur	GHB	0	54,7
Total		60,8	61,2
Error de Balance (%)		0,7	

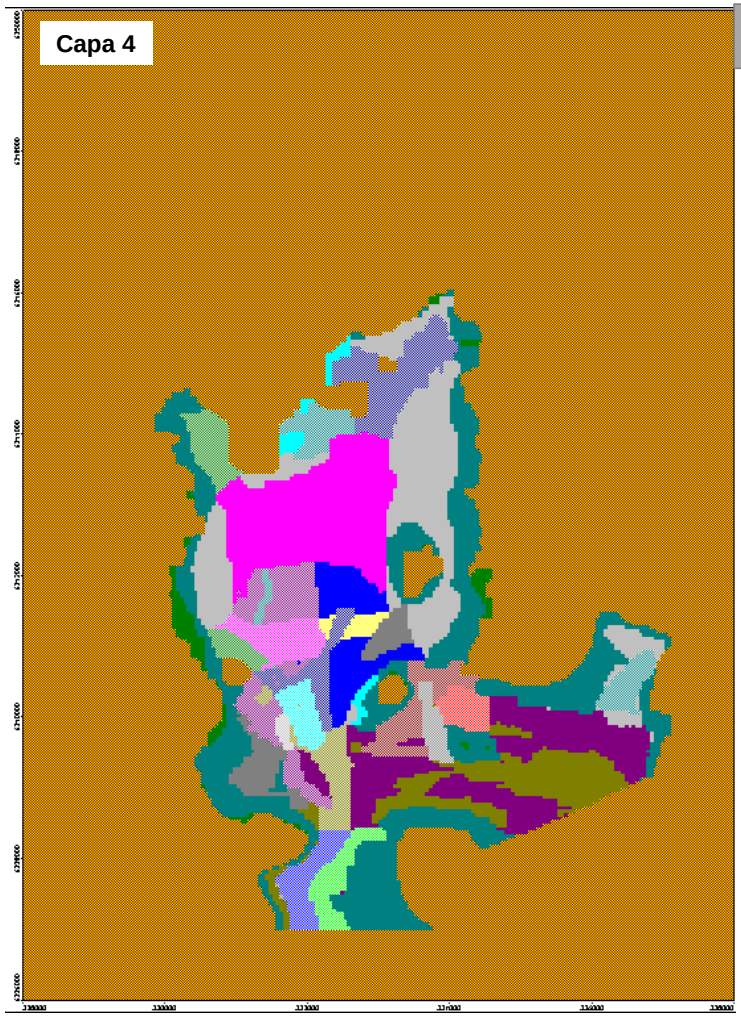
Figura 2.13 Conductividad hidráulica: capas 1 y 2 del modelo de simulación.



Zona	Kx [m/d] Ky [m/d]	Kz [m/d]
1	2.8	0.28
2	4.5	0.45
3	0.0001	0.0001
4	0.01	0.01
5	0.001	0.0001
6	11	1.1
7	10.1	1.01
8	15	1.5
9	8.5	0.85
10	15	1.5
11	0.01	0.001
12	0.1	0.1
13	51.2	5.12
14	35	3.5
15	0.3	0.03
16	12	1.2
17	0.2	0.02
18	1	0.1
19	0.0012	0.00012
20	20	2
21	40	4
22	10	1
23	0.01	0.001
24	12	1.2
25	12	1.2
26	18	1.8
27	25	2.5
28	15	1.5
29	30	3
30	50	5
31	30	3
32	30	3
33	65	6.5
34	45	4.5
35	65	6.5
36	30	3
37	15	1.5
38	13	1.3
39	10	1
40	40	4
41	0.1	0.01

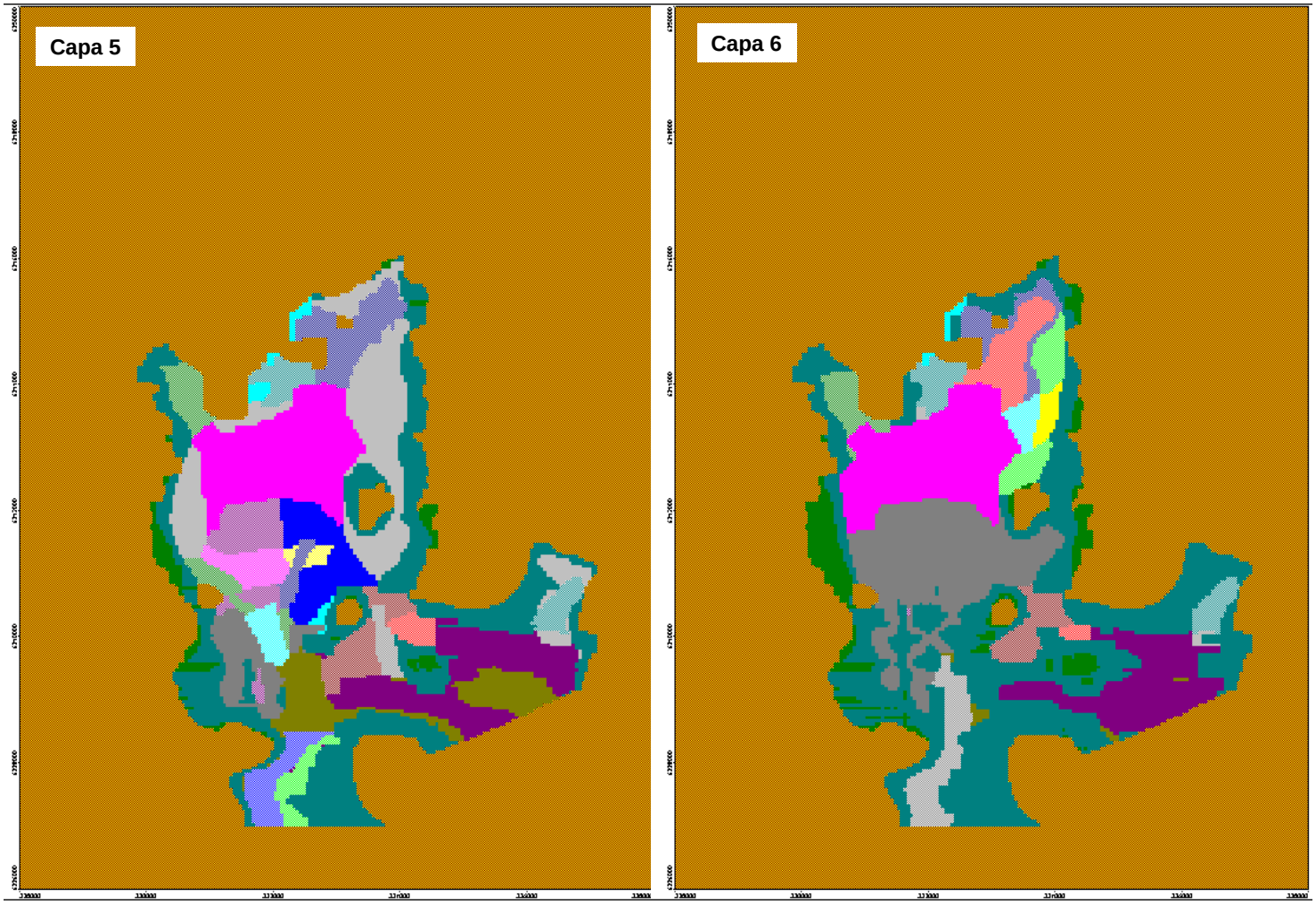
Figura 2.14 Conductividad hidráulica: capas 3 y 4 del modelo de simulación.





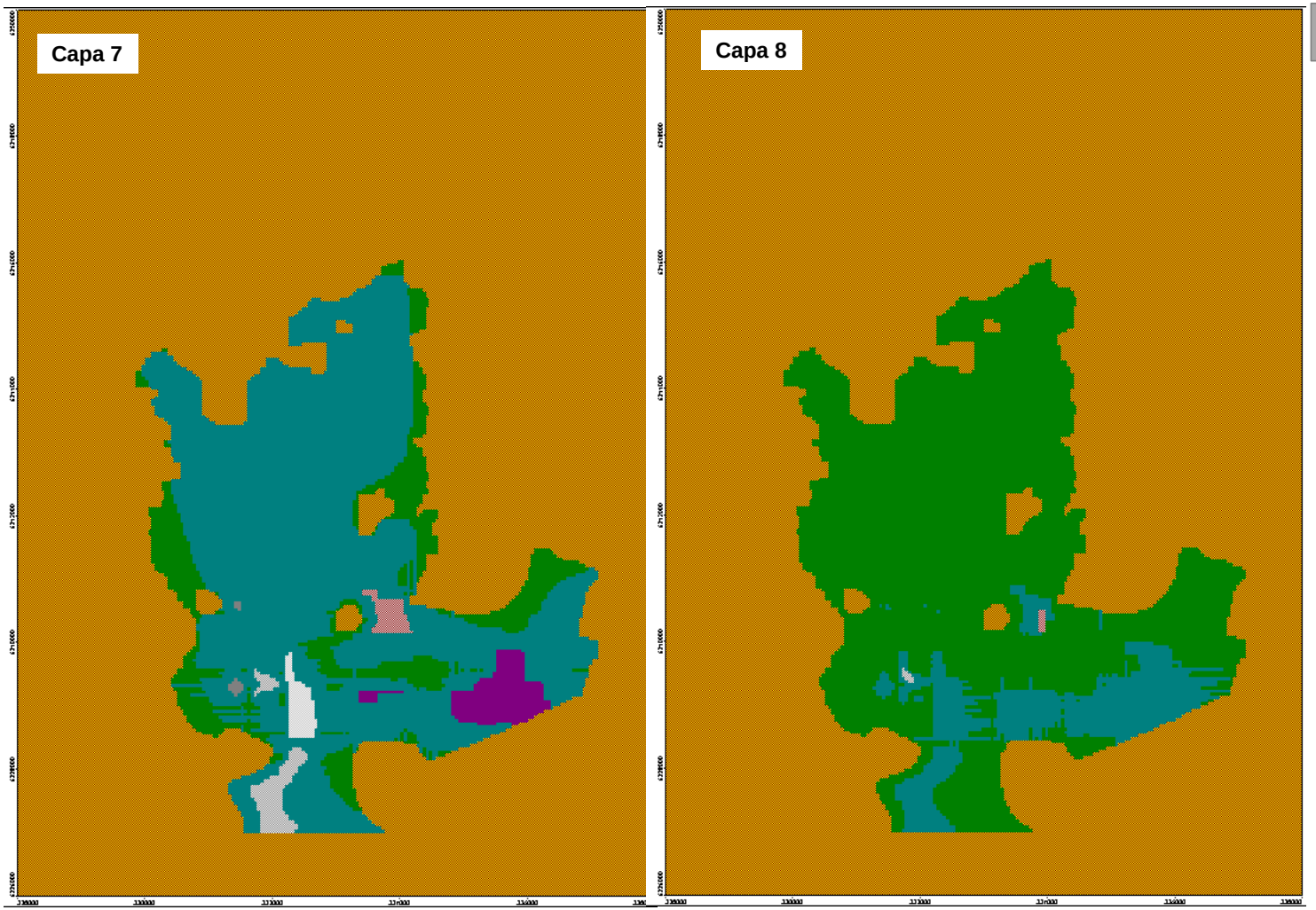
Zona	Kx [m/d] Ky [m/d]	Kz [m/d]
1	2.8	0.28
2	4.5	0.45
3	0.0001	0.0001
4	0.01	0.01
5	0.001	0.0001
6	11	1.1
7	10.1	1.01
8	15	1.5
9	8.5	0.85
10	15	1.5
11	0.01	0.001
12	0.1	0.1
13	51.2	5.12
14	35	3.5
15	0.3	0.03
16	12	1.2
17	0.2	0.02
18	1	0.1
19	0.0012	0.00012
20	20	2
21	40	4
22	10	1
23	0.01	0.001
24	12	1.2
25	12	1.2
26	18	1.8
27	25	2.5
28	15	1.5
29	30	3
30	50	5
31	30	3
32	30	3
33	65	6.5
34	45	4.5
35	65	6.5
36	30	3
37	15	1.5
38	13	1.3
39	10	1
40	40	4
41	0.1	0.01

Figura 2.15 Conductividad hidráulica: capas 5 y 6 del modelo de simulación.



Zona	Kx [m/d] Ky [m/d]	Kz [m/d]
1	2.8	0.28
2	4.5	0.45
3	0.0001	0.0001
4	0.01	0.01
5	0.001	0.0001
6	11	1.1
7	10.1	1.01
8	15	1.5
9	8.5	0.85
10	15	1.5
11	0.01	0.001
12	0.1	0.1
13	51.2	5.12
14	35	3.5
15	0.3	0.03
16	12	1.2
17	0.2	0.02
18	1	0.1
19	0.0012	0.00012
20	20	2
21	40	4
22	10	1
23	0.01	0.001
24	12	1.2
25	12	1.2
26	18	1.8
27	25	2.5
28	15	1.5
29	30	3
30	50	5
31	30	3
32	30	3
33	65	6.5
34	45	4.5
35	65	6.5
36	30	3
37	15	1.5
38	13	1.3
39	10	1
40	40	4
41	0.1	0.01

Figura 2.16 Conductividad hidráulica: capas 7 y 8 del modelo de simulación.



Zona		Kx [m/d] Ky [m/d]	Kz [m/d]
1		2.8	0.28
2		4.5	0.45
3		0.0001	0.0001
4		0.01	0.01
5		0.001	0.0001
6		11	1.1
7		10.1	1.01
8		15	1.5
9		8.5	0.85
10		15	1.5
11		0.01	0.001
12		0.1	0.1
13		51.2	5.12
14		35	3.5
15		0.3	0.03
16		12	1.2
17		0.2	0.02
18		1	0.1
19		0.0012	0.00012
20		20	2
21		40	4
22		10	1
23		0.01	0.001
24		12	1.2
25		12	1.2
26		18	1.8
27		25	2.5
28		15	1.5
29		30	3
30		50	5
31		30	3
32		30	3
33		65	6.5
34		45	4.5
35		65	6.5
36		30	3
37		15	1.5
38		13	1.3
39		10	1
40		40	4
41		0.1	0.01

Figura 2.17 Conductividad hidráulica: capas 9 y 10 del modelo de simulación.





Zona	Kx [m/d] Ky [m/d]	Kz [m/d]
1	2.8	0.28
2	4.5	0.45
3	0.0001	0.0001
4	0.01	0.01
5	0.001	0.0001
6	11	1.1
7	10.1	1.01
8	15	1.5
9	8.5	0.85
10	15	1.5
11	0.01	0.001
12	0.1	0.1
13	51.2	5.12
14	35	3.5
15	0.3	0.03
16	12	1.2
17	0.2	0.02
18	1	0.1
19	0.0012	0.00012
20	20	2
21	40	4
22	10	1
23	0.01	0.001
24	12	1.2
25	12	1.2
26	18	1.8
27	25	2.5
28	15	1.5
29	30	3
30	50	5
31	30	3
32	30	3
33	65	6.5
34	45	4.5
35	65	6.5
36	30	3
37	15	1.5
38	13	1.3
39	10	1
40	40	4
41	0.1	0.01

2.2.3 Calibración en Régimen Transiente

2.2.3.1 Introducción

Una vez ajustadas las conductividades hidráulicas del modelo, se procede con la calibración del régimen transiente, cuyo objetivo es reproducir la variación de niveles piezométricos registrados en terreno desde el inicio de operación del tranque Ovejería (diciembre 1999) hasta el fin del periodo de calibración (Marzo de 2014).

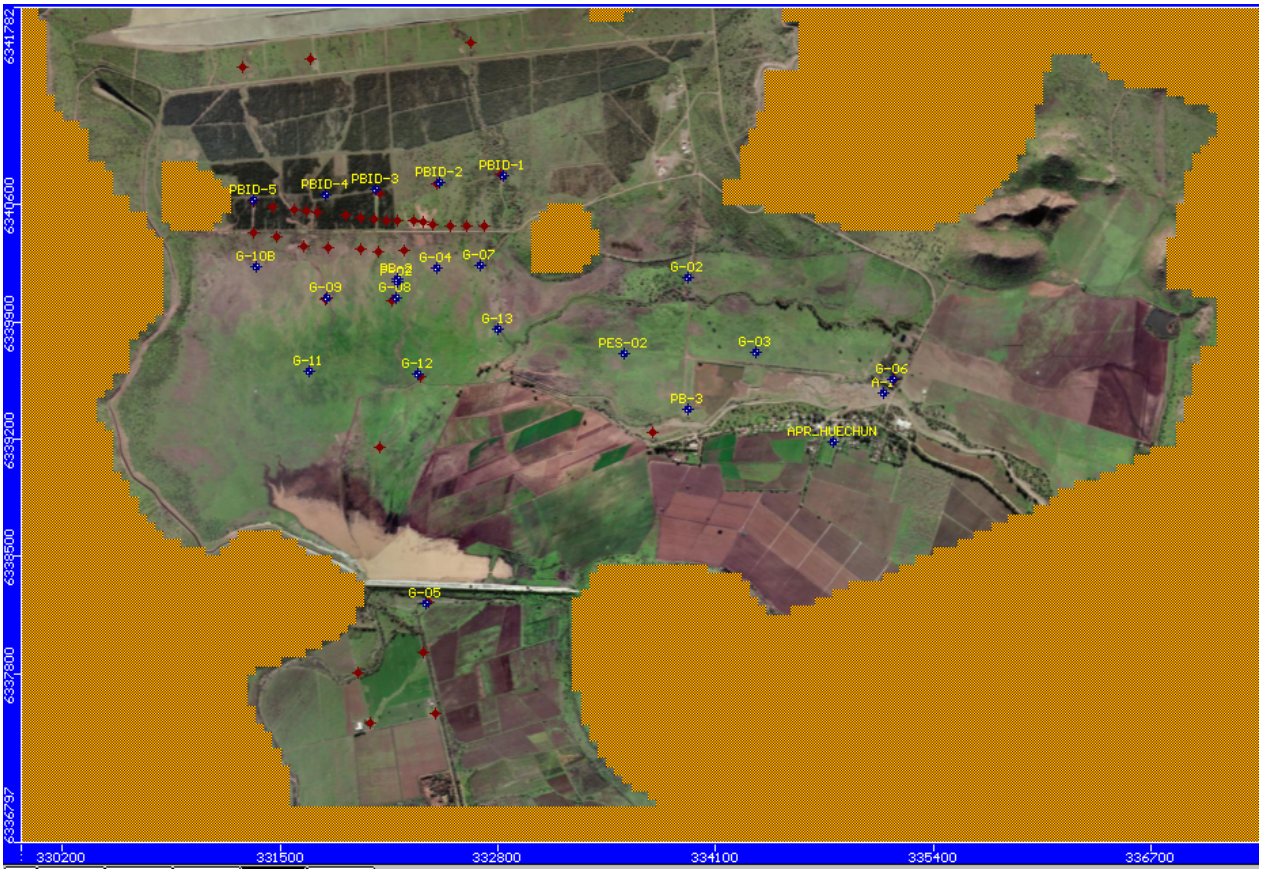
2.2.3.2 Patrón de Calibración

La ubicación de los pozos de monitoreo empleados en la calibración, junto a sus coordenadas, se presentan en la Figura 2.18, y corresponden a 22 pozos ubicados aguas abajo del muro del Tranque Ovejería que se señalan en la Tabla 2.16.

Tabla 2.15 Pozos de Monitoreo – Régimen Transiente.

Pozo	Este (m)	Norte (m)
A-1	335.103	6.339.474
APR Huechún	334.805	6.339.181
G-02	333.937	6.340.167
G-03	334.340	6.339.720
G-04	332.439	6.340.220
G-05	332.371	6.338.221
G-06	335.159	6.339.557
G-07B	332.698	6.340.237
G-08	332.191	6.340.042
G-09	331.779	6.340.040
G-10B	331.354	6.340.233
G-11	331.677	6.339.605
G-12	332.323	6.339.587
G-13	332.785	6.339.854
P-02	332.200	6.340.137
PB-2	332.203	6.340.160
PB-3	333.934	6.339.379
PBID-1	332.830	6.340.770
PBID-2	332.450	6.340.730
PBID-3	332.075	6.340.690
PBID-4	331.711	6.340.650
PBID-5	331.340	6340.625

Figura 2.18: Ubicación pozos de observación modelo de flujo en régimen transiente.



En color azul se representan los pozos de observación, en color rojo los pozos de bombeo.

2.2.3.3 Resultados de la Calibración en Régimen Transiente

Durante el proceso de calibración en régimen transiente se ajustan los coeficientes de almacenamiento para cada unidad hidrogeológica, y se validan las recargas asociadas a cada uno de los componentes del sistema hidrogeológico (infiltración del riego, infiltración desde el muro del tranque, infiltración desde canal de contorno, infiltración desde la cubeta). A continuación se presentan los resultados de la calibración en régimen transiente.

- Coeficientes de Almacenamiento

En términos generales, el coeficiente de almacenamiento se define con la siguiente expresión:

$$S = S_s \cdot b + S_y$$

Donde,

S : Coeficiente de almacenamiento (adimensional)
Ss : Almacenamiento específico (L^{-1})
S_y : Capacidad específica (adimensional)
b : Espesor del acuífero (L).

Bajo condiciones de acuífero libre, el coeficiente de almacenamiento se asocia principalmente al valor de la capacidad específica (Sy). En condiciones de acuífero confinado, el almacenamiento específico (Ss), es el que caracteriza la capacidad de almacenamiento del acuífero.

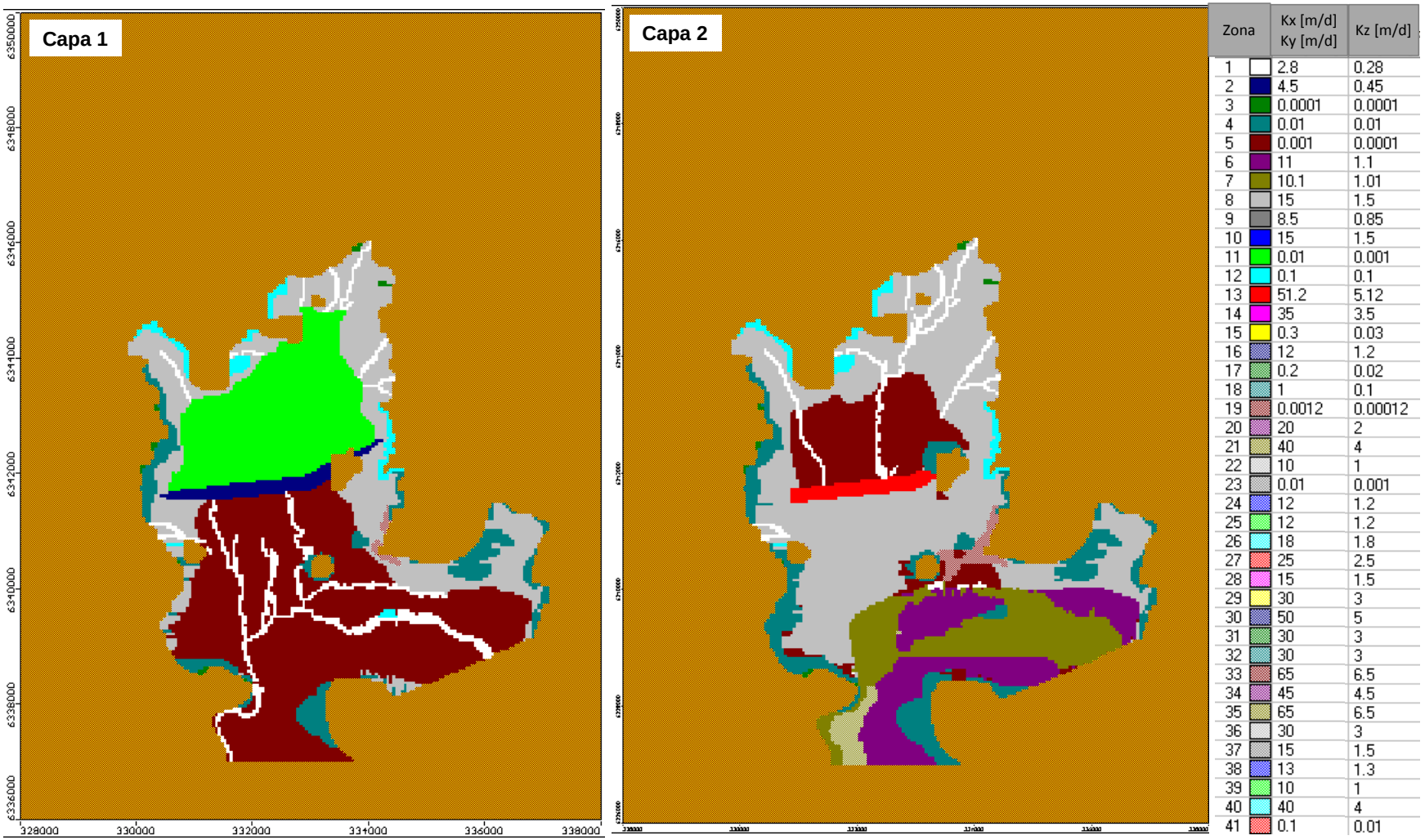
El comportamiento del acuífero existente en la cuenca en estudio ha mostrado un ascenso y descenso en los niveles de los pozos, lo que ha involucrado una condición original de acuífero libre a una posterior de acuífero en gran parte confinado. Por ello, durante el proceso de calibración en régimen transiente se procede a una ajuste tanto del coeficiente de almacenamiento específico (Ss) como de la capacidad específica (Sy) para cada unidad hidrogeológica.

En la Tabla 2.17 se presenta el resumen de los coeficientes de almacenamientos (Sy, Ss) resultantes de la calibración, mientras que su distribución espacial se visualiza desde la Figura 2.19 hasta la Figura 2.23.

Tabla 2.16 Coeficientes de almacenamiento ajustados durante la calibración del modelo de flujo en régimen transiente.

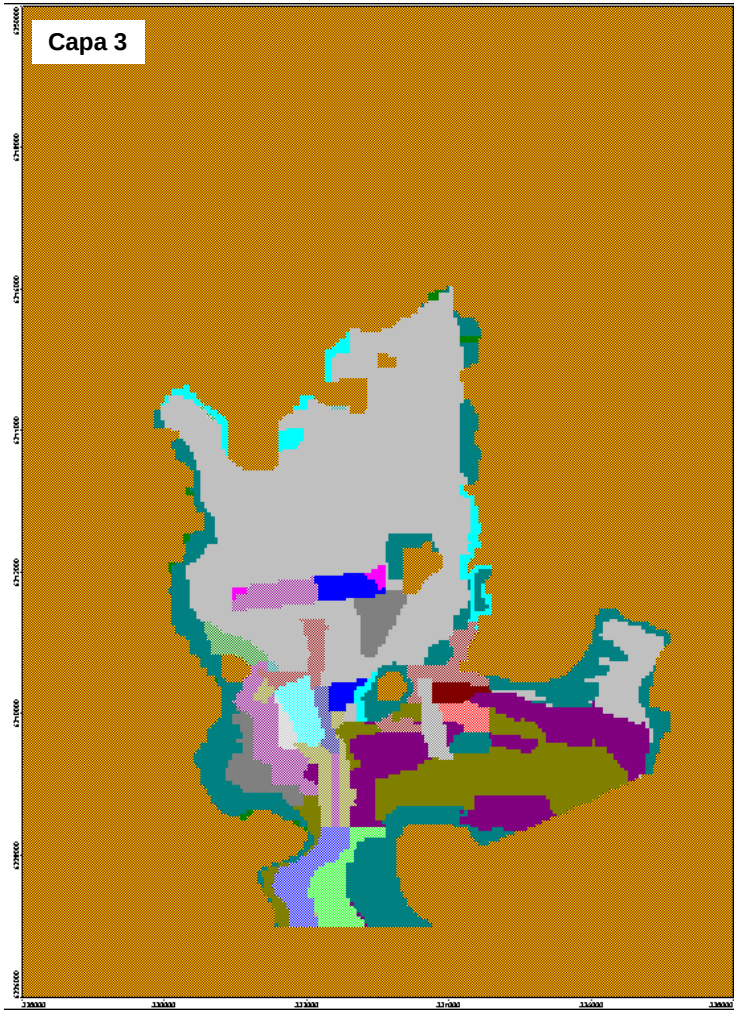
Zona	Unidad Hidrogeológica		Ss (1/m)	Sy adim
1	Unidad 9	Depósitos fluvio-aluviales	1.00E-05	0.2
2	-	Muro Tranque Ovejería	1.00E-05	0.15
3	Unidad 11	Basamento impermeable	1.00E-05	0.001
4	Unidad 10	"Roca Fracturada" (conglomerado "Lo Valle"	1.00E-05	0.01
5	Unidad 1	Arcillas	0.0001	0.02
6	Unidad 5	Gravas finas arcillo-arenosas	1.00E-05	0.06
7	Unidad 6	Arenas y gravas finas, escasa arcilla	1.00E-05	0.1
8	Unidad 2	Gravas gruesas y arena gruesa limo-arcillosa	0.0001	0.1
9	Unidad 4	Gravas con limos y arcillas	1.00E-05	0.06
10	Unidad 3	Gravas gruesas y arena gruesa con escasa arcilla	1.00E-05	0.08
11	-	Lamas	5.00E-05	0.03
12	Unidad 10	"Roca Fracturada"	1.00E-05	0.01
13	-	Dren Basal (bajo muro Tranque Ovejería)	1.00E-05	0.0641
14	-	Gravas aguas arriba Tranque Ovejería	2.62E-06	0.04
15	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	1.00E-05	0.12
16	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	1.00E-05	0.12
17	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	1.00E-05	0.12
18	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	1.00E-05	0.12
19	-	Conglomerado fracturado sector Tranque Viejo	1.56E-06	0.15
20	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	1.00E-05	0.08
21	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	1.06E-06	0.08
22	Unidad 7	Grava y arena antigua	1.00E-05	0.06
23	Unidad 12	Arcillas antiguas	0.0001	0.06
24	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.0001	0.1
25	Unidad 1	Arcillas	0.0001	0.06
26	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.0001	0.1
27	Unidad 5	Gravas finas arcillo-arenosas	1.00E-05	0.06
28	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	1.00E-05	0.08
29	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.0001	0.1
31	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	1.00E-05	0.08
32	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	1.00E-05	0.08
33	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.0001	0.1
34	-	Muro Tranque Ovejería	1.00E-05	0.08
35	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	1.00E-05	0.12
36	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	1.00E-05	0.08
37	Unidad 2	Gravas gruesas y arena gruesa limo-arcillosa	1.00E-05	0.08
38	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	1.00E-05	0.06
39	Unidad 6	Arenas y gravas finas, escasa arcilla	1.00E-05	0.08
40	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	2.14E-06	0.1
41	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	1.06E-06	0.12

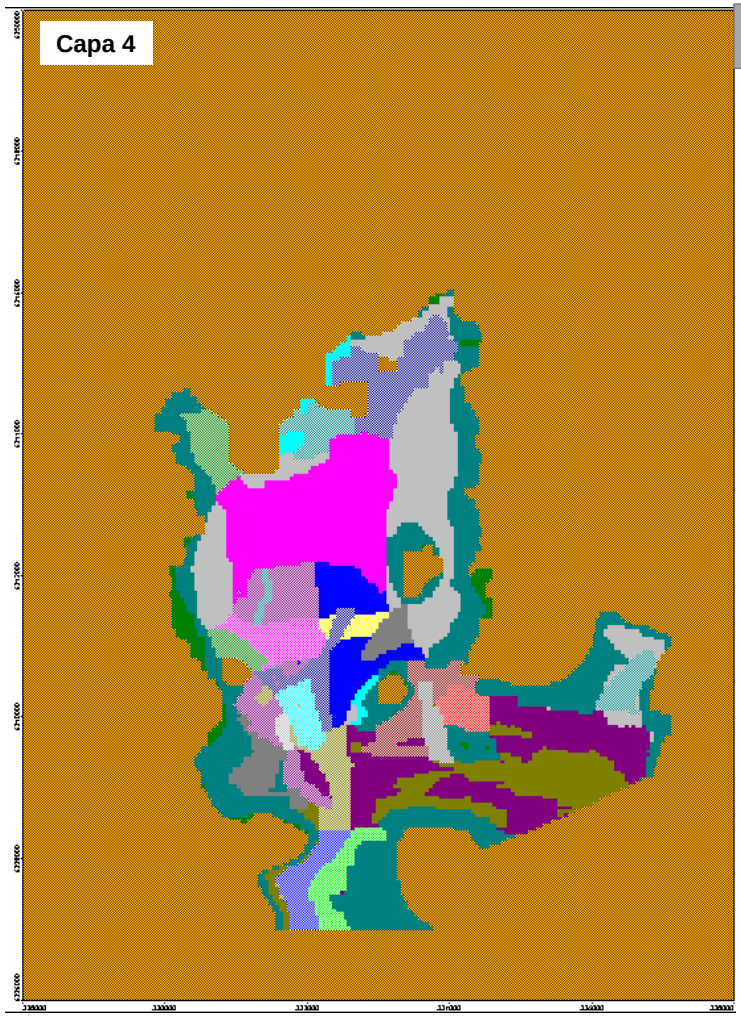
Figura 2.19 Coeficiente de almacenamiento: capas 1 y 2 del modelo de simulación.



Zona		Kx [m/d] Ky [m/d]	Kz [m/d]
1		2.8	0.28
2		4.5	0.45
3		0.0001	0.0001
4		0.01	0.01
5		0.001	0.0001
6		11	1.1
7		10.1	1.01
8		15	1.5
9		8.5	0.85
10		15	1.5
11		0.01	0.001
12		0.1	0.1
13		51.2	5.12
14		35	3.5
15		0.3	0.03
16		12	1.2
17		0.2	0.02
18		1	0.1
19		0.0012	0.00012
20		20	2
21		40	4
22		10	1
23		0.01	0.001
24		12	1.2
25		12	1.2
26		18	1.8
27		25	2.5
28		15	1.5
29		30	3
30		50	5
31		30	3
32		30	3
33		65	6.5
34		45	4.5
35		65	6.5
36		30	3
37		15	1.5
38		13	1.3
39		10	1
40		40	4
41		0.1	0.01

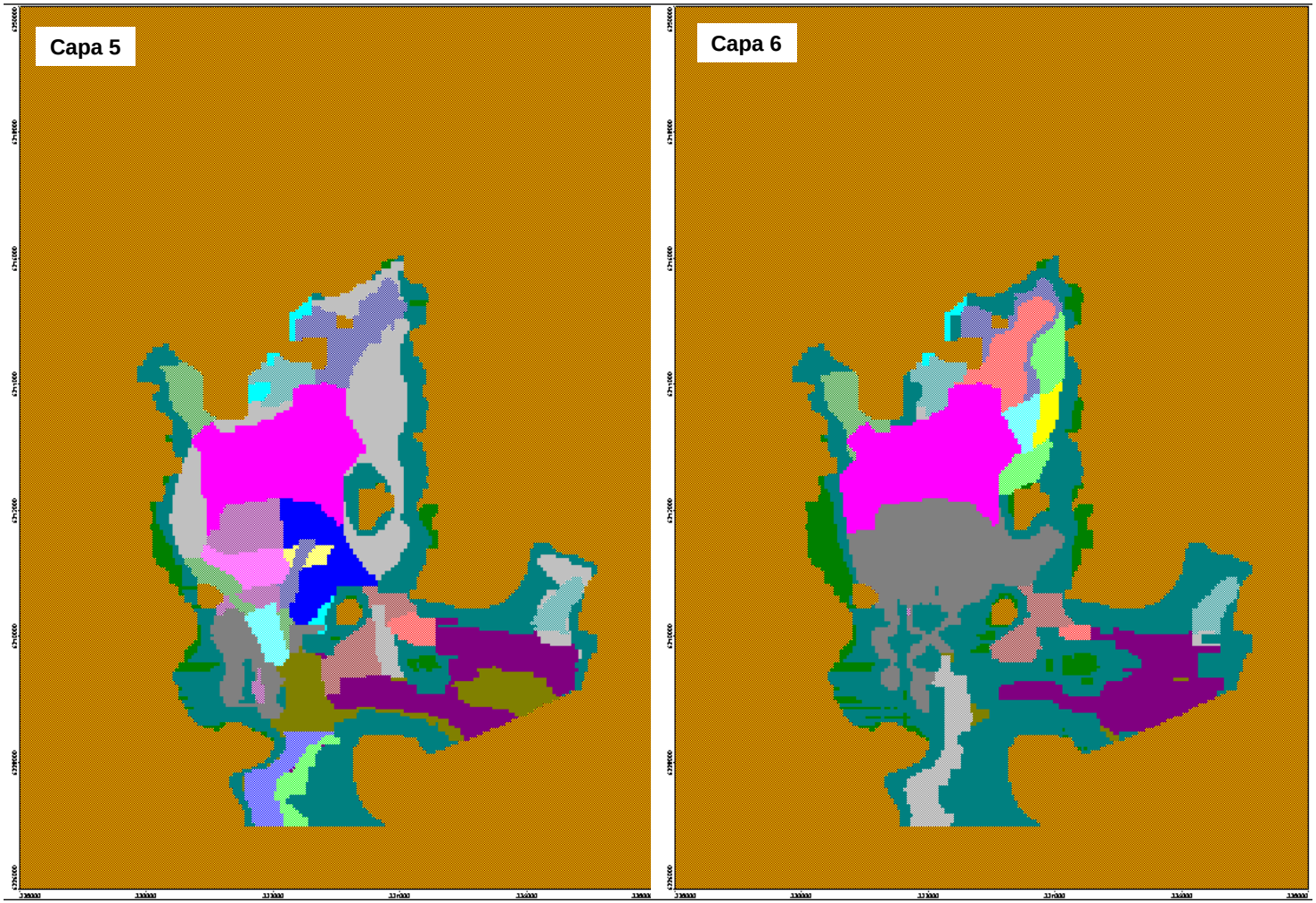
Figura 2.20 Coeficiente de almacenamiento: capas 3 y 4 del modelo de simulación.





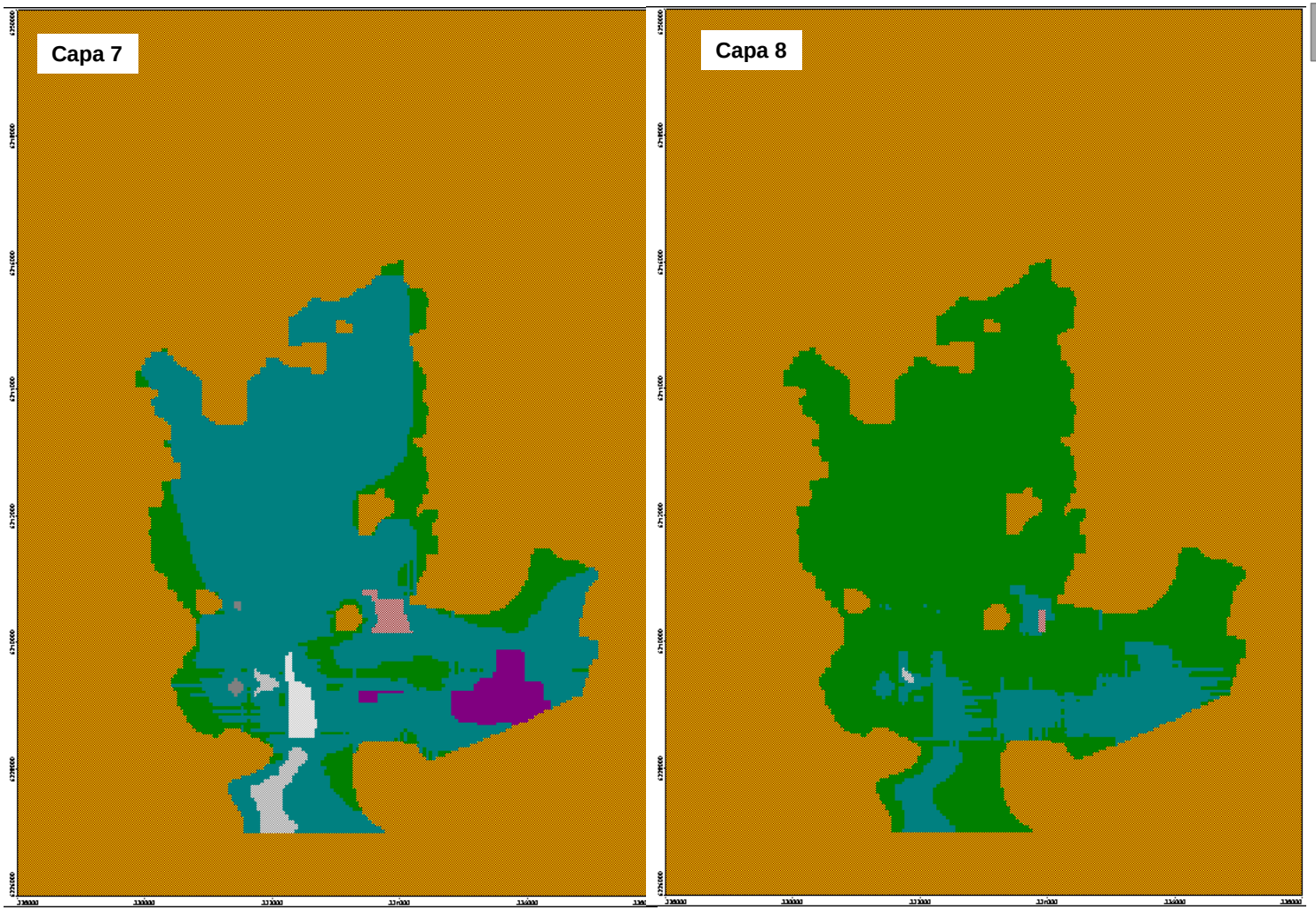
Zona	Kx [m/d] Ky [m/d]	Kz [m/d]
1	2.8	0.28
2	4.5	0.45
3	0.0001	0.0001
4	0.01	0.01
5	0.001	0.0001
6	11	1.1
7	10.1	1.01
8	15	1.5
9	8.5	0.85
10	15	1.5
11	0.01	0.001
12	0.1	0.1
13	51.2	5.12
14	35	3.5
15	0.3	0.03
16	12	1.2
17	0.2	0.02
18	1	0.1
19	0.0012	0.00012
20	20	2
21	40	4
22	10	1
23	0.01	0.001
24	12	1.2
25	12	1.2
26	18	1.8
27	25	2.5
28	15	1.5
29	30	3
30	50	5
31	30	3
32	30	3
33	65	6.5
34	45	4.5
35	65	6.5
36	30	3
37	15	1.5
38	13	1.3
39	10	1
40	40	4
41	0.1	0.01

Figura 2.21 Coeficiente de almacenamiento: capas 5 y 6 del modelo de simulación.



Zona	Kx [m/d] Ky [m/d]	Kz [m/d]
1	2.8	0.28
2	4.5	0.45
3	0.0001	0.0001
4	0.01	0.01
5	0.001	0.0001
6	11	1.1
7	10.1	1.01
8	15	1.5
9	8.5	0.85
10	15	1.5
11	0.01	0.001
12	0.1	0.1
13	51.2	5.12
14	35	3.5
15	0.3	0.03
16	12	1.2
17	0.2	0.02
18	1	0.1
19	0.0012	0.00012
20	20	2
21	40	4
22	10	1
23	0.01	0.001
24	12	1.2
25	12	1.2
26	18	1.8
27	25	2.5
28	15	1.5
29	30	3
30	50	5
31	30	3
32	30	3
33	65	6.5
34	45	4.5
35	65	6.5
36	30	3
37	15	1.5
38	13	1.3
39	10	1
40	40	4
41	0.1	0.01

Figura 2.22 Coeficiente de almacenamiento: capas 7 y 8 del modelo de simulación.



Zona	Kx [m/d] Ky [m/d]	Kz [m/d]
1	2.8	0.28
2	4.5	0.45
3	0.0001	0.0001
4	0.01	0.01
5	0.001	0.0001
6	11	1.1
7	10.1	1.01
8	15	1.5
9	8.5	0.85
10	15	1.5
11	0.01	0.001
12	0.1	0.1
13	51.2	5.12
14	35	3.5
15	0.3	0.03
16	12	1.2
17	0.2	0.02
18	1	0.1
19	0.0012	0.00012
20	20	2
21	40	4
22	10	1
23	0.01	0.001
24	12	1.2
25	12	1.2
26	18	1.8
27	25	2.5
28	15	1.5
29	30	3
30	50	5
31	30	3
32	30	3
33	65	6.5
34	45	4.5
35	65	6.5
36	30	3
37	15	1.5
38	13	1.3
39	10	1
40	40	4
41	0.1	0.01

Figura 2.23 Coeficiente de almacenamiento : capas 9 y 10 del modelo de simulación.





Zona	Kx [m/d] Ky [m/d]	Kz [m/d]
1	2.8	0.28
2	4.5	0.45
3	0.0001	0.0001
4	0.01	0.01
5	0.001	0.0001
6	11	1.1
7	10.1	1.01
8	15	1.5
9	8.5	0.85
10	15	1.5
11	0.01	0.001
12	0.1	0.1
13	51.2	5.12
14	35	3.5
15	0.3	0.03
16	12	1.2
17	0.2	0.02
18	1	0.1
19	0.0012	0.00012
20	20	2
21	40	4
22	10	1
23	0.01	0.001
24	12	1.2
25	12	1.2
26	18	1.8
27	25	2.5
28	15	1.5
29	30	3
30	50	5
31	30	3
32	30	3
33	65	6.5
34	45	4.5
35	65	6.5
36	30	3
37	15	1.5
38	13	1.3
39	10	1
40	40	4
41	0.1	0.01

- Niveles de las Aguas Subterráneas

El ajuste de niveles piezométricos alcanzado en el proceso de calibración transitoria se evalúa mediante una comparación gráfica entre las variaciones de niveles de agua históricas medidas en terreno con la tendencia histórica entregada por el modelo. En las Figuras 2.24 a 2.45 se presenta el contraste de niveles obtenidos de la simulación con los datos medidos.

Se aprecia que el modelo actualizado reproduce en forma satisfactoria el peraltamiento de los niveles piezométricos registrado entre los años 2000 y 2003 ocasionado por el aumento de recarga al sistema subterráneo producto de las operaciones del tranque de relaves. En los pozos cercanos a la barrera (pozos PBID-1 a PBID-5) se observa que una vez iniciada la operación de la barrera hidráulica, el nivel piezométrico desciende durante el 2010 hasta alcanzar en el último año una tendencia a su estabilización. Esta tendencia es claramente representada con el modelo numérico actualizado.

Figura 2.24 Niveles simulados y observados: pozo PBID-1.

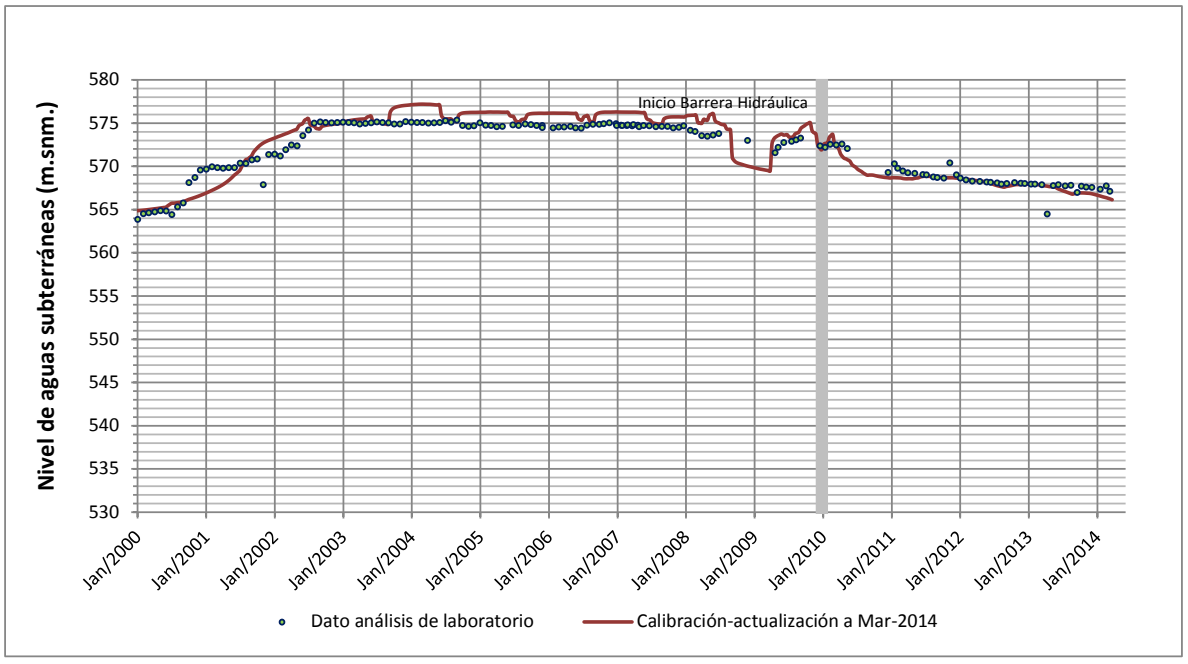


Figura 2.25 Niveles simulados y observados: pozo PBID-2.

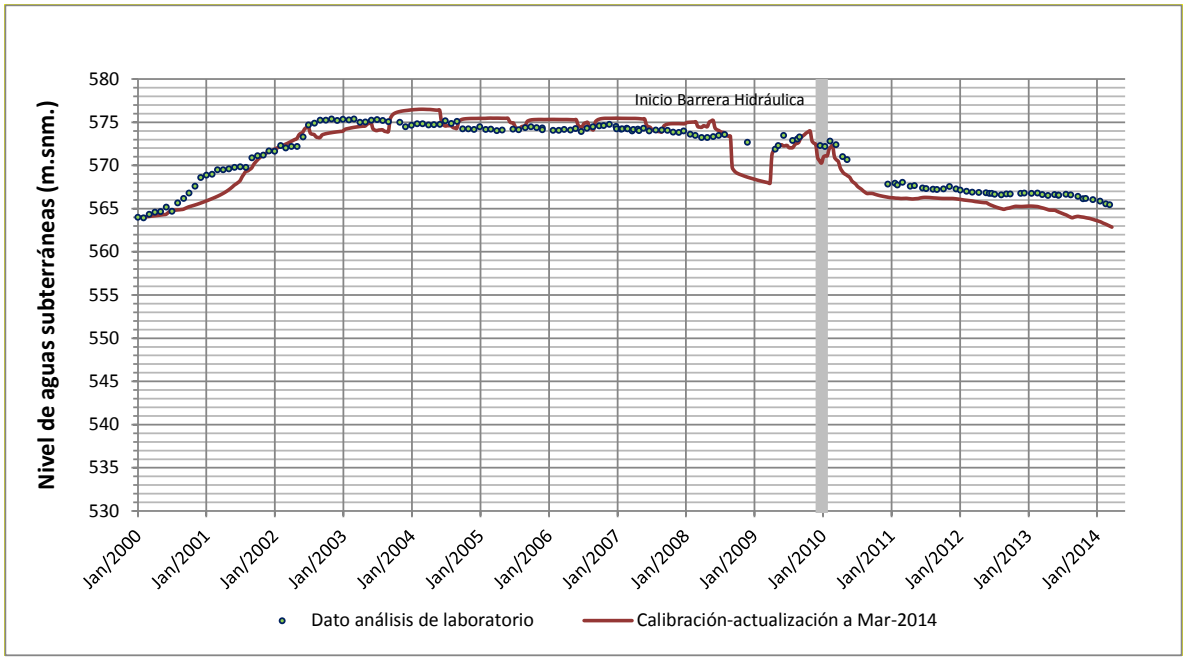


Figura 2.26 Niveles simulados y observados: pozo PBID-3.

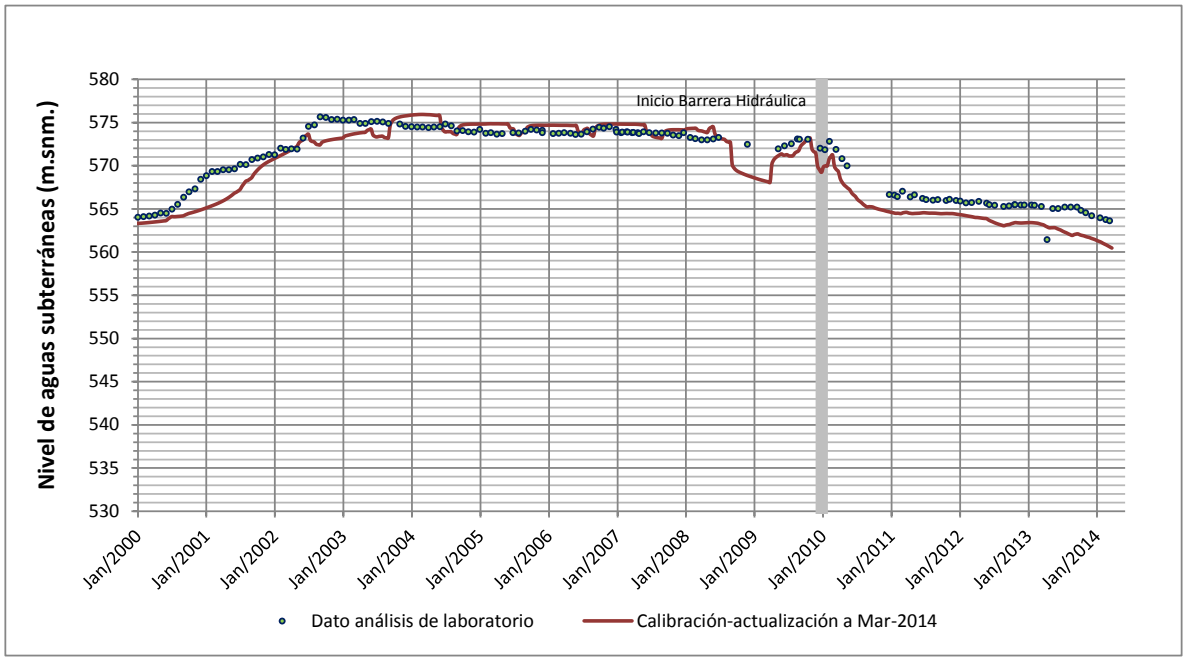


Figura 2.27 Niveles simulados y observados: pozo PBID-4.

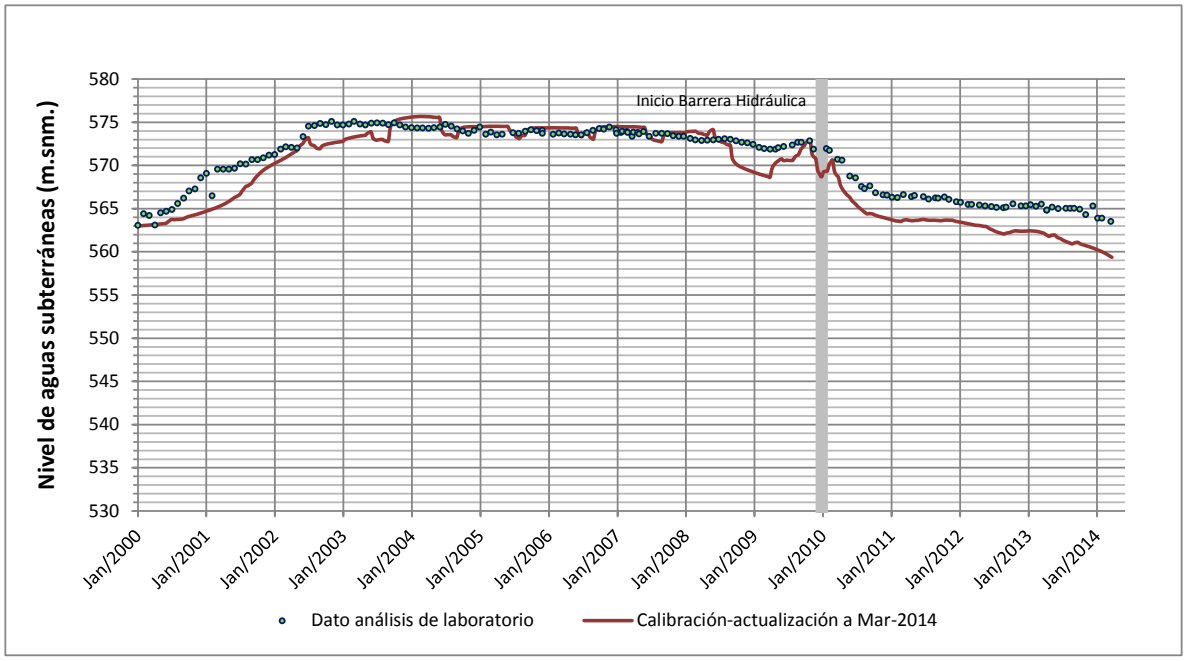


Figura 2.28 Niveles simulados y observados: pozo PBID-5.

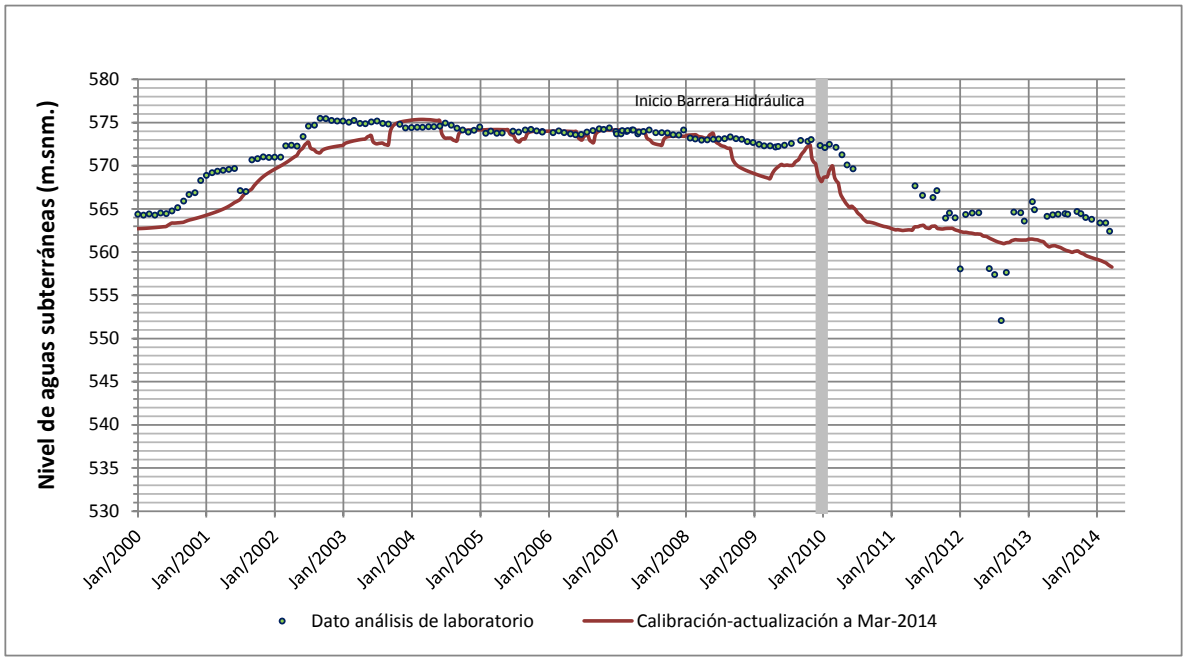


Figura 2.29 Niveles simulados y observados: pozo G-02.

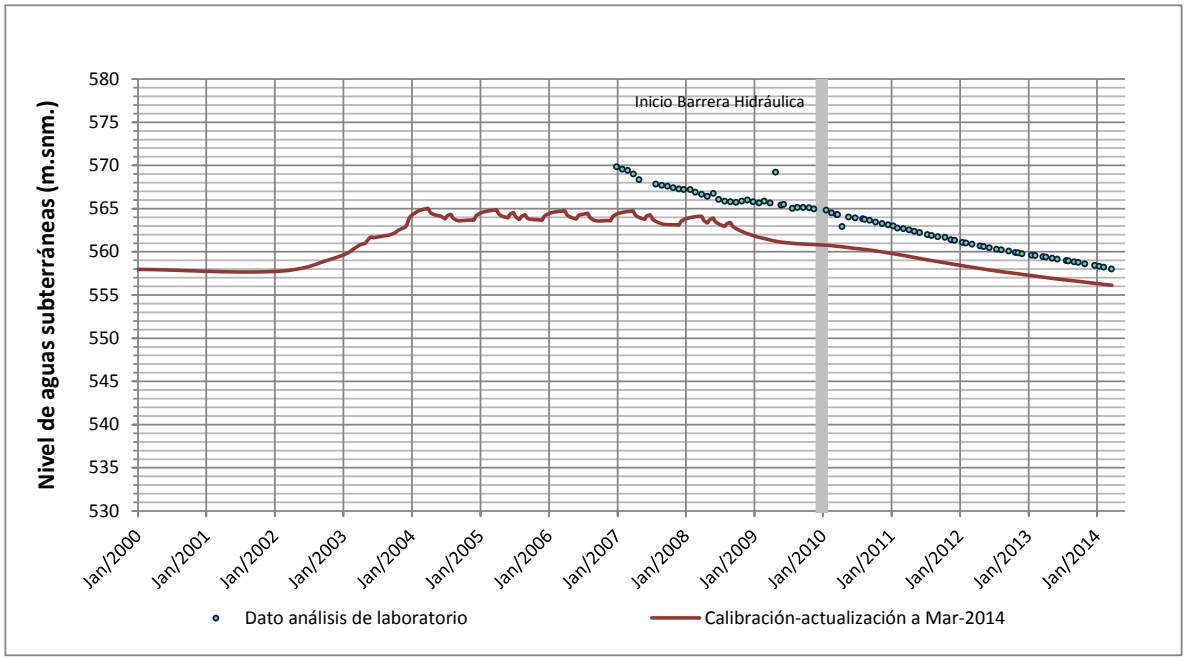


Figura 2.30 Niveles simulados y observados: pozo G-03.

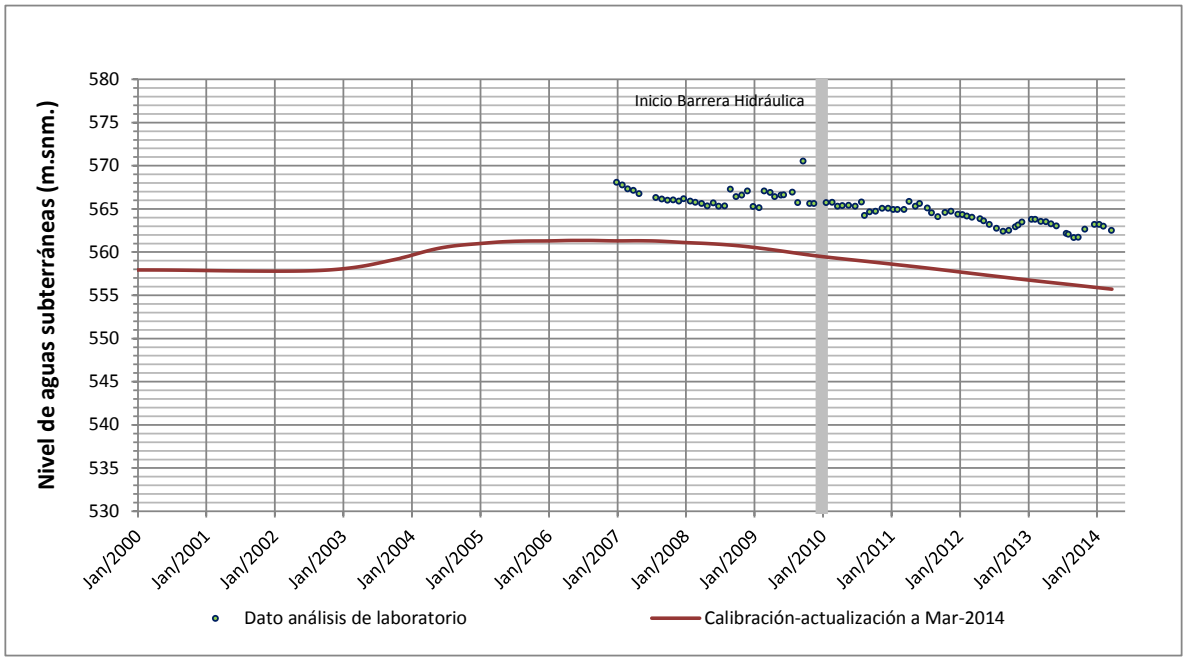


Figura 2.31 Niveles simulados y observados: pozo G-04.

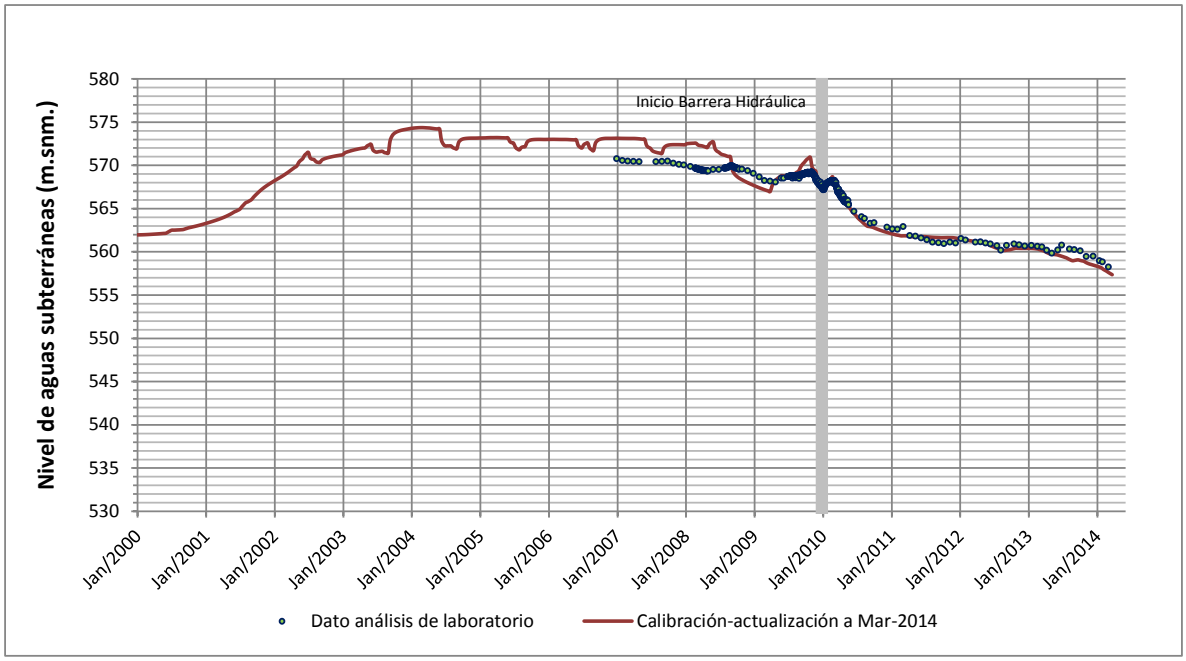


Figura 2.32 Niveles simulados y observados: pozo G-05.

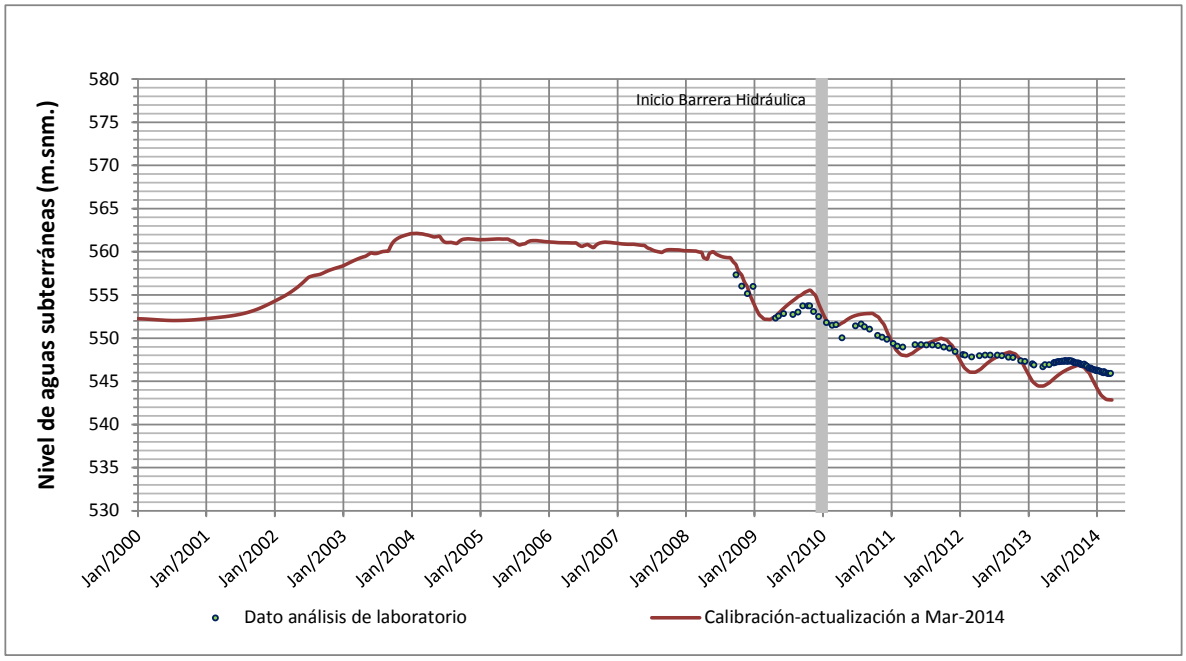


Figura 2.33 Niveles simulados y observados: pozo G-06.

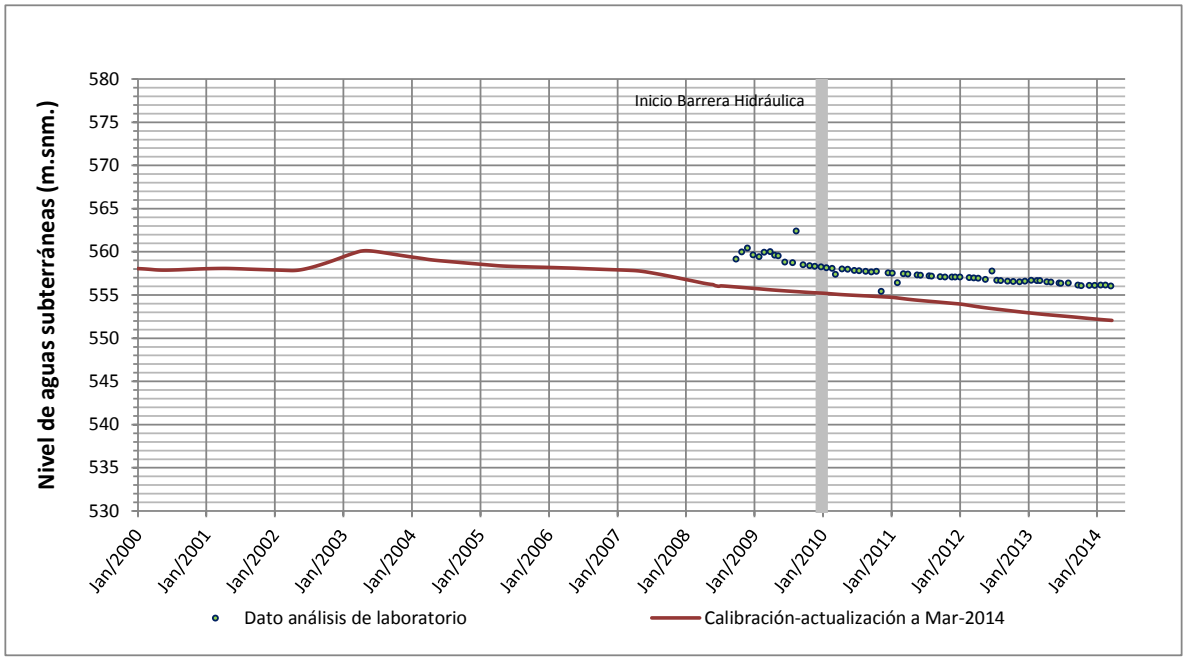


Figura 2.34 Niveles simulados y observados: pozo G-07B.

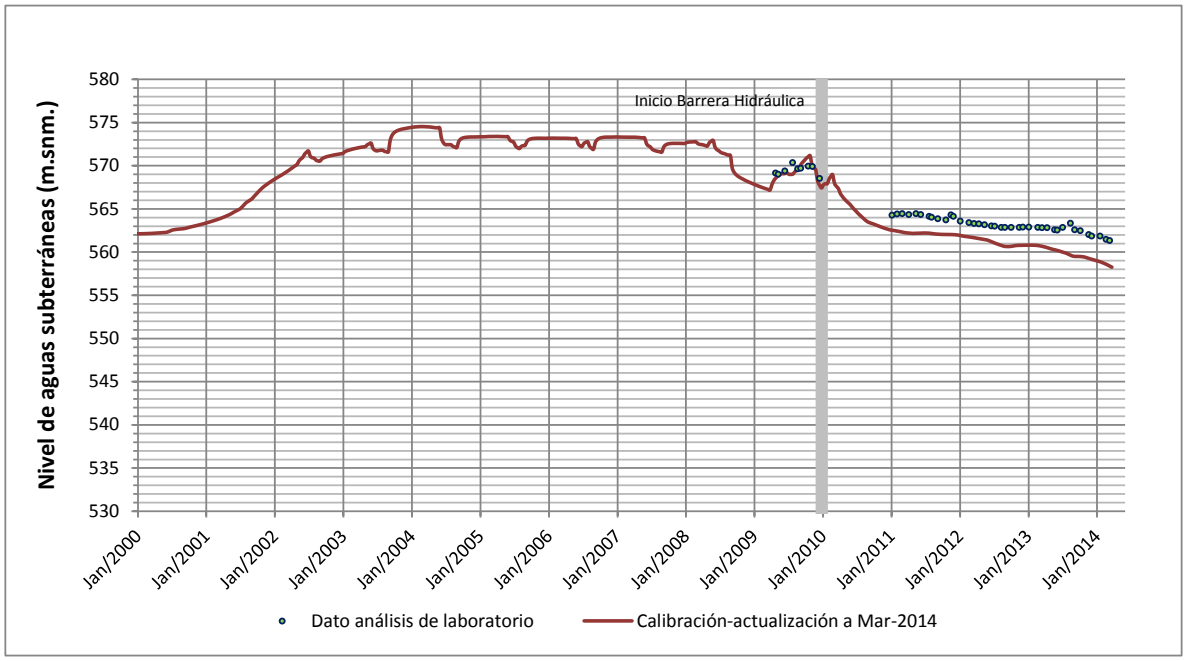


Figura 2.35 Niveles simulados y observados: pozo G-08.

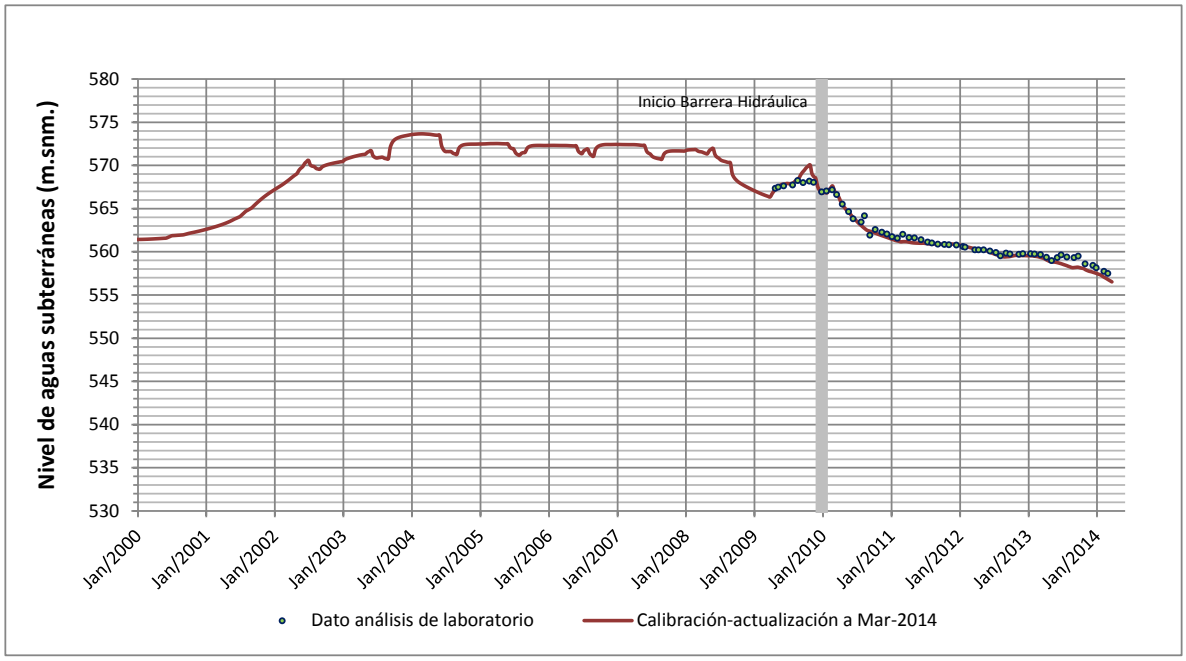


Figura 2.36 Niveles simulados y observados: pozo G-09.

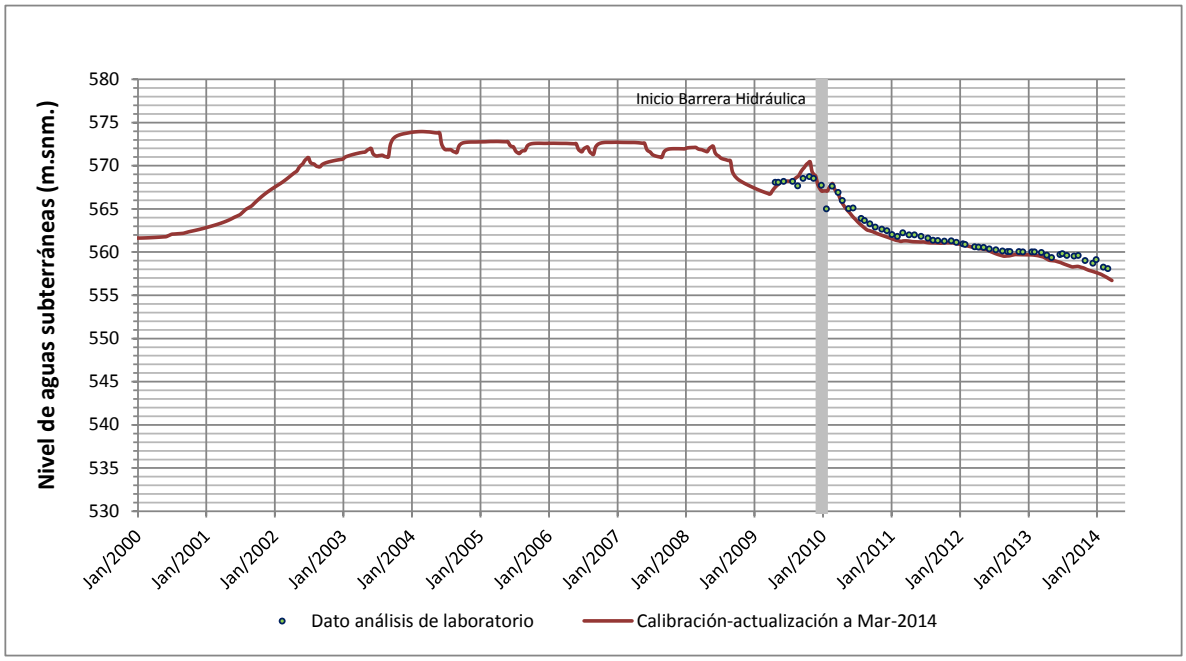


Figura 2.37 Niveles simulados y observados: pozo G-10B.

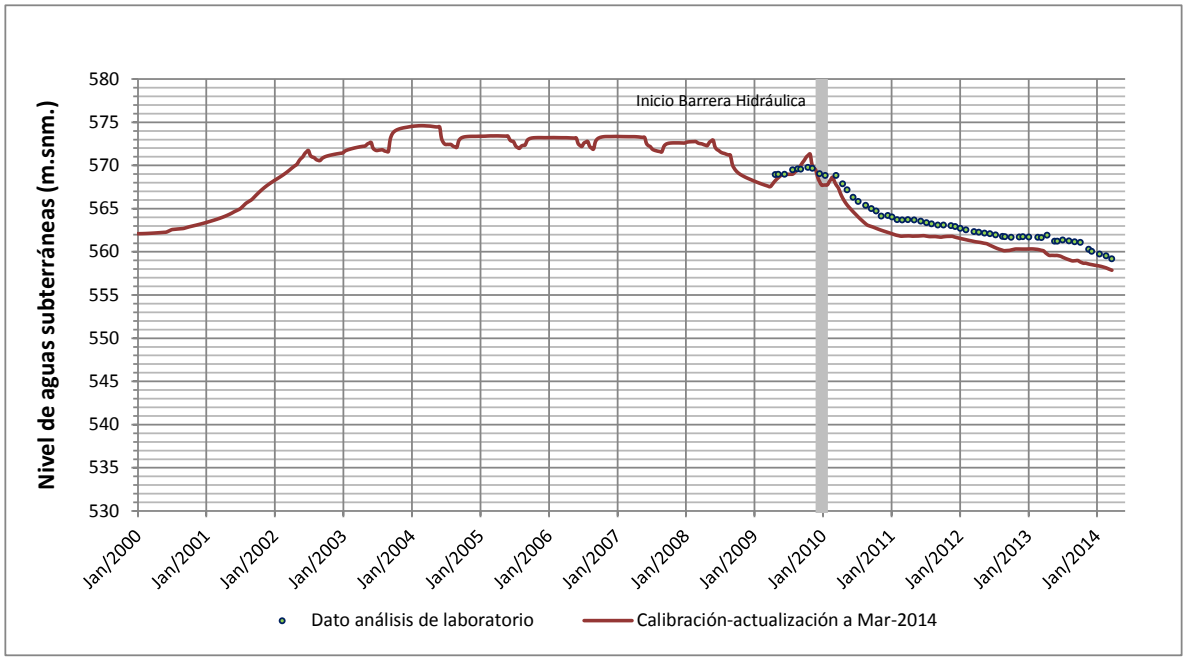


Figura 2.38 Niveles simulados y observados: pozo G-11.

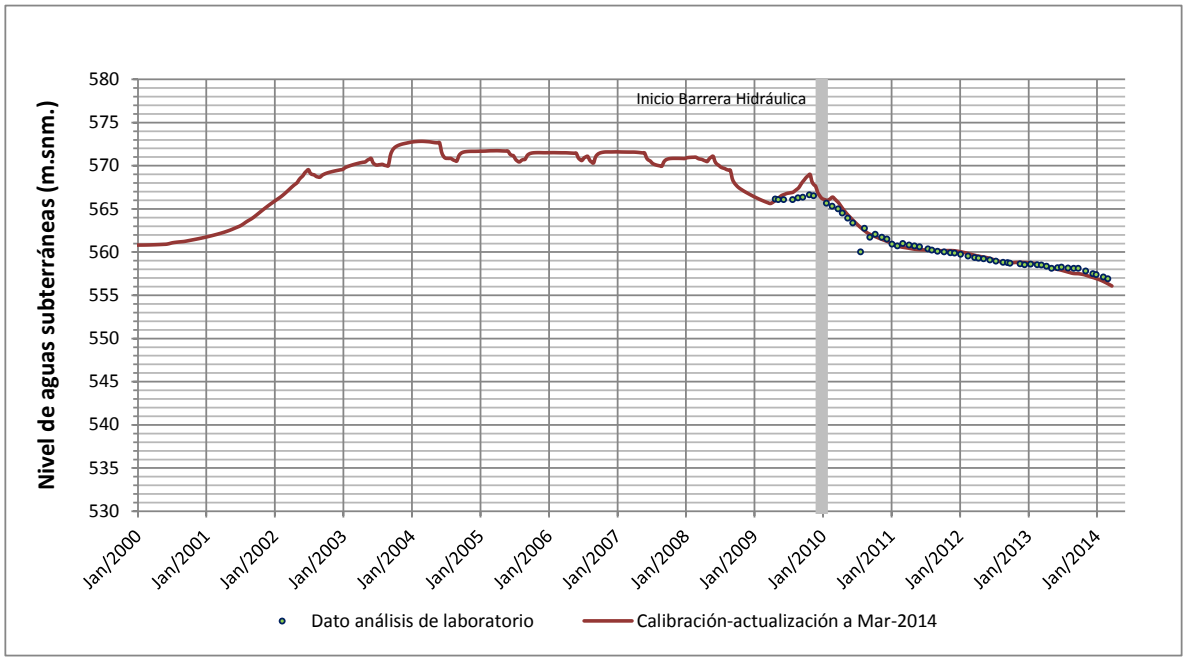


Figura 2.39 Niveles simulados y observados: pozo G-12.

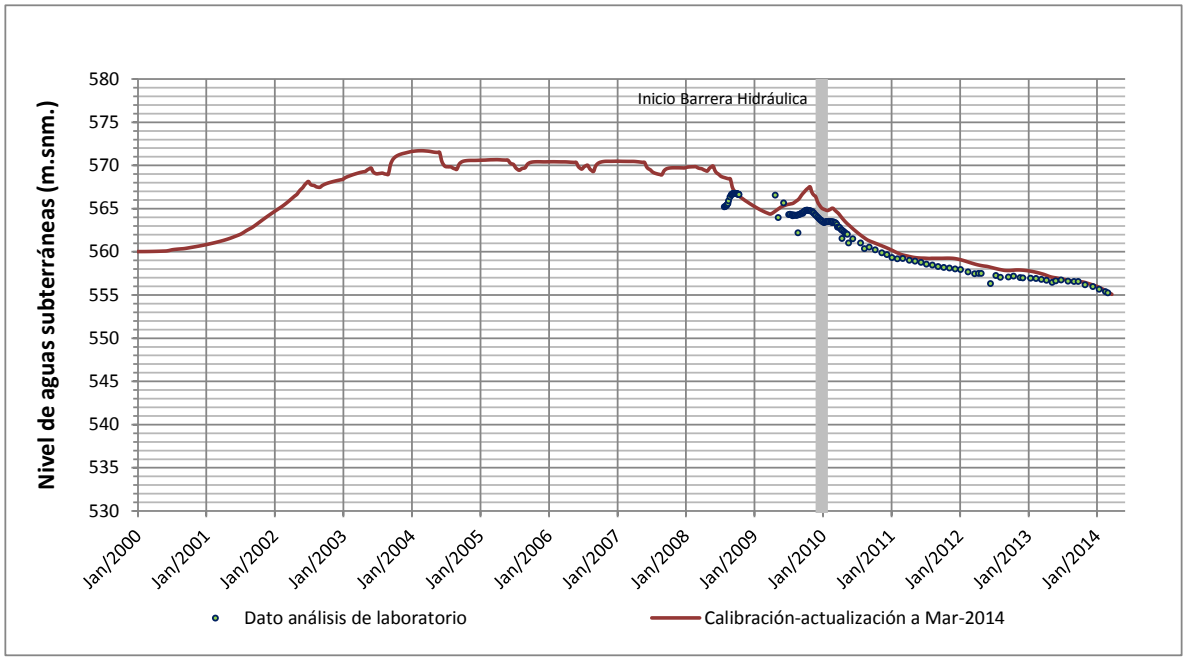


Figura 2.40 Niveles simulados y observados: pozo G-13.

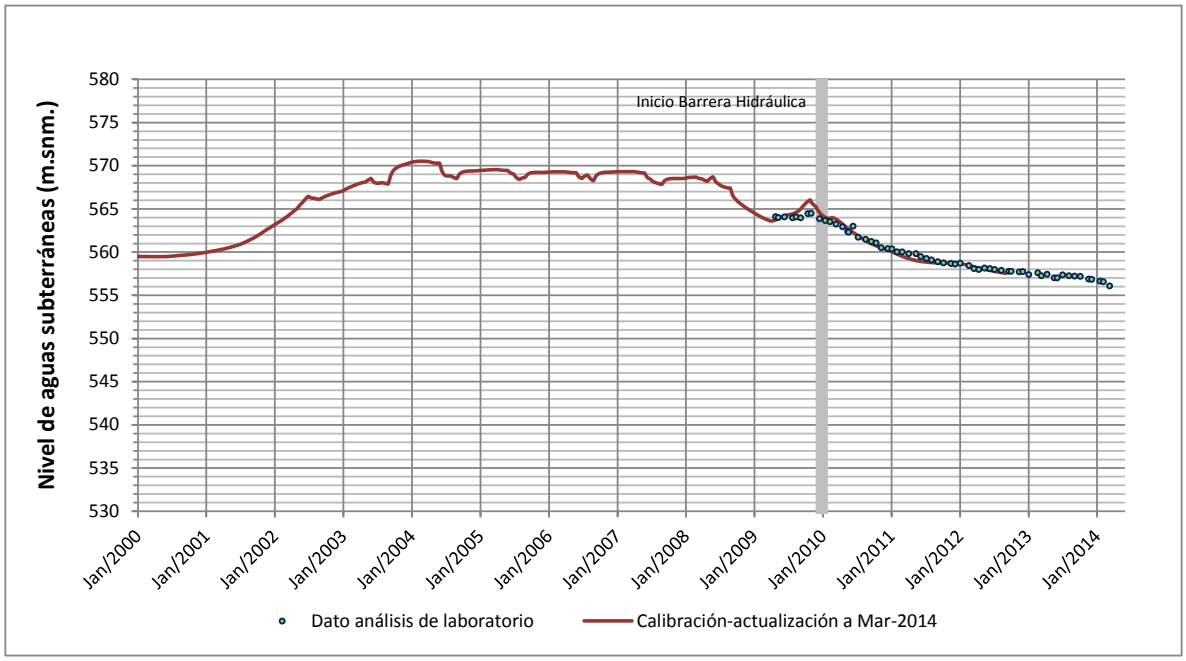


Figura 2.41 Niveles simulados y observados: pozo PB-2.

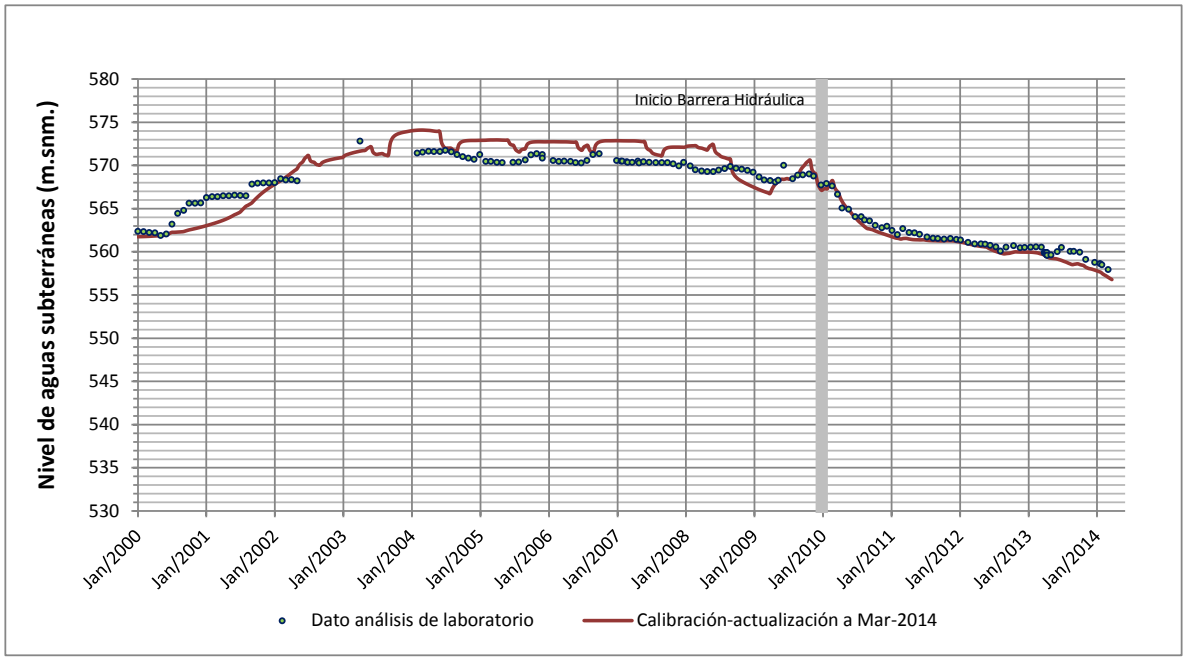


Figura 2.42 Niveles simulados y observados: pozo PB-3.

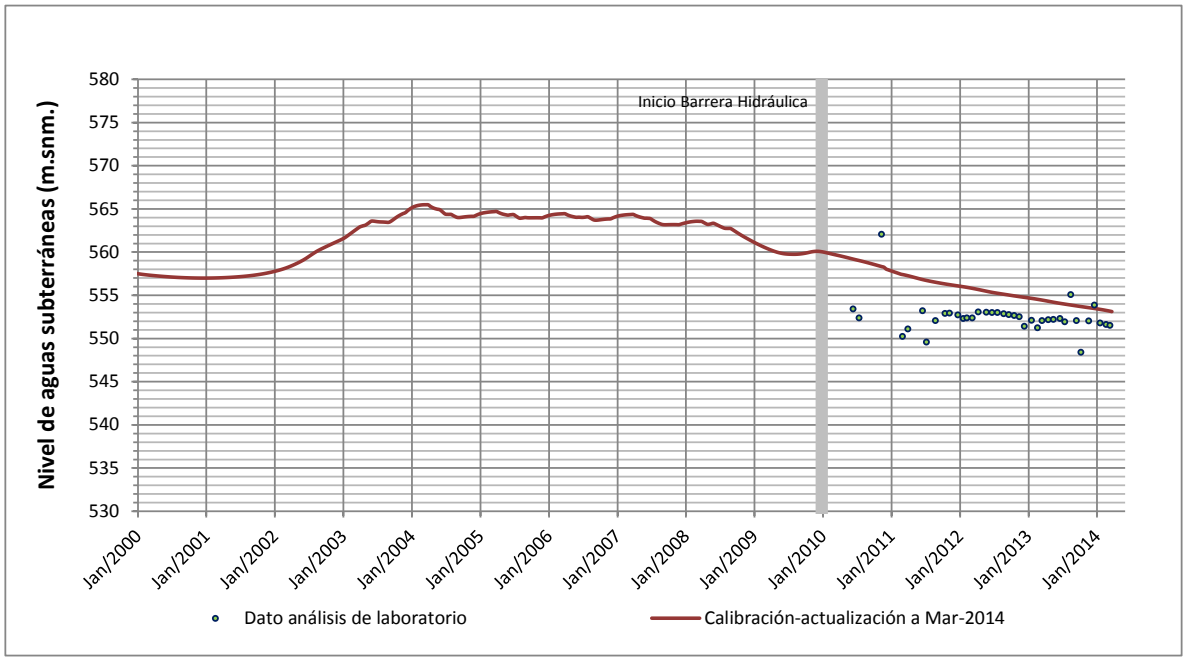


Figura 2.43 Niveles simulados y observados: pozo APR Huechún.

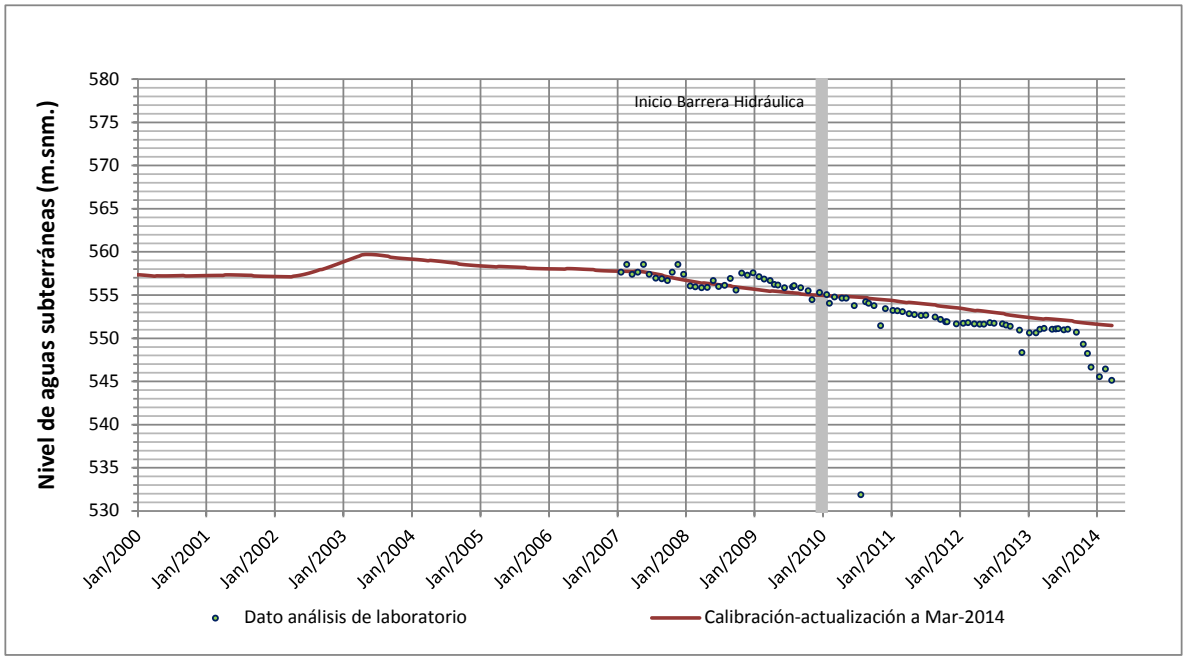


Figura 2.44 Niveles simulados y observados: pozo A-1 Fundo El Chaval.

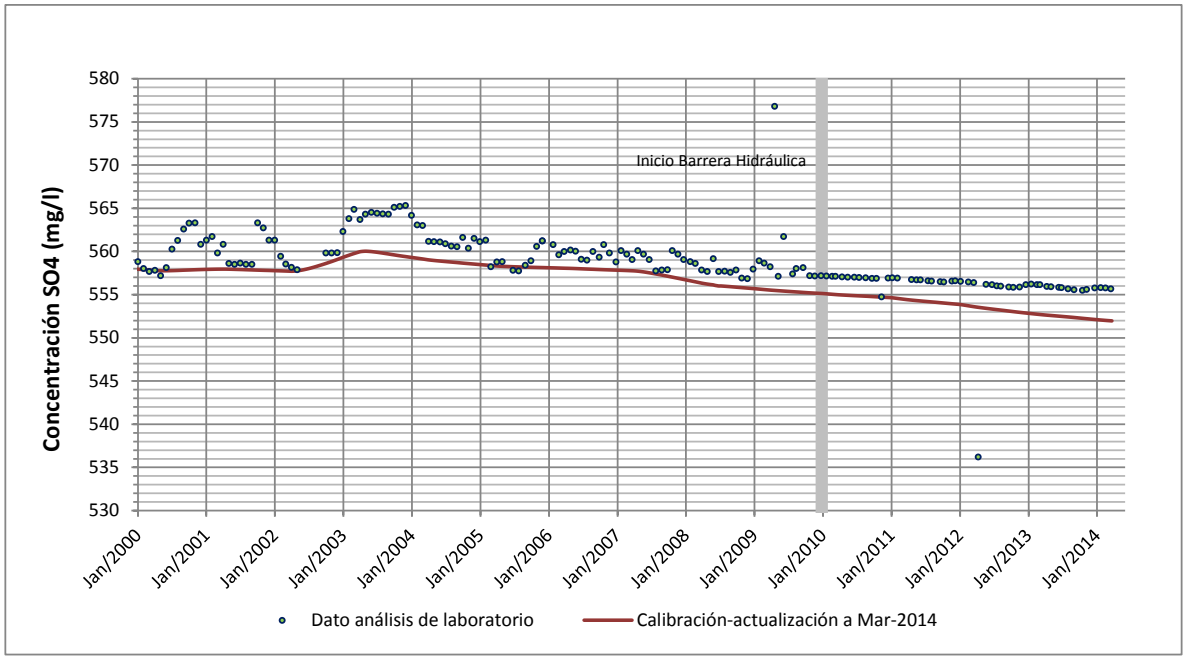
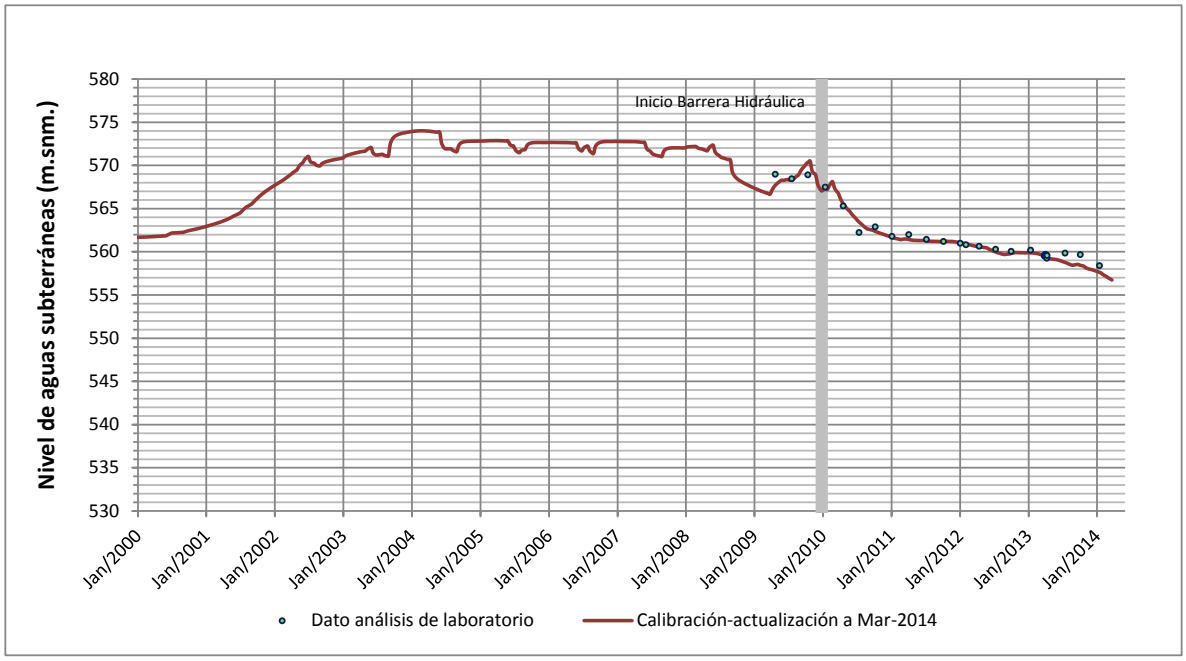


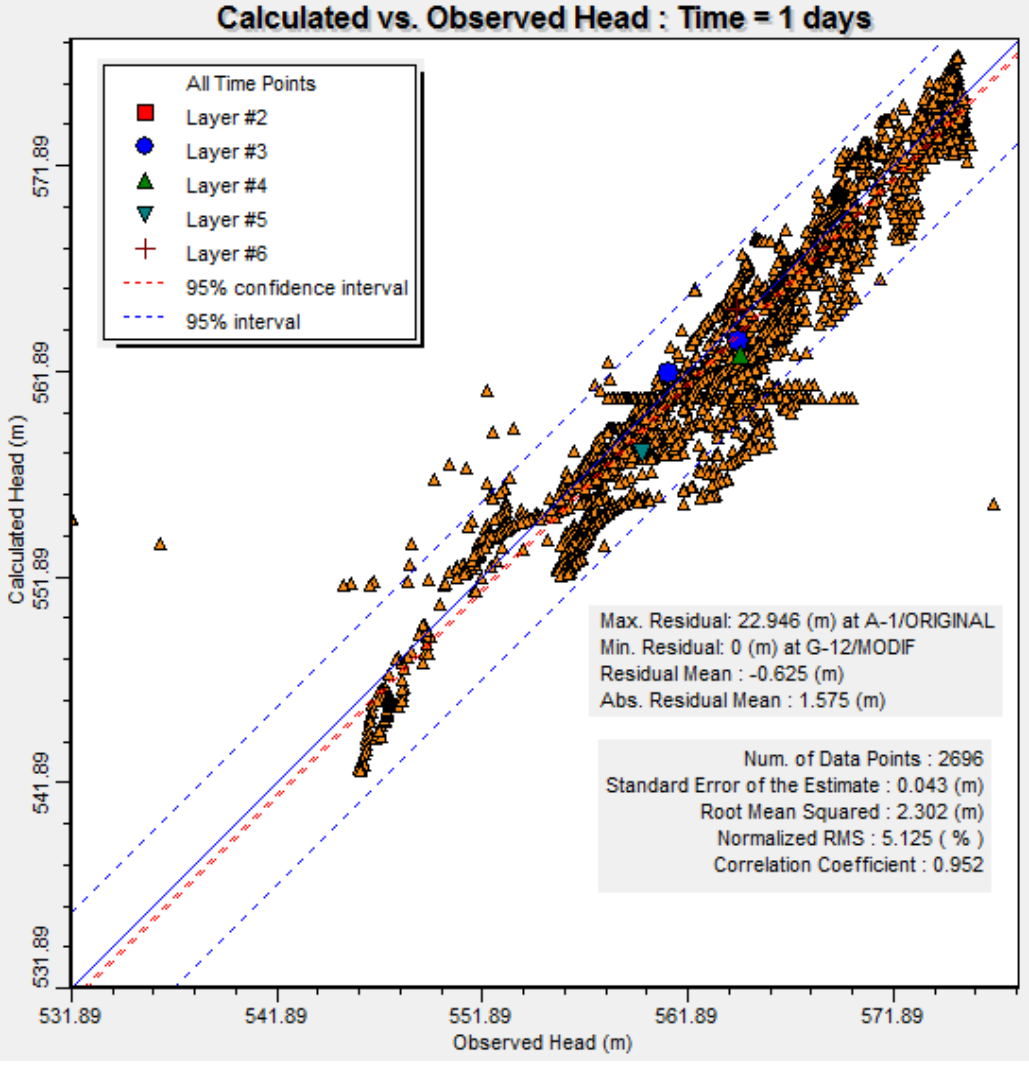
Figura 2.45 Niveles simulados y observados: pozo P-02.



- Grado de ajuste de la calibración

  Utilizando el programa Visual Modflow se generó la Figura 2.46 que muestra el grado de ajuste del modelo de flujo para el periodo de calibración transiente. Para ello se consideraron las mediciones de todos los tiempos de los pozos del patrón de calibración, salvo las mediciones de los pozos G-02 y G-03 que se ubican en una unidad de conglomerado cuyos niveles no logran ser representados por el modelo numérico. Como se observa de la figura, se obtuvo un valor para el estadístico de ajuste RMS de 2.3 m y de NRMS de 5.1 %, lo cual se considera adecuado para un modelo de flujo transiente.

Figura 2.46 Grado de ajuste del modelo de flujo para el periodo de calibración transiente.



- Balance Hídrico

Por medio de balance hídrico de cada periodo de cálculo se verifica el error logrado como resultado de la calibración en régimen transiente. Con este objetivo se presenta en la Figura 2.47 los caudales correspondientes al balance total, o diferencia entre todas las entradas y salidas del dominio de la modelación, la que es a su vez presentada en la Figura 2.48 como diferencia o discrepancia porcentual. Se observa un promedio cercano a cero, con un máximo absoluto inferior a 1 l/s, y en términos porcentuales menor a 0.5%, siendo validado de esta manera el balance numérico.

Figura 2.47 Balance Hídrico en Dominio de Modelación.

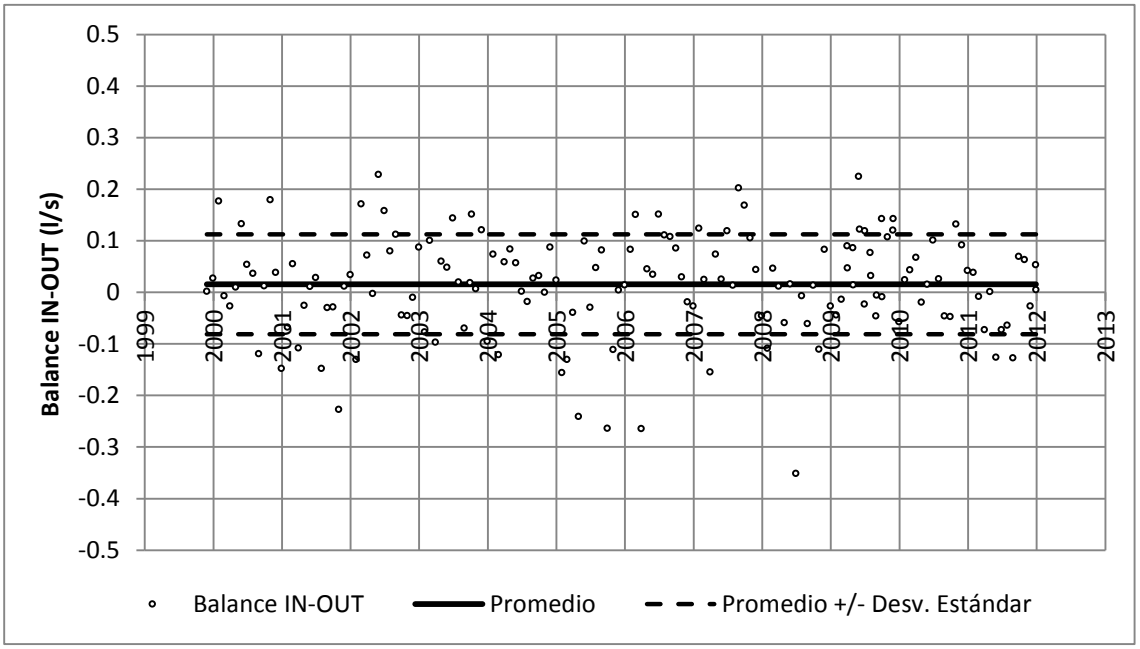
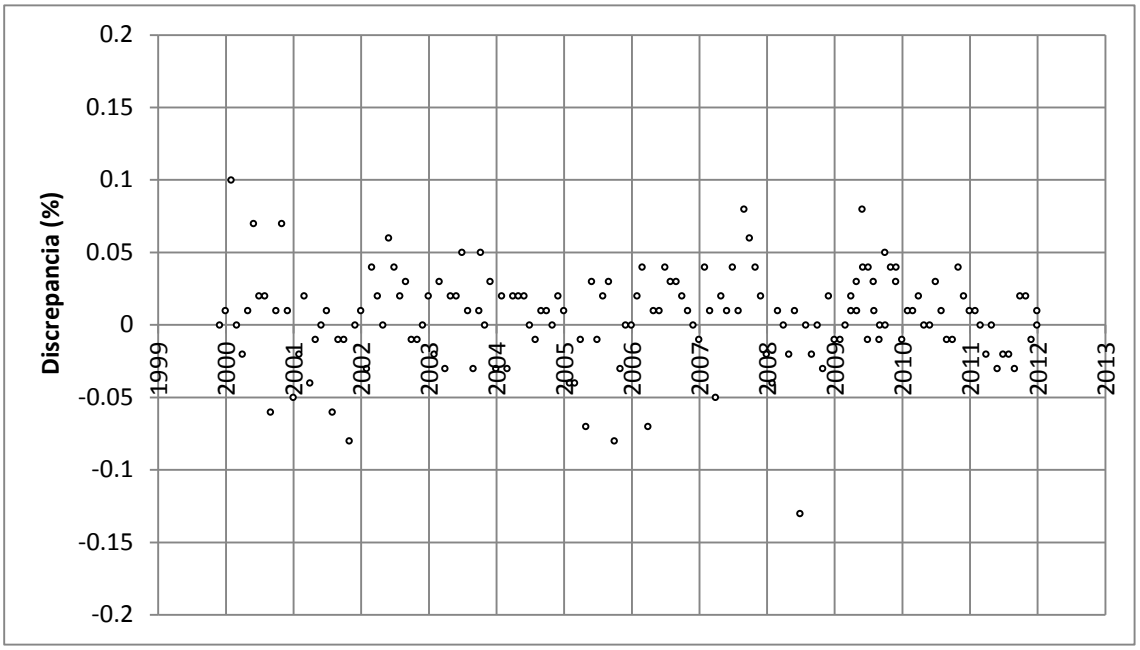


Figura 2.48 Porcentaje de Discrepancia de Balance Hídrico en Dominio de Modelación.



- Cuantificación de caudales de entrada y salida del acuífero

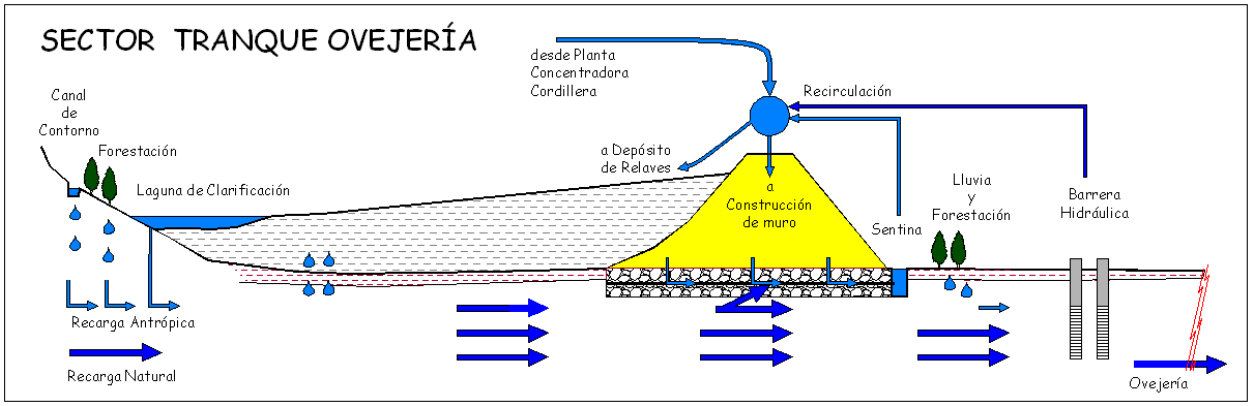
De acuerdo con los resultados de la calibración, se presentan en las Tablas 2.18 y 2.19 los caudales medios representativos asociados al modelo conceptual y los obtenidos por el modelo matemático calibrado, para los diferentes componentes presentados en el modelo conceptual, los que son indicados en la Figura 2.49, mientras en Tabla 2.21 se presenta el balance mensual para todo el periodo de calibración. Los caudales presentados son representativos de la condición previa al funcionamiento de la barrera hidráulica y a la condición posterior; y han sido obtenidos utilizando la herramienta denominada ZoneBudget. Cabe mencionar que la manera en que se presentan los balances del régimen transiente cambia con respecto a la versión del año 2012, debido a que en la presente versión se quiso facilitar la lectura de los resultados obtenidos. A su vez, existen diferencias debido a las modificaciones asociadas al acople del modelo Ovejería con el modelo Chacabuco-Polpaico, específicamente en lo que respecta al caudal extraído por los drenes y a los caudales asociados a las conexiones subterráneas del acuífero local con el acuífero regional. En este sentido, para la condición previa a la barrera se consideran como caudales representativos al promedio del periodo 2005-2009, en que en el caso de caudales extraídos por bombeos desde pozos que inician su operación durante el periodo (pozos de riego ubicados entre el Embalse Huechún y el límite Sur del dominio de modelación), se indica al pie de la Tabla 2.18 el promedio anual de funcionamiento estable (año 2009). Por otro lado, para

representar el escenario posterior a la entrada en operación de la barrera hidráulica, se realiza un promedio considerando el año 2010 completo, indicándose al pie de la Tabla 2.19 el caudal estable de la barrera, el cual se obtiene de promediar a partir de mayo de 2010.

Para la condición previa al funcionamiento de la barrera hidráulica, se observa que los caudales de entrada son levemente superiores a los caudales de salida, lo que tiene relación con un almacenamiento del acuífero. En la condición posterior al funcionamiento de la barrera hidráulica se observa un vaciamiento del acuífero, lo que es reflejado por un caudal de salida mayor al caudal de entrada y un descenso en los niveles de aguas subterráneas.

Finalmente, cabe agregar que, como se muestra en las Tablas 2.18 y 2.19, el caudal de salida por el límite Sur-este asciende hasta los 19 l/s, lo cual es 13 l/s mayor que el caudal de salida por el límite Sur-este que se tenía para la condición anterior a la construcción del tranque Ovejería, que se muestra en la Tabla 2.15. Dicho aumento se asocia principalmente a la disminución regional del nivel de agua subterránea, reflejada en la condición de borde Sur-este, que se muestra en el numeral 2.1.5.3. Independiente del aumento de caudal observado, se concluye que dicho caudal continúa representando una fracción relativamente pequeña del caudal total de salida del modelo (<10%), lo cual es consistente con el modelo conceptual, mostrado en el Anexo E.

Figura 2.49 Esquema conceptual de los flujos de agua en el sector del tranque de relaves Ovejería



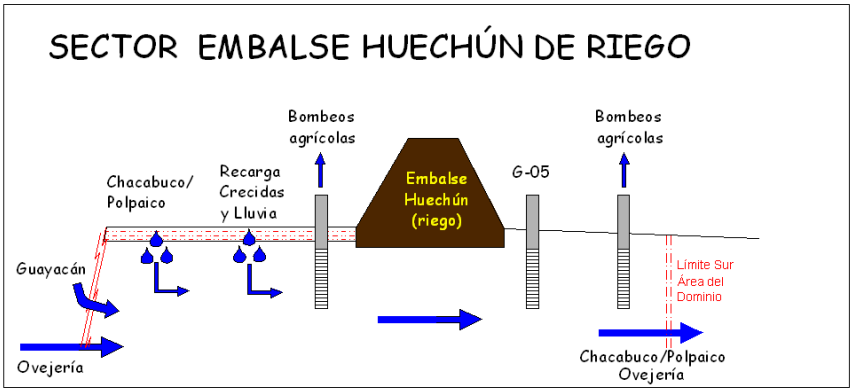


Tabla 2.17 Caudales Representativos de Entradas y Salidas de Aguas del Sistema Acuífero. Condición con Tranque Ovejería, previo a la entrada en operación de la Barrera Hidráulica.

	Estimación inicial		Estimación final	
COMPONENTE	**ENTRADAS, l/s**	**SALIDAS, l/s**	**ENTRADAS, l/s**	**SALIDAS, l/s**
Recarga Natural Aguas Arriba Tranque por precipitaciones - Qbda. El Espino - Qbda. Ojos de Agua	 10 44		 8 42	
Infiltración desde Canal de Contorno	49		37	
Infiltración excedentes de riego, forestación aguas arriba del tranque	16		15	
Infiltración desde Laguna de Clarificación	70		74	
Infiltración desde área de lamas del tranque	5		49	
Recarga por precipitación en Qda Guayacán	6		5	
Infiltración excedentes de riego y precipitaciones, aguas abajo del muro del tranque	10		19	
Caudal de construcción del muro de arenas del tranque Ovejería	33		16	
Caudal neto de aguas subterráneas captado por el Dren basal del muro		157		150
Infiltración desde Estero Chacabuco. Caudal Base	9		0	
Infiltración desde Estero Chacabuco. Período crecidas	1		0	
Caudal de bombeo pozos de riego de terceros.		52		11(*)
Caudal de bombeo de otros pozos del área.		S/I		20
Caudal de aguas subterráneas efluente por límite Sur		13		62
Caudal de aguas subterráneas límite Sur-Este	(**)			19
Variación de almacenamiento en el acuífero	-			+ 4
TOTAL	**253**	**222**	**265**	**265**

(*) El caudal promedio durante el tiempo de operación de los pozos de riego de terceros asciende a 46 l/s (año 2009).

(**) No fue posible estimar el caudal del límite Sur-Este en el contexto del Modelo Conceptual.

Nota: Se considera como representativo el promedio periodo 2005-2009.

Tabla 2.18 Caudales Representativos de Entradas y Salidas de Aguas del Sistema Acuífero. Condición con Tranque Ovejería, posterior a la entrada en operación de la Barrera Hidráulica.

	Estimación inicial		Estimación final	
COMPONENTE	**ENTRADAS, l/s**	**SALIDAS, l/s**	**ENTRADAS, l/s**	**SALIDAS, l/s**
Recarga Natural Aguas Arriba Tranque por precipitaciones - Qbda. El Espino - Qbda. Ojos de Agua	 10 44		 7 41	
Infiltración desde Canal de Contorno	30		24	
Infiltración excedentes de riego, forestación aguas arriba del tranque	34		33	
Infiltración desde Laguna de Clarificación	83		81	
Infiltración desde área de lamas del tranque	6		49	
Recarga por precipitación en Qda Guayacán	6		4	
Infiltración excedentes de riego y precipitaciones, aguas abajo del muro del tranque	10		15	
Caudal de construcción del muro de arenas del tranque Ovejería	28		13	
Recarga por infiltración en embalse Huechún			4	
Caudal neto de aguas subterráneas captado por el Dren basal del muro		112		96
Caudal bombeado por la barrera hidráulica		154		124 (*)
Infiltración desde Estero Chacabuco. Caudal Base	9		0	
Infiltración desde Estero Chacabuco. Período crecidas	1		0	
Caudal de bombeo pozos de riego de terceros.		52		46
Caudal de bombeo de otros pozos del área.		S/I		6
Caudal de aguas subterráneas efluente por límite Sur del dominio		15		48
Caudal de aguas subterráneas límite Sur-Este	(**)			15
Variación de almacenamiento en el acuífero	-		- 65	
TOTAL	**261**	**333**	**335**	**335**

(*) El caudal promedio durante el tiempo de operación de la barrera hidráulica es 154 l/s (mayo-diciembre 2010)

(**) No fue posible estimar el caudal del límite Sur-Este en el contexto del Modelo Conceptual.

Nota: Se consideran el promedio del año 2010.

- Cuantificación de los caudales subterráneos que traspasan la barrera hidráulica, la sección del muro del embalse Huechún y la salida por el límite sur hacia la cuenca Chacabuco-Polpaico.

  La cuantificación de los caudales pasantes se realiza por medio de la herramienta Zone Budget, considerando esta vez como periodo de tiempo representativo para la condición anterior a la barrera hidráulica al año 2009 y no al periodo 2005-2009. Lo anterior representa un cambio con respecto a la versión del año 2012 del presente documento, debido a que se considera que facilita la interpretación de los resultados obtenidos.

  En la Tabla 2.20 se indican los caudales pasantes de las tres secciones, las cuales se ilustran en la Figura 2.50. Como se aprecia de los valores obtenidos, a diciembre del año 2010 la barrera hidráulica logra reducir el caudal pasante a través de ella desde 95 a 53 l/s. Por otro lado, se puede observar que el caudal pasante a través de la sección muro embalse Huechún se mantiene constante, mientras que el caudal saliente por el límite Sur se reduce solo en 3 l/s, por lo que se concluye que es el acuífero el que cede parte de su almacenamiento para satisfacer la demanda de riego de 46 l/s existente aguas abajo del embalse Huechún.

Figura 2.50 Ubicación secciones de cálculo de flujo pasante en modelo matemático

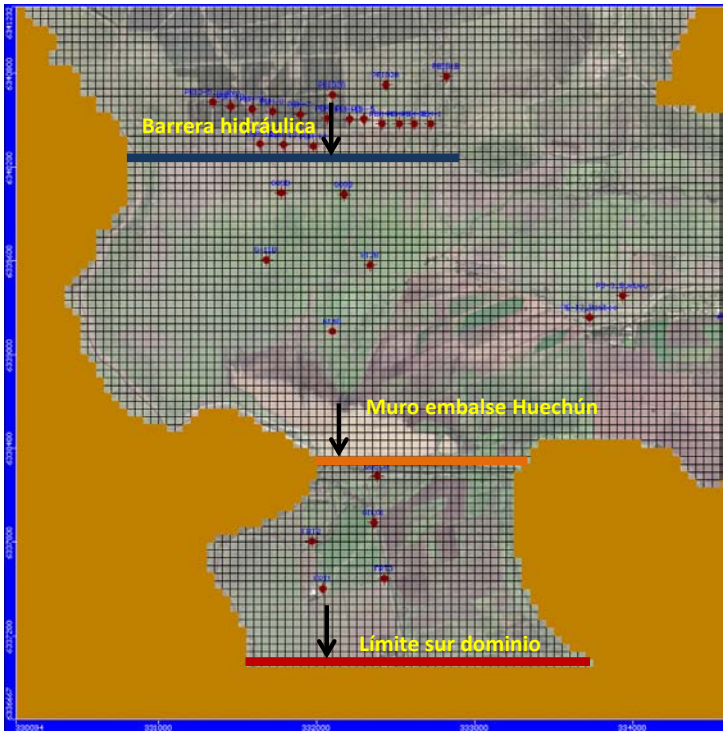


Tabla 2.19 Caudales Representativos sector Sur rinconada de Huechún

Componente	Condición con Tranque Ovejería, previo a la entrada en operación de la Barrera Hidráulica. Año 2009.	Condición con Tranque Ovejería, posterior a la entrada en operación de la Barrera Hidráulica. Año 2010.
Flujo pasante a través de la barrera hidráulica	95	53
Flujo pasante sección muro embalse Huechún	83	83
Caudal de bombeo pozos de riego	46	46
Flujo pasante límite Sur dominio de modelación	51	48

Tabla 2.20 Balance Hídrico acuífero Ovejería

Tiempo			ENTRADAS					SALIDAS						VARIACIÓN DE
			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
30/11/1999	01/12/1999	1	84	3	0	0	87	0	0	1	55	7	63	24
01/12/1999	01/01/2000	32	84	48	0	0	131	0	4	1	61	8	74	57
01/01/2000	01/02/2000	63	51	52	0	0	103	0	4	1	62	10	77	26
01/02/2000	01/03/2000	92	51	57	0	0	108	0	4	1	63	10	79	29
01/03/2000	01/04/2000	123	51	57	0	0	109	0	4	1	62	12	78	30
01/04/2000	01/05/2000	153	51	63	0	0	115	0	4	0	61	5	71	44
01/05/2000	01/06/2000	184	51	68	0	0	120	0	4	0	60	4	68	51
01/06/2000	01/07/2000	214	51	112	0	0	164	0	4	0	58	4	66	98
01/07/2000	01/08/2000	245	51	84	0	0	136	0	4	0	57	4	65	71
01/08/2000	01/09/2000	276	51	85	0	0	137	0	4	0	56	3	63	74
01/09/2000	01/10/2000	306	51	103	0	0	154	0	4	1	55	3	63	92
01/10/2000	01/11/2000	337	51	156	0	0	208	0	4	1	54	3	62	146
01/11/2000	01/12/2000	367	51	180	0	0	232	0	4	1	56	3	64	168
01/12/2000	01/01/2001	398	51	195	0	0	247	0	4	1	57	4	65	181
01/01/2001	01/02/2001	429	56	163	0	0	219	0	4	1	58	4	67	152
01/02/2001	01/03/2001	457	56	174	0	0	230	0	4	1	60	4	68	161
01/03/2001	01/04/2001	488	56	143	0	0	199	0	4	1	59	5	68	130
01/04/2001	01/05/2001	518	56	158	0	0	213	0	4	0	58	7	69	144
01/05/2001	01/06/2001	549	56	144	0	0	200	0	4	0	57	7	68	132
01/06/2001	01/07/2001	579	56	125	0	0	181	0	4	0	55	7	67	114
01/07/2001	01/08/2001	610	56	140	0	0	196	0	4	0	55	7	66	130
01/08/2001	01/09/2001	641	56	115	0	0	170	1	4	0	54	7	66	104
01/09/2001	01/10/2001	671	56	170	0	0	226	12	4	1	54	6	76	150
01/10/2001	01/11/2001	702	56	192	0	0	248	28	4	1	53	7	92	156
01/11/2001	01/12/2001	732	56	224	0	0	280	55	4	1	57	6	123	157
01/12/2001	01/01/2002	763	56	219	0	0	275	68	4	1	61	7	141	135
01/01/2002	01/02/2002	794	118	216	0	0	335	114	4	1	59	7	185	150
01/02/2002	01/03/2002	822	118	219	0	0	338	150	4	1	58	8	220	117
01/03/2002	01/04/2002	853	118	200	0	0	319	149	4	1	58	8	220	99
01/04/2002	01/05/2002	883	118	194	0	2	315	161	4	0	59	0	224	91
01/05/2002	01/06/2002	914	118	201	0	4	324	186	4	0	59	0	249	75
01/06/2002	01/07/2002	944	118	178	0	4	301	176	4	0	60	0	241	62
01/07/2002	01/08/2002	975	118	140	0	5	264	156	4	0	58	0	219	45
01/08/2002	01/09/2002	1006	118	142	0	4	265	155	4	0	57	0	217	48
01/09/2002	01/10/2002	1036	118	200	0	4	323	184	4	1	62	0	251	73
01/10/2002	01/11/2002	1067	118	225	0	4	347	203	4	1	66	0	274	74
01/11/2002	01/12/2002	1097	118	255	0	3	377	221	4	1	65	0	291	86
01/12/2002	01/01/2003	1128	118	254	0	2	374	228	4	1	64	0	296	79
01/01/2003	01/02/2003	1159	36	217	0	1	253	153	4	1	63	0	220	34
01/02/2003	01/03/2003	1187	36	257	0	1	293	170	4	1	62	0	237	56
01/03/2003	01/04/2003	1218	36	210	0	0	246	152	4	1	64	1	221	25
01/04/2003	01/05/2003	1248	36	204	0	0	240	137	4	0	65	14	221	20

Tiempo			ENTRADAS					SALIDAS						VARIACIÓN DE
			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01/05/2003	01/06/2003	1279	36	203	0	0	238	147	4	0	61	17	230	9
01/06/2003	01/07/2003	1309	36	174	0	0	210	133	4	0	58	18	212	-3
01/07/2003	01/08/2003	1340	36	170	0	0	206	134	4	0	59	18	215	-9
01/08/2003	01/09/2003	1371	36	154	0	0	190	121	4	0	60	18	202	-12
01/09/2003	01/10/2003	1401	36	226	0	0	262	152	4	1	62	17	236	27
01/10/2003	01/11/2003	1432	36	247	0	0	282	160	4	1	64	18	247	37
01/11/2003	01/12/2003	1462	36	292	0	0	327	187	4	1	65	18	276	53
01/12/2003	01/01/2004	1493	36	268	0	0	303	177	4	1	66	19	267	38
01/01/2004	01/02/2004	1524	66	258	0	0	324	190	4	1	68	20	283	43
01/02/2004	01/03/2004	1553	66	289	0	0	355	228	4	1	70	21	324	33
01/03/2004	01/04/2004	1584	66	269	0	0	335	216	4	1	71	22	314	23
01/04/2004	01/05/2004	1614	66	252	0	0	319	211	4	0	73	19	307	14
01/05/2004	01/06/2004	1645	66	234	0	0	300	205	4	0	67	18	295	7
01/06/2004	01/07/2004	1675	66	185	0	0	251	179	4	0	62	18	263	-12
01/07/2004	01/08/2004	1706	66	183	0	0	250	179	4	0	62	18	263	-13
01/08/2004	01/09/2004	1737	66	171	0	0	237	164	4	0	61	18	247	-10
01/09/2004	01/10/2004	1767	66	227	0	0	293	188	4	1	63	17	273	21
01/10/2004	01/11/2004	1798	66	237	0	0	304	191	4	1	64	17	277	28
01/11/2004	01/12/2004	1828	66	275	0	0	342	213	4	1	66	18	302	41
01/12/2004	01/01/2005	1859	66	269	0	0	336	213	4	1	67	18	303	33
01/01/2005	01/02/2005	1890	66	229	0	0	295	191	4	1	66	19	281	16
01/02/2005	01/03/2005	1918	66	253	0	0	319	207	4	1	66	19	297	24
01/03/2005	01/04/2005	1949	66	204	0	0	271	179	4	1	65	20	269	3
01/04/2005	01/05/2005	1979	66	219	0	0	285	184	4	0	65	18	271	16
01/05/2005	01/06/2005	2010	66	208	0	0	275	187	4	0	65	17	273	2
01/06/2005	01/07/2005	2040	66	207	0	0	274	196	4	0	64	17	282	-7
01/07/2005	01/08/2005	2071	66	146	0	0	213	144	4	0	63	17	228	-15
01/08/2005	01/09/2005	2102	66	172	0	0	238	162	4	0	62	16	245	-6
01/09/2005	01/10/2005	2132	66	223	0	0	289	185	4	1	64	16	269	21
01/10/2005	01/11/2005	2163	66	253	0	0	319	205	4	1	65	16	291	29
01/11/2005	01/12/2005	2193	66	293	0	0	360	232	4	1	67	16	319	42
01/12/2005	01/01/2006	2224	66	277	0	0	344	222	4	1	68	17	311	33
01/01/2006	01/02/2006	2255	66	275	0	0	341	222	4	1	68	16	311	31
01/02/2006	01/03/2006	2283	66	255	0	0	321	206	4	1	68	17	297	25
01/03/2006	01/04/2006	2314	66	248	0	0	314	204	4	1	67	17	293	22
01/04/2006	01/05/2006	2344	66	247	0	0	313	210	4	0	67	18	298	15
01/05/2006	01/06/2006	2375	66	216	0	0	282	196	4	0	66	18	285	-2
01/06/2006	01/07/2006	2405	66	221	0	0	287	201	4	0	65	18	288	-2
01/07/2006	01/08/2006	2436	66	234	0	0	300	213	4	0	65	17	299	2
01/08/2006	01/09/2006	2467	66	204	0	0	270	183	4	0	64	17	268	2
01/09/2006	01/10/2006	2497	66	244	0	0	310	205	4	1	65	16	291	20
01/10/2006	01/11/2006	2528	66	273	0	0	339	228	4	1	66	17	315	25
01/11/2006	01/12/2006	2558	66	263	0	0	329	217	4	1	68	17	306	24
01/12/2006	01/01/2007	2589	66	273	0	0	339	226	4	1	70	17	318	23
01/01/2007	01/02/2007	2620	27	229	0	0	256	182	4	1	71	17	275	-18
01/02/2007	01/03/2007	2648	27	220	0	0	248	172	4	1	70	18	265	-16
01/03/2007	01/04/2007	2679	27	216	0	0	244	166	4	1	69	18	258	-13
01/04/2007	01/05/2007	2709	27	216	0	0	244	170	4	0	70	24	269	-24

Tiempo			ENTRADAS					SALIDAS						VARIACIÓN DE
			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01/05/2007	01/06/2007	2740	27	179	0	0	206	143	4	0	69	25	241	-34
01/06/2007	01/07/2007	2770	27	170	0	0	198	137	4	0	66	26	232	-34
01/07/2007	01/08/2007	2801	27	154	0	0	182	117	4	0	66	25	211	-29
01/08/2007	01/09/2007	2832	27	157	0	0	185	117	4	0	66	25	212	-27
01/09/2007	01/10/2007	2862	27	174	0	0	201	122	4	1	68	24	219	-17
01/10/2007	01/11/2007	2893	27	188	0	0	216	130	4	1	69	24	228	-12
01/11/2007	01/12/2007	2923	27	205	0	0	232	132	4	1	69	25	230	3
01/12/2007	01/01/2008	2954	27	159	0	0	186	110	4	1	72	25	211	-24
01/01/2008	01/02/2008	2985	51	186	0	0	237	143	4	1	72	25	245	-7
01/02/2008	01/03/2008	3014	51	202	0	0	253	162	4	1	72	26	264	-10
01/03/2008	01/04/2008	3045	51	189	0	0	240	157	11	1	72	26	267	-26
01/04/2008	01/05/2008	3075	51	192	0	0	243	137	24	5	69	22	258	-14
01/05/2008	01/06/2008	3106	51	187	0	0	238	157	4	0	68	20	250	-10
01/06/2008	01/07/2008	3136	51	168	0	0	219	141	4	2	68	20	234	-14
01/07/2008	01/08/2008	3167	51	147	0	0	198	122	7	0	67	19	214	-16
01/08/2008	01/09/2008	3198	51	159	0	0	210	78	71	0	64	19	232	-21
01/09/2008	01/10/2008	3228	51	152	0	0	203	41	123	1	70	18	254	-49
01/10/2008	01/11/2008	3259	51	218	0	0	269	67	122	29	66	18	302	-32
01/11/2008	01/12/2008	3289	51	209	0	0	260	63	122	69	62	18	334	-73
01/12/2008	01/01/2009	3320	51	218	0	0	269	69	122	137	59	18	405	-135
01/01/2009	01/02/2009	3351	55	198	0	0	253	66	122	149	56	18	410	-156
01/02/2009	01/03/2009	3379	55	213	0	0	267	76	122	101	52	18	369	-100
01/03/2009	01/04/2009	3410	55	211	0	0	266	75	122	57	48	18	320	-52
01/04/2009	01/05/2009	3440	55	166	0	0	220	100	6	20	46	18	189	31
01/05/2009	01/06/2009	3471	55	163	0	0	218	103	6	0	47	17	172	46
01/06/2009	01/07/2009	3501	55	179	0	0	233	127	14	0	47	17	205	29
01/07/2009	01/08/2009	3532	55	159	0	0	214	114	8	0	48	16	187	27
01/08/2009	01/09/2009	3563	55	196	0	0	251	143	11	0	50	16	219	32
01/09/2009	01/10/2009	3593	55	176	0	0	230	120	9	1	53	15	197	34
01/10/2009	01/11/2009	3624	55	191	0	0	245	136	10	29	56	15	246	0
01/11/2009	01/12/2009	3654	55	235	0	0	290	155	44	69	58	15	341	-50
01/12/2009	01/01/2010	3685	55	268	0	0	323	149	113	137	53	15	466	-141
01/01/2010	01/02/2010	3716	54	260	0	0	314	156	60	149	48	15	429	-114
01/02/2010	01/03/2010	3744	54	245	0	0	299	160	5	101	45	15	325	-25
01/03/2010	01/04/2010	3775	54	225	0	0	279	127	98	57	44	15	341	-60
01/04/2010	01/05/2010	3805	54	186	0	0	240	86	154	20	43	16	320	-78
01/05/2010	01/06/2010	3836	54	166	0	0	221	59	157	0	43	16	275	-52
01/06/2010	01/07/2010	3866	54	165	0	0	219	57	160	0	44	15	276	-56
01/07/2010	01/08/2010	3897	54	195	0	0	249	66	166	0	46	15	293	-44
01/08/2010	01/09/2010	3928	54	189	0	0	243	60	168	0	50	15	294	-50
01/09/2010	01/10/2010	3958	54	204	0	0	258	67	152	1	53	14	286	-27
01/10/2010	01/11/2010	3989	54	204	0	0	258	62	159	29	53	15	318	-60

Tiempo			ENTRADAS					SALIDAS						VARIACIÓN DE
			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01/11/2010	01/12/2010	4019	54	261	0	0	315	108	159	69	52	15	403	-87
01/12/2010	01/01/2011	4050	54	293	0	0	347	134	159	137	51	15	497	-148
01/01/2011	01/02/2011	4081	26	304	0	0	329	125	156	149	47	15	491	-161
01/02/2011	01/03/2011	4109	26	264	0	0	290	91	148	101	44	15	398	-108
01/03/2011	01/04/2011	4140	26	264	0	0	290	90	126	57	41	15	329	-38
01/04/2011	01/05/2011	4170	26	251	0	0	277	76	130	20	40	14	281	-4
01/05/2011	01/06/2011	4201	26	270	0	0	296	93	122	0	40	15	269	27
01/06/2011	01/07/2011	4231	26	291	0	0	317	103	133	0	41	14	291	27
01/07/2011	01/08/2011	4262	26	319	0	0	345	130	141	0	43	13	328	18
01/08/2011	01/09/2011	4293	26	326	0	0	352	135	138	0	45	13	331	22
01/09/2011	01/10/2011	4323	26	276	0	0	302	90	147	1	48	12	298	5
01/10/2011	01/11/2011	4354	26	246	0	0	272	65	140	29	49	12	294	-22
01/11/2011	01/12/2011	4384	26	293	0	0	319	101	143	69	48	11	372	-52
01/12/2011	31/12/2011	4414	26	268	0	0	294	89	152	137	45	12	435	-140

2.3 Conclusiones principales

Se ha documentado la construcción y calibración de un Modelo Hidrogeológico de Flujo, el que ha sido desarrollado en Visual Modflow para el sector de Rinconada de Ovejería, donde se encuentra emplazado el tranque de Relaves Ovejería, de propiedad de CODELCO División Andina.

Las principales conclusiones obtenidas durante el proceso son las siguientes:

- En base a la geometría, condiciones de borde y las diferentes zonas de propiedades hidráulicas, ha sido calibrado el modelo numérico en régimen permanente, obteniéndose valores de conductividades hidráulicas calibradas dentro de los rangos de valores medidos para las unidades hidrogeológicas con información.

- En la calibración de las conductividades hidráulicas se cumplió con los objetivos estadísticos planteados para el parámetro RMS (Root Mean Squared) Normalizado, en que se obtuvo un 5,12%, valor considerado adecuado dada la complejidad del sistema en análisis

- Respecto al ajuste de niveles obtenido, el objetivo del modelo es representar el dominio de modelación general, para un periodo de tiempo de 14 años, lo que fue considerado en el modelo de calibración en régimen permanente. Es así como si bien el modelo de calibración en régimen permanente es anterior al de régimen transiente, el ajuste fue realizado en consideración a los resultados que se obtenían durante el proceso de calibración en régimen transiente, tanto de flujo como de transporte, tomando como prioridad los resultados en régimen transiente.

- Adicionalmente al ajuste logrado mediante el estadístico RMS y de niveles, se verificó un error asociado al balance del sistema que se considera aceptable tanto para el régimen permanente como transiente.

- El proceso de calibración en régimen transiente ha sido aplicado para ajustar los parámetros elásticos del acuífero y para ajustar ciertas condiciones de borde. El ajuste logrado presenta buena calidad estadística, siendo los pozos G-02 y G-03 los que resultaron más complejos de representar debido a que se encuentran ubicados aguas abajo del Tranque Viejo, en una zona de conglomerados, la que no parece tener un comportamiento concordante con el resto del acuífero. En cualquier caso, las tendencias de cambio en el tiempo de ambos pozos es correctamente representada por el modelo.

- El contraste entre los niveles de aguas subterráneas calculados con el modelo y las mediciones existentes, muestra que el modelo logra reproducir los datos históricos en la mayoría de los pozos, lográndose un NRMS de 5.12 % para el periodo en régimen transiente, lo cual se considera adecuado dada la complejidad del sistema.

- Los coeficientes de almacenamiento calibrados se encuentran dentro de los rangos esperados para las unidades hidrogeológicas con información.

- El error de cierre del balance hídrico de cada periodo de cálculo para el dominio de modelación presenta un valor menor a 1%, lo que se traduce en un caudal máximo de diferencia entre las entradas y las salidas no mayores a 1 L/s.

- No existen mediciones que permitan evaluar el porcentaje de las aguas excedentes del regadío que finalmente se infiltran. Por lo anterior, ese porcentaje fue evaluado en el modelo numérico durante el proceso de calibración logrando un ajuste satisfactorio

- Como parte del proceso de recalibración, la tasa de recarga asociada a la construcción del muro pudo ser establecida en el modelo numérico, directamente como el excedente más probable del balance constructivo sin necesidad de incrementarla (dentro de los rangos que permite la incertidumbre de los parámetros) en ningún período de tiempo como había sido necesario en etapas previas de la calibración.

- Con base en la información de terreno disponible a la fecha de construcción y calibración, y considerando las incertidumbres propias en todo proceso de modelación, se concluye que el modelo numérico logra reproducir adecuadamente las mediciones físicas históricas.

- Por lo anterior, se estima que puede ser utilizado en la evaluación de condiciones futuras a ser impuestas en el sistema Acuífero-Tranque (simulaciones predictivas).

3. MODELO DE TRANSPORTE

3.1 Construcción modelo numérico de transporte

3.1.1 Introducción

En esta sección se documenta la construcción y calibración del modelo numérico de transporte de sulfatos en las aguas subterráneas en la subcuenca de la Rinconada de Huechún. Los aspectos específicos que se indican hacen referencia a la definición del área de modelación, caracterización de las condiciones de borde e iniciales definidas para calibrar el modelo. Cabe recordar, para conocer la influencia del tranque Ovejería en puntos de interés ubicados fuera del dominio del Modelo Ovejería, éste fue acoplado con el Modelo Chacabuco-Polpaico, como se detalla en el Anexo G, por lo que en el presente capítulo se detallan además las condiciones de borde que comparten ambos modelos.

3.1.2 Mecanismos de Transporte

El transporte de solutos en aguas subterráneas es descrito por la ecuación de advección dispersión, la cual relaciona la variación temporal y espacial de la concentración de un soluto, con los procesos físicos y químicos que ocurren en el agua subterránea y en el medio poroso donde se desarrolla el movimiento. Como su nombre lo dice, los principales procesos que dan lugar al movimiento del soluto en el agua subterránea son la advección y la dispersión o dispersión hidrodinámica. El proceso de advección se debe principalmente a que las partículas del soluto viajan a la misma velocidad con la que se mueve el agua subterránea. Por otra parte, la dispersión hidrodinámica engloba dos procesos: la difusión molecular (ocurre debido a la existencia gradientes de concentración) y la dispersión mecánica (producida por las heterogeneidades en el medio poroso).

En el caso específico de la simulación del movimiento del sulfato, para efectos de la modelación, se considera a este soluto como “conservativo”; no sujeto a reacciones o transformaciones durante el transporte debido a procesos de decaimiento, adsorción u otros.

En la práctica, se observa que en la gran mayoría de los sistemas de flujo de aguas subterráneas, la intensidad del proceso de difusión molecular es significativamente inferior a la del proceso de advección. Por esto, para la construcción del modelo numérico de transporte, se ha considerado que el coeficiente de difusión molecular es igual a cero.

De acuerdo a lo anterior, los principales procesos que controlan el transporte de sulfatos son advección (definida por la velocidad promedio lineal = velocidad de darcy / porosidad efectiva) y la dispersión mecánica (definida por la Dispersividad). Considerando que la velocidad de Darcy es evaluada por el modelo de flujo, tanto la porosidad efectiva como la dispersividad deben ser ajustadas durante el proceso de calibración en base a la información inicial disponible. Si bien para ambos parámetros es posible establecer pruebas en laboratorio/terreno que permitan evaluar magnitudes en los diferentes medios porosos que componen el acuífero, para el desarrollo del presente modelo no se dispone de pruebas de este tipo, por lo que la información es obtenida a partir de documentación referencial (literatura especializada). Para el caso de la porosidad, existe un alto grado de conocimiento e información referencial sobre rangos posibles de variación para diferentes tipos de suelos, donde en general se observa que este parámetro tiene cierto grado de correlación con los parámetros hidráulicos del suelo (conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento). En las Tablas 3.1a y 3.1b se presentan rangos típicos para porosidades totales y efectivas de diferentes tipos de suelos, los que son considerados en el modelo. Cabe notar que la porosidad efectiva y porosidad total son prácticamente valores iguales para el caso de sedimentos no consolidados en donde la oportunidad de generar poros desconectados es en general, muy baja. Para el caso del coeficiente de dispersividad, la cantidad de información teórica como empírica es menor, además la relación entre este parámetro y los parámetros hidráulicos no ha sido establecida como para el caso de la porosidad.

Tabla 3.1a Valores de Porosidad Total teórica.

Tipo de suelo	Porosidad Total, %
Gravas	25 - 40
Arenas	25 - 40
Limos	35 - 50
Arcillas	40 - 70
Roca Fracturada	0 - 10

Fuente: Freeze and Cherry, 1979.

Tabla 3.2b Valores de Porosidad Efectiva teórica.

Tipo de suelo	Porosidad Efectiva, %
Arena Fina	1 - 46
Arena Media	16 - 46
Arena Gruesa	18 - 43
Grava Fina	13 - 40
Grava Media	17 - 44
Grava Gruesa	13 - 25
Limos	1 - 39
Arcillas	1 - 18

Fuente: Mc Worter and Sunada, 1977.

3.1.3 Dominio de la Modelación

Dado que el modelo numérico de transporte requiere como dato de entrada la magnitud y la dirección de los vectores de velocidad (resultado del modelo numérico de flujo); la simulación de mecanismos de transporte (Advección y Dispersión), el dominio de modelación del modelo de transporte debe corresponder a un área igual o menor a la del modelo numérico de flujo. En este caso, se ha considerado que los límites del área de modelación de transporte corresponden a los mismos del modelo de flujo debido a la necesidad de estimar el efecto del tranque en la calidad del agua de toda la cuenca. Por otro lado, dada la necesidad de conocer la influencia del tranque Ovejería en puntos de interés ubicados fuera de su dominio, el presente modelo numérico fue acoplado con el "Modelo Chacabuco-Polpaico", como se muestra en el Anexo G.

3.1.4 Condiciones de Borde

Se identifican dos tipos de condiciones de borde para el presente modelo de transporte: (1) Entradas de Sulfato a través de las recargas superficiales y (2) Conexiones subterráneas con el acuífero principal de la cuenca del Chacabuco-Polpaico. En lo que sigue del presente capítulo, se describe cada una de las condiciones de borde consideradas.

3.1.4.1 Recargas superficiales

Para el desarrollo del modelo numérico de flujo se identificaron las principales fuentes de agua de entrada para el modelo numérico de flujo, en que en la Figura 3.1 se identifican dichas recargas, tanto de tipo natural como aquellas incluidas como efecto de la operación del tranque (antrópicas). Para el modelo numérico de transporte se requiere conocer la concentración de sulfatos en cada una de las recargas identificadas.

Las fuentes de sulfatos corresponden a infiltraciones desde la superficie, por lo que se ha optado por representar los ingresos de masa de sulfatos al modelo numérico mediante una condición de borde tipo "*Recharge Concentration*", la cual se aplica en conjunto con la condición de borde "*Recharge*" utilizada en el modelo de flujo. Las primeras, incorporan una cierta concentración de acuerdo a los períodos de stress definidos para la segunda condición de borde. Si el caudal de recarga ingresado es nulo, la masa de sulfato que ingresa es nula independientemente de la concentración que se especifica; equivalentemente si el flujo no es nulo y la concentración de sulfatos es cero, entonces la masa total que ingresa (Q(L/s) * C(mg/L)) es nula.

Con base en los antecedentes de monitoreo disponibles, se ha estimado la concentración de sulfatos representativa de estas fuentes de recarga, tanto naturales como antrópicas.

a) Recarga de sulfatos por precipitación en zonas de quebrada (Zonas 1 a 7)

Las concentraciones de Sulfatos asociadas a cada una de estas quebradas han sido definidas de acuerdo a lo indicado en el modelo conceptual. Las concentraciones definidas se asocian principalmente a:

Quebrada del Espino y Quebrada Intermedia (Zona 1 y 2) :	36 mg/L
Quebrada Ojos de Agua e intermedias (Zonas 3 a 6):	60 mg/L
Quebrada Guayacán (Zona 7):	135 mg/L

b) Recarga en zonas aguas abajo del muro del tranque (Zonas 10 a 13 y 22 a 23)

El modelo conceptual provee información relativa a la infiltración de aguas lluvias previo a la operación del tranque, a las infiltraciones de aguas lluvias en zonas aguas abajo del muro y la infiltración de excedentes de regadío en las Zonas 10 a 13. Esta información indica que las concentraciones características de sulfatos son las siguientes:

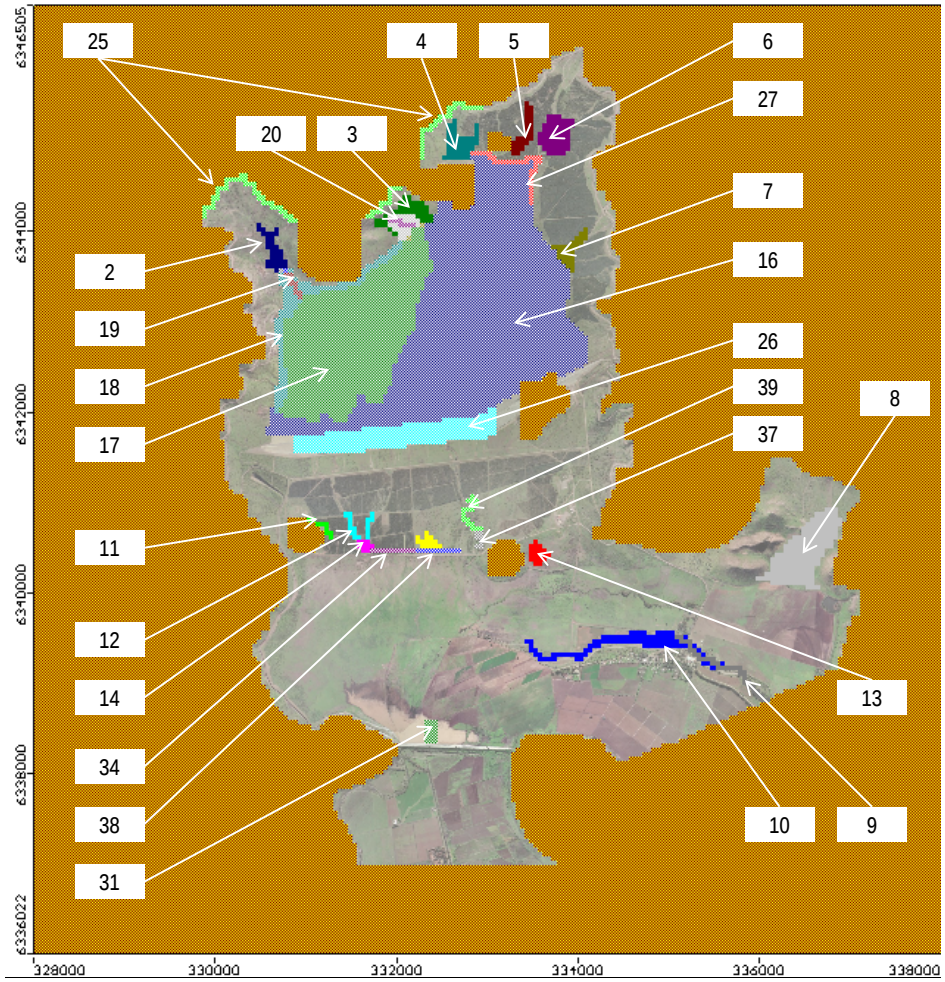
En Agua de Lluvia (previo riego) : 20 mg/L
En Agua de Lluvia (con riego) : 250 – 300 mg/L
En Excedentes de Riego : 2.000 mg/L

Lo anterior se basa en mediciones puntuales (en el año 2008) o a información referencial obtenida de los registros históricos de los pozos existentes en el área de estudio. Estos valores fueron incorporados dentro del proceso de calibración, donde fueron analizados en conjunto con los parámetros de porosidad y de dispersividad. En base a este análisis se obtuvieron series modificadas para estas zonas de concentración, que se presentan a continuación:

En Agua de Lluvia (previo riego) : 20 mg/L
En Agua de Lluvia (con riego) : 500 mg/L
En Excedentes de Riego : Serie histórica medida en laguna según Figura 3.2.

La concentración de agua de lluvia que percola en los meses en donde no existen excedentes de riego, se ha estimado ahora en 500 mg/l, valor que se sustenta en el hecho que las zonas de forestación acumulan solutos en superficie debido a los procesos de evapotranspiración de los caudales regados. En cualquier caso, este valor tiene una muy baja influencia sobre los resultados de ajuste y proyección por cuando este caudal es menor en magnitud en comparación con los caudales de infiltración generados por la cubeta misma.

Figura 3.1 Ubicación de zonas de recarga.
Para régimen permanente (recarga natural) y para régimen transiente (recarga natural y recarga artificial).

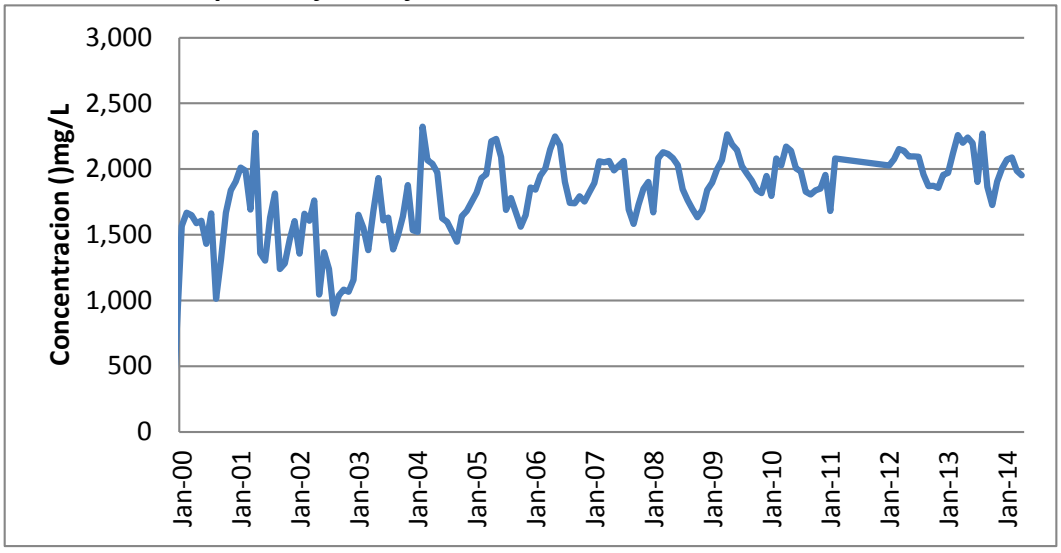


Zona VMOD		Descripción	ID
2		Quebrada del Espino	1
3		Quebrada Intermedia 1	2
4		Quebrada Intermedia 2	3
5		Quebrada Intermedia 3	4
6		Quebrada Ojos de Agua	5
7		Quebrada Intermedia 4	6
8		Quebrada Guayacán	7
9		Estero Chacabuco - Recarga Base	8
10		Estero Chacabuco - Recarga Crecidas	9
11		Quebrada Zona Poniente	10
12		Quebradas del Espino y Ojo de Agua	12
13		Tranque Viejo	23
14		Pozones	11
15		Depressión (Pequeña Laguna)	13
16		Infiltración desde Lamas	16
17		Lamas Sumergidas	19
18		Depósitos Coluviales	18
19		Depósitos Fluviales	17
20		Depósitos Fluviales	17
22		Depósitos Coluviales	18
25		Perdidas desde Canal de Contorno	20
26		Infiltración Agua de Construcción Muro	21
27		Riego Aguas Arriba del Muro del Tranque	15
31		Acumulación en embalse Huechún	22
34		Depresión (pequeña Laguna)	13
37		Pozones	11
38		Depresión (pequeña Laguna)	13
39		Quebrada del Espino y Ojos de Agua	12

Se hace notar que la zonificación de recargas aguas abajo del muro fue definida considerando aquellas zonas donde las infiltraciones podrían ocurrir de acuerdo a las condiciones topográficas del terreno y tipo de suelo, concentrándolas en estas zonas.

El ajuste de concentraciones se realizó considerando que las aguas aplicadas al regadío son captadas desde la laguna de clarificación y conducidas por el canal de contorno, que circunda la cubeta del tranque, siendo posteriormente acumulada en zonas que han sido definidas por depresiones, es decir, se utilizó como concentración de recarga, aquella indicada en la Figura 3.2.

Figura 3.2: Concentración asignada a zonas de recarga artificial aguas abajo muro del Tranque Ovejería, ajustadas durante la calibración.



Para la recarga artificial generada por el Tranque Viejo (zona 23), descrita en la Sección 2.1.5.2, la concentración de sulfato asociado a la infiltración efectiva debido a la descarga del canal de contorno y la lluvia caída fue considerada inicialmente en 1500 mg/L para ser luego validada por el proceso de calibración.

En el caso de la recarga sobre el embalse Huechún (zona 22), la serie final empleada fue ajustada durante el proceso de calibración. Durante este proceso se determinó que un valor constante de 800 mg/l para esta componente es adecuado para representar los sulfatos medidos en los pozos que conforman el patrón de calibración.

c) Recargas antrópicas aguas arriba del muro del Tranque Ovejería

La fuente de sulfato para las zonas de recarga antrópicas ubicadas aguas arriba del Muro de Ovejería es la misma (aguas acumuladas en la Laguna de Aguas Claras). Por ello, todas ellas se caracterizan mediante una serie de tiempo similar. La serie de datos disponible se extiende desde el inicio en la operación del tranque (diciembre de 1999) hasta el fin el periodo de calibración, en Marzo de 2014 (14 años y 3 meses), y en general corresponde a mediciones quincenales, con base en los cuales se generó una serie de frecuencia mensual, según se presenta en la Figura 3.2, la que es asignada a las siguientes zonas de recarga:

- Laguna de Aguas Claras (zonas 17, 18 y 19)
- Lamas (zona 16)
- Canal de contorno (zona 20)
- Riego aguas arriba muro (zona 15)

3.1.4.2 Conexiones subterráneas con acuífero Chacabuco-Polpaico

Para el modelo de flujo se identificaron dos conexiones subterráneas con el acuífero Chacabuco-Polpaico, como se muestra en los Capítulos 2.1.5.3 y 2.5.1.4, que describen las conexiones Sur-Este y Sur, respectivamente. De los dos límites antes mencionados, solamente el límite Sur-Este podría llegar a representar una entrada de agua para el sistema, en el caso que se aumentara a futuro el bombeo en la barrera hidráulica o en otros sectores del dominio de modelación, por lo que es sólo para este límite que se definen concentraciones de entrada. En este sentido, se define para el límite Sur-Este una concentración de entrada en el rango 100 a 130 mg/l, basándose en los análisis de calidad basal, mostrados en el Anexo E "Modelo Conceptual".

3.1.5 Condición Inicial

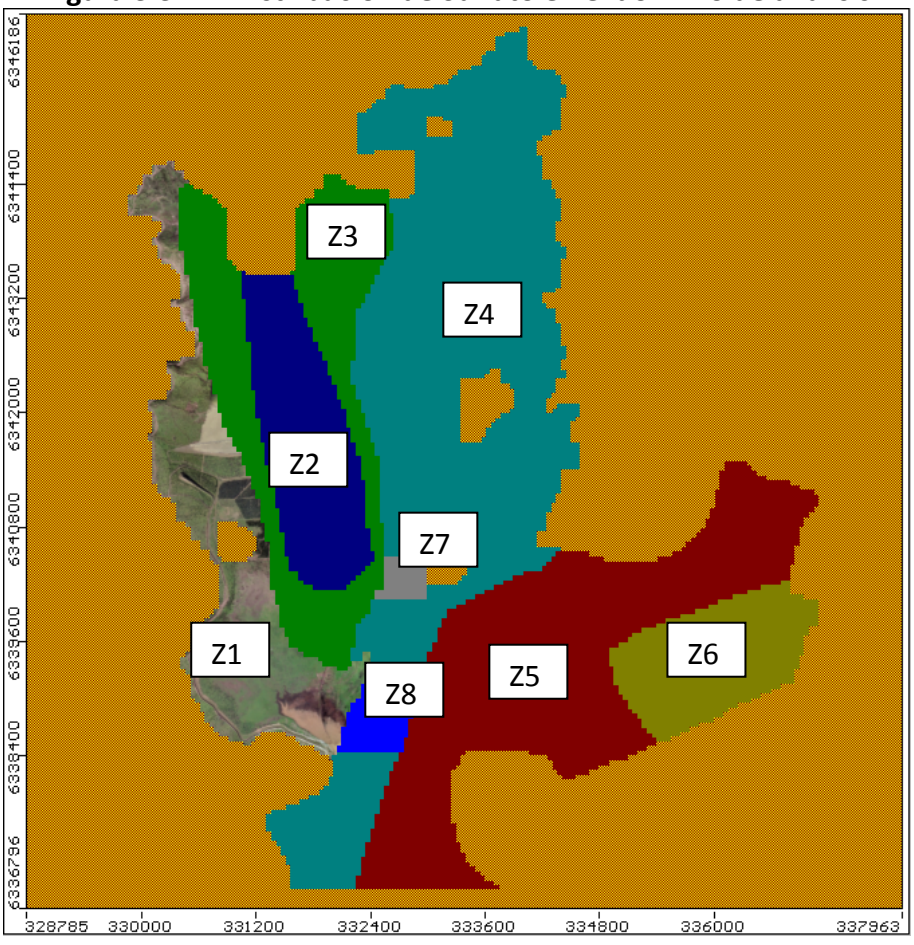
Dado que el objetivo del modelo numérico es estimar la variación espacial en el contenido de sulfatos producto de la operación del tranque, resulta necesario definir una sectorización que represente las condiciones naturales de la cuenca. Esta sectorización ha sido realizada con base en las concentraciones estimadas para los flujos de agua provenientes desde las quebradas Ojos de Agua (60 mg/L), El Espino (36 mg/L) y Guayacán (135 mg/L), en conjunto con la información referencial sobre precipitación (20 mg/L: previo al riego) y las concentraciones históricas en pozos del sector. En este sentido, se establece una distribución de concentración de Sulfato natural que varía entre 10 y 130 mg/l. Sin embargo, para ser más conservadores en lo que respecta al análisis de la influencia del tranque Ovejería en el dominio del modelo, se considera adecuado suponer una concentración inicial mínima de 100 mg/l.

Finalmente, se presentan en la Tabla 3.2 y en la Figura 3.3, las concentraciones de Sulfato natural e inicial consideradas en el Modelo Ovejería.

Tabla 3.3 Distribución de Sulfato en el dominio del modelo.

Zona	Concentración natural (mg/l)	Concentración inicial (mg/l)
1	10	100
2	20	100
3	50	100
4	75	100
5	130	130
6	93	100
7	80	100
8	20	100

Figura 3.3: Distribución de Sulfato en el dominio de análisis



3.2 Calibración modelo numérico de transporte

3.2.1 Generalidades

La calibración del modelo de transporte tiene como objetivo representar a través de un modelo numérico, las variaciones históricas de concentración de sulfato registradas en los pozos de monitoreo escogidos como representativos del acuífero de la zona de estudio. La calibración se lleva a cabo a través de la determinación de la distribución espacial de los valores de las porosidades efectivas y de los coeficientes de dispersividad que mejor representen el sistema acuífero estudiado y permitan dicha representación.

Por otra parte, durante la calibración se validan/corrigen nuevamente los parámetros de conductividad hidráulica, capacidad específica (Sy) y almacenamiento específico (Ss), verificando obviamente que se mantenga o mejore el grado de ajuste de los modelo de flujo (en régimen permanente y en régimen transiente), esto, con el fin de permitir una mejor representatividad de las concentraciones medidas en los pozos. Cabe notar que las velocidad de advección depende tanto de la porosidad efectiva como de la velocidad de Darcy, por lo que el modelo de transporte está inherentemente adosado al modelo de flujo.

3.2.2 Patrón de Calibración

El patrón de calibración del modelo de transporte se compone de 21 pozos de monitoreo que se caracterizan por la gran extensión de sus registros históricos de sulfatos y por cubrir gran parte de la zona de estudio.

Ello ha permitido observar la evolución espacial y temporal de las concentraciones durante la fase de operación del tranque.

Los pozos empleados para la calibración del modelo de transporte coinciden con los 21 pozos utilizados para calibrar el modelo de flujo, identificados la Tabla 2.16 y Figura 2.18.

3.2.3 Resultados de la Calibración

El proceso de calibración tiene por objetivo ajustar no sólo los coeficientes de transporte de cada unidad hidrogeológica, sino también verificar la caracterización realizada para cada una de las fuentes de sulfato, principalmente aquellas con las que se cuenta con menor información (regadío e infiltración en muro).

El ajuste de parámetros fue llevado a cabo aplicando un proceso manual de calibración, donde el progreso del proceso fue controlado mediante comparaciones gráficas de la solución numérica con los datos medidos en los pozos que conforman el patrón de calibración. Los resultados del proceso de calibración se presentan a continuación:

3.2.3.1 Parámetros de Transporte Ajustados

Los parámetros ajustados para la zona de transporte corresponden a la porosidad efectiva y a la dispersividad. Los valores finales de la porosidad efectiva y de la dispersividad longitudinal se presentan en la Tabla 3.3, en que las zonas se refieren a la zonificación realizada para el coeficiente de almacenamiento (ver Figura 2.19 hasta la Figura 2.23); en tanto los valores de dipersividad se presentan en la Tabla 3.4 en que las zonas hacen referencia a la distribución mostrada en las Figura 3.4a a 3.4e. Cabe mencionar que producto del proceso de acople del modelo Ovejería con el modelo Chacabuco-Polpaico, la calibración del modelo Ovejería del año 2012 se vio modificada producto del cambio en las condiciones de borde General Head Boundary y Constant Head impuestas en los límites Sur y Sur-Este, necesarias para lograr su acople con el modelo Chacabuco-Polpaico.

Tabla 3.4 Valores de porosidad efectiva y dispersividad longitudinal.

Zona	Unidad Hidrogeológica		Porosidad adim
1	Unidad 9	Depósitos fluvio-aluviales	0.3
2	-	Muro Tranque Ovejería	0.3
3	Unidad 11	Basamento impermeable	0.01
4	Unidad 10	"Roca Fracturada" (conglomerado "Lo Valle"	0.02
5	Unidad 1	Arcillas	0.1
6	Unidad 5	Gravas finas arcillo-arenosas	0.18
7	Unidad 6	Arenas y gravas finas, escasa arcilla	0.18
8	Unidad 2	Gravas gruesas y arena gruesa limo-arcillosa	0.15
9	Unidad 4	Gravas con limos y arcillas	0.18
10	Unidad 3	Gravas gruesas y arena gruesa con escasa arcilla	0.18
11	-	Lamas	0.2
12	Unidad 10	"Roca Fracturada"	0.04
13	-	Dren Basal (bajo muro Tranque Ovejería)	0.18
14	-	Gravas aguas arriba Tranque Ovejería	0.15
15	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	0.15
16	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	0.18
17	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	0.2
18	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	0.2
19	-	Conglomerado fracturado sector Tranque Viejo	0.2
20	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.2
21	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.2
22	Unidad 7	Grava y arena antigua	0.2
23	Unidad 12	Arcillas antiguas	0.18
24	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.12
25	Unidad 1	Arcillas	0.15
26	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.18
27	Unidad 5	Gravas finas arcillo-arenosas	0.18
28	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.15
29	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.18
31	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.15
32	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.2
33	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.12
34	-	Muro Tranque Ovejería	0.15
35	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.15
36	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.18
37	Unidad 2	Gravas gruesas y arena gruesa limo-arcillosa	0.15
38	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.18
39	Unidad 6	Arenas y gravas finas, escasa arcilla	0.18
40	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	0.15
41	-	Conglomerado de baja permeabilidad	0.18

Los valores para los coeficientes de dispersión transversal y vertical están dados por la siguiente expresión:

$$\frac{\alpha_y}{\alpha_x} = 0.1 \qquad \frac{\alpha_z}{\alpha_y} = 0.1$$

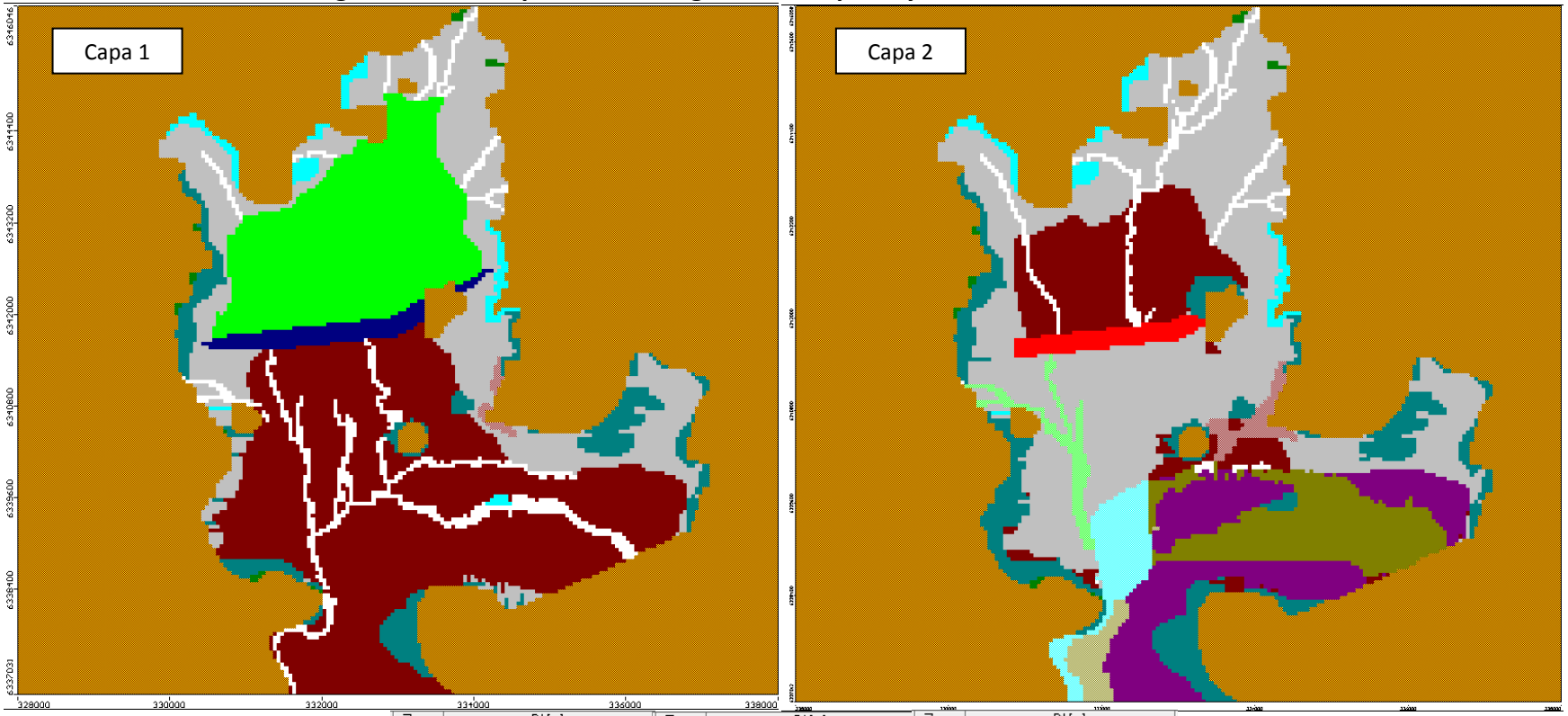
Donde,

α_x : Dispersividad Longitudinal
α_y : Dispersividad Transversal
α_z : Dispersividad Vertical

Tabla 3.4 Valores de modelo calibrado de dispersividad longitudinal.

Zona	Unidad Hidrogeológica		Dispersividad Longitudinal (m)
1	Unidad 9	Depósitos fluvio-aluviales	50
2	-	Muro tranque Ovejería	50
3	Unidad 11	Basamento impermeable	0.001
4	Unidad 10	"Roca Fracturada" (conglomerado "Lo Valle")	0.005
5	Unidad 1	Arcillas	0.1
6	Unidad 5	Gravas finas arcillo-arenosas	5
7	Unidad 6	Arenas y gravas finas, escasa arcilla	250
8	Unidad 2	Gravas gruesas y arena gruesa limo-arcillosa	300
9	Unidad 4	Gravas con limos y arcillas	300
10	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	100
11	-	Lamas	300
12	-	"Roca Fracturada"	300
13	-	Dren Basal (bajo muro tranque Ovejería)	300
14	-	Grava aguas arriba tranque Ovejería	300
15	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	300
16	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	300
17	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	300
18	-	Depósitos fluvio-aluviales en quebradas	300
19	-	Conglomerado fracturado sector Tranque Viejo	300
20	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	300
21	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	10
22	Unidad 7	Grava y arena antigua	300
23	Unidad 12	Arcillas antiguas	10
24	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	300
25	Unidad 1	Arcillas	300
26	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	5
27	Unidad 5	Gravas finas arcillo-arenosas	5
28	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	100
29	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	5
30	Unidad 2	Gravas gruesas y arena gruesa limo-arcillosa	300
31	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	300
32	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	300
33	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	200
34	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	300
35	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	100
36	Unidad 3	Gravas gruesas y arena con escasa arcilla	250
37	Unidad 10	"Roca Fracturada" (conglomerado "Lo Valle")	5

Figura 3.4a: Dispersividad longitudinal: capas 1 y 2 del modelo de simulación

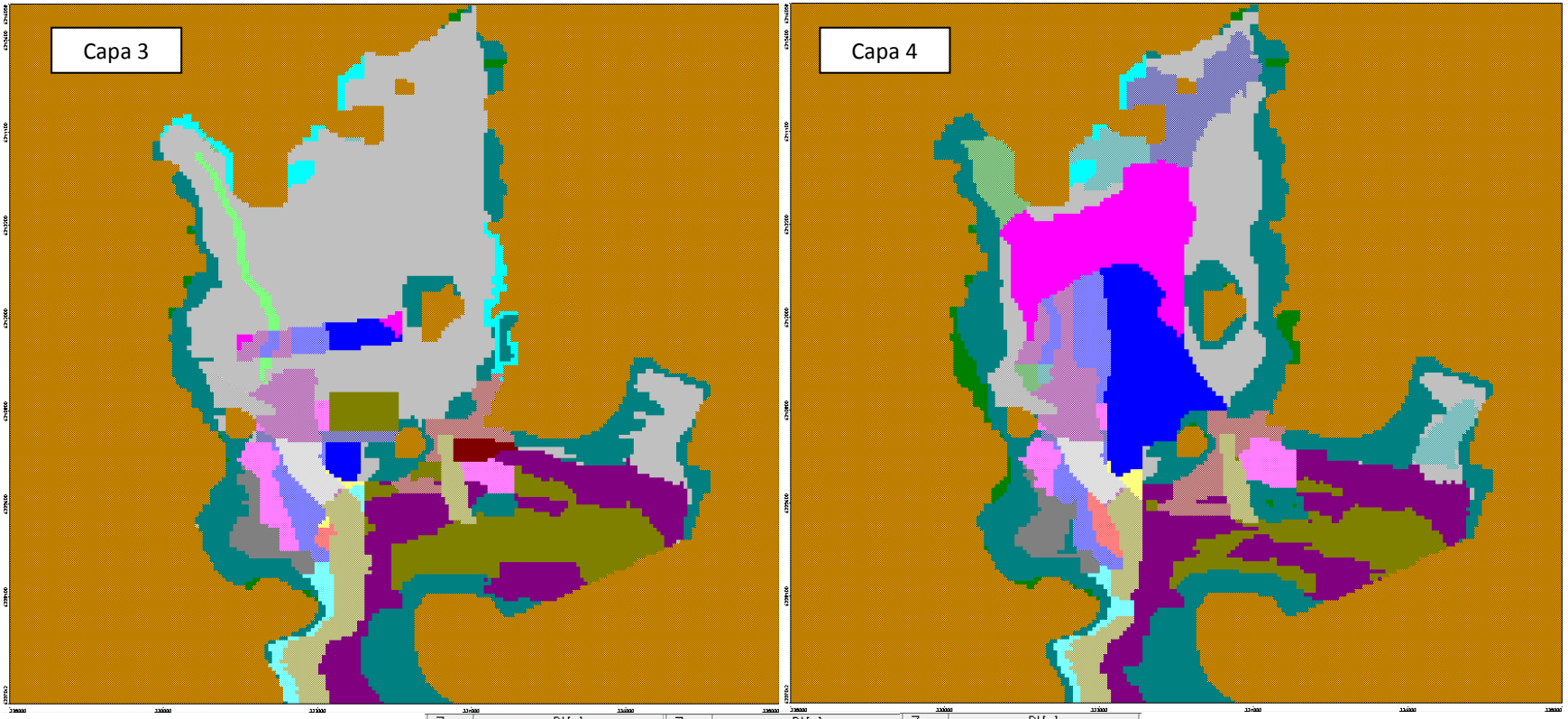


Zone	DI [m]
1	50
2	50
3	0.001
4	0.005
5	0.1
6	5
7	250
8	300
9	300
10	100
11	300
12	300
13	300
14	300
15	300

Zone	DI [m]
16	300
17	300
18	300
19	300
20	300
21	10
22	300
23	10
24	300
25	300
26	5
27	5
28	10
29	5
30	300

Zone	DI [m]
30	300
31	300
32	300
33	200
34	300
35	250
36	250
37	5

Figura 3.4b: Dispersividad longitudinal: capas 3 y 4 del modelo de simulación

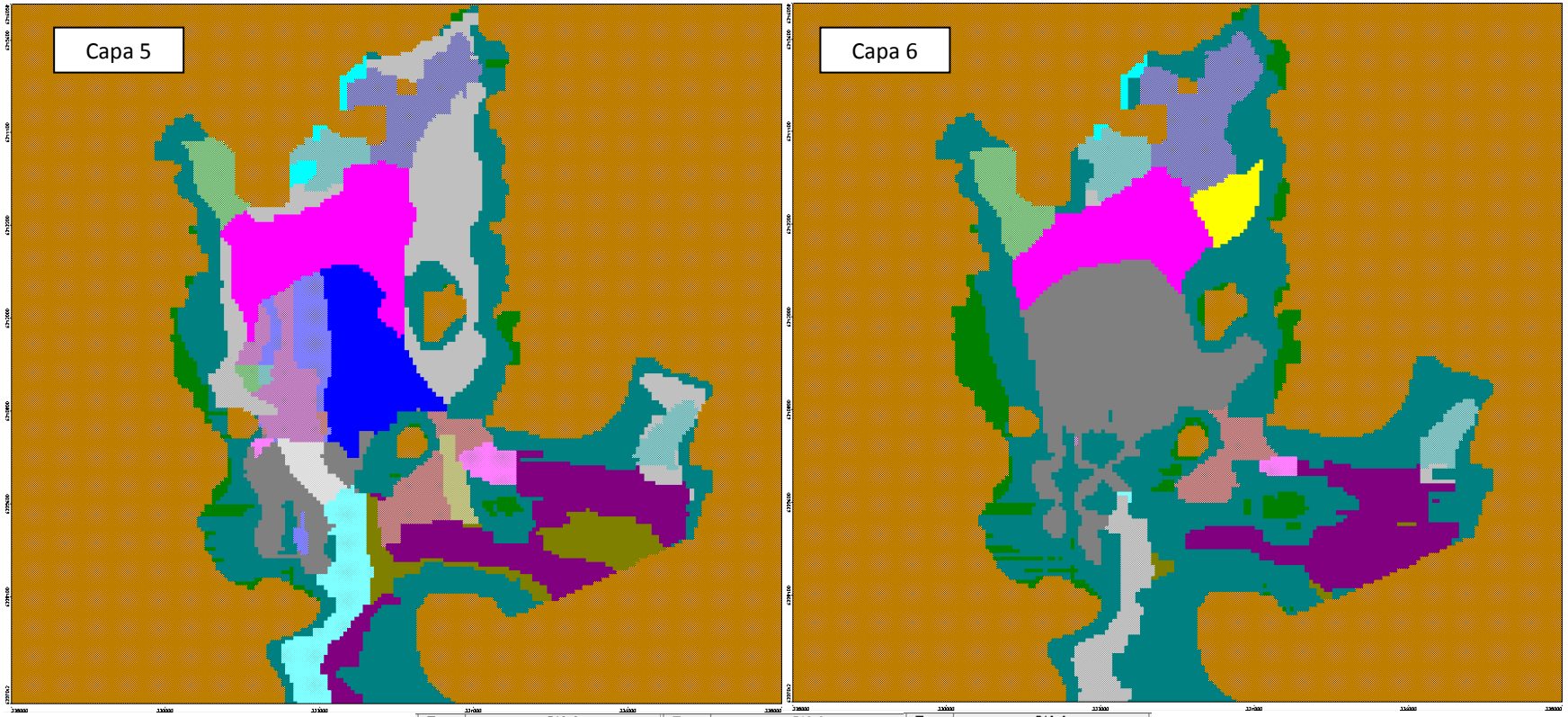


Zone	DI [m]
1	50
2	50
3	0.001
4	0.005
5	0.1
6	5
7	250
8	300
9	300
10	100
11	300
12	300
13	300
14	300
15	300

Zone	DI [m]
16	300
17	300
18	300
19	300
20	300
21	10
22	300
23	10
24	300
25	300
26	5
27	5
28	10
29	5
30	300

Zone	DI [m]
30	300
31	300
32	300
33	200
34	300
35	250
36	250
37	5

Figura 3.4c: Dispersividad longitudinal: capas 5 y 6 del modelo de simulación

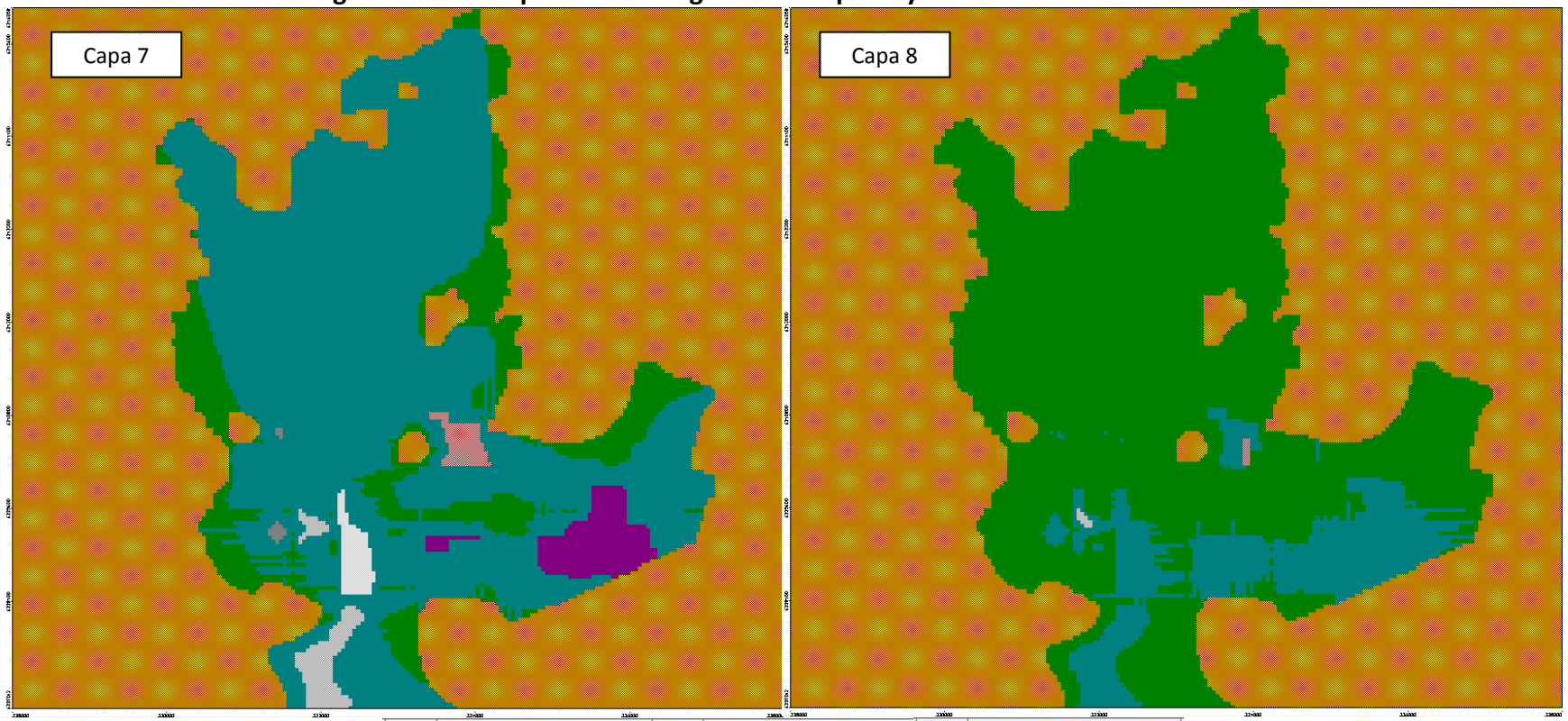


Zone	DI [m]
1	50
2	50
3	0.001
4	0.005
5	0.1
6	5
7	250
8	300
9	300
10	100
11	300
12	300
13	300
14	300
15	300

Zone	DI [m]
16	300
17	300
18	300
19	300
20	300
21	10
22	300
23	10
24	300
25	300
26	5
27	5
28	10
29	5
30	300

Zone	DI [m]
30	300
31	300
32	300
33	200
34	300
35	250
36	250
37	5

Figura 3.4d: Dispersividad longitudinal: capas 7 y 8 del modelo de simulación

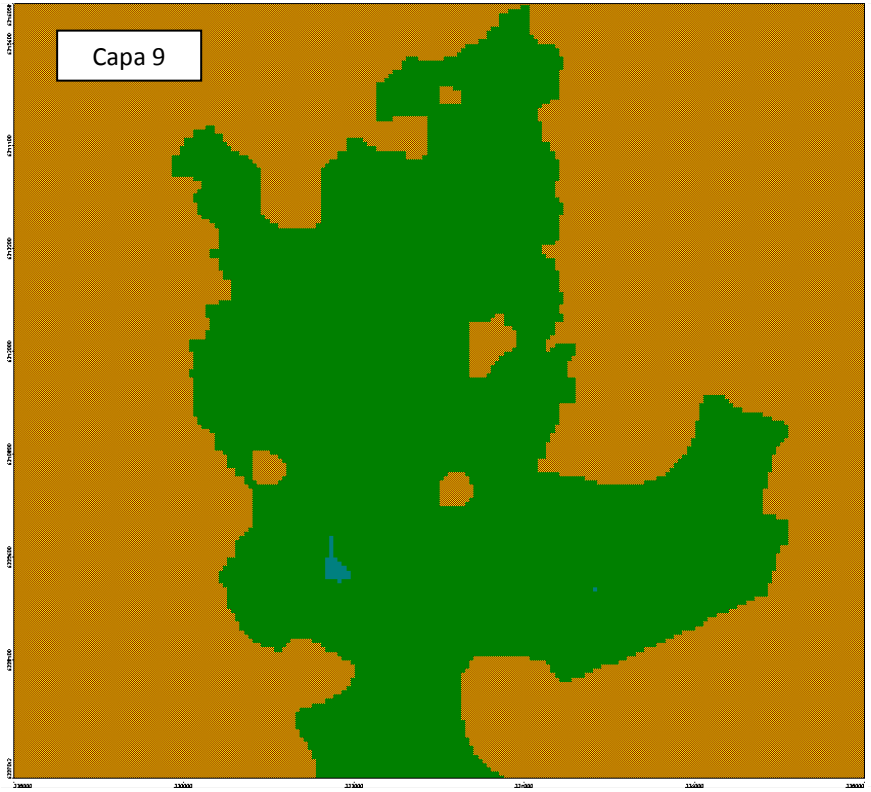


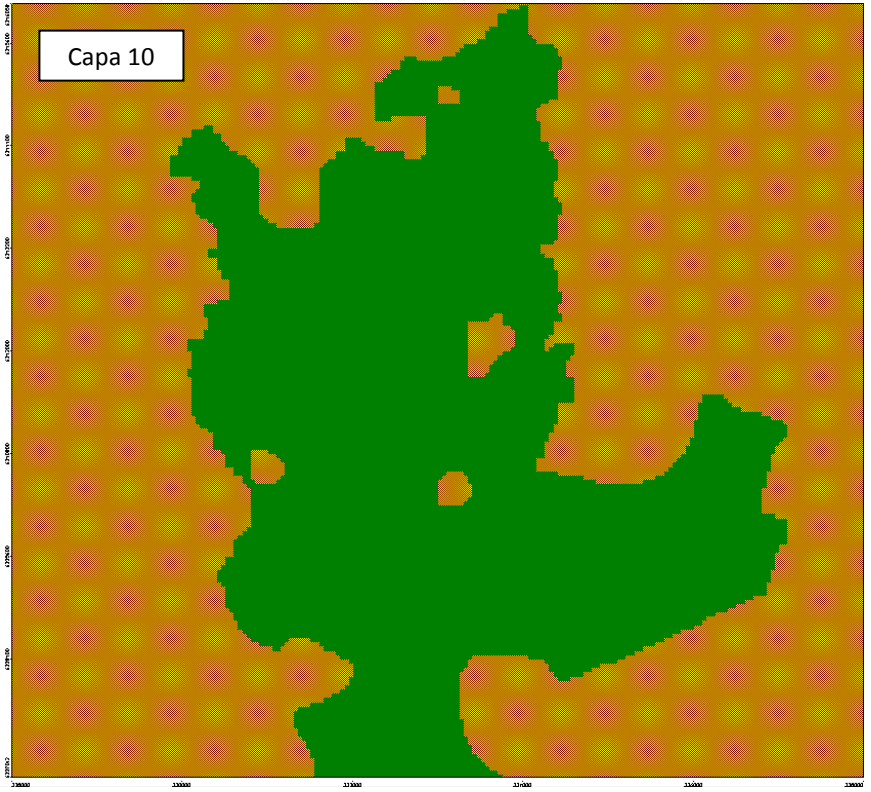
Zone	DI [m]
1	50
2	50
3	0.001
4	0.005
5	0.1
6	5
7	250
8	300
9	300
10	100
11	300
12	300
13	300
14	300
15	300

Zone	DI [m]
16	300
17	300
18	300
19	300
20	300
21	10
22	300
23	10
24	300
25	300
26	5
27	5
28	10
29	5
30	300

Zone	DI [m]
30	300
31	300
32	300
33	200
34	300
35	250
36	250
37	5

Figura 3.4e: Dispersividad longitudinal: capas 9 y 10 del modelo de simulación





Zone	DI [m]	Zone	DI [m]	Zone	DI [m]
1	50	16	300	30	300
2	50	17	300	31	300
3	0.001	18	300	32	300
4	0.005	19	300	33	200
5	0.1	20	300	34	300
6	5	21	10	35	250
7	250	22	300	36	250
8	300	23	10	37	5
9	300	24	300		
10	100	25	300		
11	300	26	5		
12	300	27	5		
13	300	28	10		
14	300	29	5		
15	300	30	300		

3.2.3.2 Concentración de Sulfatos en Pozos de Observación

En las Figuras 3.5 a 3.26 se presentan los resultados de concentración de sulfatos medidos mediante análisis de laboratorio y las concentraciones simuladas para los pozos que conforman el patrón de calibración, abarcando el período de tiempo comprendido entre el 01 de diciembre de 1999 hasta el 31 de marzo de 2014.

Figura 3.5: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo PBID-1.

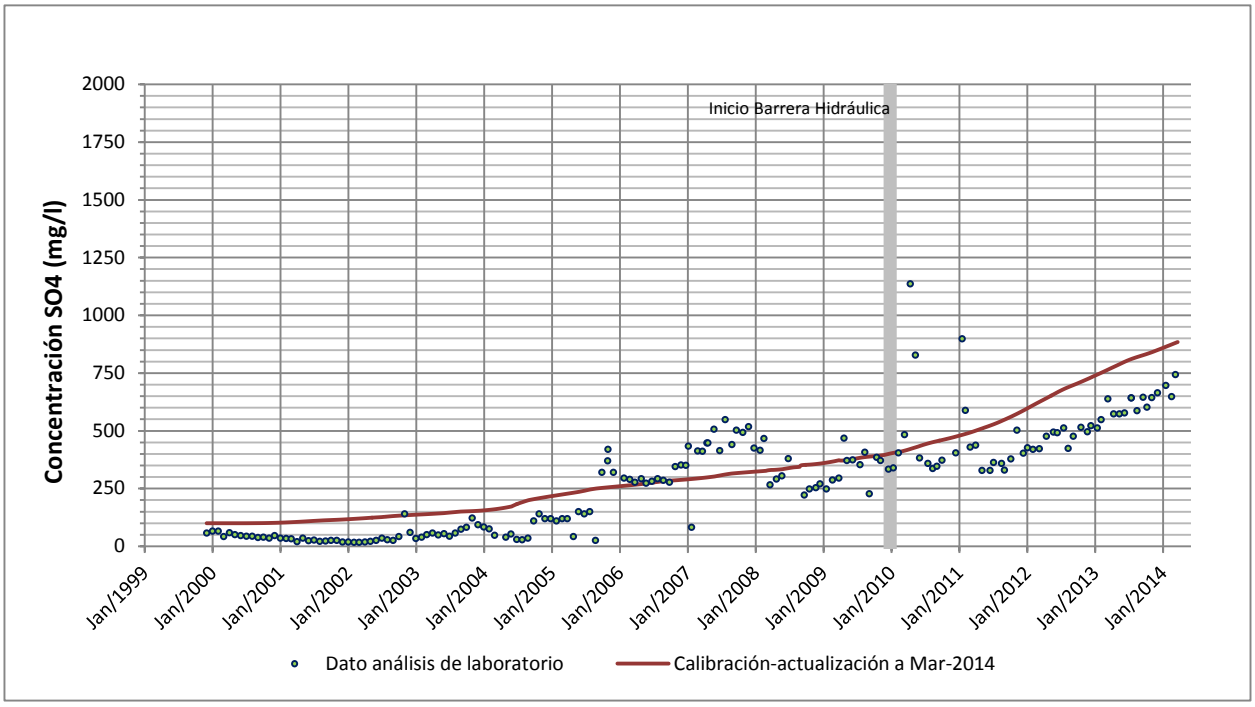


Figura 3.6: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo PBID-2.

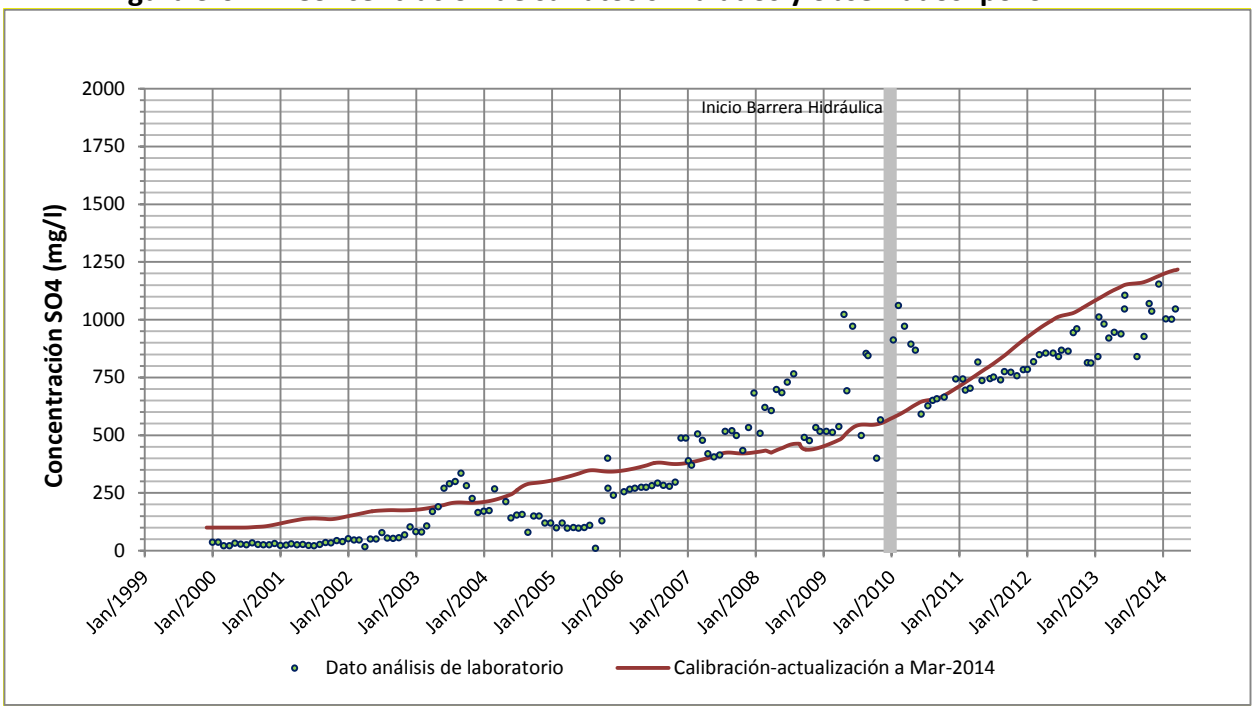


Figura 3.7: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo PBID-3.

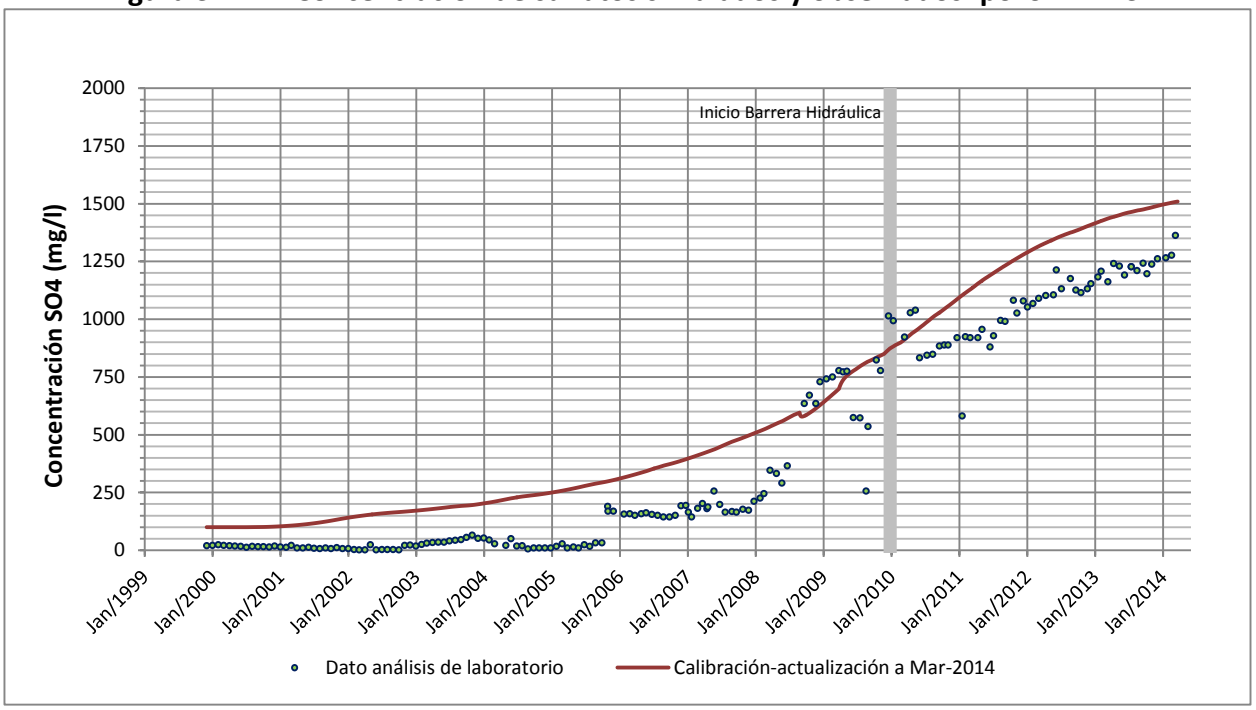


Figura 3.8: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo PBID-4.

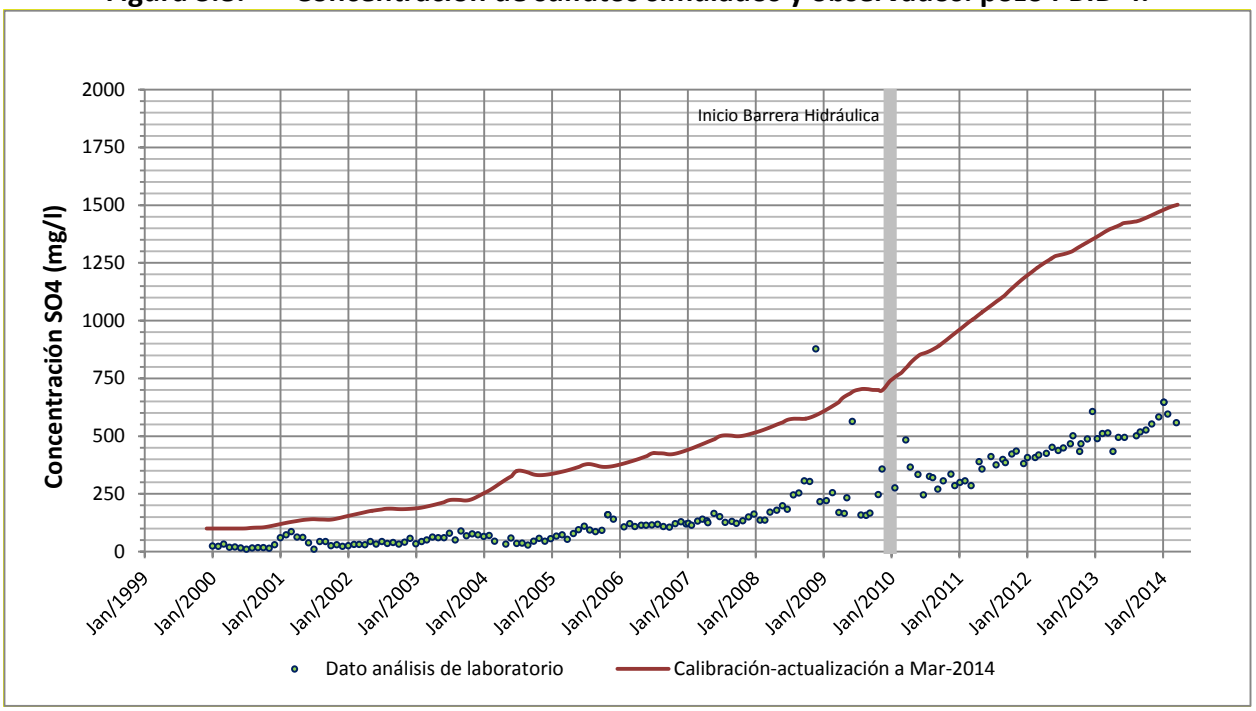


Figura 3.9: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo PBID-5

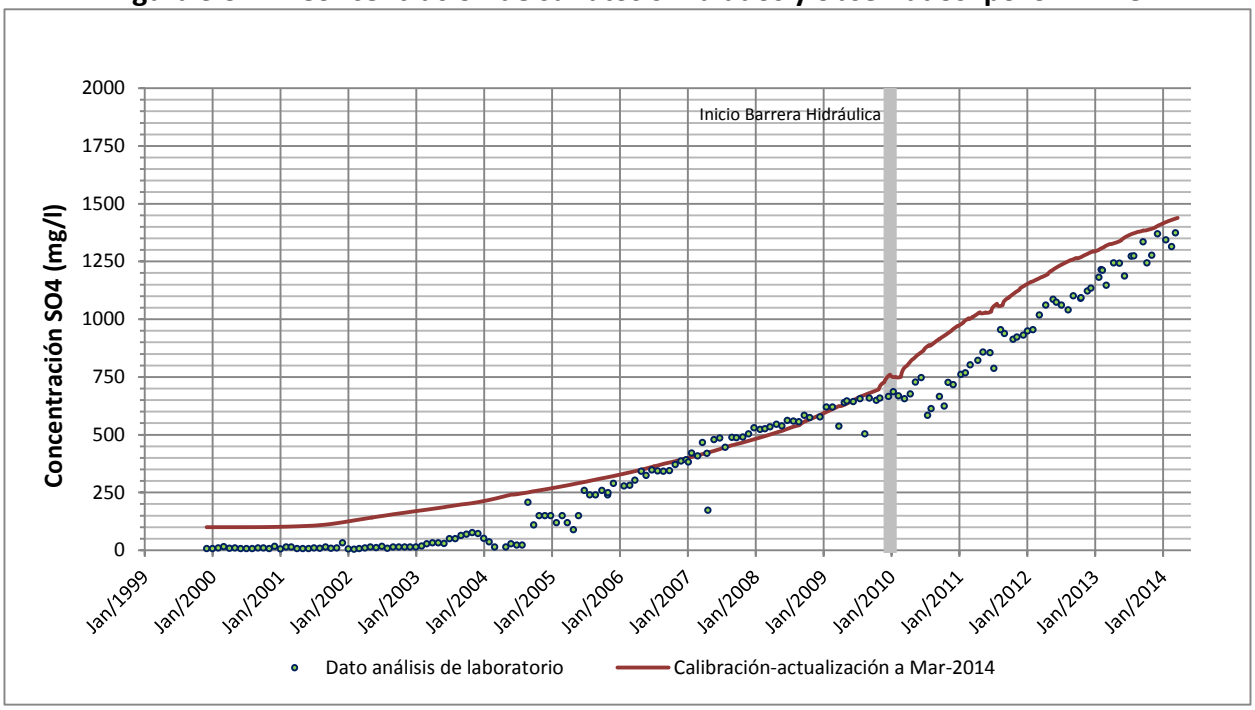


Figura 3.10: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-02.

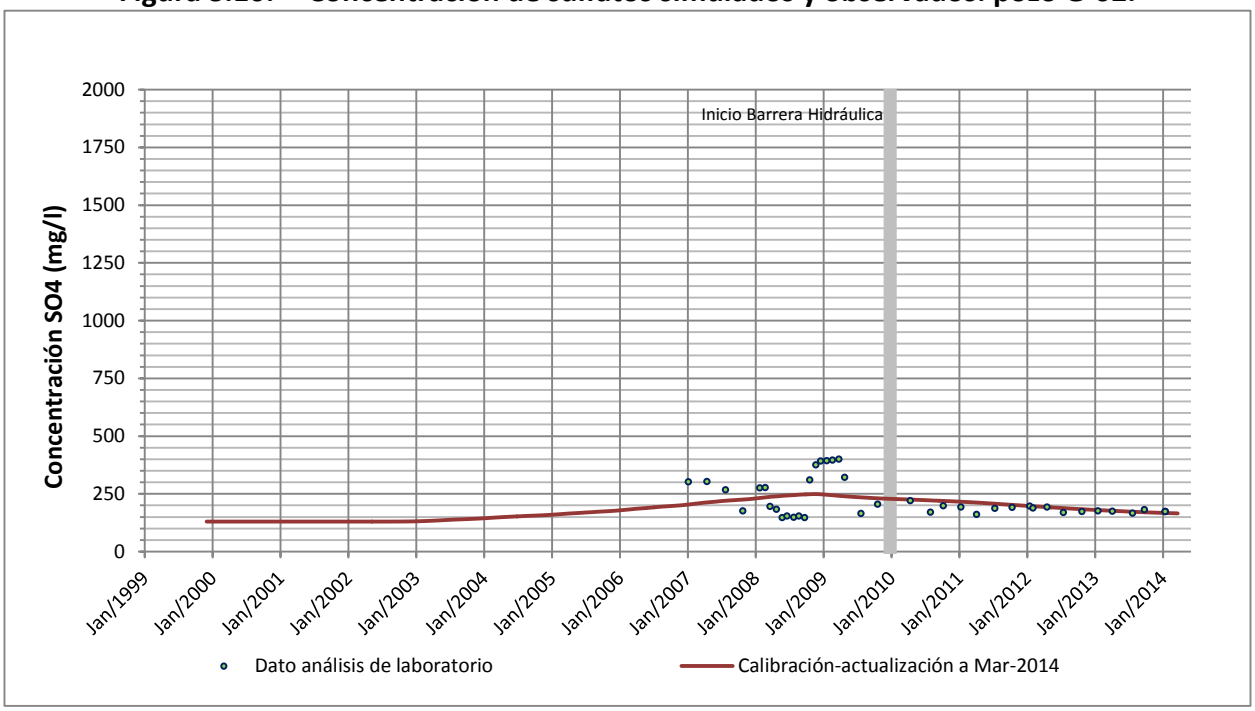


Figura 3.11: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-03.

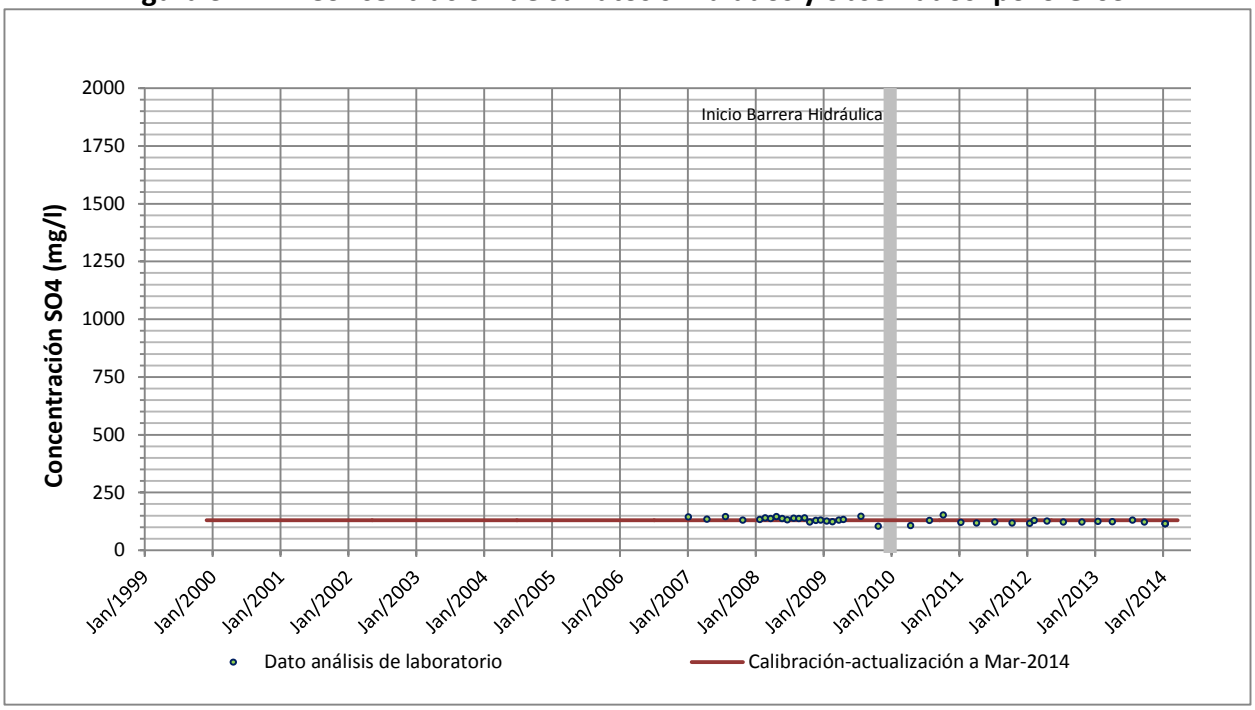


Figura 3.12: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-04.

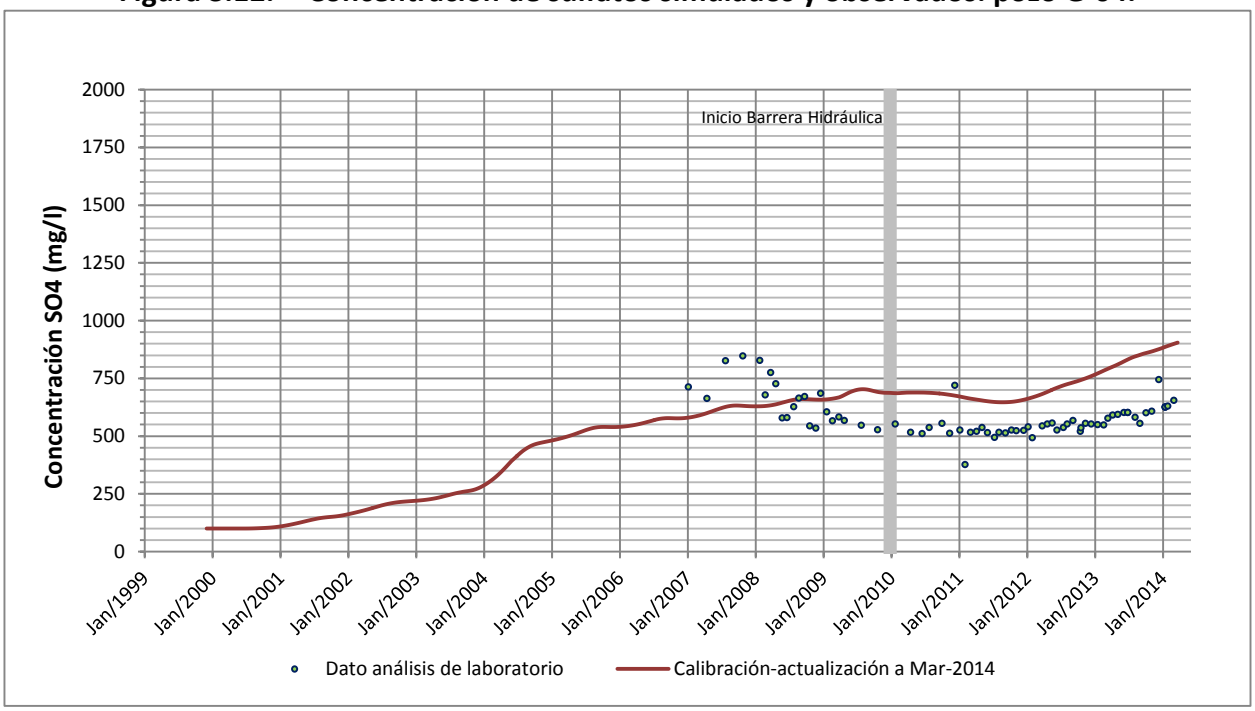


Figura 3.13: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-05.

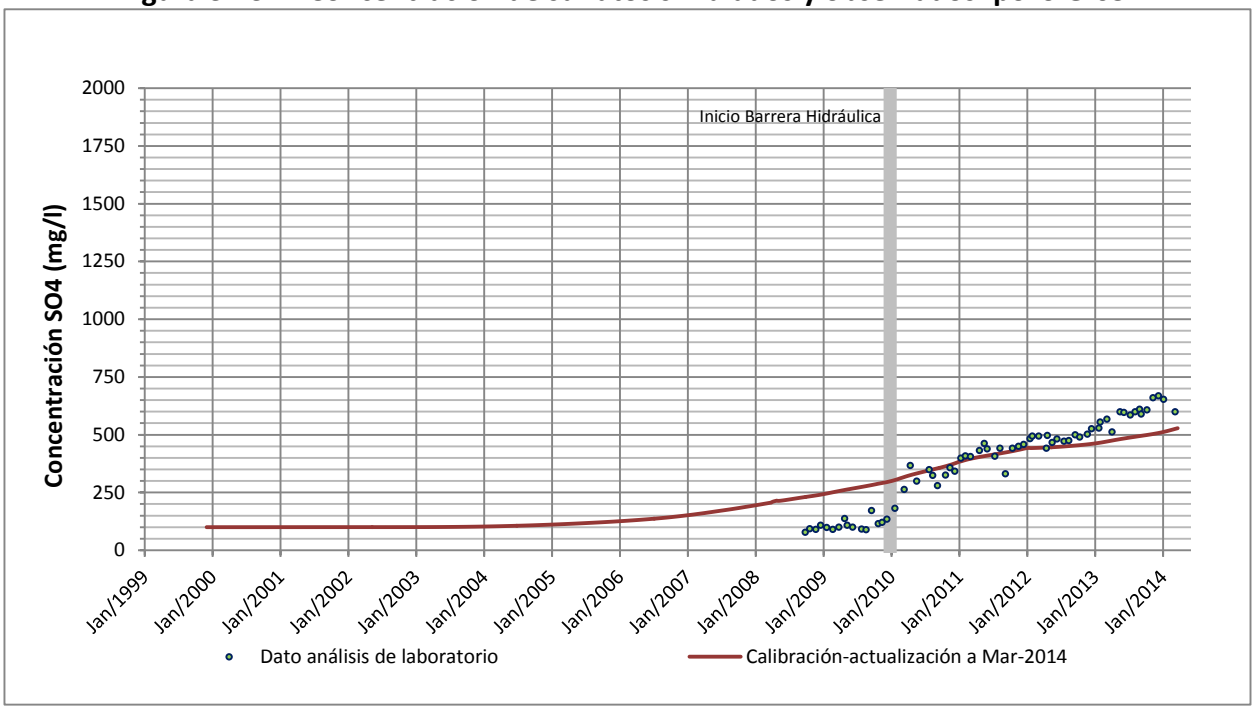


Figura 3.14: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G06.

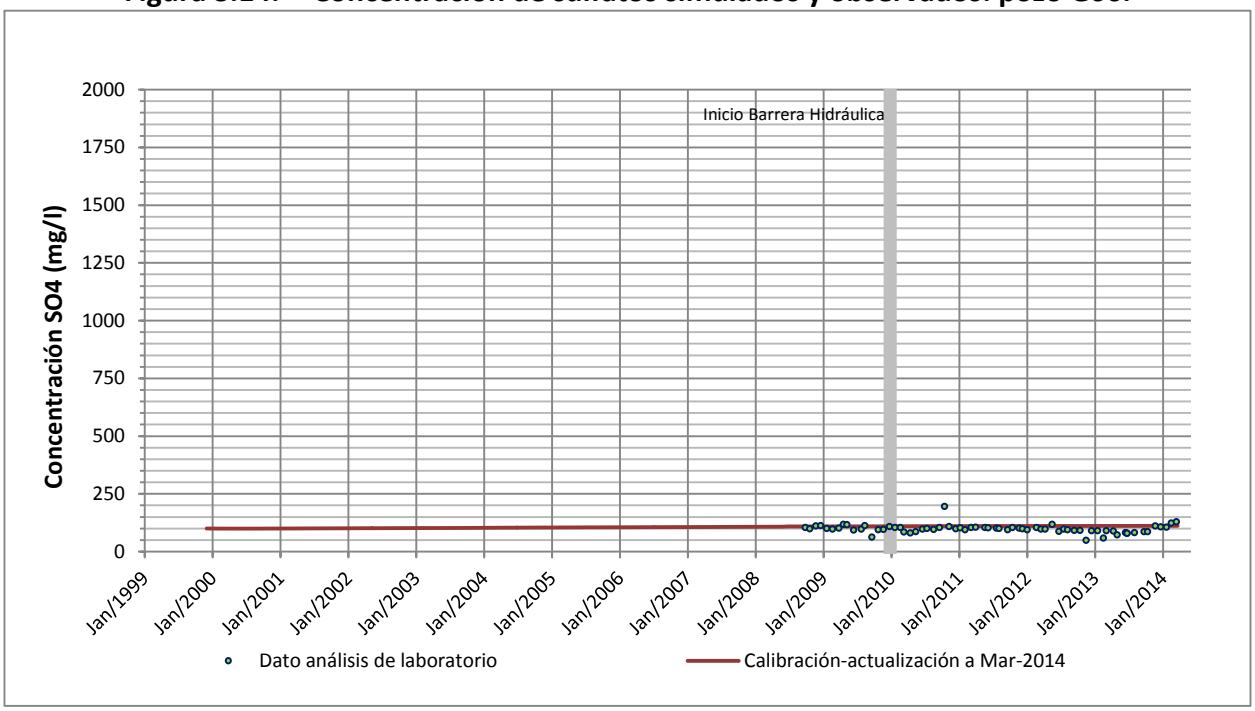


Figura 3.15: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-07B.

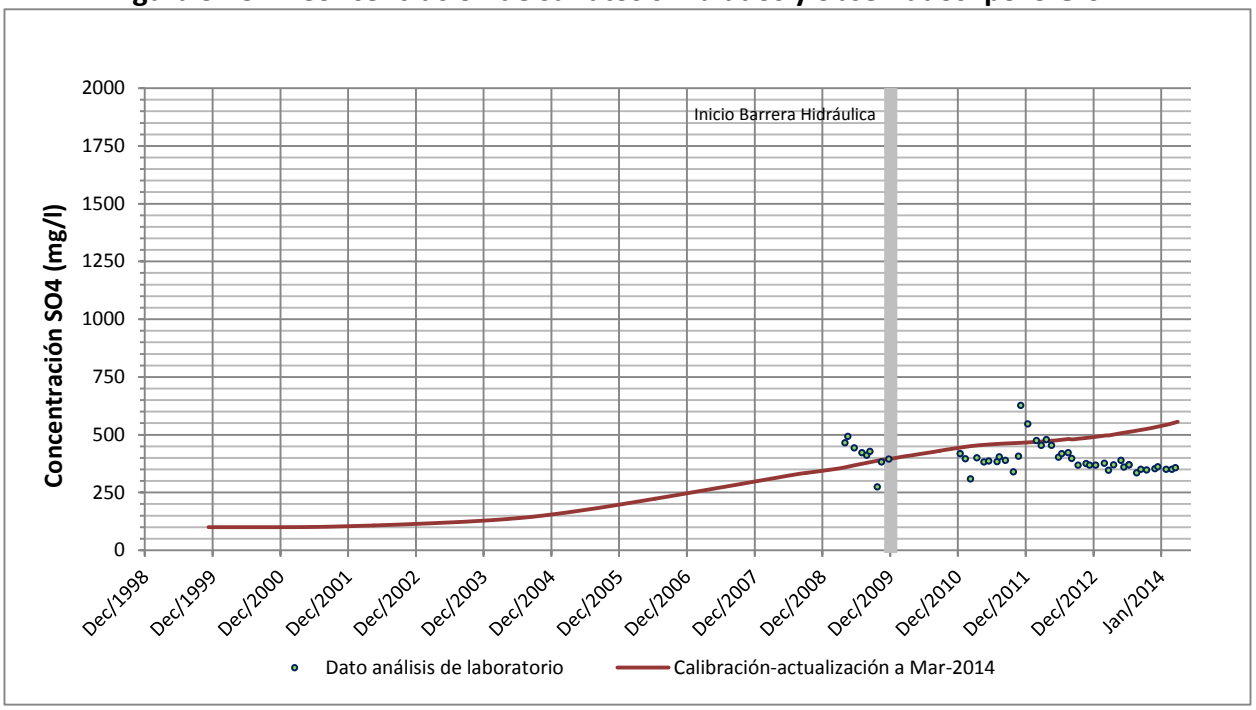


Figura 3.16: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-08

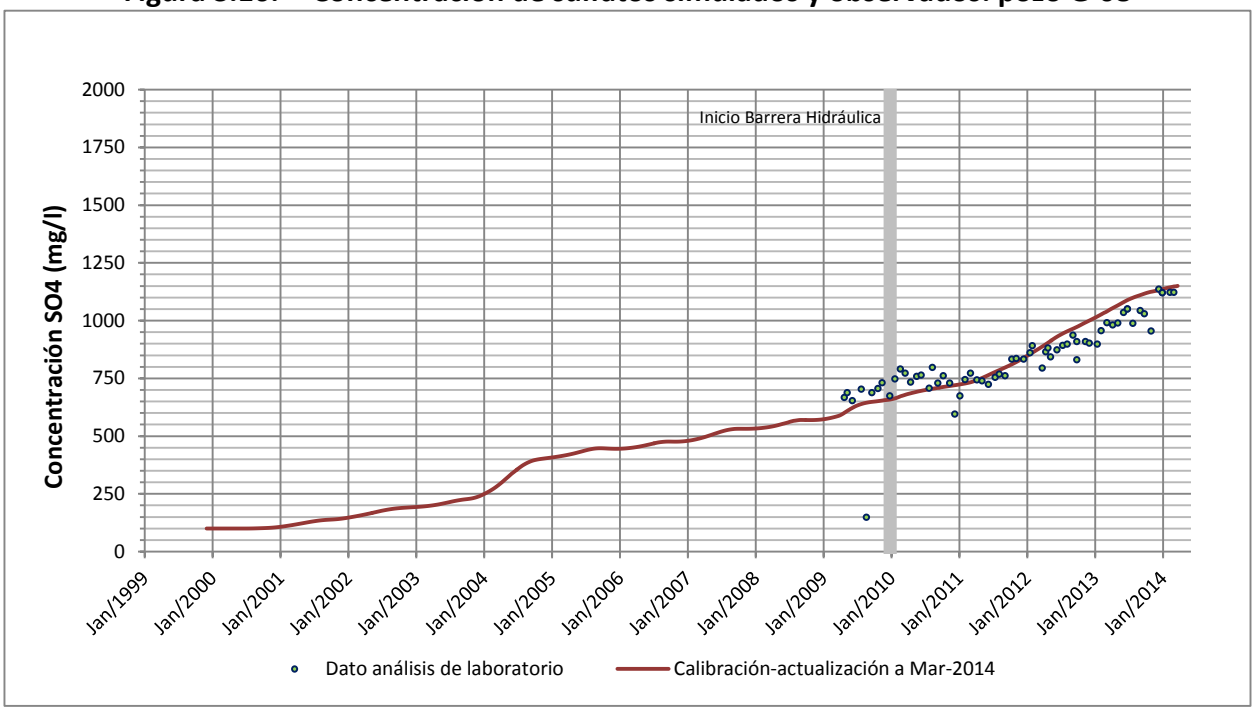


Figura 3.17: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-09.

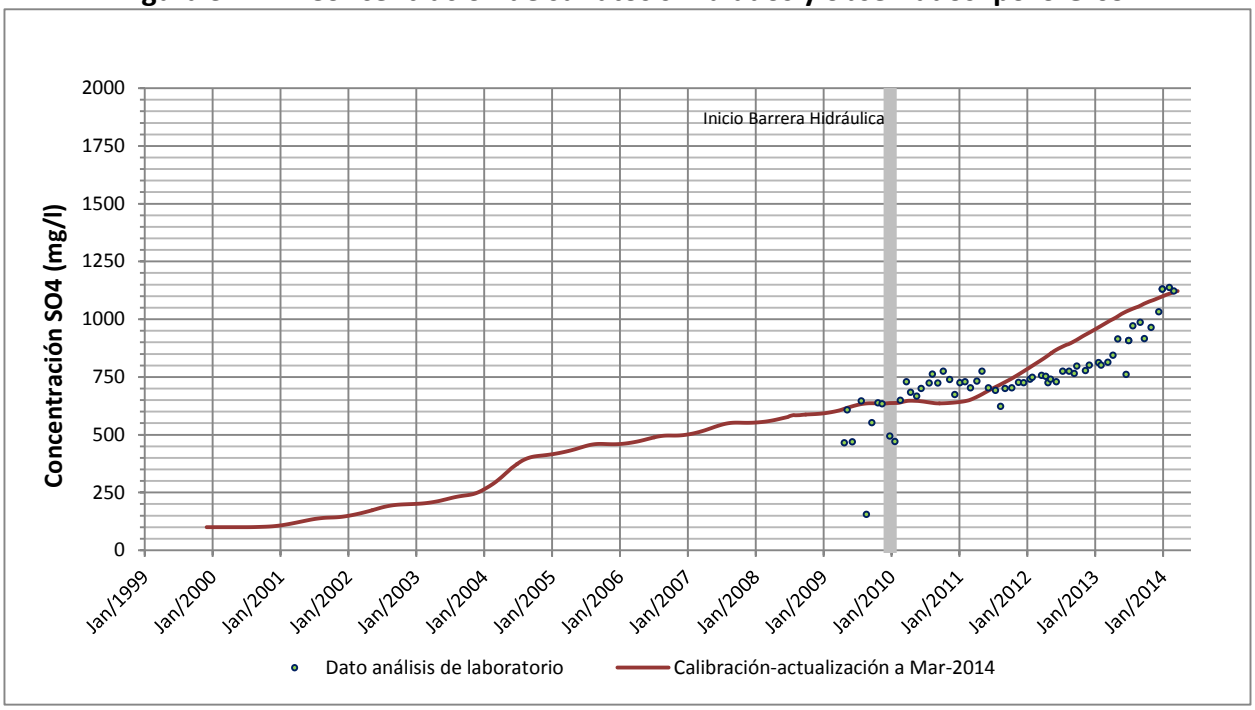


Figura 3.18: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-10B.

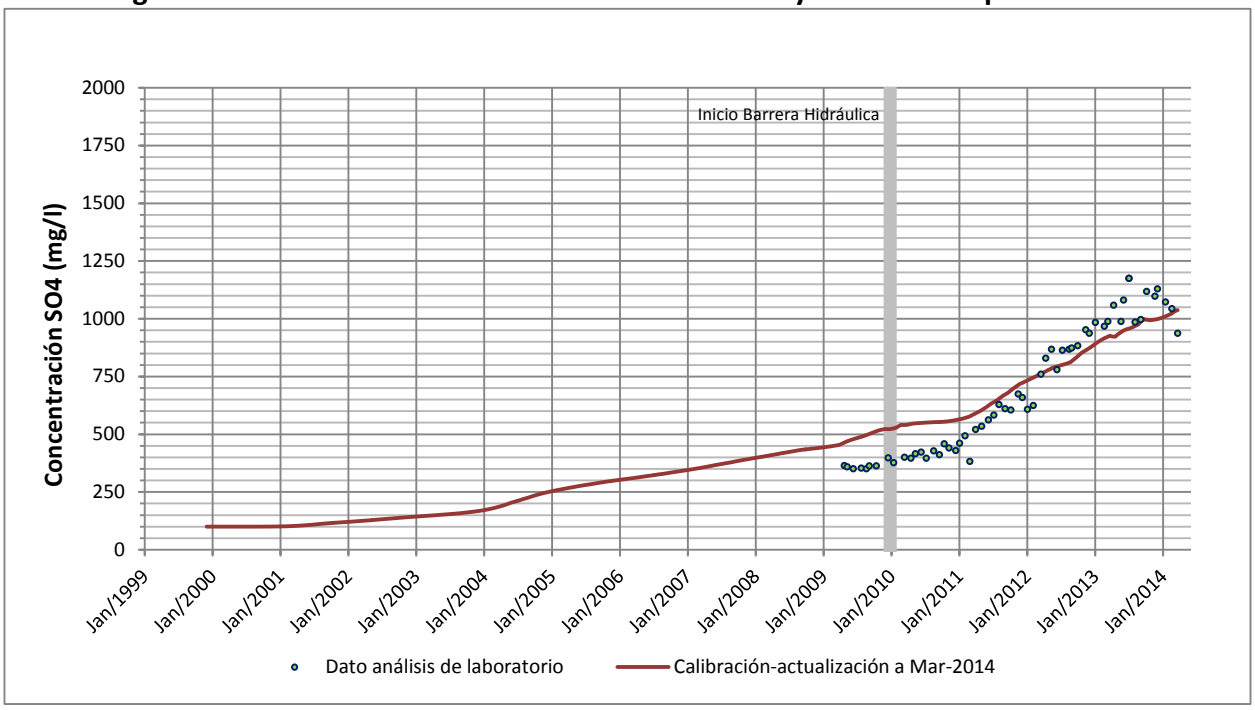


Figura 3.19: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-11.

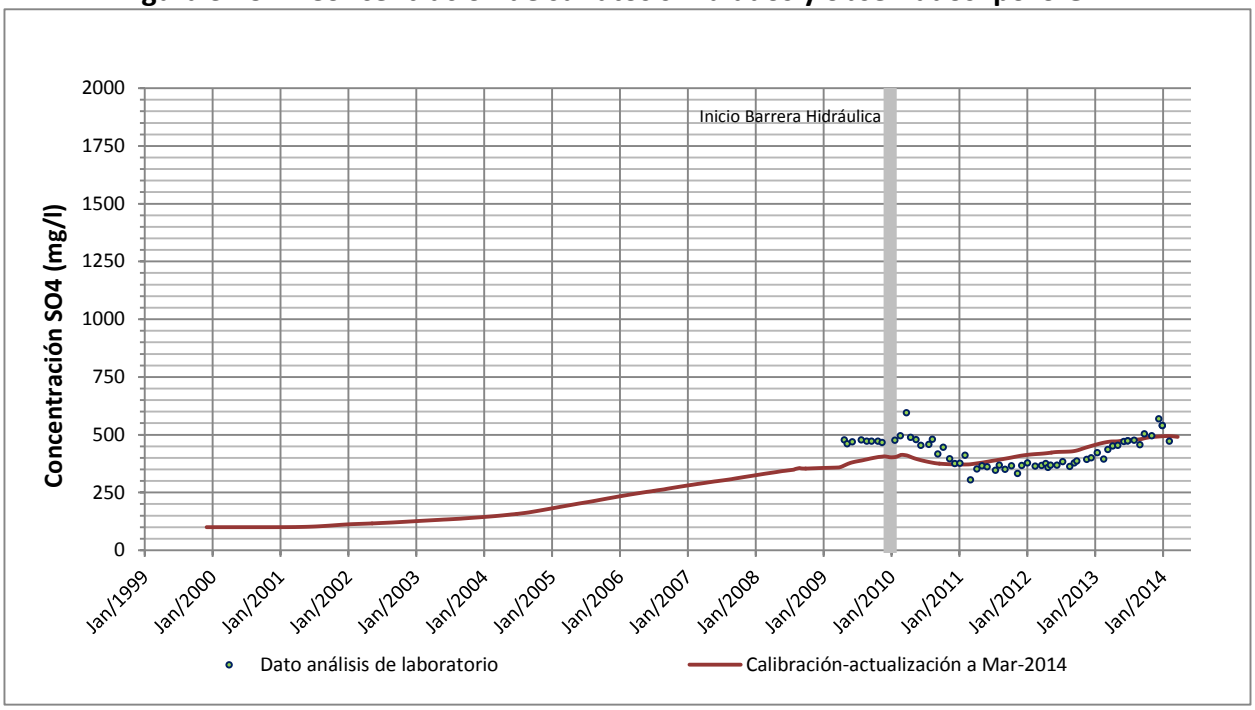


Figura 3.20: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-12.

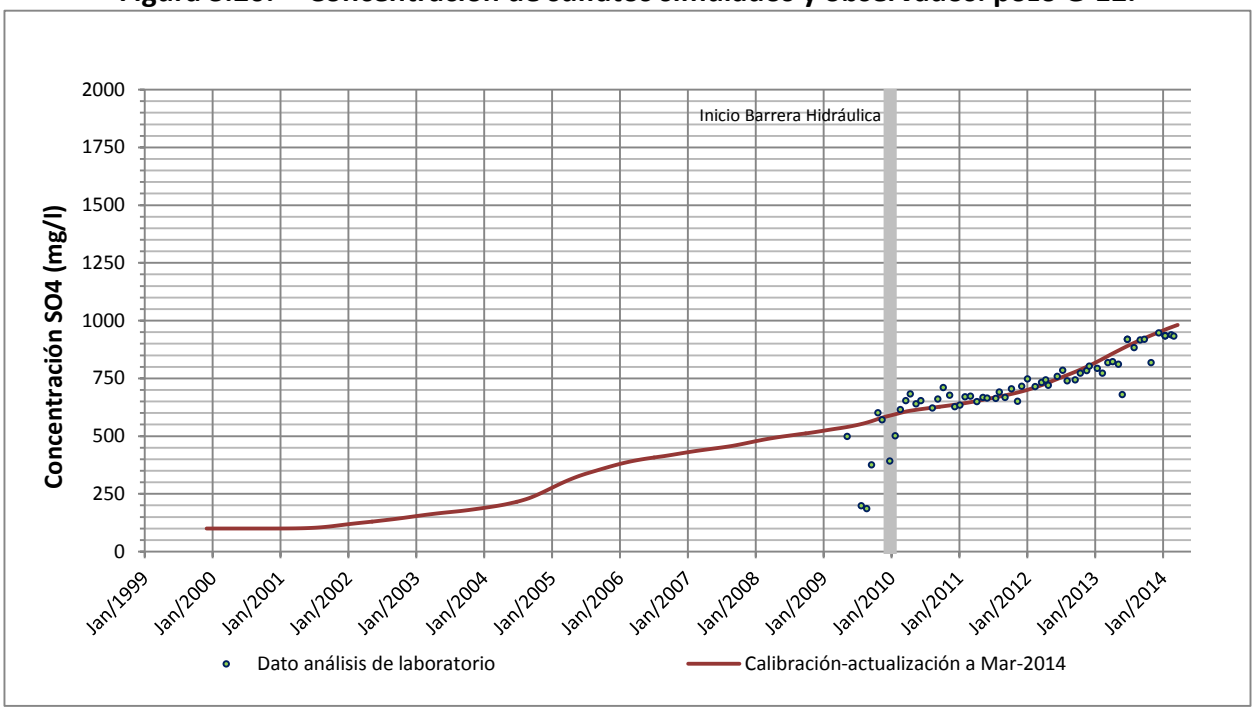


Figura 3.21: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo G-13.

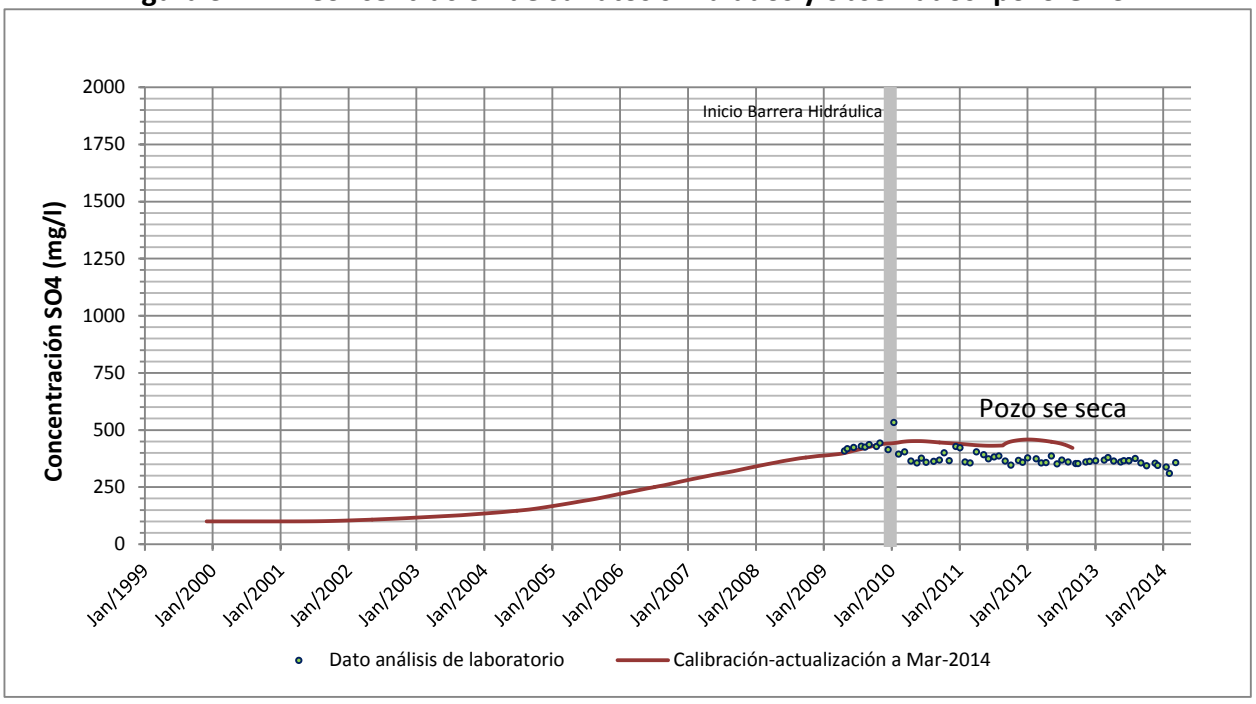


Figura 3.22: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo PB-3.

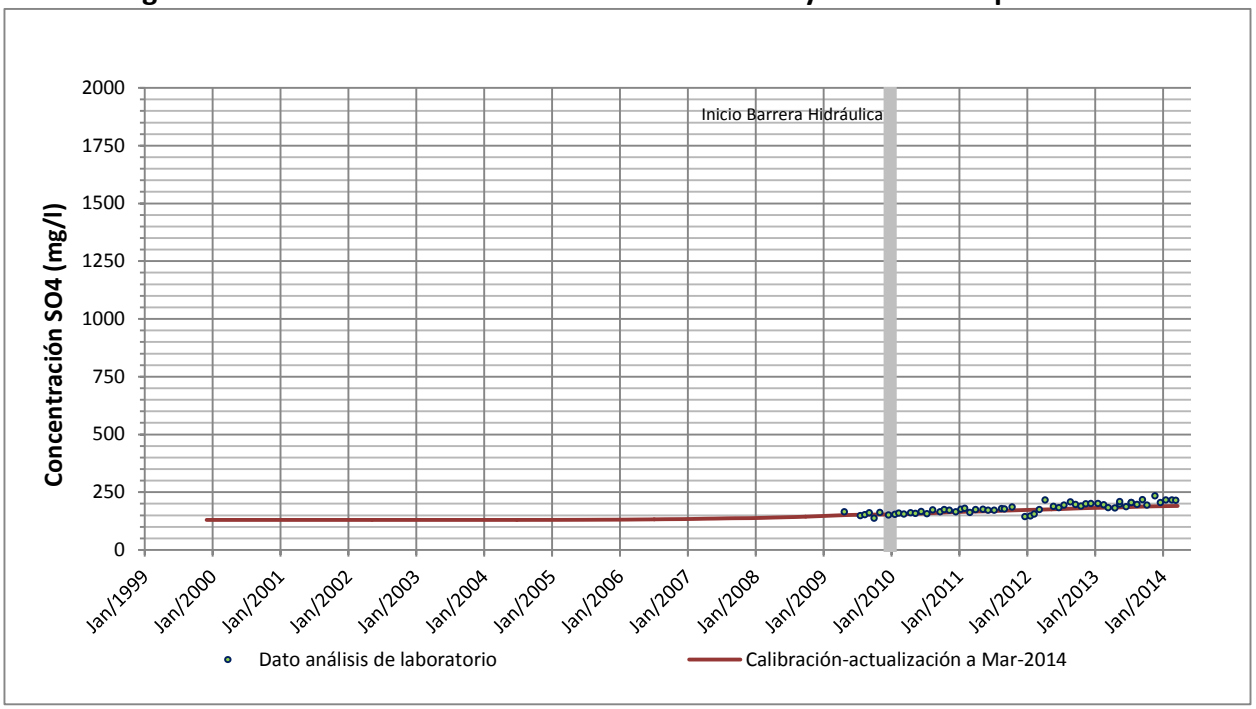


Figura 3.23: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo PB-2.

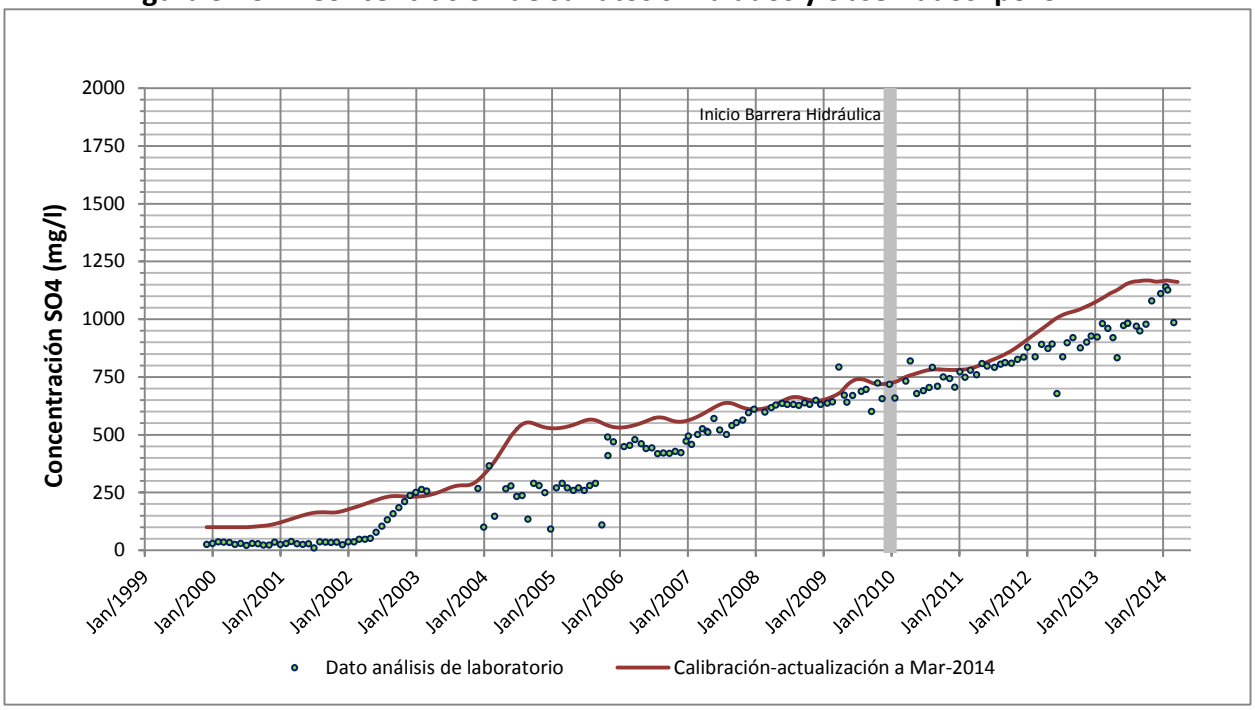


Figura 3.24: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo APR Huechún.

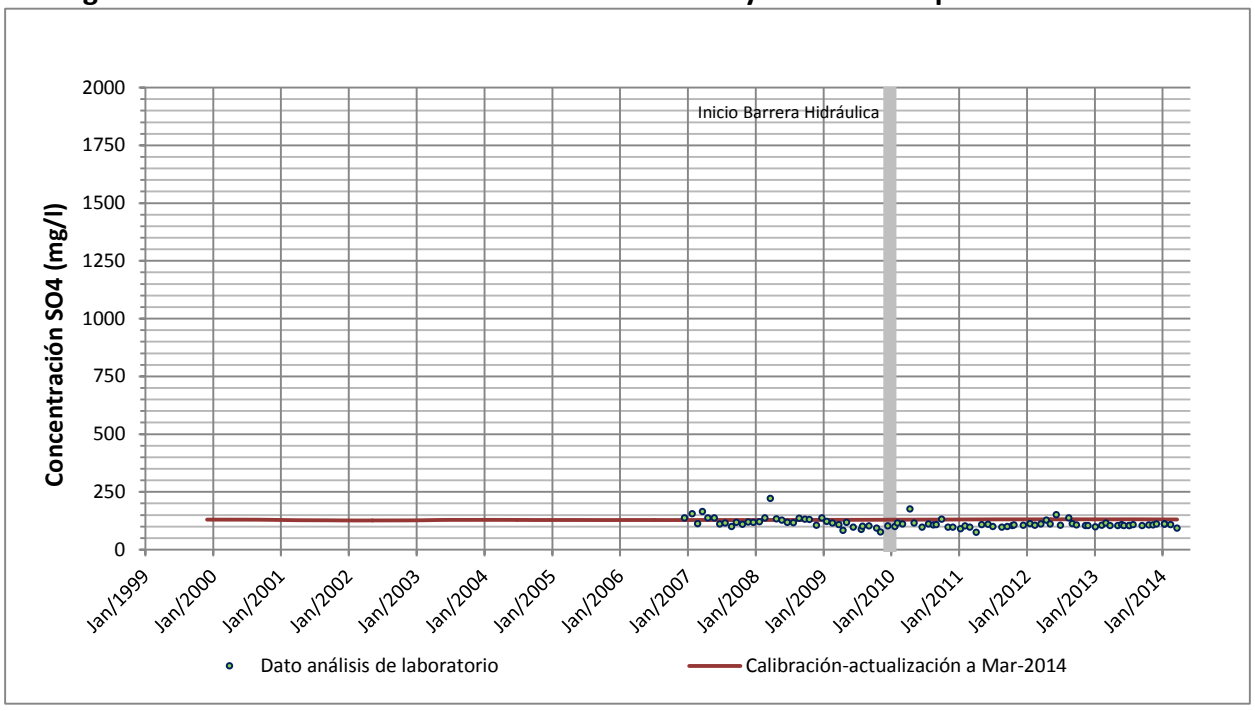


Figura 3.25: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo A-1.

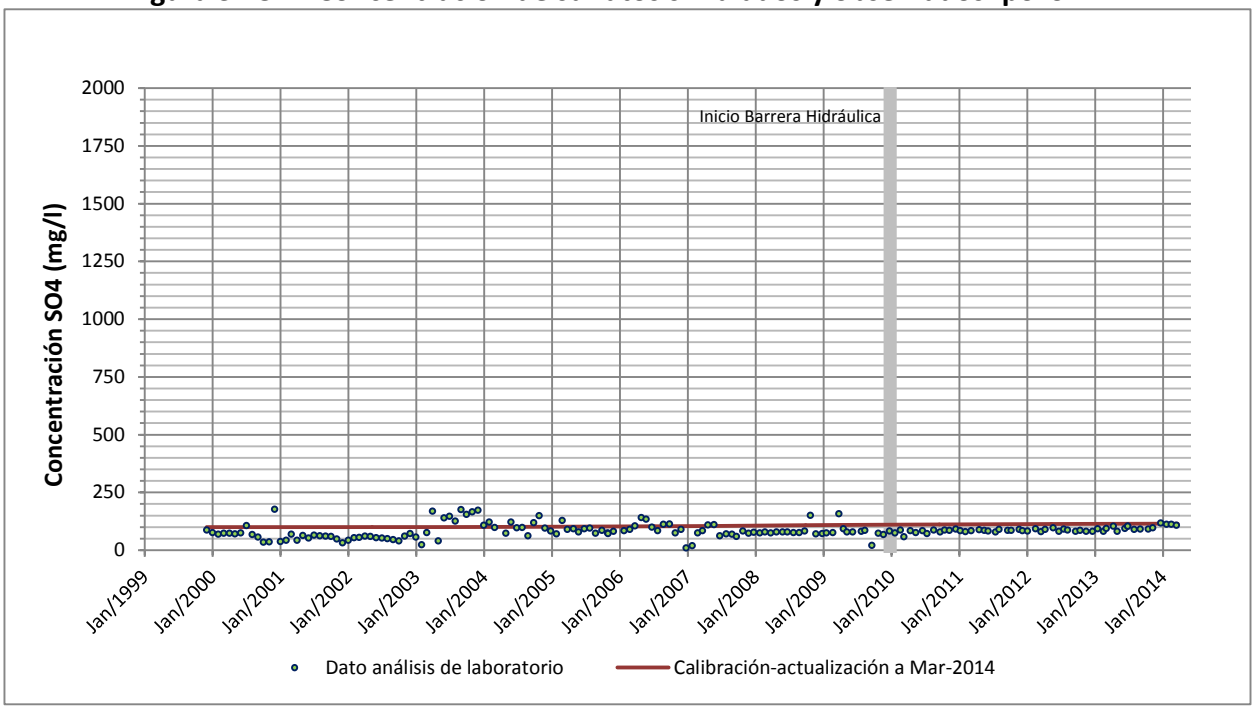
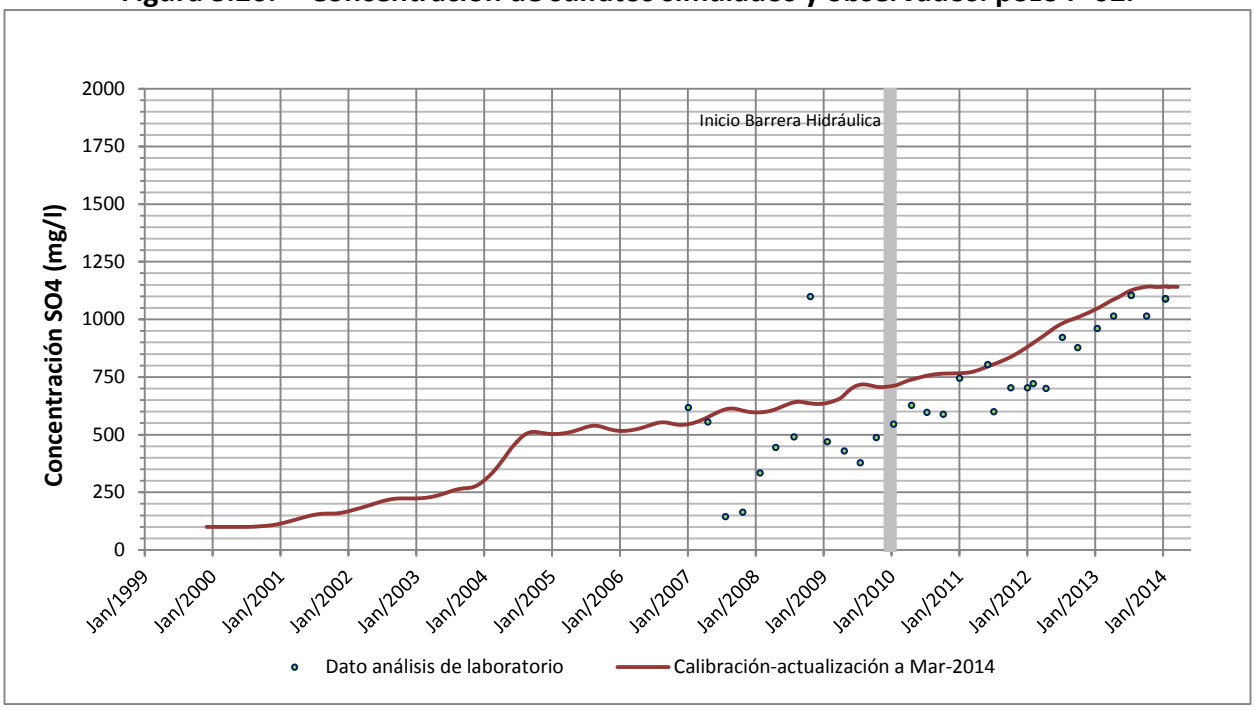


Figura 3.26: Concentración de sulfatos simulados y observados: pozo P-02.



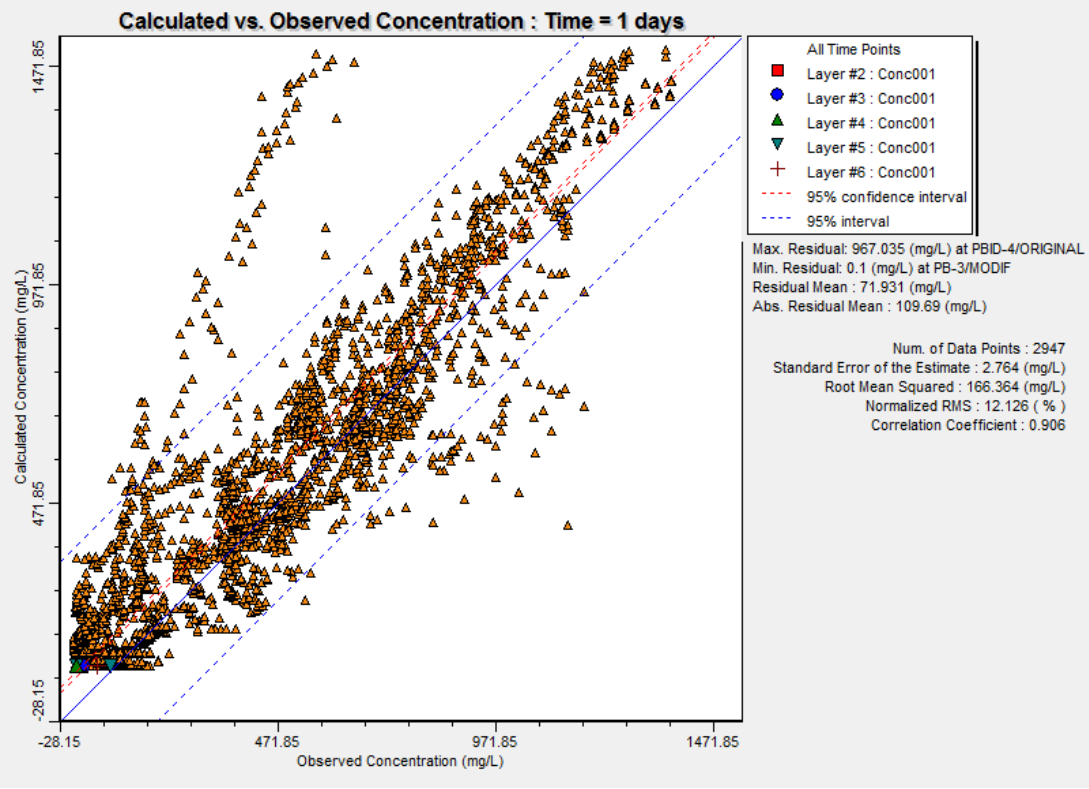
- Grado de ajuste de la calibración

  A partir de las concentraciones de Sulfato calculadas por el modelo numérico y medidas en terreno, se calcula el grado de ajuste utilizando el estadístico Error Medio Cuadrático Normalizado (NRMS por sus siglas en inglés), para los 22 pozos del patrón de calibración en cual se presenta en la Figura 3.27.

  Como se observa de la figura, se obtuvo un valor para el estadístico de ajuste de NRMS de 12.1 % el cual, si bien se encuentra por sobre los valores usualmente aceptados para modelos de flujo, resulta satisfactorio para un modelo de transporte de solutos en donde la complejidad de la física detrás del fenómeno es muy superior. Al revisar los hidrogramas de ajuste de sulfatos en su conjunto, se aprecia indudablemente que las tendencias de cambio se encuentras correctamente representadas por el modelo. Es este último criterio el que privilegia la "Guía para el Uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA" según se señala en su página 43: *"Es importante destacar que el objetivo principal de la calibración es buscar la consistencia entre los resultados del modelo numérico y el modelo conceptual. Es por esto que se debería privilegiar una mejor representación cualitativa de las tendencias del modelo conceptual por sobre la estricta minimización del error numérico, ya que esto último por sí solo no garantiza resultados coherentes con el comportamiento observado del sistema."*.

  A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que el modelo numérico de transporte representa correctamente las tendencias generales de las concentraciones de Sulfato medidas en terreno.

Figura 3.27: Grado de ajuste del modelo de transporte para calibración transiente



3.3 Conclusiones principales

Se ha documentado la construcción y calibración de un Modelo Hidrogeológico de Transporte de soluto, en este caso de sulfatos, como principal indicador de presencia de filtraciones en las aguas subterráneas.

El modelo ha sido desarrollado en Visual Modflow para el sector de Rinconada de Ovejería, donde se encuentra emplazado el tranque de Relaves Ovejería, de propiedad de CODELCO División Andina.

Las principales conclusiones obtenidas durante el proceso son las siguientes:

- Empleando la información existente sobre fuentes de sulfatos (condiciones de borde), geometría y distribución espacial de las unidades acuíferas y principalmente el campo de velocidades obtenido desde el modelo de flujo, ha sido posible calibrar los parámetros de dispersividad longitudinal y de porosidad efectiva, lo cual ha permitido obtener una representación de las concentraciones de sulfatos medidas.

- La calibración efectuada ha sido comprobada mediante la comparación gráfica entre la solución matemática lograda en los pozos del patrón de calibración y los valores medidos. La información disponible alcanza, en los pozos que disponen de mayor extensión, cerca de 14 años de mediciones de sulfatos, cubriendo el periodo de calibración.

- Además de ajustar los parámetros de dispersividad y porosidad, se ha logrado validar las concentraciones de las fuentes de sulfatos de manera tal de representar las concentraciones medidas en pozos específicos.

- En general, se observa que las concentraciones simuladas en los pozos calibrados dependen fuertemente de la magnitud de infiltraciones y concentración incorporada en el muro.

- En la zona en la cual se emplazan los pozos PBID-1 a PBID-5, comenzó a aumentar la concentración de sulfatos durante el año 2002 en forma diferenciada, llegando a finales del 2011 a valores cercanos a los 1000 mg/l en los pozos PBID-3 y PBID-5.

- La condición de concentraciones observada en el pozo de monitoreo G05, no es absolutamente consistente con el seguimiento y los contenidos en pozos de control que se han construido con fines de monitoreo ubicados aguas arriba, por lo que se estima que dicha alza podría estar influenciada por eventos operacionales que habrían generado el tránsito más superficial y subsuperficial de agua de proceso hacia el embalse Huechún. La aplicación de una recarga asociada a estos eventos ha sido asignada inmediatamente aguas arriba del muro del embalse Huechún, lo que ha permitido el ajuste de concentraciones de acuerdo con las observadas en el pozo G-05.

- Aguas abajo del muro del tranque Ovejería se encuentran las zonas de forestación, en las cuales se utilizan las aguas del tranque para el riego de los cultivos. En un comienzo, estas zonas eran regadas a través de surcos, técnica que tiene asociada pérdidas importantes, parte de la cual infiltraba hacia el acuífero en aquellas zonas de hondonadas y de tipo de suelo favorable. Posteriormente, como una forma de reducir estas filtraciones, se reemplazó el sistema de riego por riego tecnificado, reduciendo el ingreso de masa de sulfato al acuífero. El efecto de esta medida se observa en los registros de concentración de los pozos G04, G11 y G13, en los cuales la tendencia mostrada por la concentración de sulfato es inicialmente al aumento, continuada por una reducción o una estabilización en los años inmediatamente posteriores al cambio en el sistema de riego.

- El contraste entre las concentraciones de Sulfato calculadas con el modelo y las mediciones existentes, muestra que el modelo representa correctamente las tendencias generales de las concentraciones de Sulfato medidas en terreno.

- En general, el modelo de transporte reproduce la tendencia histórica de concentración de sulfatos en la mayoría de los pozos de monitoreo ubicados en la dirección de flujo Norte-Sur en la sección donde se encuentra ubicada la barrera hidráulica, proporcionando confianza con respecto a las predicciones futuras a realizar con esta herramienta.

ANEXO H

RESULTADOS DE SIMULACIONES
MODELO CHACABUCO POLPAICO Y MODELO OVEJERÍA

Septiembre de 2014

ANEXO H

RESULTADOS DE SIMULACIONES
MODELO CHACABUCO POLPAICO Y MODELO OVEJERÍA

INDICE

1 INTRODUCCION 6

2 ASPECTOS GENERALES DE LOS MODELOS DE SIMULACIÓN 8

2.1 Operación Conjunta Modelos Ovejería y Chacabuco Polpaico 8

2.2 Bases de Modelación Modelo Numérico Ovejería 8

2.2.1 Condiciones de Borde y Acciones Externas para el Análisis de Escenarios 8

2.2.2 Condición de Nivel Constante en límite Sur-Este 8

2.2.3 Condición de Potencial Constante en límite Sur 11

2.2.4 Recargas Naturales 12

2.2.5 Recargas Artificiales 12

2.2.6 Extracciones e inyecciones 13

2.2.7 Condición de Tipo Dren para los drenes basales del muro del Tranque Ovejería 15

2.2.8 Puntos de Control 15

2.3 Bases de Modelación Modelo Chacabuco Polpaico 16

2.3.1 Serie de Precipitaciones y Recargas Asociadas 16

2.3.2 Caudales de Explotación en Acuífero Chacabuco Polpaico 18

2.3.3 Propiedades de Transporte Modelo Chacabuco Polpaico 20

2.3.4 Condición Inicial de Calidad de Sulfato 21

2.3.5 Puntos de Control 21

3 DESCRIPCIÓN DE LOS ESCENARIOS DE SIMULACIÓN 23

3.1 Situación Base Actual con Barrera de 15 pozos (Sim 01). 23

3.2 Propuesta de medidas para control de infiltraciones tranque Ovejería (Sim 02) 23

3.3 Sensibilización de Variables y Condiciones Hidrológicas para Sim02 27

3.3.1 Análisis de sensibilidad parámetro de dispersividad en modelo Chacabuco Polpaico (Sim 02a) 27

3.3.2 Efecto Sequía en la valle Chacabuco por operación en años secos. Disponibilidad Ch-P (Sim 02b). 27

3.3.3 Evaluación restricción administrativa de extracción en años secos. Captura al 50 %. Ovejería y Ch-P (Sim 02c). 27

3.3.4 Sensibilización calidad de la fuente de inyección. Concentración media de S04 200 mg/l (Sim 02d). 28
3.3.5 Sensibilización comienzo medidas de control de infiltraciones del tranque Ovejería a partir del año 2014. (Sim 02e)..... 28
3.4 Propuesta actualizada de medidas para control de infiltraciones tranque Ovejería (Sim 03).....28
3.5 Sensibilización de Variables y Condiciones Hidrológicas para Sim03 30
3.5.1 Análisis de sensibilidad a los caudales de bombeo e inyección focalizados en Tranque Huechún (Sim 03a). 30
3.6 Análisis del efecto en los niveles de agua subterránea en el acuífero Chacabuco Polpaico por las acciones y medidas de bombeo e inyección en Ovejería. 31
4 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN 32
4.1 Situación Base Actual con barrera hidráulica de 15 pozos (Sim 01) 32
4.1.1 Aspectos Generales..... 32
4.1.2 Puntos Modelo Ovejería 33
4.1.3 Puntos Modelo Ch-P..... 38
4.2 Propuesta de medidas de control de infiltraciones del Tranque Ovejería (Sim 02) 42
4.2.1 Aspectos Generales..... 42
4.2.2 Puntos Modelo Ovejería 43
4.2.3 Puntos Modelo Ch-P..... 48
4.3 Escenarios de Sensibilización de Variables y Condiciones Hidrológicas sobre escenario Sim02 52
4.3.1 Análisis de sensibilidad parámetro de dispersividad en modelo Chacabuco Polpaico (Sim 02a)..... 52
4.3.2 Efecto Sequía en la valle Chacabuco por operación en años secos. Disponibilidad Ch-P (Sim 02b) 57
4.3.3 Evaluación restricción administrativa de extracción en años secos. Captura al 50 %. Ovejería y Ch-P (Sim 02c) 62
4.3.4 Sensibilización calidad de la fuente de inyección. Concentración media de S04 200 mg/l (Sim 02d) 73
4.3.5 Sensibilización comienzo medidas de control de infiltraciones del tranque Ovejería a partir del año 2014 (Sim 02e)..... 83
4.4 Propuesta actualizada de medidas de control de infiltraciones del Tranque Ovejería (Sim 03) 93
4.4.1 Aspectos Generales..... 93
4.4.2 Puntos Modelo Ovejería 95
4.4.3 Puntos Modelo Ch-P..... 100
4.5 Escenarios de Sensibilización de Variables y Condiciones Hidrológicas sobre escenario Sim03 104

4.5.1 Análisis de sensibilidad incorporación de nuevos pozos de bombeo e inyección focalizados (Sim 03a) 104
4.6 Análisis del efecto en los niveles de agua subterránea en el acuífero Chacabuco Polpaico por las acciones y medidas de bombeo e inyección en Ovejería (Sim01, Sim 02 y Sim03) 114
4.6.1 Aspectos Generales 114
4.6.2 Puntos Modelo Ovejería 115
4.6.3 Puntos Modelo Ch-P 121
4.6.4 Pozos adicionales fuera del dominio de los puntos de control de calidad 125
5 COMENTARIOS 129

APÉNDICES

Apéndice H1: Balance Hídrico Simulaciones Sim01 y Sim02 Modelo Ovejería.

Apéndice H2: Proyecciones de Concentración de Sulfatos Pozos PAT.

1 INTRODUCCION

Dentro de las instalaciones mineras que posee Codelco Andina (DAND), se encuentra el tranque de relaves de Ovejería, el cual se emplaza en la subcuenca de la rinconada de Huechún, la que forma parte de la cuenca Chacabuco-Polpaico, Región Metropolitana. Este tranque entró en operación a finales del 1999, y en el año 2002 se detectaron infiltraciones de aguas claras de relaves que comenzaron a afectar la cantidad y calidad del agua subterránea en sus alrededores, la que se ha visto modificada respecto a su condición natural.

Lo anterior dio origen a una serie de estudios orientados a diagnosticar la situación actual y a entender los procesos de transporte de estas infiltraciones en el sistema acuífero localizado aguas abajo del tranque de relaves Ovejería. Todo lo anterior ha tenido como objetivo central poder conocer los procesos hidrogeológicos que ocurren en el entorno del tranque para poder elaborar un adecuado modelo conceptual del sistema que permitiera la construcción de un modelo hidrogeológico numérico para simular el comportamiento futuro de estas infiltraciones, y realizar proyecciones del avance de la pluma de contaminación bajo diferentes condiciones. En la etapa inicial de estos estudios, el foco de la investigación estuvo centrado en el sector acuífero de Ovejería, donde se localiza el traque de relaves del mismo nombre. Todos los detalles del análisis hidrogeológico en el área de Ovejería, así como el desarrollo de un modelo hidrogeológico para el análisis del flujo y transporte de sulfato en el acuífero, están contenidos en el Anexo F, parte integrante del documento de Respuestas a Solicitud de Antecedentes PSyCI de julio 2013.

En la medida que la información de monitoreo comenzó a indicar la expansión del efecto de las infiltraciones hacia sectores fuera del área de Ovejería el foco de los estudios se expandió para incluir los sectores aledaños. En particular, para analizar el efecto de las infiltraciones del tranque de relaves Ovejería sobre el agua subterránea en la cuenca Chacabuco-Polpaico se preparó un modelo de simulación hidrogeológico para el sector de interés, el que se desarrolló como una extensión (y actualización) de un modelo preparado para la Dirección General de Aguas el año 2000 (DGA-AC, 2000), y fue presentado en el Anexo G, parte integrante del documento de Respuestas a Solicitud de Antecedentes PSyCI de julio 2013.

El desarrollo de ambos modelos de simulación permitió abordar el análisis de escenarios futuros asociados con estudiar el funcionamiento de diversas medidas para control de las infiltraciones y su expansión en el acuífero que rodea el sector del tranque Ovejería.

El proceso de revisión del PSyCI se inició en agosto de 2012, parte del cual incluyó proyecciones a partor de Enero de 2012 realizadas con el modelo calibrado a diciembre de 2012, cuyo objetivo es presentar el efecto esperado de las medidas de control de infiltraciones. Actualmente estas medidas requieren ser actualizadas.

Es así como, en respuesta a la solicitud 3.4 del Servicio de Evaluación Ambiental de la Región Metropolitana de Santiago contenida en el Ord. 944 del 02 de junio de 2014, se ha procedido a actualizar el escenario de proyección Sim02 incluyendo los nuevos datos recolectados en los últimos años y considerando la situación existente desde el inicio de acciones de control propuestas. Este nuevo escenario se ha denominado Sim03.

En atención a esta solicitud, se realizó la extensión del período de calibración hasta el 01 de Abril de 2014 ampliando el periodo con datos recolectados en 2 años y 3 meses respecto a la versión anterior del modelo.

Como parte del proceso de actualización, el modelo ha sido refinado con el objeto de mejorar el ajuste particularmente en el contenido de sulfatos en el pozo PB-3. Esto involucró la incorporación de una zona de recarga en el sector del Tranque Viejo y modificar la sectorización de permeabilidades en la zona Sureste del dominio activo.

En este documento se resumen los diversos escenarios de la pluma de aguas claras en el sector de Ovejería y su potencial expansión hacia el acuífero de Chacabuco – Polpaico. Si bien la oportunidad de la activación de las medidas de control ha sido actualizada siemdo simulada a través de escenario Sim03, el presente documento contiene los escenarios Sim01 y Sim02 presentados anteriormente. Esto permite apreciar el efecto de actualizar las fechas de ingreso de las medidas de control al comparar los escenarios Sim02 original con el Sim03 actual.

2 ASPECTOS GENERALES DE LOS MODELOS DE SIMULACIÓN

2.1 Operación Conjunta Modelos Ovejería y Chacabuco Polpaico

El objetivo de la operación conjunta de los modelos Ovejería y Chacabuco Polpaico, es definir el potencial avance de una pluma de sulfato producto de las infiltraciones en el sector del tranque de Ovejería detectadas en los pozos de la red de monitoreo de calidad de aguas de DAND dentro de su propiedad.

Para lo anterior, se ha preparado una serie de escenarios de simulación, que dan cuenta de la calidad futura del agua subterránea al interior de Ovejería así como en el acuífero de Chacabuco Polpaico, específicamente en las ubicaciones de los pozos de agua potable rural APR Santa Matilde, APR Huechún, APR Punta Peuco, y APR Huertos Familiares, además de los pozos de riego ubicados aguas abajo de la potencial pluma de sulfato que pudiese generarse en dirección del acuífero Chacabuco Polpaico por el límite muro Huechún.

Tal como se indica en el Anexo G del documento de Respuestas a Solicitud de Antecedentes PSyCI, julio 2013, el procedimiento de cálculo establece que el modelo Ovejería genera como principal resultado una serie de datos de caudales y concentración en puntos de contacto con el sistema Chacabuco-Polpaico, los que se ingresan celda a celda en la zona de empalme definidas como límite muro Huechún y límite Sur-este. Este procedimiento permite posteriormente estudiar el efecto de este traspaso de aguas claras hacia el sistema acuífero regional.

2.2 Bases de Modelación Modelo Numérico Ovejería

2.2.1 Condiciones de Borde y Acciones Externas para el Análisis de Escenarios

El análisis de escenarios futuros de modelación requiere la extensión de las condiciones de borde utilizadas originalmente en la calibración transiente del modelo Ovejería. Lo mismo ocurre para el caso de las acciones externas: recarga y descarga.

En la proyección futura o análisis de escenarios se mantienen las condiciones generales de No Flujo (*Límites Impermeables*) del modelo de calibración, mientras que para las condiciones de Nivel Constante o Conocido (*Constant Head*) en el límite Sur-Este, Contorno de Potencial Constante (*General Head Boundary)* en el límite Sur, Flujo Constante (*Recharge*), extracciones por bombeo (*Wells*), y Condiciones Tipo Dren (*Drai*n) para los drenes basales en muro Tranque Ovejería, se consideran modificaciones que se describen en los puntos siguientes.

2.2.2 Condición de Nivel Constante en límite Sur-Este

La condición de borde del límite Sur-Este corresponde a una de nivel constante o conocido (Constant Head), la cual se obtiene a partir del acople del Modelo Ovejería con el Modelo Chacabuco-Polpaico, como se explica de manera detallada en el Anexo G del documento de

Respuestas a Solicitud de Antecedentes PSyCI, julio 2013, en lo que se refiere al acople, y en el acápite 2.3 del presente Anexo en lo que se refiere a las bases para las proyecciones.

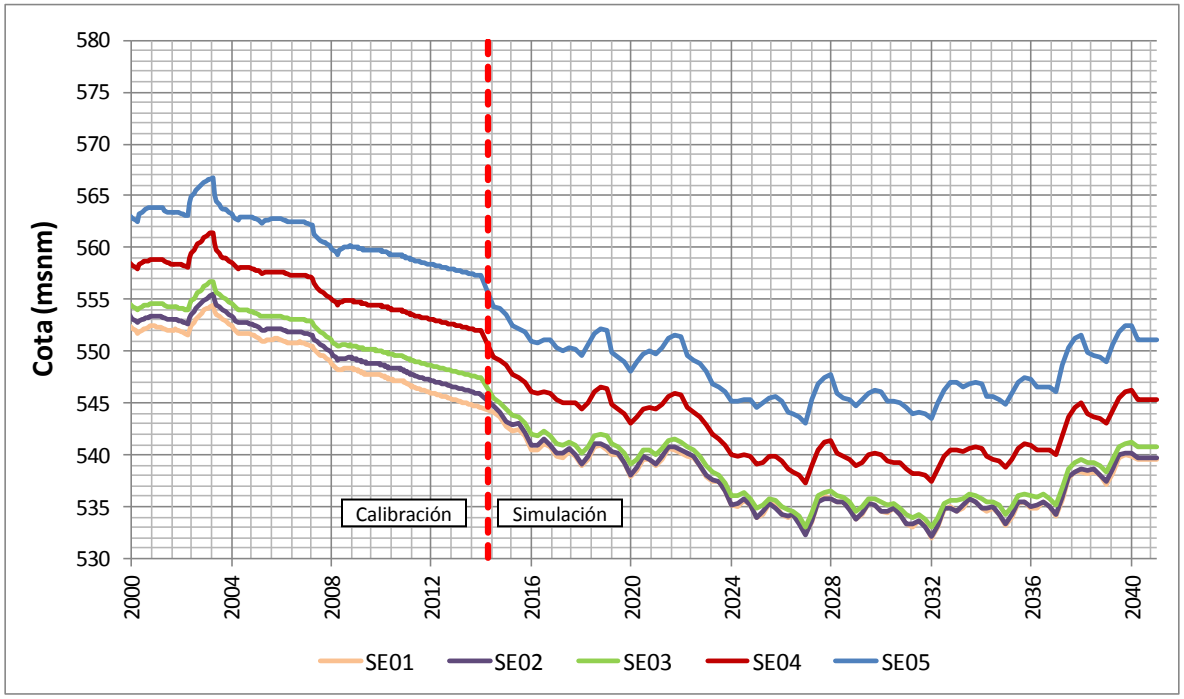
En la Figura 2.1 se observan los puntos de acople, SE01 a SE05, creados específicamente para generar la condición de continuidad entre ambos modelos. La información específica de niveles de agua subterránea en la zona del acople se presenta en la Figura 2.2, la cual muestra cinco series de tiempo de nivel de agua subterránea, que dan cuenta de la variación temporal y espacial del nivel freático a lo largo del límite Sureste.

Figura 2.1
Ubicación pozos de observación del límite Sureste utilizados para el acople del Modelo Ovejería con el Modelo Chacabuco Polpaico.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2.2
Series de tiempo de nivel constante (Constant Head) en límite Sureste.



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar de la Figura 2.2, el nivel freático aumenta en cota en dirección Noreste, existiendo alrededor de 10 m de diferencia entre los puntos de observación SE01 y SE05, la cual es relativamente constante en el tiempo. El gradiente espacial de nivel freático se explica debido a que la sección de empalme Sureste tiene una orientación relativamente similar a la del flujo principal de la cuenca Chacabuco-Polpaico.

Por otro lado, para los cinco puntos de observación antes mencionados, el nivel disminuye alrededor de 11 m durante los primeros 12 años de simulación, recuperándose a partir del año 2025, hasta alcanzar niveles levemente inferiores a los que se tenían al comienzo de la simulación. La evolución del nivel en la sección de empalme guarda directa relación con la evolución del nivel en el acuífero principal de la cuenca Chacabuco-Polpaico. En este sentido, la disminución inicial de niveles se origina debido a que en el Modelo Chacabuco-Polpaico se supuso una serie de precipitación decreciente en los primeros años, con el objetivo de darle continuidad al escenario de calibración y al mismo tiempo para generar un escenario conservador desde el punto de vista de la disponibilidad del recurso hídrico.

2.2.3 Condición de Potencial Constante en límite Sur

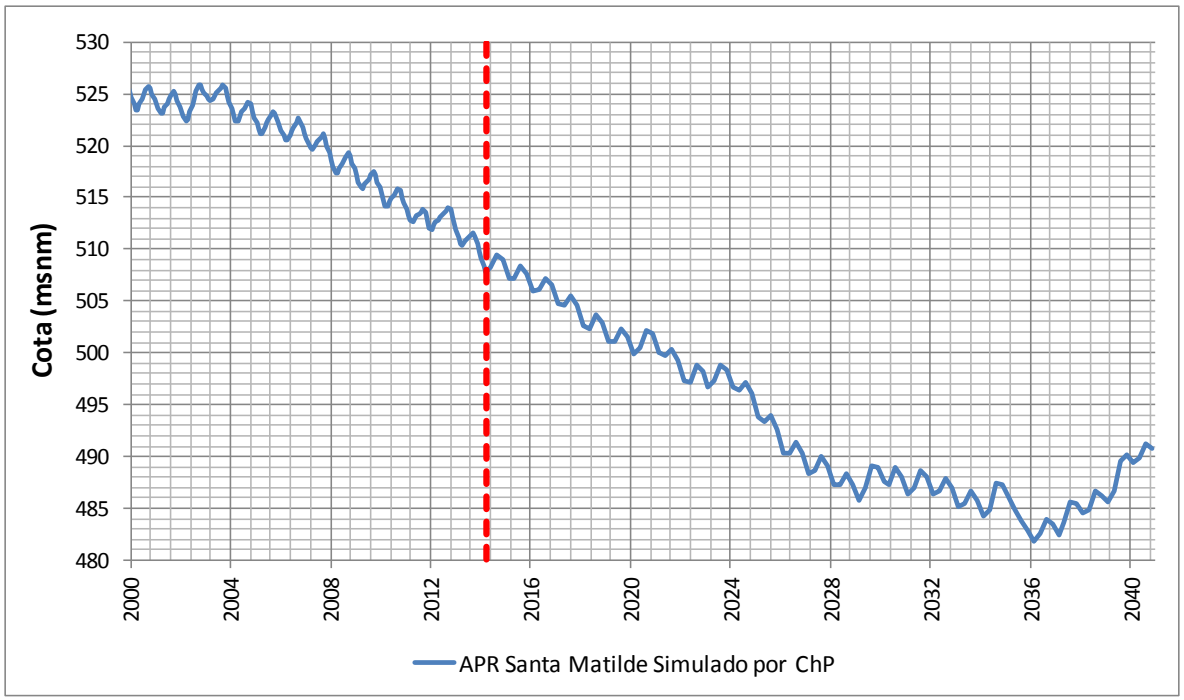
La condición de borde del límite Sur corresponde a una de potencial constante (General Head Boundary) que utiliza como referencia la evolución del nivel freático en el pozo APR Santa Matilde calculada para el periodo de simulación por el Modelo Chacabuco-Polpaico en acople con el Modelo Ovejería, tal como se explica en el Anexo G del documento de Respuestas a Solicitud de Antecedentes PSyCI de julio 2013.

Por otro lado, para cada celda del límite Sur se calculó una conductancia particular, considerando la Ecuación 2.1, obteniéndose valores en el rango de 3E-05 a 20 m^2/día. Finalmente, la serie de tiempo del nivel freático en APR Santa Matilde calculada por el Modelo Chacabuco Polpaico se presenta en la Figura 2.3.

$$Conductancia = \frac{Alto_{Celda} \cdot Ancho_{Celda} \cdot Conductividad_{Celda}}{Distancia_{APR-Sta.Matilde}} \qquad Ec.\ 2.1$$

Al respecto, cabe señalar que la evolución del nivel en APR Santa Matilde guarda directa relación con la variación del nivel freático en la cuenca principal Chacabuco Polpaico, y que la disminución de nivel inicial se origina debido a que en el Modelo Chacabuco Polpaico se supuso una serie de precipitación que decrece en los primeros años, con el objetivo de darle continuidad al escenario de calibración y al mismo tiempo para generar un escenario conservador desde el punto de vista de la disponibilidad del recurso hídrico.

Figura 2.3
Serie de tiempo de potencial constante (General Head) en límite Sureste



Fuente: Elaboración Propia

2.2.4 Recargas Naturales

Las recargas naturales se consideran iguales al promedio anual de la estadística utilizada durante los 14 años de calibración transiente, que a su vez es similar a la recarga impuesta durante la etapa de calibración en régimen permanente. Por otro lado, al igual que durante el periodo de calibración se desestima la infiltración desde el estero Chacabuco.

2.2.5 Recargas Artificiales

La fuente de sulfatos es ingresada para los escenarios de simulación de la misma manera que en el periodo de calibración, es decir, a través del módulo *recarga*, cuya evolución en el tiempo para cada una de ellas y en su totalidad, se ilustra en la Figura 2 del Apéndice H1.

Las recargas corresponden a lo siguiente:

Para la recarga por precipitación e infiltraciones de riego de forestación en la zona aguas abajo del muro de tranque, se considera como patrón en la proyección, caudales equivalentes a los ajustados para el periodo de calibración para el ciclo 2010-2014, el cual se considera representativo de la condición de riego tecnificado actual, lo cual habría disminuido las infiltraciones de riego en comparación con el anterior sistema de riego por surcos.

Para la recarga por infiltración del regadío en áreas forestadas aguas arriba del muro del tranque, se considera que el patrón de caudales se mantiene en el tiempo igual a los valores utilizados para el período 2010-2014.

Respecto a la recarga por infiltración desde la cubeta originada por la laguna de aguas claras, de acuerdo con la construcción del modelo matemático, los principales caudales de infiltración han sido asignados en forma proporcional a la superficie de la laguna, siendo las superficies de contacto con suelo natural correspondiente a depósitos fluviales principalmente, y coluviales en forma secundaria, las principales zonas de infiltraciones. Se considera que la superficie de la laguna está en equilibrio, con variaciones estacionales según se presentan actualmente. Si bien se han realizado labores de impermeabilización a través de la depositación de lamas sobre depósitos fluviales; con el fin de considerar el caso más desfavorable, en la evaluación numérica no se ha incluido el efecto de disminución de permeabilidad esperable producto de dicha impermeabilización. De esta forma, el caudal de infiltración generado por la laguna de aguas claras, promedia un caudal medio anual de 80 l/s.

En cuanto a la infiltración que se produce por las lamas mismas, fuera del área cubierta por la laguna, se ha mantenido el concepto de aplicar Darcy con gradiente unitario sobre el área vertical del depósito (descontando el área de la laguna). Se ha considerado una disminución de permeabilidad en el tiempo producto del proceso natural de consolidación y el aumento de área en el tiempo debido al crecimiento propio del tranque según modelo de crecimiento confeccionado por Hatch para Codelco-Andina. La curva de decaimiento ha sido establecida en durante el proceso de calibración del modelo y disminuye asintóticamente desde un valor de 7.3e-4 m/d para condición actual, hasta un valor final de 3.2e-4 m/d para fines del año 2040. Utilizando esta metodología, se obtiene un caudal de recarga promedio desde las lamas fuera de la laguna de 42 l/s.

La recarga por infiltraciones desde el canal de contorno se mantiene como un 5% del caudal captado desde la Laguna de Aguas Claras, utilizando como periodo representativo el año 2010 (29 l/s como caudal promedio anual).

Respecto a las infiltraciones producto de la construcción del muro del Tranque Huechún, en los escenarios de simulación, este vector de ingreso ha sido calculado a través del cálculo del agua excedente del proceso constructivo del muro proyectado por Hatch para Codelco-Andina, considerando también los aportes por precipitación y descontando la evaporación. Asumiendo un Cp de 70% en las arenas depositadas para la construcción del muro y una retención de agua en el muro mismo de 18% en peso, se obtiene un caudal de ingreso de agua excedente de 36 l/s como promedio para el período 2014 – 2040.

2.2.6 Extracciones e inyecciones

En la Tabla 2.1 se presentan los caudales de bombeo e inyección estimados para efectos de la operación del modelo numérico, como medidas de control de las infiltraciones del tranque Ovejería. Para estos efectos, se contempla mantener relativamente constantes los caudales de

bombeo e inyección de la barrera, independiente de posibles disminuciones en los rendimientos de sus pozos. A través de este set de pozos, se han construido los escenarios Sim01, Sim02 y Sim03 según se presenta en el Capítulo 3.

El caudal total a extraer a partir de la implementación de estas medidas, asciende a 225 l/s desde julio del año 2013 hasta el final del periodo de modelación para Sim02, y desde Diciembre de 2014 para Sim03. Se considera a su vez un periodo de prueba de bombeo de la barrera conjunta a partir de septiembre de 2013, con un caudal inferior a 208 l/s. El caudal total impuesto a inyectar varía en el tiempo, pasando de 20 l/s entre el año 2013 (para Sim01 y Sim02) o 2014 (para Sim03), a 66 l/s desde el año 2015 hasta el fin de la simulación.

Tabla 2.1
Condiciones finales de bombeo e inyección

Obra de control		Barrera hidráulica actual	Pozos de robustecimiento	Pozos de bombeo focalizados	Pozo de inyección focalizada	Cortina Pozos de inyección	TOTAL BOMBEO	TOTAL INYECCIÓN
		PBH-1 a PBH-14 PBID5	PBH-15 a PBH-22	PBF-1 a PBF-3	PIF-1 y PIF-2	PIN-1 a PIN-6		
		(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)
(Sim01)	Barrera Hidráulica Ovejería actual	-150	0	0	0	0	-150	0
Dic-12 (para Sim02) Dic-14 (para Sim03)	Bombeo refuerzo barrera hidráulica actual	-144	-69	0	0	0	-213	0
Jul-2013 (para Sim02) Dic-14 (para Sim03)	Bombeo focalizado	-144	-69	-12	0	0	-225	0
	Inyección focalizada embalse Huechún	-144	-69	-12	+20	0	-225	+20
Abr-2015	Inyección cortina de pozos	-144	-69	-12	+15	+51	-225	+66
Ene-2020	Fin inyección focalizada embalse Huechún	-144	-69	-12	0	+66	-225	+66

2.2.7 Condición de Tipo Dren para los drenes basales del muro del Tranque Ovejería

Se considera una disminución de 3 m en la cota de los drenes basales del muro del tranque Ovejería desde 579 msnm a 576 msnm, lo cual se pretende implementar en los planes de expansión del muro del tranque Ovejería.

2.2.8 Puntos de Control

Para el análisis del valor de la concentración de sulfato dentro del sector de Ovejería, se ha implementado una serie de puntos de control de calidad de aguas. Los puntos de Control al interior de Ovejería corresponden a los siguientes:

- Pozo G02
- Pozo G03
- Pozo G05
- Pozo G06
- Pozo G11
- Pozo G12
- Pozo PB3
- Pozo PES02
- Pozo APR Huechún

La Figura 2.4 muestra la ubicación en el modelo numérico de cada uno de los pozos de control de calidad de aguas en el acuífero de Ovejería.

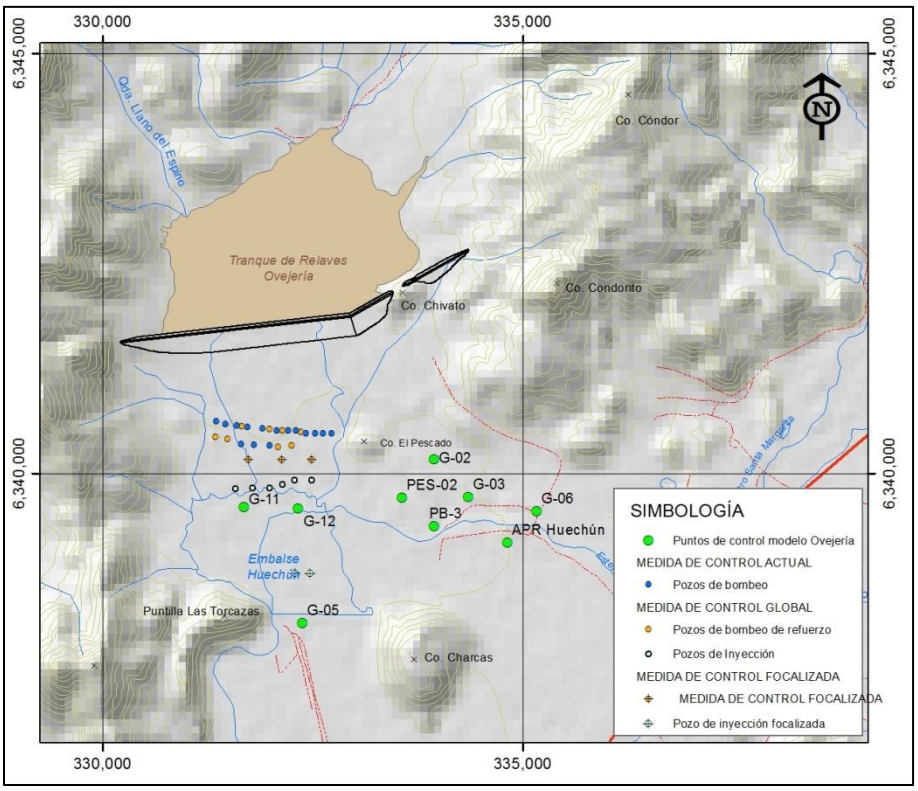
2.3 Bases de Modelación Modelo Chacabuco Polpaico

2.3.1 Serie de Precipitaciones y Recargas Asociadas

Se ha definido un horizonte de simulación desde los años 2012 a 2040 para Sim01 y Sim02, y desde los años 2014 a 2040 para Sim03. Para ello, se ha utilizado como base la serie de precipitaciones de la estación Embalse Rungue correspondiente a los años 1957-1984, a partir del año 1957 en el caso del Sim01 y Sim02, y de 1958 del Sim03; los cuales se han trasformado internamente como recarga superficial de acuerdo al procedimiento indicado en el punto 3.3.6 del Anexo G del documento de Respuestas a Solicitud de Antecedentes PSyCI de julio 2013.

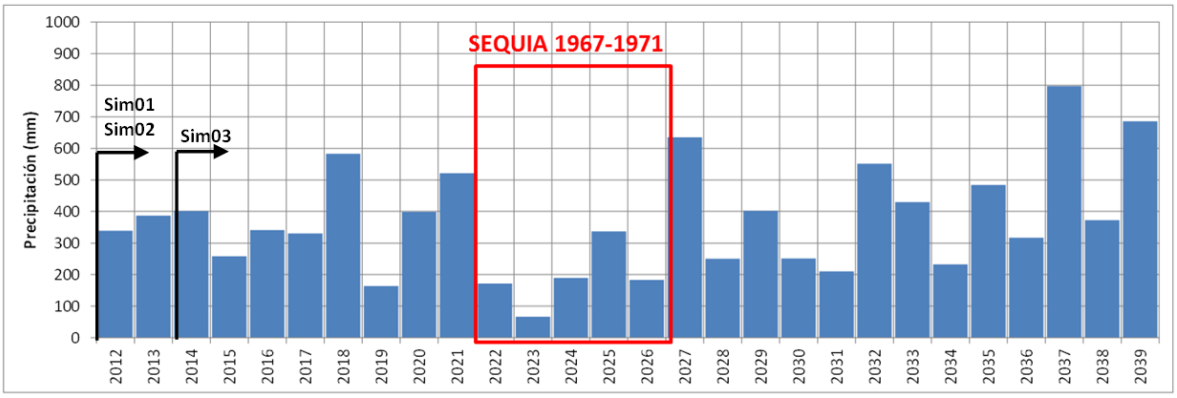
Uno de los aspectos relevantes a tener en cuenta en la hidrología considerada es que a partir del año 2022 de la simulación se observa un periodo de extrema sequía prolongada, equivalente al ocurrido durante los años 1967 – 1971 considerada la más extrema desde que la DGA cuenta con registros hidrométricos. La Figura 2.5 muestra la serie de precipitaciones considerada para la simulación de los escenarios futuros y la posición en el tiempo de la sequía hidrológica previamente señalada.

Figura 2.4
Puntos de Control de Calidad de Sulfato en Modelo Ovejería



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2.5
Serie de Precipitaciones Considerada para la Simulación 2012 - 2040



Fuente: Elaboración Propia

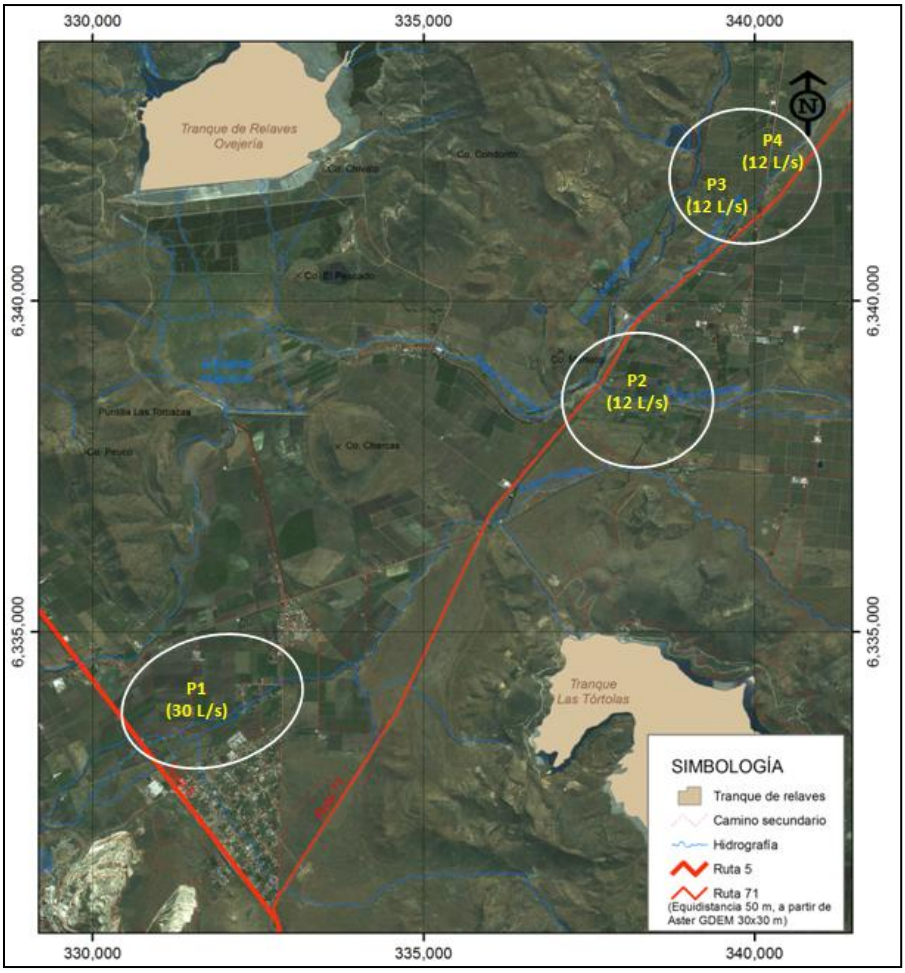
2.3.2 Caudales de Explotación en Acuífero Chacabuco Polpaico

Otro de los puntos relevantes de los escenarios, de acuerdo a lo propuesto en la evaluación 25 Quinquies tiene relación con los caudales de explotación de agua subterránea para complementar las medidas de contención de la pluma de sulfato.

Para lo anterior, DAND dispone de derechos de agua subterránea por 93 L/s, y propiedades en el sector del acuífero de Chacabuco Polpaico, para implementar estas medidas. Estos recursos en la década pasada correspondían a agricultores, y cuyo uso era el riego. La Figura 2.6, muestra la ubicación más probable de los puntos de extracción de agua subterránea para completar los 66 L/s para la inyección en el acuífero de Huechún aguas abajo del Tranque Ovejería, comprometidos dentro de las medidas de control de las infiltraciones del tranque Ovejería.

Para efectos del modelo, se ha supuesto que los caudales de bombeo de los pozos DAND en Chacabuco Polpaico, se reemplazan eliminando la explotación de pozos de riego.

Figura 2.6
Posición Probable de Pozos de Bombeo DAND por 66 L/s para Inyección en Ovejería



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2.2
Representación Pozos DAND en modelo Chacabuco Polpaico

Pozo	Caudal (m3/día)	Caudal (l/s)
P1	2592.0	30
P2	1036.8	12
P3	1036.8	12
P4	1036.8	12
TOTAL	**5702.4**	**66**

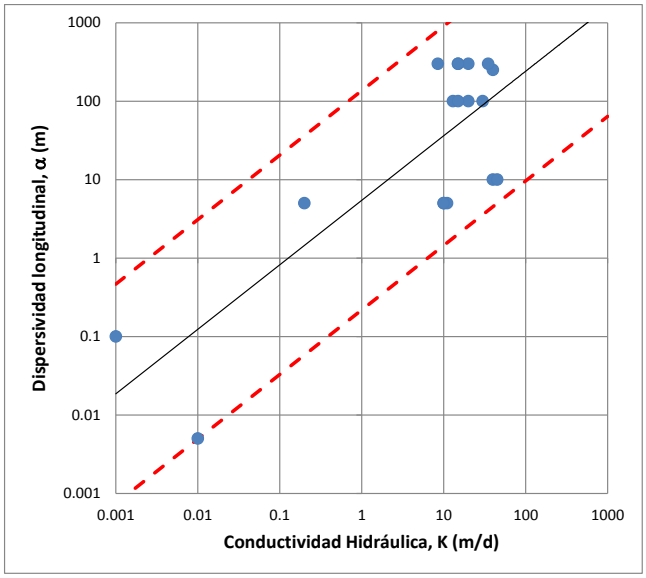
2.3.3 Propiedades de Transporte Modelo Chacabuco Polpaico

Para definir las propiedades del transporte en el modelo Chacabuco Polpaico, se relacionó la dispersividad α como función de la conductividad hidráulica con datos del modelo calibrado para Ovejería.

La Figura 2.7 muestra que existe una relación lineal entre el logaritmo de la conductividad hidráulica y el logaritmo de la dispersividad. En esta misma figura se aprecia que existe una dispersión de los datos en torno a un orden de magnitud, por lo que, más adelante, se realizará una sensibilidad de este parámetro para los escenarios futuros.

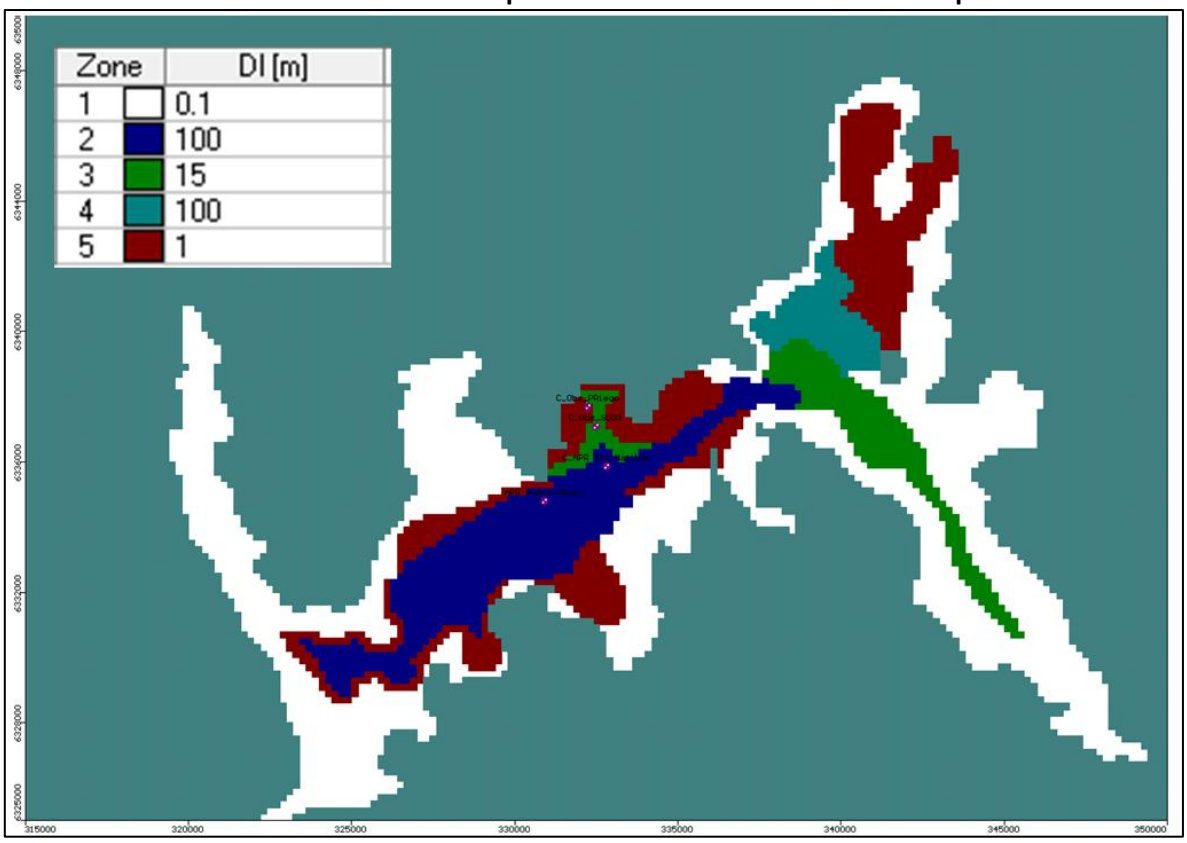
La Figura 2.8 muestra la distribución espacial de zonas de dispersividad seleccionados, agrupando zonas de similar conductividad hidráulica y los valores representativos de la dispersividad α en unidades de metros.

Figura 2.7
Relación Dispersividad vs Conductividad hidráulica en Modelo Ovejería



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2.8
Distribución de Zonas de Dispersividad en Modelo Chacabuco Polpaico



2.3.4 Condición Inicial de Calidad de Sulfato

De acuerdo a los antecedentes disponibles de calidad de agua para el acuífero de Chacabuco Polpaico, se ha determinado un rango característico de calidad basal para el sulfato entre 65,1 y 119,0 mg/L, el detalle de la estimación se presenta en el Anexo D. Para efectos de la modelación se ha considerado una condición basal del acuífero con un valor de 100 mg/L.

2.3.5 Puntos de Control

Para el análisis de los valores puntuales de concentración, se han identificado seis puntos de control de calidad de aguas dentro del acuífero Chacabuco Polpaico. Éstos son los pozos de agua potable APR Santa Matilde, APR Punta Peuco, APR Huertos Familiares, y tres pozos aguas abajo del muro Huechún – PES-01, PES-03 y PES-04, aún no construidos - ubicados en la zona de riego en la dirección probable de la pluma de sulfato. La Figura 2.9 muestra la ubicación en el modelo numérico de estos puntos de control.

Figura 2.9
Ubicación de Puntos de Monitoreo de Sulfato en Chacabuco Polpaico



Fuente: Elaboración Propia

Los puntos de control en el acuífero Chacabuco Polpaico corresponden a:

- PES-03
- PES-01
- PES-04
- APR Santa Matilde
- APR Punta Peuco
- APR Huertos Familiares

3 DESCRIPCIÓN DE LOS ESCENARIOS DE SIMULACIÓN

A partir del modelo calibrado, se han generado una serie de escenarios que evalúan el avance de la pluma de sulfato hacia el acuífero de Chacabuco Polpaico. La descripción de cada uno de los escenarios se realiza a continuación.

3.1 Situación Base Actual con Barrera de 15 pozos (Sim 01).

Este escenario considera la proyección futura de la concentración de sulfato en el acuífero de Chacabuco Polpaico, considerando la operación de la barrera hidráulica vigente a Diciembre de 2011. Esta barrera contiene 15 pozos de bombeo aguas abajo del muro del tranque de relaves de Ovejería, y extrae un caudal medio mensual de 150 L/s. El horizonte de la simulación de este escenario es desde el año 2012 hasta el año 2040.

3.2 Propuesta de medidas para control de infiltraciones tranque Ovejería (Sim 02)

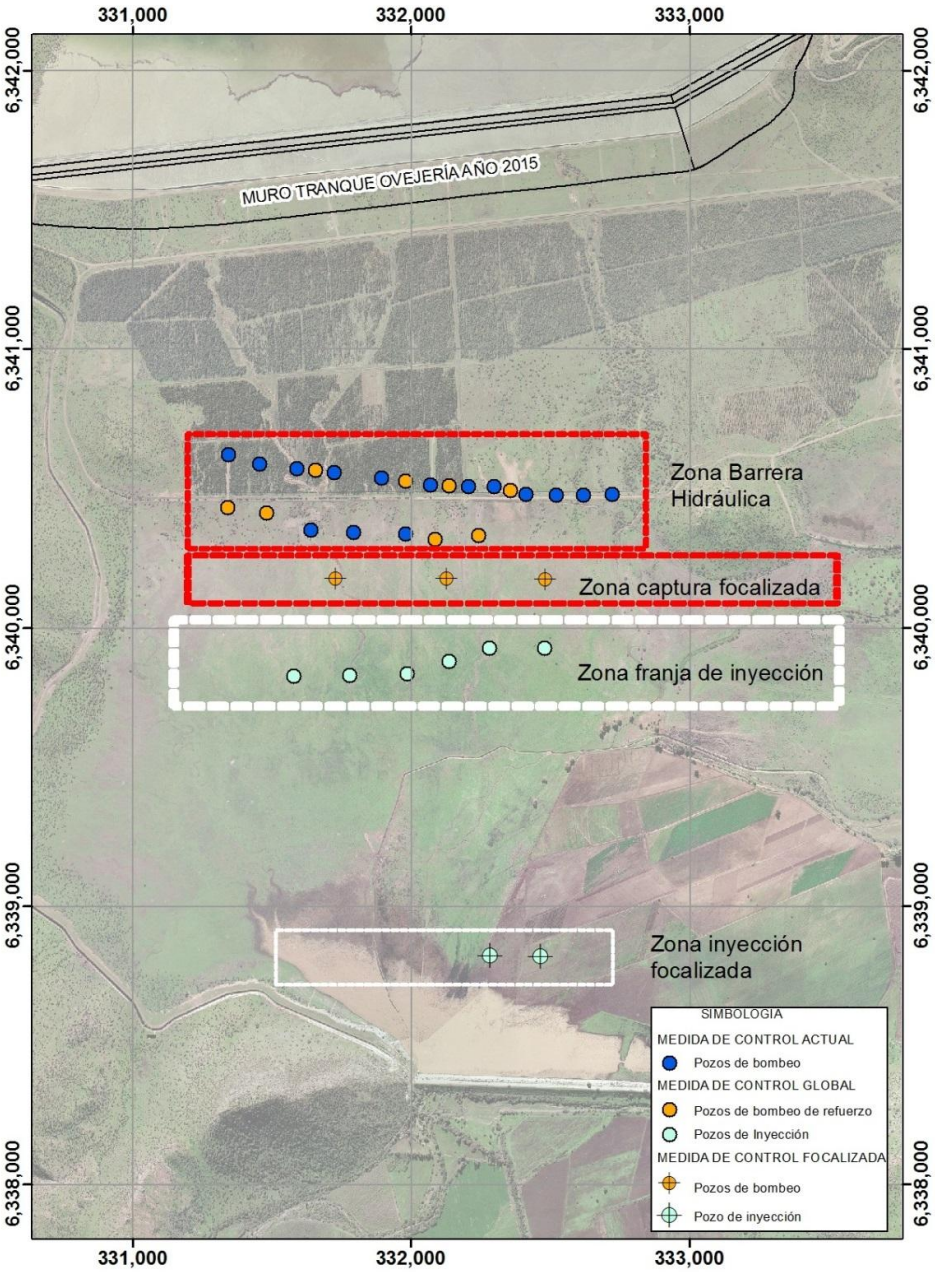
Corresponde al escenario futuro, comenzando en el año 2012, en el cual se han implementado diversas medidas para el control de las infiltraciones desde el tranque Ovejería, las que incluyen el bombeo de 225 l/s desde los pozos de la barrera hidráulica y pozos focalizados, y la inyección de 66 l/s de agua, con una calidad de 150 mg/L, en pozos seleccionados. El horizonte de la simulación de este escenario es desde el año 2012 hasta el año 2040. Cabe notar que los modelos numéricos corresponden a una representación matemática del sistema hidrogeológico real que tiene heterogeneidad inherente en sus propiedades; por ello, en general, las configuraciones establecidas en los escenarios, como Sim02 que define la estructura global de solución (flujos a bombear, flujos a inyectar y disposición espacial), se encuentran evidentemente sujeta a ajustes y/o precisiones al momento de su implementación.

Las medidas de control implementadas, consisten en adicionar a la barrera hidráulica actual una batería de 8 pozos de bombeo de robustecimiento que inician su operación en diciembre de 2012, ubicados en zonas identificadas para el reforzamiento de la capacidad de captura de la barrera actual. Adicionalmente para julio del año 2013 se contempla la incorporación de tres pozos de captura focalizada y de dos pozos de inyección focalizada en el sector del embalse Huechún, considerándose la operación de los pozos de inyección focalizada hasta el año 2020. Finalmente, este escenario incorpora en abril del año 2015 la operación de una cortina de inyección de 6 pozos, ubicados inmediatamente aguas abajo de la línea de captura definida por la barrera hidráulica y los pozos de bombeo focalizado. La ubicación de los pozos, definidas a través de este modelo, se presenta en la Figura 3.1.

Si bien la oportunidad de la implementación de las diferentes obras de control consideradas será determinada en base al seguimiento de los datos de calidad del agua subterránea; para efectos de la simulación de la proyección correspondiente a este escenario de simulación, los pozos se han integrado en el modelo con los caudales y las fechas que se indican en la Tabla 3.1. En esta tabla se presentan a su vez los caudales impuestos como variable de entrada al Modelo Ovejería, los cuales coinciden con los caudales calculados por dicho modelo, dado que las cribas de los pozos fueron ajustadas de modo que el bombeo no fuera afectado por el secado de celdas.

La Tabla 3.2 muestra los caudales de bombeo (tasa negativa) y los caudales de inyección (tasa positiva) por cada pozo en el periodo de simulación 2012 – 2040, diseñados como propuesta de las medidas de control para la contención de las infiltraciones de sulfato del tranque de relaves de Ovejería.

Figura 3.1
Disposición General de Instalaciones Escenario de Simulación Sim02.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.1
Condiciones de bombeo e inyección ingresados en modelo de simulación para Sim02

Obra de control	Número de pozos	Entrada en operación dentro del modelo	Salida de operación dentro del modelo	Caudal total impuesto en modelo l/s
Barrera Hidráulica Ovejería actual	15	Ene-2012 (en operación)	Ene-2040	-144
Bombeo refuerzo barrera hidráulica actual	8	Dic- 2012	Ene-2040	-69
Inyección focalizada embalse Huechún	2	Jul-2013	Ene-2020	+20
Bombeo focalizado	3	Jul-2013	Ene-2040	-12
Inyección cortina de pozos	6	Abr-2015 Ene-2020	Ene-2020 Ene-2040	+46 +66

Tabla 3.2
Caudales de Bombeo e Inyección por Pozo en el modelo Ovejería para Sim02

Pozo	Coordenadas		Caudal de Bombeo (-) / Caudal de Inyección (+)				
	Este (m)	Norte (m)	Ene2012 - Dic2012	Dic2012- Jul2013	Jul2013- Abr2015	Abr2015 - Ene2020	Ene2020 - Ene2040
INY_MURO1	332463	6338818			10.0	10.0	
INY_MURO2	332282	6338820			10.0	10.0	
INY01	331576	6339826				4.0	5.0
INY02	332134	6339878				11.0	15.0
INY03	332279	6339927				10.0	15.0
INY04	332477	6339927				8.0	11.0
INY05	331985	6339833				9.0	13.0
INY06	331778	6339828				4.0	7.0
PBID-5	331343	6340620	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2
PBH-1	332721	6340477	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PBH-2	332618	6340476	-2.7	-2.7	-2.7	-2.7	-2.7
PBH-3	332520	6340476	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2
PBH-4	332411	6340479	-14.5	-14.5	-14.5	-14.5	-14.5
PBH-5	332297	6340506	-15.6	-12.0	-12.0	-12.0	-12.0
PBH-6	332067	6340512	-15.9	-12.9	-12.9	-12.9	-12.9
PBH-7	331892	6340538	-9.5	-9.5	-9.5	-9.5	-9.5
PBH-8	331721	6340556	-13.0	-12.5	-12.5	-12.5	-12.5
PBH-9	331588	6340571	-11.2	-11.2	-11.2	-11.2	-11.2
PBH-10	331453	6340586	-6.6	-6.6	-6.6	-6.6	-6.6
PBH-11	332205	6340506	-15.2	-13.2	-13.2	-13.2	-13.2
PBH-12	331639	6340349	-7.9	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9
PBH-13	331791	6340342	-12.8	-14.8	-14.8	-14.8	-14.8
PBH-14	331980	6340335	-18.8	-18.8	-18.8	-18.8	-18.8
PBH-15	332354	6340493		-11.0	-11.0	-11.0	-11.0
PBH-16	332136	6340509		-8.0	-8.0	-8.0	-8.0
PBH-17	331980	6340525		-7.0	-7.0	-7.0	-7.0
PBH-18	331654	6340564		-7.0	-7.0	-7.0	-7.0
PBH-19	331340	6340430		-6.0	-6.0	-6.0	-6.0
PBH-20	331480	6340410		-6.0	-6.0	-6.0	-6.0
PBH-21	332240	6340330		-14.0	-14.0	-14.0	-14.0
PBH-22	332084	6340317		-10.0	-10.0	-10.0	-10.0
PN1	331729	6340175			-3.0	-3.0	-3.0
PN2	332128	6340173			-3.0	-3.0	-3.0
PN3	332480	6340171			-6.0	-6.0	-6.0
TOTAL INYECCION			**0.0**	**0.0**	**20.0**	**66.0**	**66.0**
TOTAL BOMBEO			**-150.1**	**-213.0**	**-225.0**	**-225.0**	**-225.0**

Nota: Caudales referenciales para efectos de simulación matemática.

3.3 Sensibilización de Variables y Condiciones Hidrológicas para Sim02

3.3.1 Análisis de sensibilidad parámetro de dispersividad en modelo Chacabuco Polpaico (Sim 02a).

Este escenario consiste en analizar el efecto del parámetro de la dispersividad en la proyección de la pluma de sulfato en el acuífero de Chacabuco Polpaico, y realizar una comparación con los umbrales definidos en los puntos de control, tanto para los pozos de agua potable y los pozos de la zona de riego inmediatamente aguas abajo del muro Huechún. Los escenarios propuestos para el análisis son los siguientes:

- Sim 02a1: Utiliza las mismas consideraciones de flujo y transporte de la simulación Sim 02, pero considera una dispersividad de 0,1α de la impuesta a Sim 02 en Chacabuco Polpaico. El horizonte de la simulación es desde el año 2012 hasta el año 2040.

- Sim 02a2: Utiliza las mismas consideraciones de flujo del escenario base, pero considera una dispersividad de 10α de la impuesta a Sim 02 en Chacabuco Polpaico. El horizonte de la simulación es desde el año 2012 hasta el año 2040.

3.3.2 Efecto Sequía en la valle Chacabuco por operación en años secos. Disponibilidad Ch-P (Sim 02b).

En este análisis, se ha modificado la estructura de bombeo en el acuífero de Chacabuco Polpaico implementado en el modelo Sim 02, considerando que la explotación de agua subterránea depende del año hidrológico. En efecto, en años húmedos, la demanda de riego puede ser satisfecha principalmente con recursos de agua superficial, disminuyendo a la mitad la producción de los caudales de bombeo impuestos en el Sim 02. Asimismo, en años secos, la demanda de riego se satisface principalmente con agua de pozos, incrementándose a 1,5 el factor de bombeo impuesto en el Sim 02. En los años considerados como normales, el bombeo se satisface de acuerdo a los requerimientos impuestos en el Sim 02. El horizonte de la simulación es desde el año 2012 hasta el año 2040.

3.3.3 Evaluación restricción administrativa de extracción en años secos. Captura al 50 %. Ovejería y Ch-P (Sim 02c).

Este escenario toma como base la situación impuesta en el escenario Sim 02 en el modelo de Ovejería, imponiendo, por efectos de un año de sequía, una disminución de un 50% del caudal de bombeo de la barrera hidráulica y la tasa de inyección, comprometidos dentro de las medidas de control de las infiltraciones del tranque Ovejería. De la misma forma, se reduce el caudal de bombeo DAND de 66 L/s en el acuífero Chacabuco Polpaico a un 50% durante el mismo año.

El periodo de sequía seleccionado para este análisis corresponde al año 2023, que es el año de menor precipitación en los escenarios de simulación (ver Figura 2.5).

3.3.4 Sensibilización calidad de la fuente de inyección. Concentración media de S04 200 mg/l (Sim 02d).

Este escenario utiliza como base la situación impuesta en el escenario Sim 02 en el modelo de Ovejería, pero se aumenta la concentración de sulfato de las aguas de inyección de 66 L/s, aguas abajo del muro del tranque Ovejería, desde 150 mg/L a 200 mg/L.

3.3.5 Sensibilización comienzo medidas de control de infiltraciones del tranque Ovejería a partir del año 2014. (Sim 02e).

Este escenario utiliza como base la situación impuesta en el escenario Sim 02 en el modelo de Ovejería, pero sensibiliza el efecto en la concentración de sulfato en el acuífero de Ovejería y Chacabuco Polpaico de implementar la propuesta de medidas de control comprometidas a contar del año 2014, debido al retraso administrativo que pudiese significar la tramitación de las solicitudes de derechos de agua subterránea para bombeo adicional.

3.4 Propuesta actualizada de medidas para control de infiltraciones tranque Ovejería (Sim 03)

Este escenario ha sido ejecutado específicamente en respuesta a la solicitud efectuada por el Servicio de Evaluación Ambiental, en la solicitud 3.4 del Ord. 944 del 02 de junio de 2014 en donde se solicita: (1) Extender el período de calibración a fecha reciente y (2) Actualizar el escenario Sim02 a las fechas más probables de implementación de las medidas de control. El horizonte de la simulación de este escenario es desde el año 2014 hasta el año 2040. Cabe notar que el robustecimiento del bombeo a través de 8 pozos adicionales ya fue ejecutado y se encuentra operando de forma continua desde Octubre de 2013.

Así, el escenario Sim03 considera la incorporación de tres pozos de captura focalizada y de dos pozos de inyección focalizada en el sector del embalse Huechún a partir de Diciembre de 2014, considerándose la operación de los pozos de inyección focalizada hasta el año 2020. Finalmente, este escenario incorpora en Abril del año 2015 la operación de una cortina de inyección de 6 pozos, ubicados inmediatamente aguas abajo de la línea de captura definida por la barrera hidráulica y los pozos de bombeo focalizado. La ubicación de los pozos, definidas a través de este modelo, son las mismas del escenario Sim02 mostradas en la Figura 3.1.

Si bien la oportunidad de la implementación de las diferentes obras de control consideradas será determinada en base al seguimiento de los datos de calidad del agua subterránea; para efectos de la simulación de la proyección correspondiente a este escenario de simulación, los pozos se han integrado en el modelo con los caudales y las fechas que se indican en la Tabla 3.3. En esta tabla se presentan a su vez los caudales impuestos como variable de entrada al Modelo Ovejería, los cuales coinciden con los caudales calculados por dicho modelo, dado que las cribas de los pozos fueron ajustadas de modo que el bombeo no fuera afectado por el secado de celdas.

La Tabla 3.4 muestra los caudales de bombeo (tasa negativa) y los caudales de inyección (tasa positiva) por cada pozo en el periodo de simulación 2014 – 2040, diseñados como propuesta de las

medidas de control para la contención de las infiltraciones de sulfato del tranque de relaves de Ovejería.

Tabla 3.3
Condiciones de bombeo e inyección ingresados en modelo de simulación para Sim03

Obra de control	Número de pozos	Entrada en operación dentro del modelo	Salida de operación dentro del modelo	Caudal total impuesto en modelo l/s
Barrera Hidráulica Ovejería actual	15	Abr-2014 (en operación)	Ene-2040	-144
Bombeo refuerzo barrera hidráulica actual (*)	8	Dic- 2014	Ene-2040	-69
Inyección focalizada embalse Huechún	2	Dic-2014	Ene-2020	+20
Bombeo focalizado	3	Dic-2014	Ene-2040	-12
Inyección cortina de pozos	6	Abr-2015 Ene-2020	Ene-2020 Ene-2040	+46 +66

(*) Si bien la medida de bombeo de refuerzo se considera para entrar en operación en diciembre de 2014, se consideran pruebas de bombeo conjunta con los pozos de la barrera hidráulica y los pozos de bombeo de refuerzo, con un caudal total inferior a 208 l/s.

Tabla 3.3
Caudales de Bombeo e Inyección por Pozo en el modelo Ovejería para Sim03

Pozo	Coordenadas		Caudal de Bombeo (-) / Caudal de Inyección (+)			
	Este (m)	Norte (m)	Abr2014-Dic2014	Dic2014-Abr2015	Abr2015 - Ene2020	Ene2020 - Ene2040
INY_MURO1	332463	6338818		10.0	10.0	
INY_MURO2	332282	6338820		10.0	10.0	
INY01	331576	6339826			4.0	5.0
INY02	332134	6339878			11.0	15.0
INY03	332279	6339927			10.0	15.0
INY04	332477	6339927			8.0	11.0
INY05	331985	6339833			9.0	13.0
INY06	331778	6339828			4.0	7.0
PBID-5	331343	6340620	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2
PBH-1	332721	6340477	0.0	0.0	0.0	0.0
PBH-2	332618	6340476	-2.7	-2.7	-2.7	-2.7
PBH-3	332520	6340476	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2
PBH-4	332411	6340479	-14.5	-14.5	-14.5	-14.5
PBH-5	332297	6340506	-12.0	-12.0	-12.0	-12.0
PBH-6	332067	6340512	-12.9	-12.9	-12.9	-12.9
PBH-7	331892	6340538	-9.5	-9.5	-9.5	-9.5
PBH-8	331721	6340556	-12.5	-12.5	-12.5	-12.5
PBH-9	331588	6340571	-11.2	-11.2	-11.2	-11.2
PBH-10	331453	6340586	-6.6	-6.6	-6.6	-6.6
PBH-11	332205	6340506	-13.2	-13.2	-13.2	-13.2
PBH-12	331639	6340349	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9
PBH-13	331791	6340342	-14.8	-14.8	-14.8	-14.8
PBH-14	331980	6340335	-18.8	-18.8	-18.8	-18.8
PBH-15	332354	6340493	-10.0	-11.0	-11.0	-11.0
PBH-16	332136	6340509	-7.0	-8.0	-8.0	-8.0
PBH-17	331980	6340525	-6.0	-7.0	-7.0	-7.0
PBH-18	331654	6340564	-6.0	-7.0	-7.0	-7.0
PBH-19	331340	6340430	-5.0	-6.0	-6.0	-6.0
PBH-20	331480	6340410	-5.0	-6.0	-6.0	-6.0
PBH-21	332240	6340330	-13.0	-14.0	-14.0	-14.0
PBH-22	332084	6340317	-9.0	-10.0	-10.0	-10.0
PN1	331729	6340175		-3.0	-3.0	-3.0
PN2	332128	6340173		-3.0	-3.0	-3.0
PN3	332480	6340171		-6.0	-6.0	-6.0
TOTAL INYECCION			**0**	**20**	**66**	**66**
TOTAL BOMBEO			**-208**	**-225**	**-225**	**-225**

Nota: Caudales referenciales para efectos de simulación matemática.

3.5 Sensibilización de Variables y Condiciones Hidrológicas para Sim03

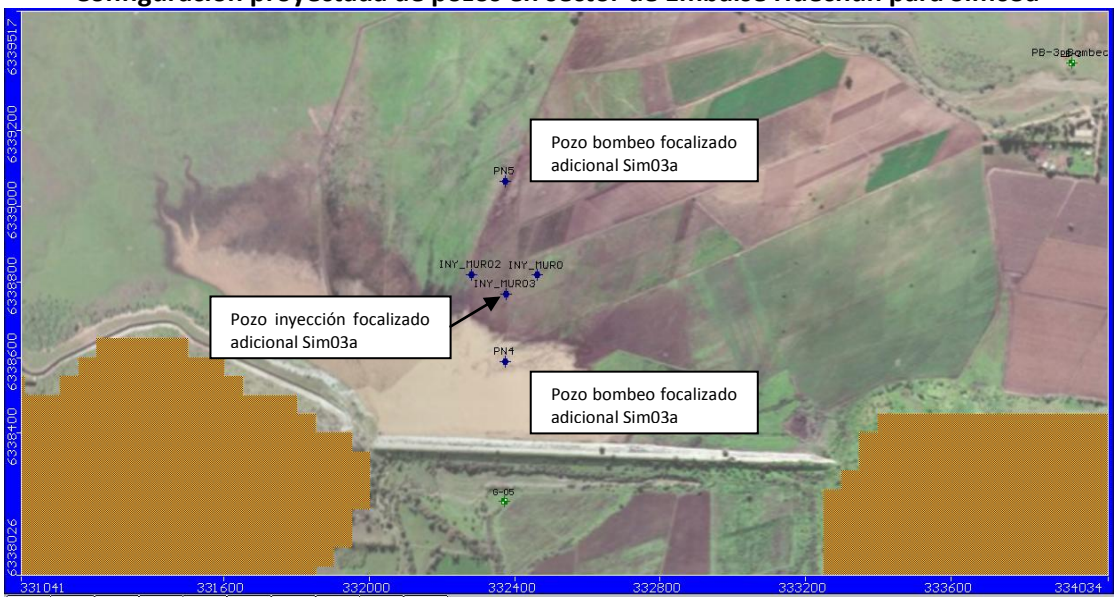
3.5.1 Análisis de sensibilidad a los caudales de bombeo e inyección focalizados en Tranque Huechún (Sim 03a).

Este escenario consiste en adicionar un tercer pozo de inyección y dos pozos de bombeo focalizados en el sector del tranque Huechún. El pozo de inyección adicional comenzaría su operación en Diciembre de 2014 con un caudal de 5 l/s, el cual se incrementaría a 10 l/s a partir de Abril de 2015. Este caudal se mantendrá operativo hasta el año 2020.

Los pozos de bombeo focalizados adicionales se ubican uno aguas arriba de la cortina de inyección focalizada y considera un caudal de 20 l/s por 3 años. El otro pozo de bombeo focalizado se ubica aguas abajo de la cortina de inyección focalizada y considera un caudal de 20 l/s por 2 años.

La ubicación de los pozos proyectados se presenta en la Figura 3.2.

Figura 3.2
Configuración proyectada de pozos en sector de Embalse Huechún para Sim03a



3.6 Análisis del efecto en los niveles de agua subterránea en el acuífero Chacabuco Polpaico por las acciones y medidas de bombeo e inyección en Ovejería.

Este análisis compara el efecto en los niveles de agua subterránea de las medidas de control para las infiltraciones del tranque Ovejería propuestas respecto de la situación actual representada por la barrera hidráulica de 15 que opera hoy en día en Ovejería (Sim01), tanto para la simulación de medidas original (Sim02) como actualizada (Sim03).

4 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

4.1 Situación Base Actual con barrera hidráulica de 15 pozos (Sim 01)

4.1.1 Aspectos Generales

En esta sección se muestran los resultados del escenario Sim 01, en que se analiza el efecto en la calidad del agua subterránea en los acuíferos de Ovejería y Chacabuco Polpaico, debido a la operación de la barrera hidráulica actual. El análisis se realiza en puntos de control internos en el sector de Ovejería, así como puntos de control identificados en el acuífero Chacabuco Polpaico. Dentro de los puntos de control se distinguen, los pozos de agua potable APR Huechún, APR Santa Matilde, APR Punta Peuco y APR Huertos Familiares, así como pozos en la zona de riego inmediatamente aguas abajo de Ovejería. La Figura 4.1 muestra la extensión de la pluma de sulfato en el acuífero de Chacabuco Polpaico al año 2040 bajo la condición de operación de la barrera hidráulica actual. En este caso, se puede apreciar que la proyección de la pluma alcanza los pozos ARR Santa Matilde y APR Punta Peuco. En el caso del APR Huechún, este pozo no recibiría aguas infiltradas desde el tranque según se aprecia en la Figura 4.10.

Figura 4.1
Pluma de Sulfato Escenario Sim 01, Año 2040



Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 Puntos Modelo Ovejería

En esta sección se muestra el resultado de la concentración de sulfato resultante en los pozos de la red DAND denominados G02, G03, G05, G06, G11, G12, PB3, PES02 y APR Huechún. Todos estos resultados se han obtenido del modelo de Ovejería, para la condición de operación de la barrera hidráulica actual.

En las Figuras 4.2 a 4.10 se observa la evolución de la concentración de sulfato en los puntos de interés, en que se aprecia que aquellos pozos que están en la dirección de la pluma, tales como G11, G12 y G05 presentan aumentos en la concentración de sulfato a valores de 1000 a 1700 mg/L. Caso contrario, los pozos G02, G03, PES-02, PB3, G06, y APR Huechún, que se ubican en la dirección sur-este, no presentan mayores cambios en la calidad de agua.

El caso particular del pozo APR Huechún, que se muestra en Figura 4.10, se aprecia que no existe un aumento de la concentración de sulfato, debido a la presencia de una pluma. Esto se debe a las medidas de control de la barrera hidráulica actual, hacen que la pluma avance en la dirección del muro Huechún y no hacia el sur-este.

Figura 4.2
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G02 Sim 01

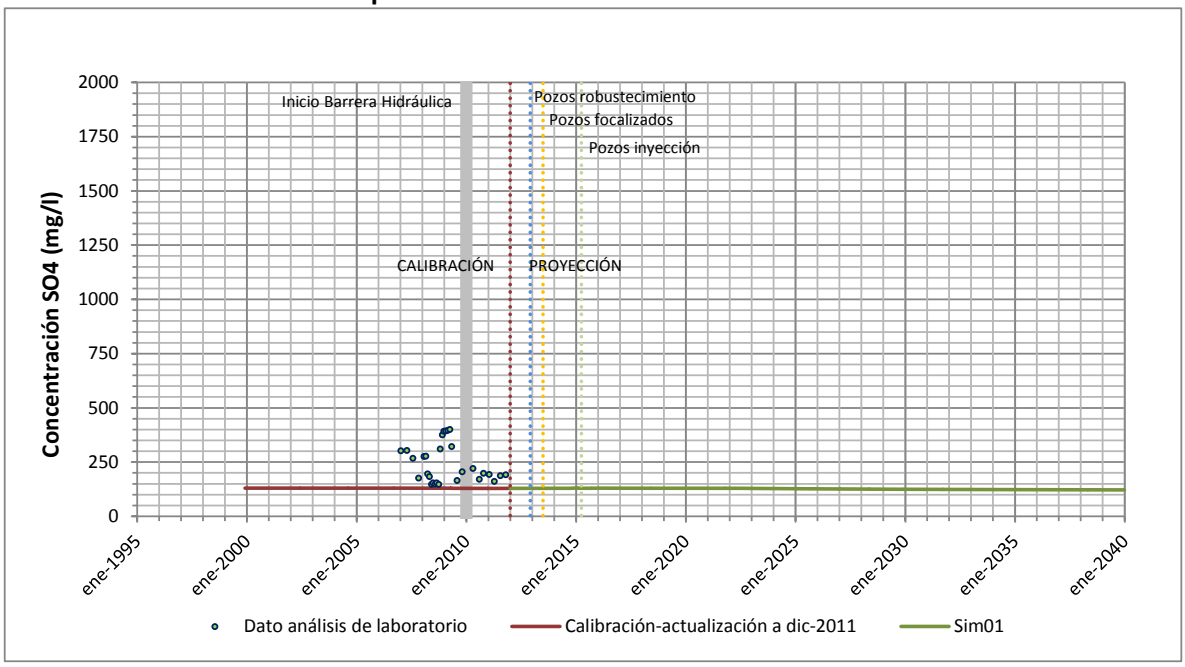


Figura 4.3
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G03 Sim 01

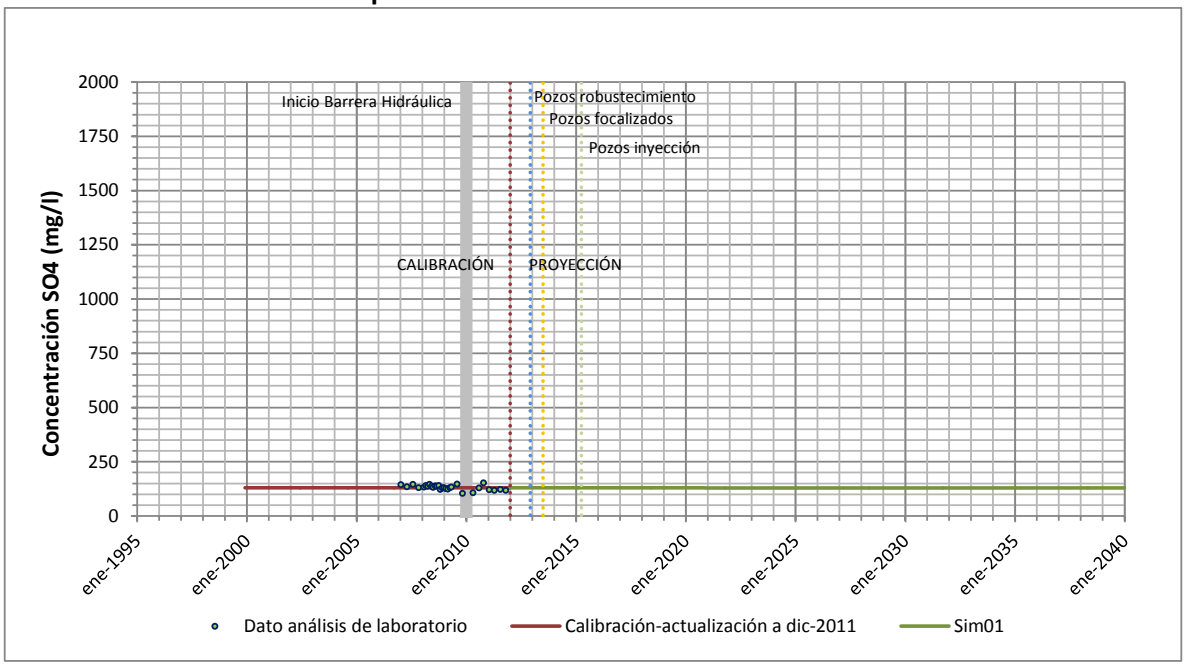


Figura 4.4
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G05 Sim 01

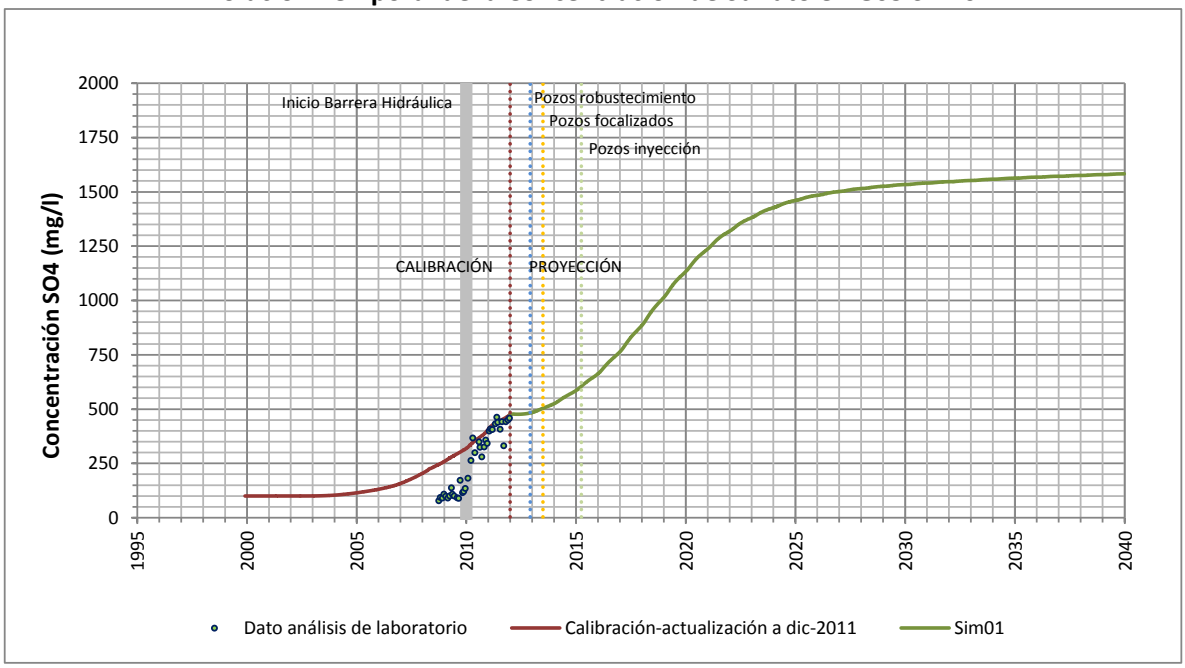


Figura 4.5
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G06 Sim 01

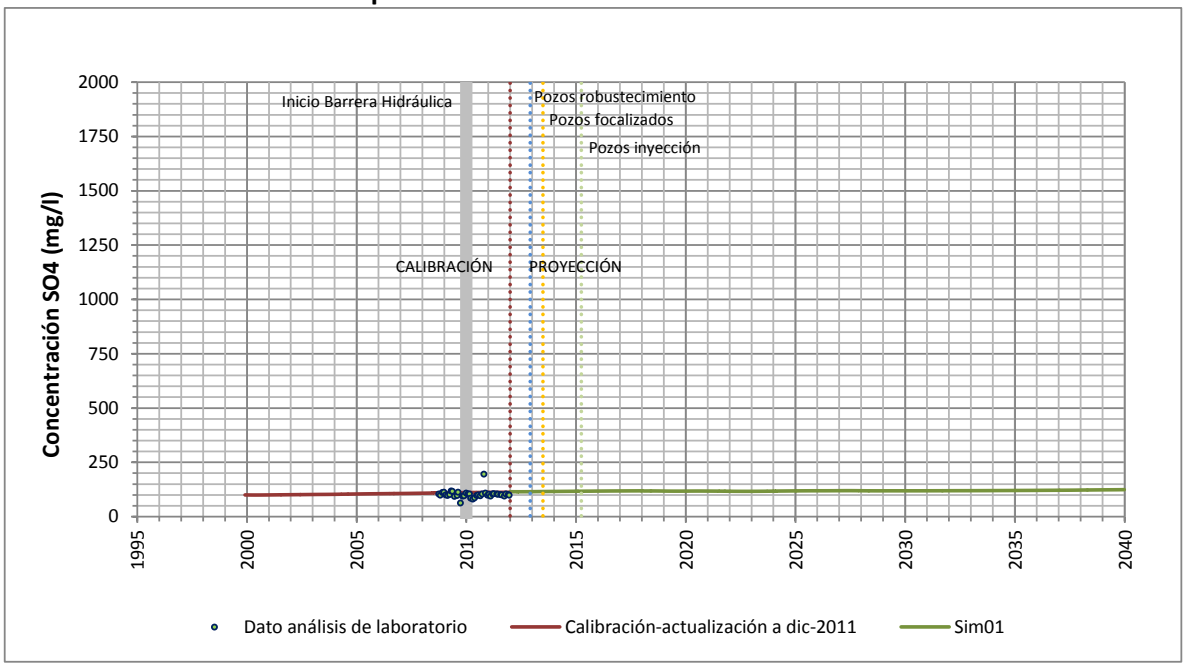


Figura 4.6
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G11 Sim 01

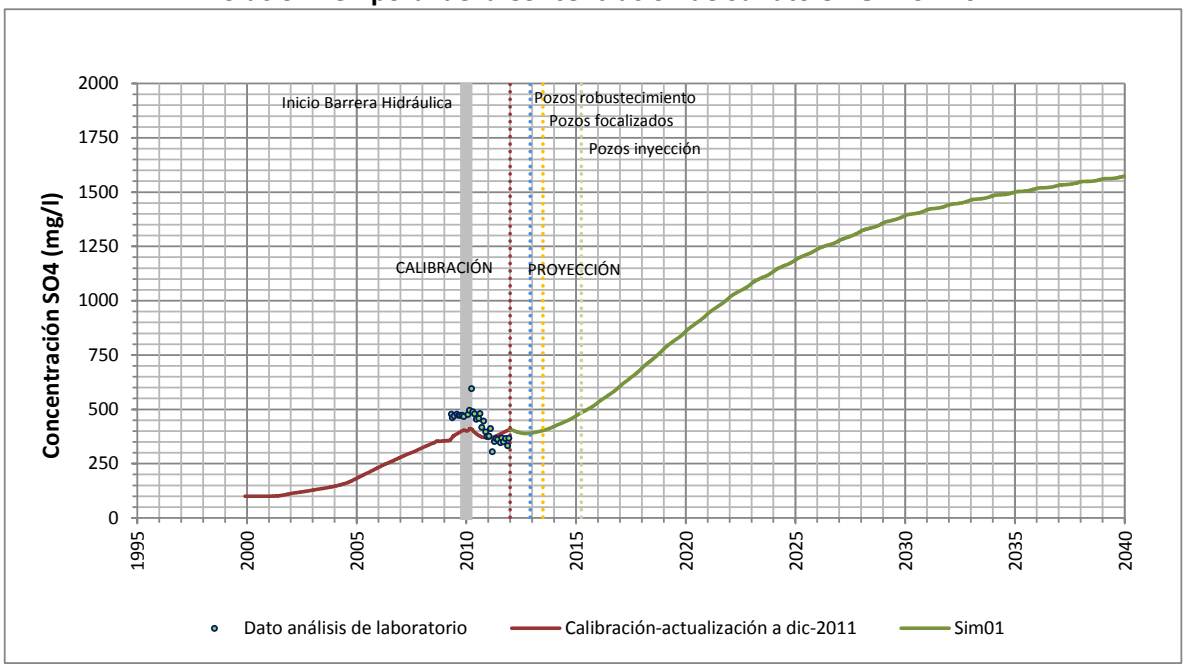


Figura 4.7
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G12 Sim 01

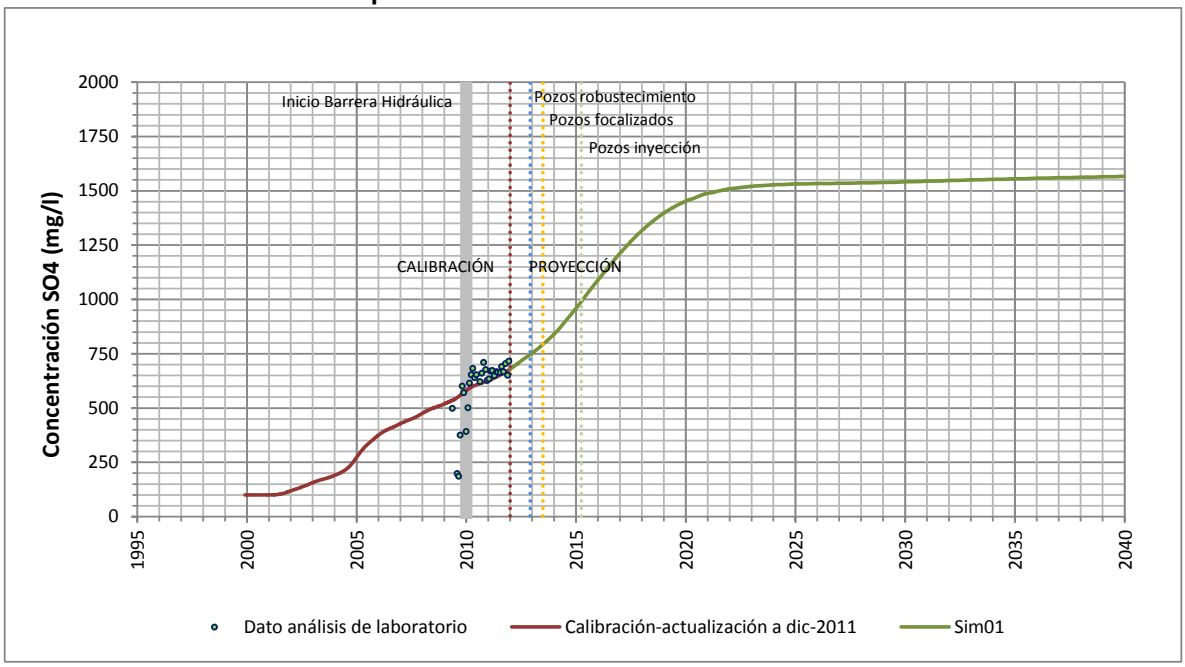


Figura 4.8
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en PB3 Sim 01

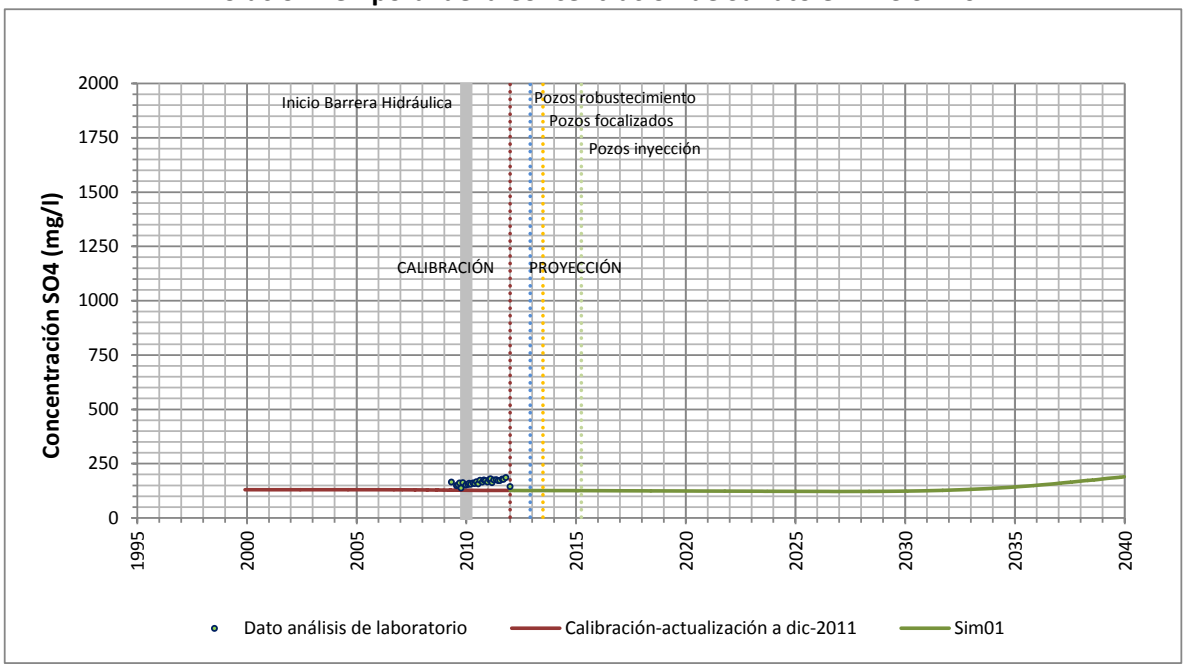
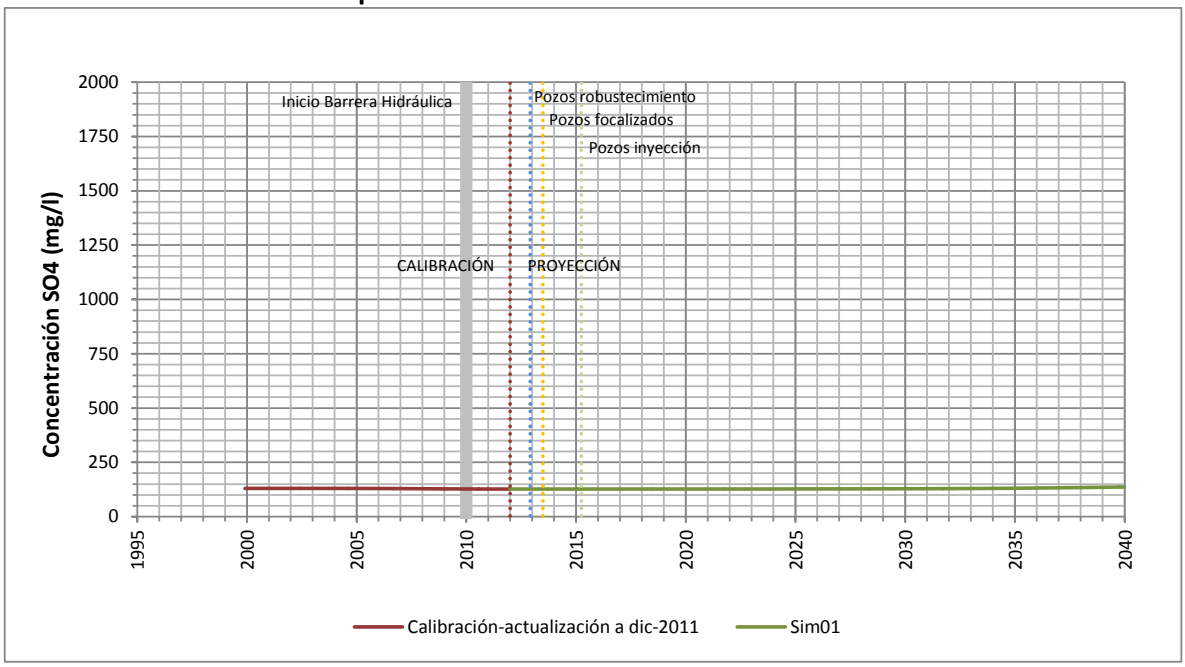
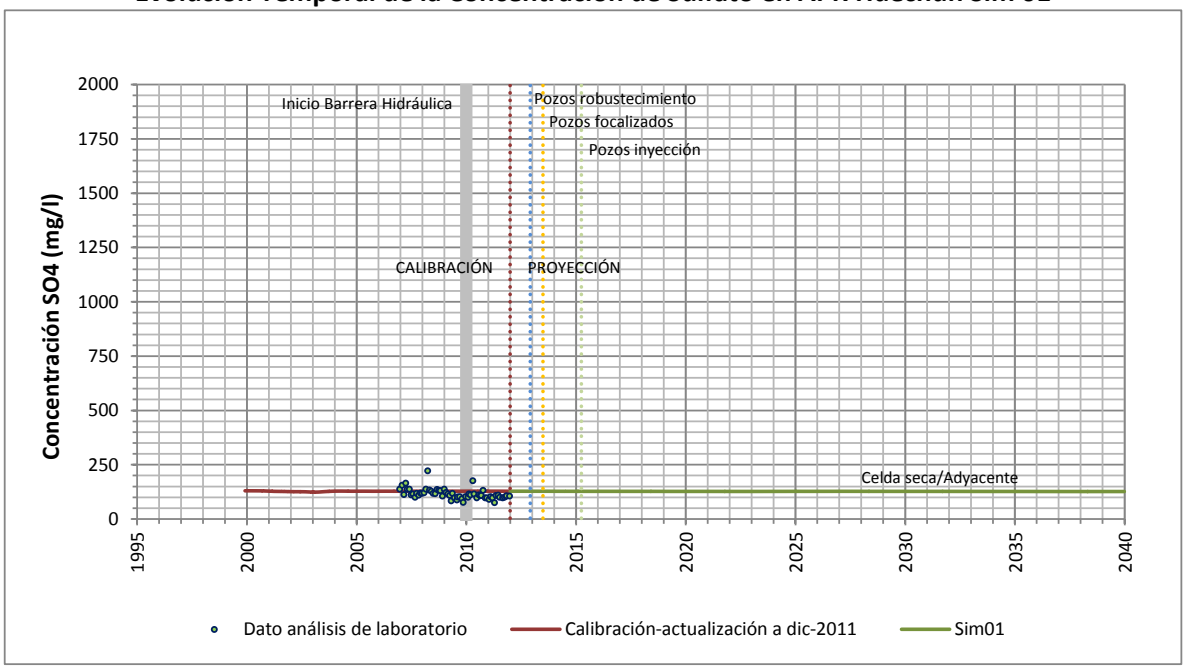


Figura 4.9
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en PES02 Sim 01



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.10
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huechún Sim 01



4.1.3 Puntos Modelo Ch-P

4.1.3.1 Pozos de agua potable APR

Las Figuras 4.11 a 4.13 muestran la evolución de la concentración de sulfato de los pozos de agua potable rural Santa Matilde, Punta Peuco y Huertos Familiares, bajo la operación de la barrera hidráulica actual.

Los resultados muestran que las concentraciones de sulfato en los pozos APR se encuentran muy por debajo de la norma de agua potable para sulfatos, que es de 500 mg/L, pero sobrepasa el límite máximo de 119,0 mg/L que caracteriza la calidad natural del acuífero Chacabuco Polpaico en los pozos APR Santa Matilde y Punta Peuco.

De acuerdo a lo observado en las figuras, esta situación se obtendría el año 2027 en el APR Santa Matilde y el año 2028 en el APR Punta Peuco. El pozo APR Huertos Familiares no se ve afectado con presencia de sulfato.

Figura 4.11
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Santa Matilde Sim 01

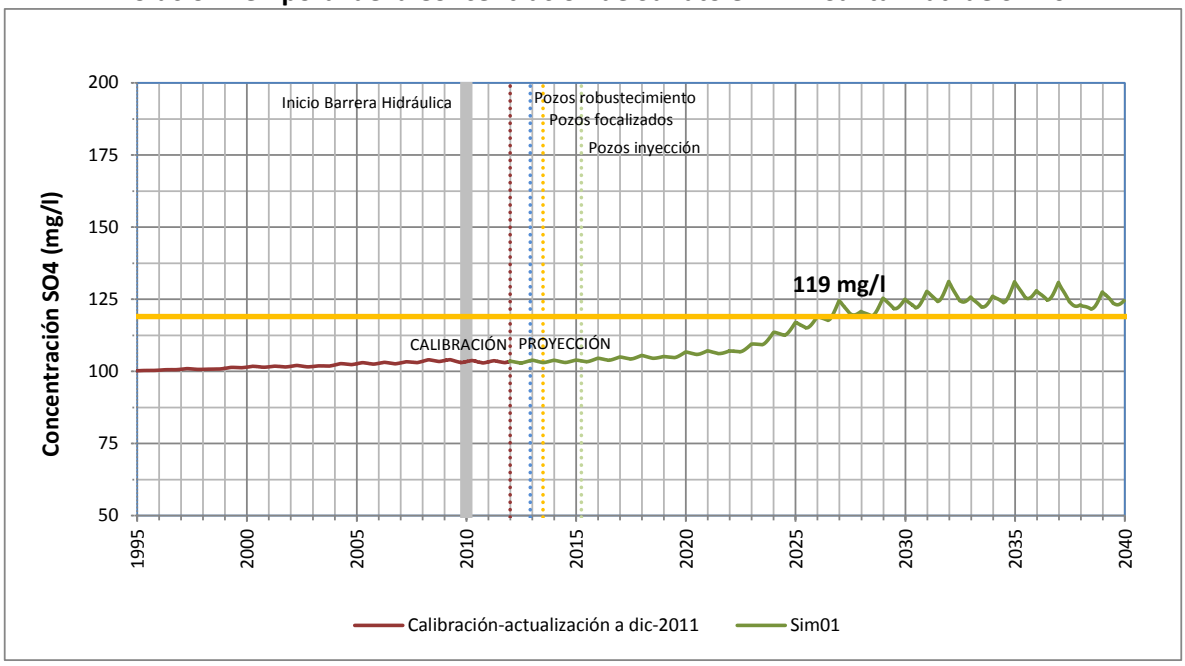


Figura 4.12
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Punta Peuco Sim 01

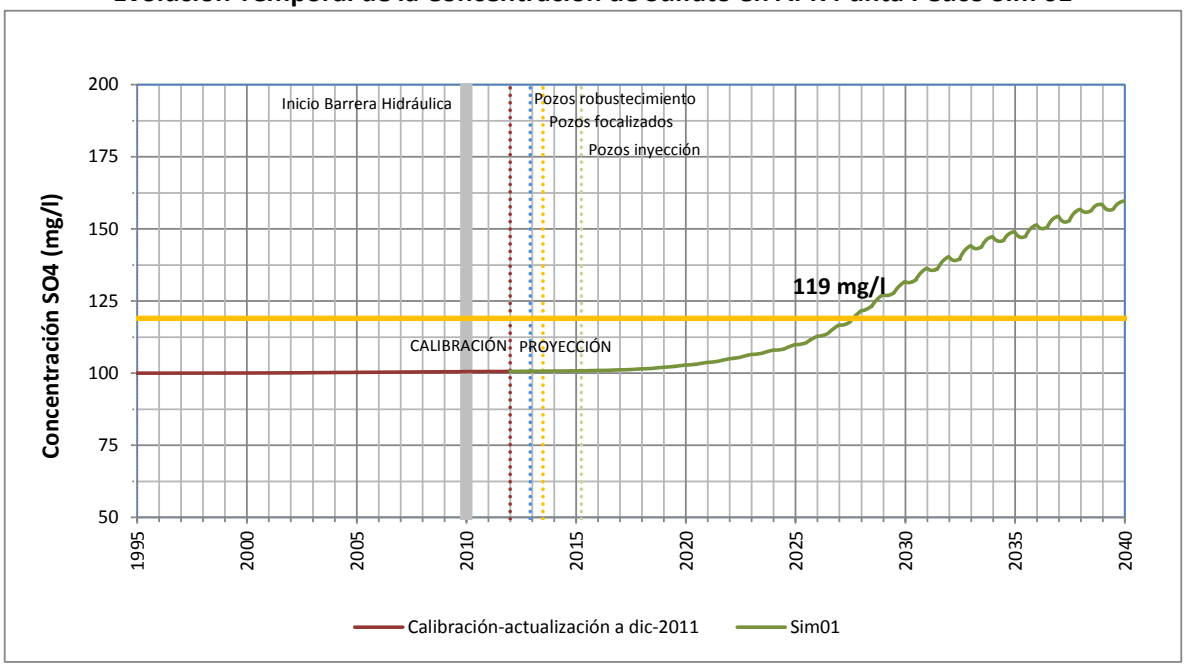
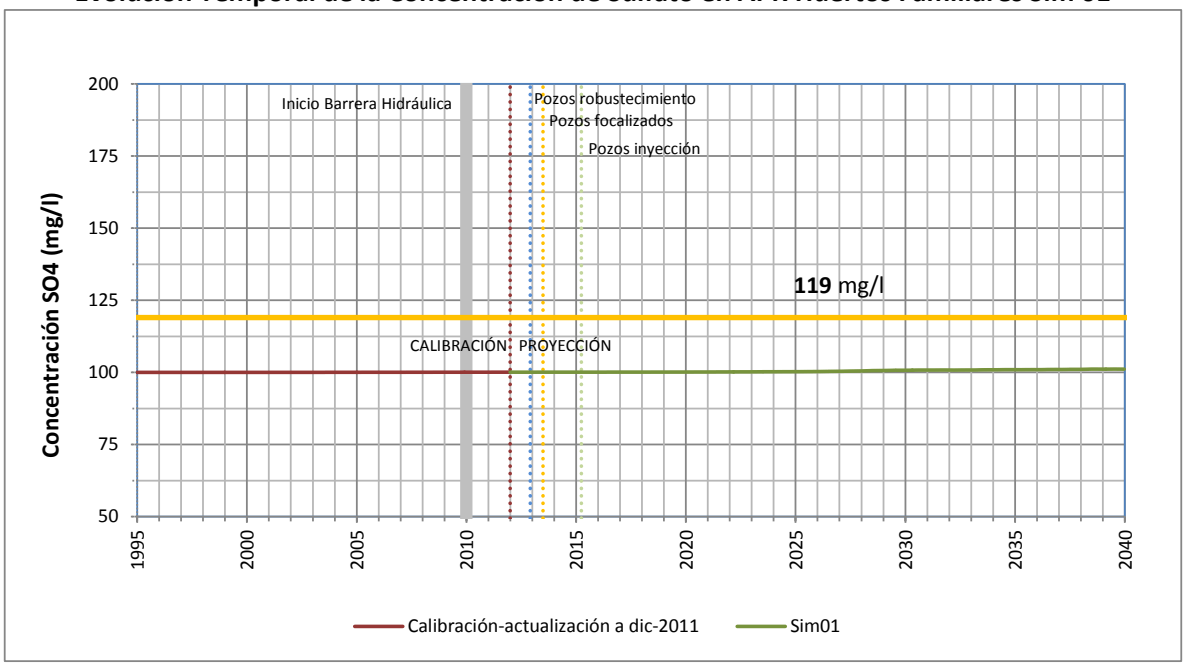


Figura 4.13
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huertos Familiares Sim 01

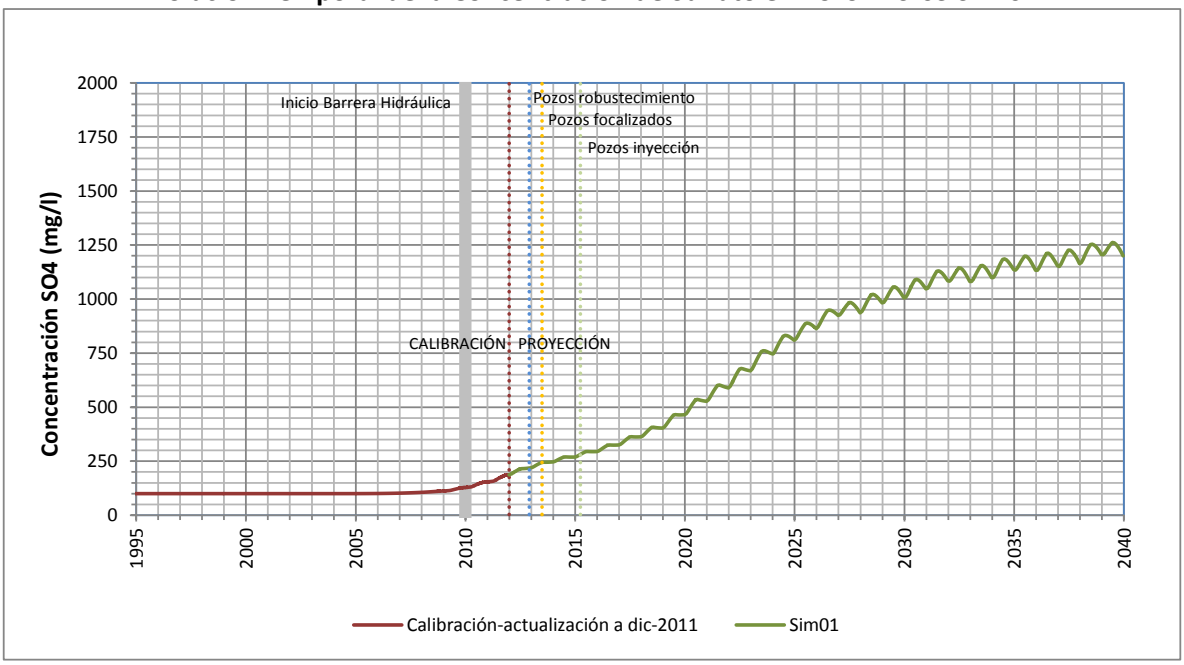


4.1.3.2 Pozos de la zona de Riego

Las Figuras 4.14 a 4.16 muestran la variación temporal de la concentración de sulfato en el sector de los pozos de riego localizados inmediatamente aguas abajo del muro del tranque Huechún. Los pozos de observación PES-03, PES-01 y PES-04, se han implementado en la zona de riego en la dirección probable de la pluma.

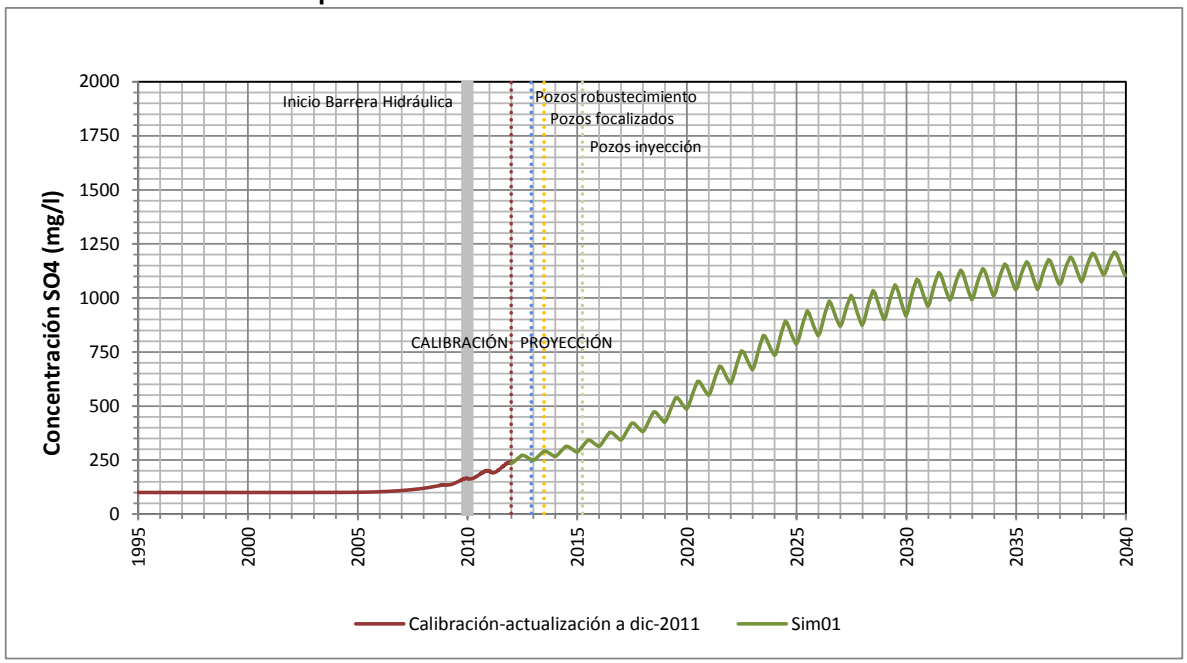
En estas figuras, se observa que los pozos de observación, localizados inmediatamente aguas abajo del muro Huechún, alcanzarían concentraciones de sulfato de 1200mg/L en el pozo PES-03 y en el pozo PES-01, y de 500 mg/L en PES-04, indicando que las medidas adoptadas actualmente con la barrera hidráulica no permiten que las concentraciones futuras de sulfato en esta zona se contengan o estabilicen.

Figura 4.14
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-03 Sim 01



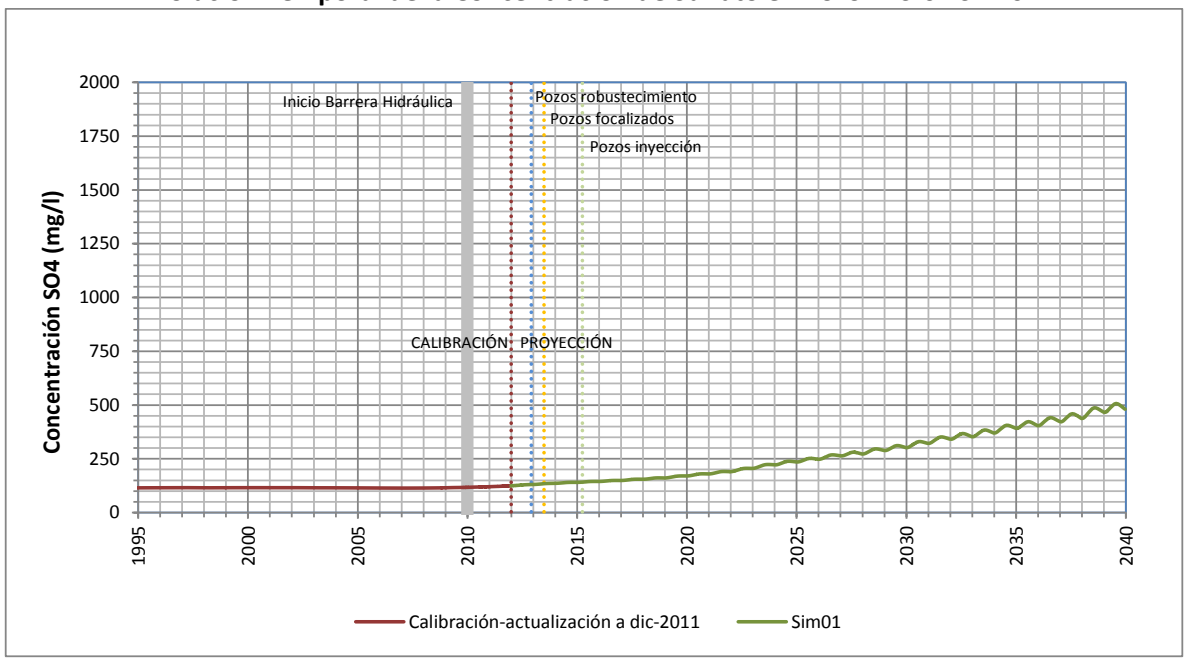
Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.15
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-01 Sim 01



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.16
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-04 Sim 01



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

4.2 Propuesta de medidas de control de infiltraciones del Tranque Ovejería (Sim 02)

4.2.1 Aspectos Generales

En esta sección se muestran los resultados del escenario Sim02, en que se analiza el efecto de las medidas de control propuestas para la filtración de sulfato desde el tranque de relaves de Ovejería para la evaluación 25 Quinquies. El análisis se realiza en los puntos de control identificados en el acuífero de Ovejería y en el acuífero Chacabuco Polpaico. Entre los principales puntos de control se distinguen, los pozos de agua potable APR Huechún, APR Santa Matilde, APR Punta Peuco y APR Huertos Familiares, así como pozos de riego inmediatamente aguas abajo de Ovejería.

La Figura 4.17 muestra la extensión de la pluma de sulfato en el acuífero de Chacabuco Polpaico al año 2040 con las medidas de control propuestas para el control de las infiltraciones. En este caso, se puede apreciar que la proyección de la pluma no alcanza los pozos ARR Santa Matilde y APR Punta Peuco.

Por otro lado, como se aprecia más adelante en la Figura 4.26, que muestra la serie de sulfatos en el APR Huechún, dicho pozo tampoco recibiría aguas infiltradas desde el tranque.

Finalmente, los resultados de la evolución de la concentración de sulfato de la simulación Sim 02 indican que el set de medidas de control de infiltraciones evaluadas a través de este escenario permiten que las concentraciones simuladas en los Puntos de Control Para Activación de Medidas de los PAT APR Huechún y PAT APR Santa Matilde y Punta Peuco estén siempre por debajo de los umbrales indicados en la Tabla 4.2 del Anexo B, lo cual se aprecia en detalle en las Figuras 1 a 8 del Apéndice H2.

Figura 4.17
Pluma de Sulfato Escenario Sim 02, Año 2040



4.2.2 Puntos Modelo Ovejería

En esta sección se muestra el resultado de la concentración de sulfato resultante en los pozos de la red DAND denominados G02, G03, G05, G06, G11, G12, PB3, PES02 y APR Huechún. Todos estos resultados se han obtenido del modelo de Ovejería, para la condición de operación que incorpora las medidas de control propuestas para las infiltraciones del tranque Ovejería.

En las Figuras 4.18 a 4.26 se observa la evolución de la concentración de sulfato en los puntos de interés, en que se aprecia que aquellos pozos que están en la dirección de la pluma, tales como G11, G12 y G05 presentan aumentos en la concentración de sulfato a valores de 500 a 800 mg/L. Caso contrario, los pozos G02, G03, PES-02, PB3, G06, y APR Huechún, que se ubican en la dirección sur-este, no presentan mayores cambios en la calidad de agua.

El caso particular del pozo APR Huechún, que se muestra en Figura 4.26, se aprecia que no existe un aumento de la concentración de sulfato, debido a la presencia de una pluma. Esto se debe a las medidas de control de la barrera hidráulica actual, hacen que la pluma avance en la dirección del muro Huechún y no hacia el sur-este.

Figura 4.18
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G02 Sim 02

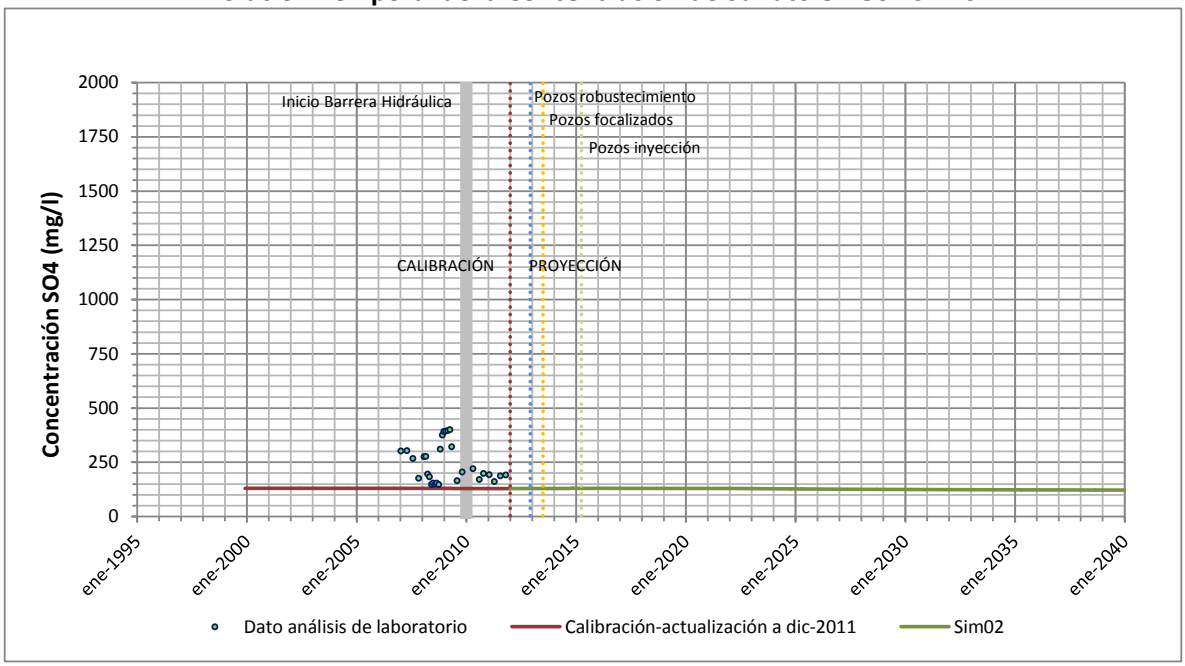


Figura 4.19
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G03 Sim 02

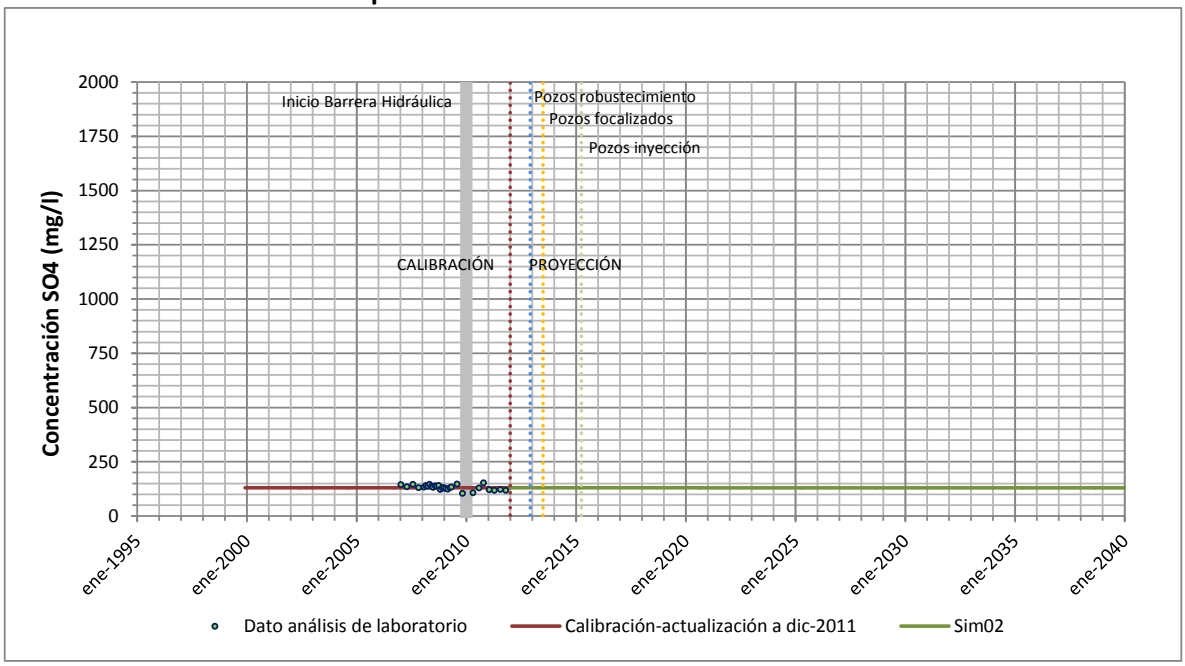


Figura 4.20
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G05 Sim 02

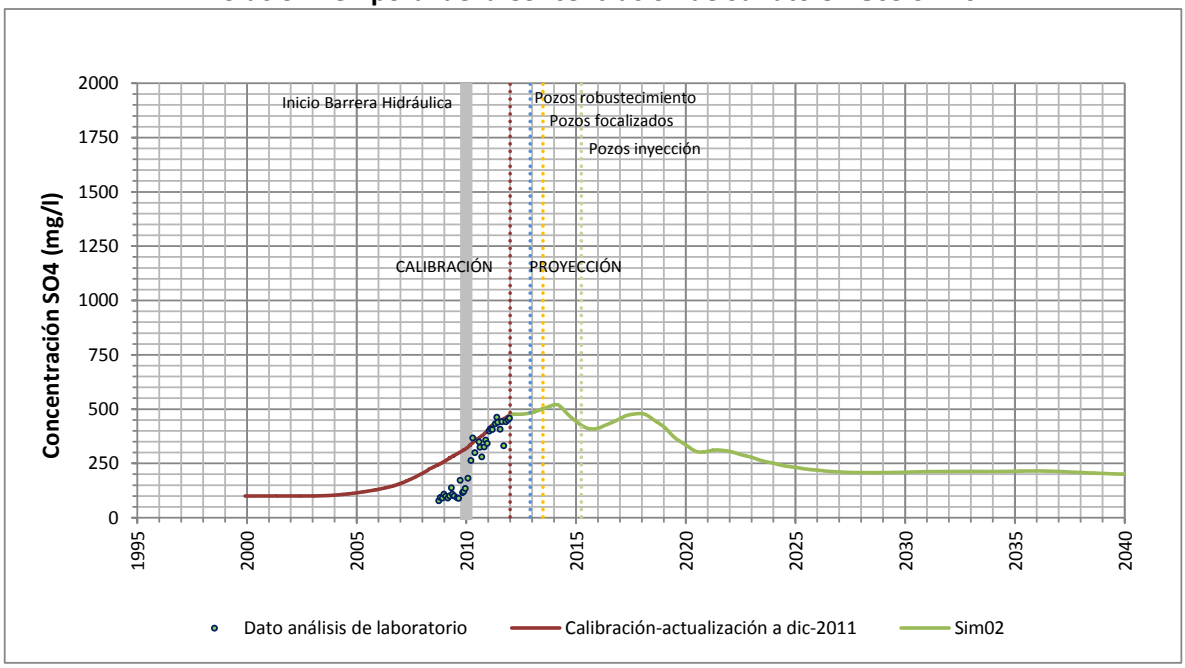


Figura 4.21
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G06 Sim 02

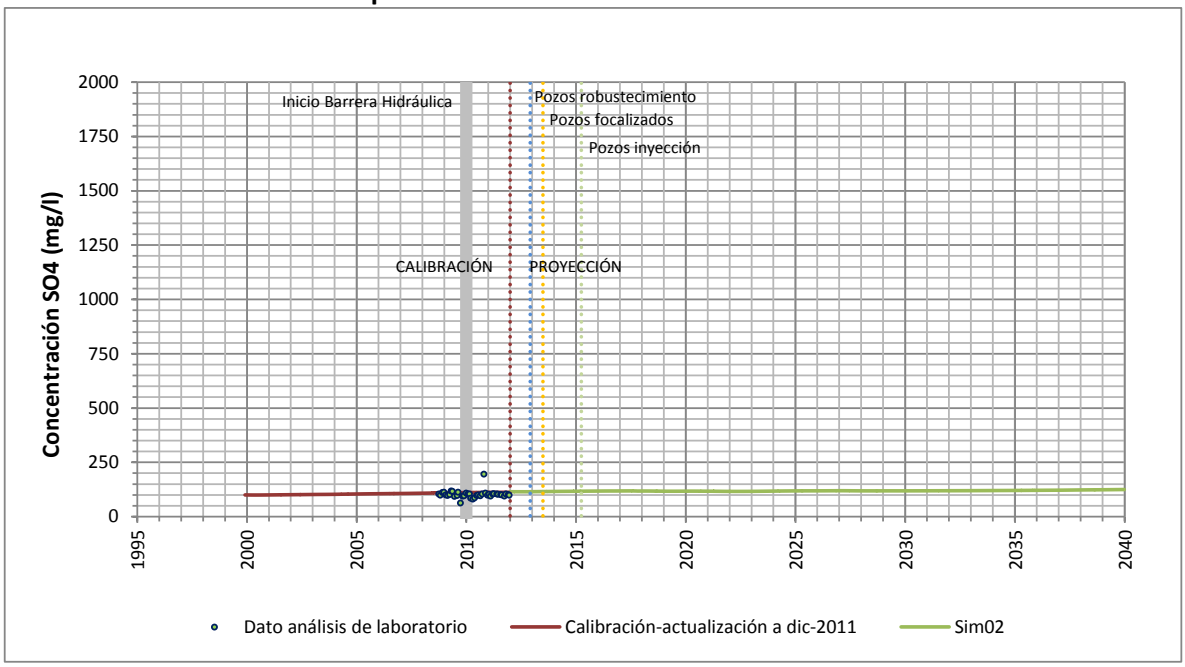


Figura 4.22
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G11 Sim 02

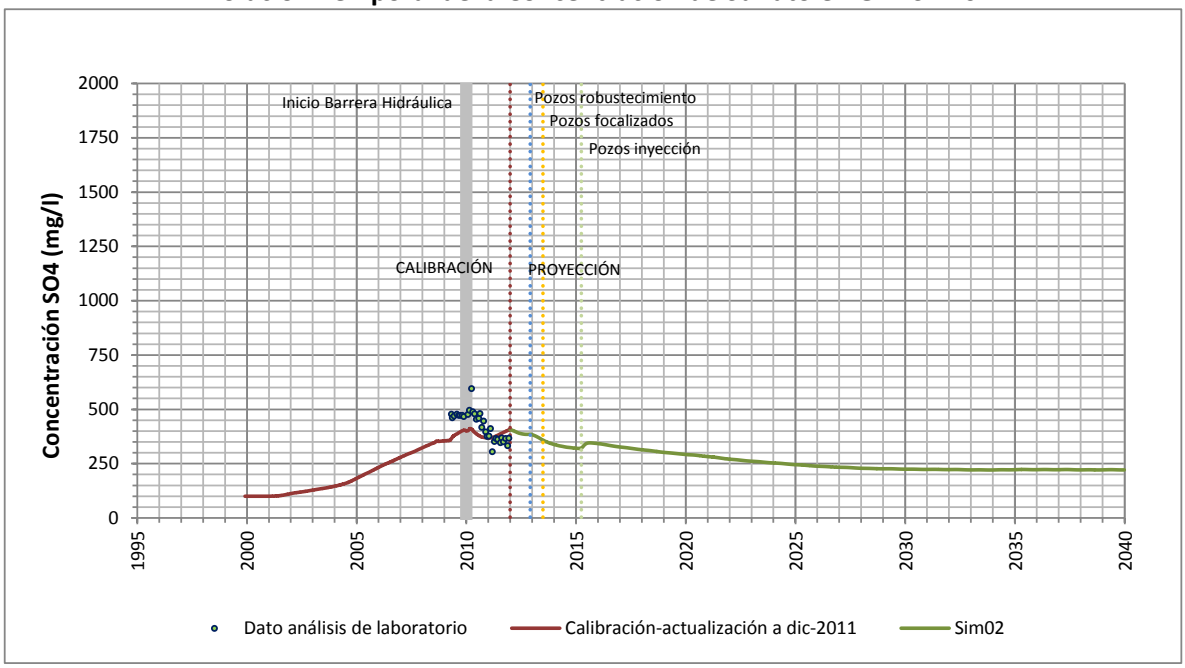


Figura 4.23
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G12 Sim 02

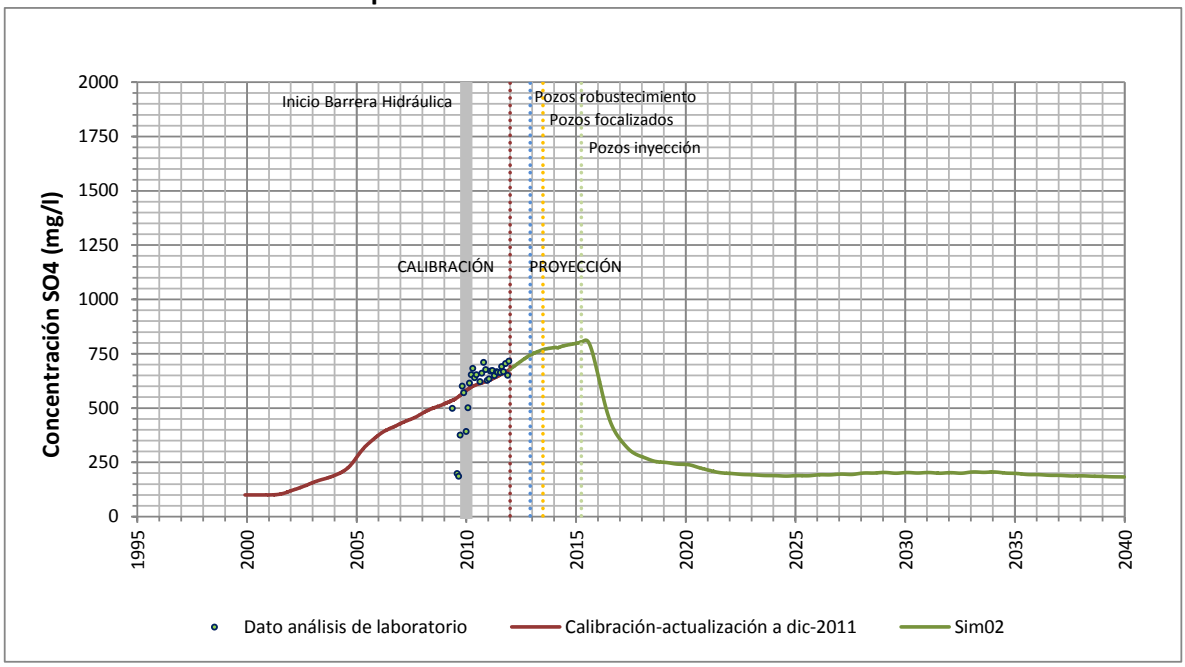


Figura 4.24
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en PB3 Sim 02

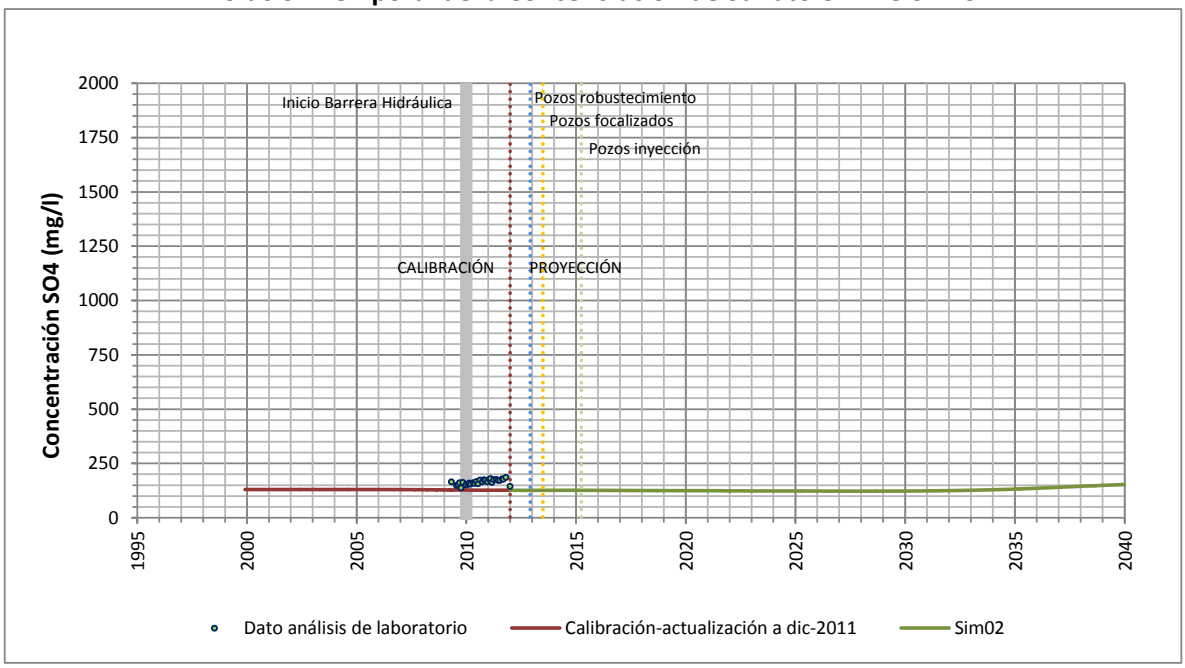
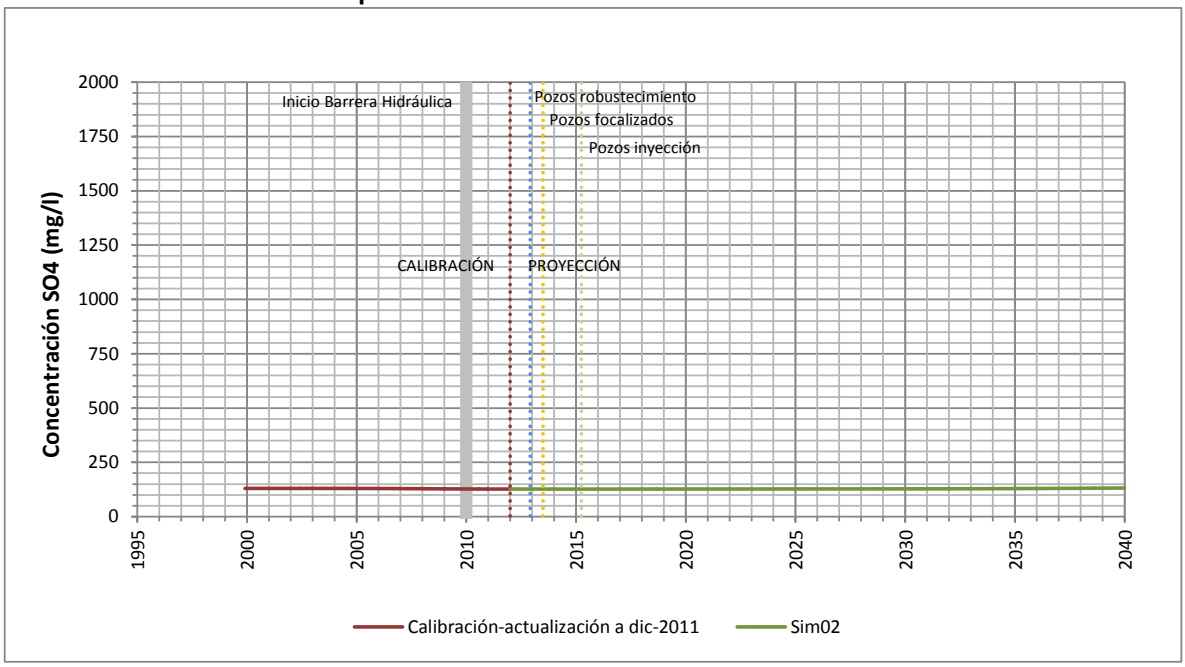
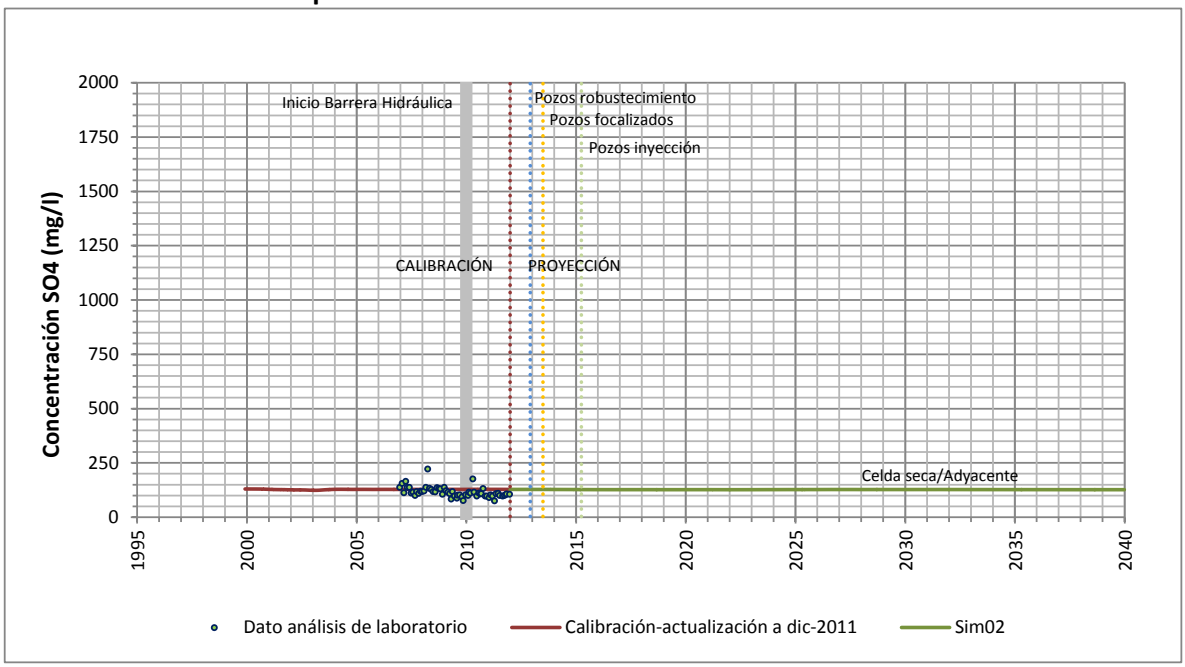


Figura 4.25
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en PES02 Sim 02



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.26
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huechún Sim 02



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

4.2.3 Puntos Modelo Ch-P

4.2.3.1 Pozos de Agua Potable APR

Las Figuras 4.27 a 4.29 muestran la evolución de la concentración de sulfato de los pozos de agua potable rural Santa Matilde, Punta Peuco y Huertos Familiares, bajo las medidas de control propuestas para las infiltraciones del tranque Ovejería.

Los resultados muestran que las concentraciones de sulfato en los pozos APR se encuentran muy por debajo de la norma de agua potable para sulfatos, que es de 500 mg/L y también cumplen con el límite máximo de 119,0 mg/L que caracteriza la calidad natural del acuífero Chacabuco Polpaico. Es decir, bajo las medidas de control propuestas, se espera que los pozos APR se encuentren siempre bajo la condición de línea base.

Figura 4.27
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Santa Matilde Sim 02

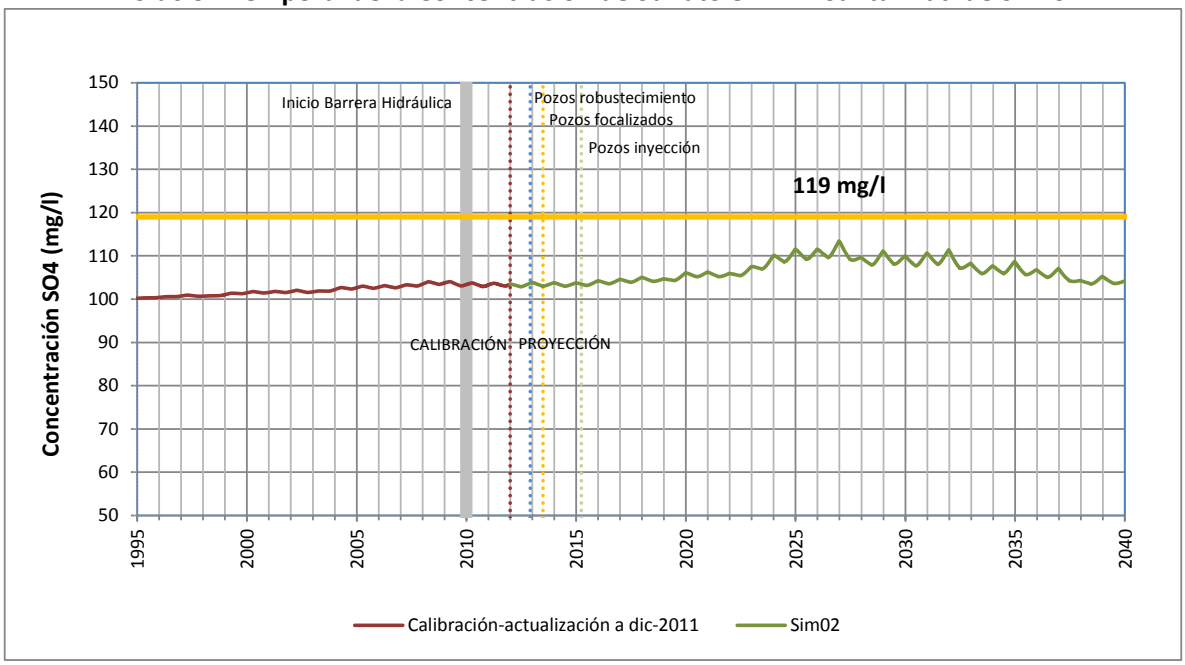


Figura 4.28
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Punta Peuco Sim 02

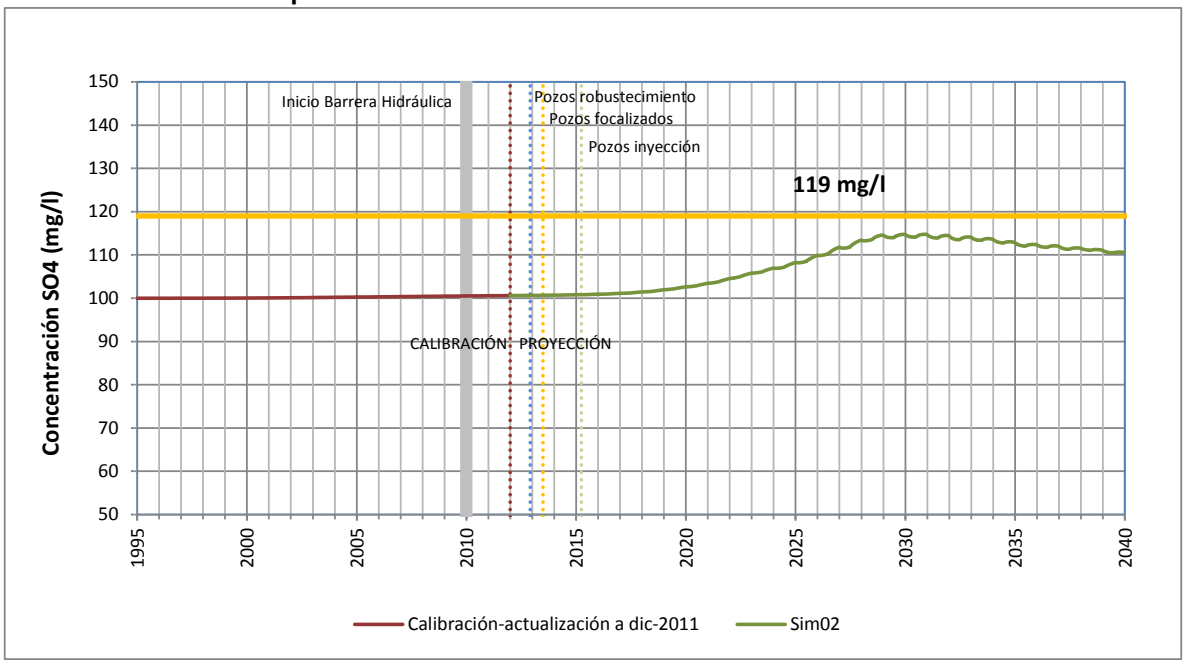
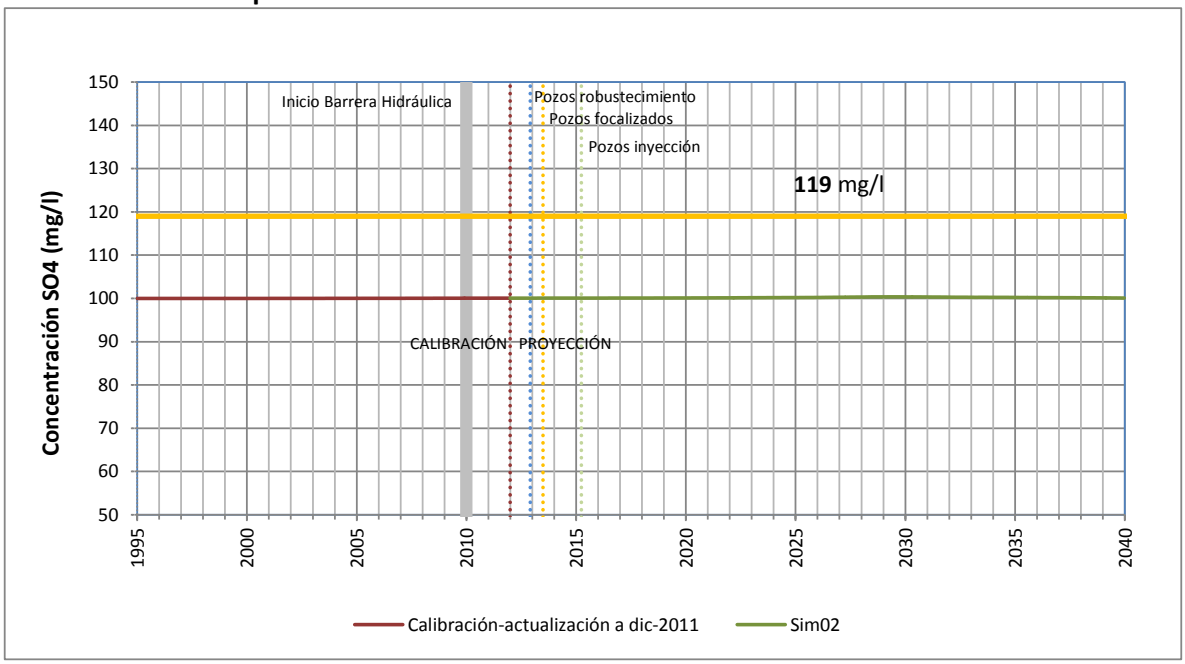


Figura 4.29
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huertos Familiares Sim 02



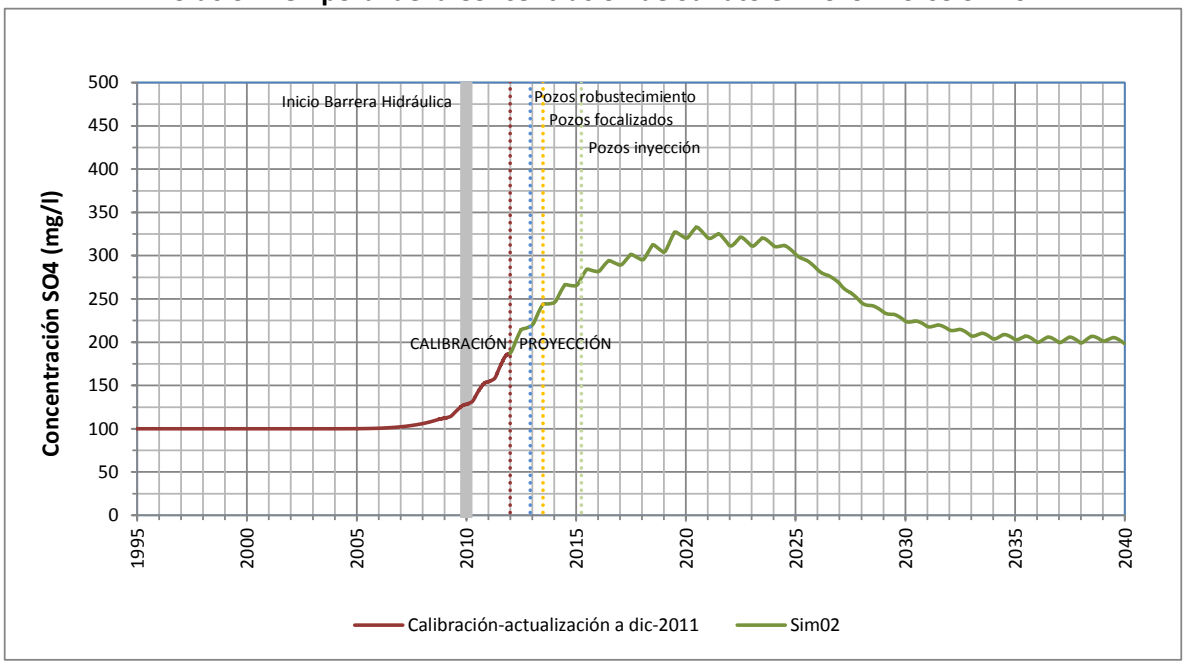
4.2.3.2 Pozos de la Zona de Riego

Las Figuras 4.30 a 4.32 muestran la variación temporal de la concentración de sulfato en el sector inmediatamente agua abajo del muro de embalse Huechún. En la Figura 4.30, se aprecia que el pozo de observación PES-03 muestra valores sobre 300 y hasta 330 mg/l para la concentración el sulfato, durante los años 2017 a 2025, mostrando una mejora gradual en el tiempo como consecuencia de las medias de control simuladas, alcanzando posterior a esa fecha, concentraciones inferiores a los 250 mg/l.

Respecto del pozo de monitoreo PES-01 que se muestra en la Figura 4.31, se aprecia valores mayores a 300 durante cuatro de los años simulados, sin embargo a partir del año 2026, debido a las medidas implementadas se logran concentraciones inferiores a 250 mg/L.

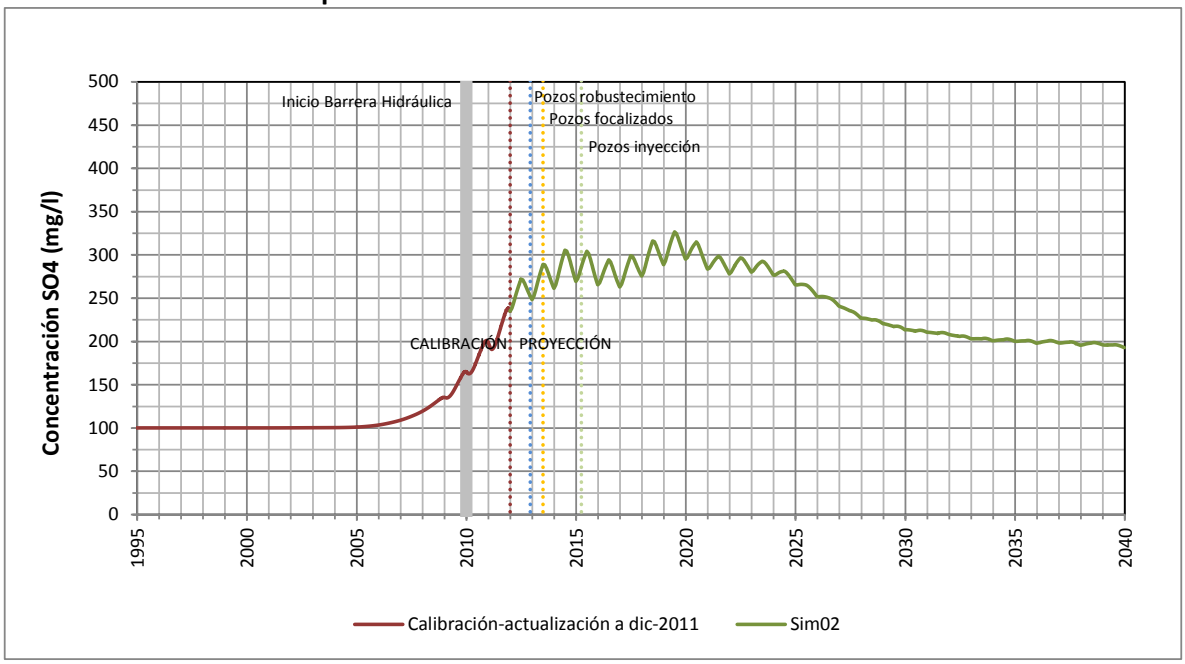
La Figura 4.32, muestra el pozo PES-04, que presenta valores bajo 250 mg/L para todo el periodo de simulación.

Figura 4.30
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-03 Sim 02



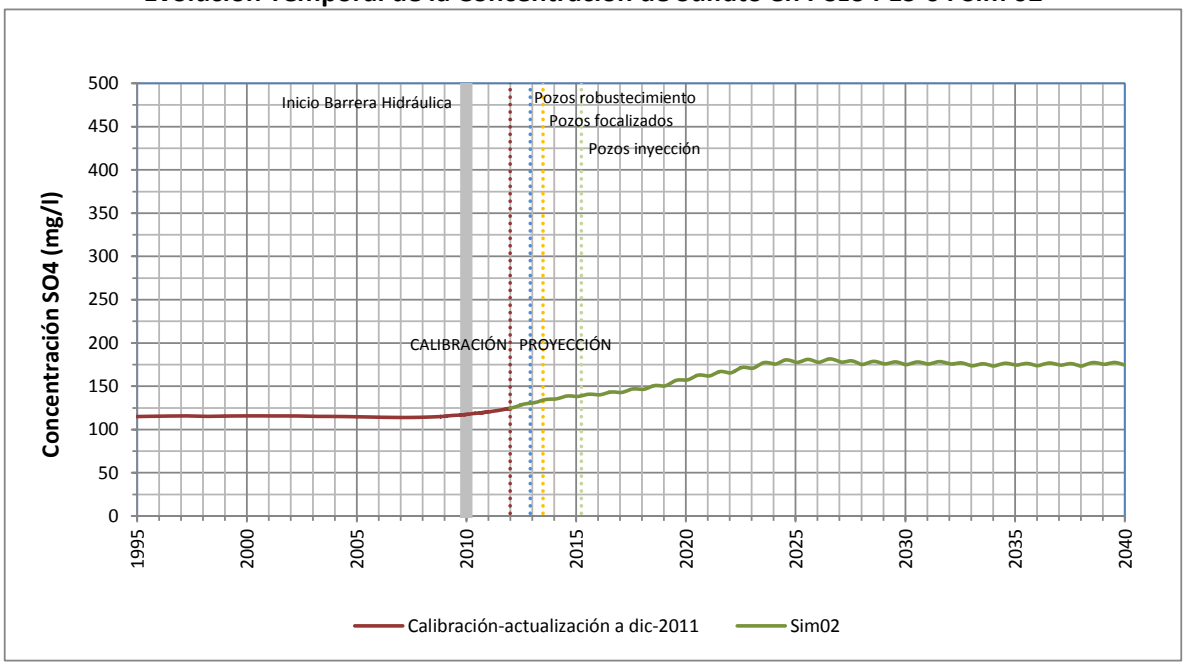
Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.31
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-01 Sim 02



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.32
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-04 Sim 02



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

4.3 Escenarios de Sensibilización de Variables y Condiciones Hidrológicas sobre escenario Sim02

4.3.1 Análisis de sensibilidad parámetro de dispersividad en modelo Chacabuco Polpaico (Sim 02a)

4.3.1.1 Aspectos Generales

En este escenario se realiza una sensibilidad del parámetro de la dispersividad impuesta al modelo de Chacabuco Polpaico, para verificar el efecto de este parámetro en las concentraciones resultantes, principalmente en los pozos de agua potable APR Santa Matilde y APR Punta Peuco. Para este escenario, se analizaron dos casos, considerando que la dispersividad en todo el dominio del acuífero es 1 orden de magnitud menor (Escenario Sim 02a1) y 1 orden de magnitud mayor (Escenario Sim 02a2) a las impuestas en el escenario Sim 02.

En la Figura 4.33 y Figura 4.34, puede apreciarse el efecto del parámetro de dispersión adoptada en el acuífero, en la expansión de la pluma de sulfato. En el caso del escenario Sim 02a1, en que la dispersividad es 1 orden de magnitud menor a la del escenario Sim 02, la extensión de la pluma es levemente más larga y menos concentrada. En el caso del escenario Sim 02a2, la pluma es mucho más corta, pero más concentrada. En ambos casos, se aprecia que el dominio de la pluma de sulfato en el año 2040, no alcanza a los APR Santa Matilde y APR Punta Peuco.

Figura 4.33
Pluma de Sulfato Escenario Sim 02a1, Año 2040



Figura 4.34
Pluma de Sulfato Escenario Sim 02a2, Año 2040



4.3.1.2 Pozos de Agua Potable APR

Las Figuras 4.35 a 4.37 muestran la evolución de la concentración de sulfato de los pozos de agua potable rural Santa Matilde, Punta Peuco y Huertos Familiares, para el análisis de la sensibilización de la dispersividad en el acuífero de Chacabuco Polpaico y las medidas de control propuestas para las infiltraciones del tranque Ovejería. Los resultados muestran que las concentraciones de sulfato en los pozos APR se encuentran muy por debajo de la norma de agua potable para sulfatos, que es de 500 mg/L y también cumplen con el límite máximo de 119,0 mg/L que caracteriza la calidad natural del acuífero Chacabuco Polpaico, salvo en el pozo APR Punta Peuco, donde la simulación Sim02a1 muestra que al tener mayor dispersividad, la pluma es más larga, alcanzando este pozo. Si bien, este escenario representa una peor condición, la calidad natural se supera entre 2027 y 2037 sin superar los 130 mg/L. Posterior a esta fecha, las medidas de control propuestas hacen que el pozo vuelva a retomar la calidad base..

Las Figuras adjuntas, para el APR Santa Matilde, muestra que el parámetro no se muestra determinante en los valores de la concentración de sulfato. En el APR Punta Peuco, sí se aprecia un efecto, ya que cuando la dispersividad es menor, la pluma al ser más larga genera valores más altos de concentración, al contrario, cuando la dispersividad es mayor, la pluma de sulfato es más corta y la concentración de sulfato en el APR aumenta sobre su condición inicial.

Figura 4.35
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Santa Matilde Sim 02a

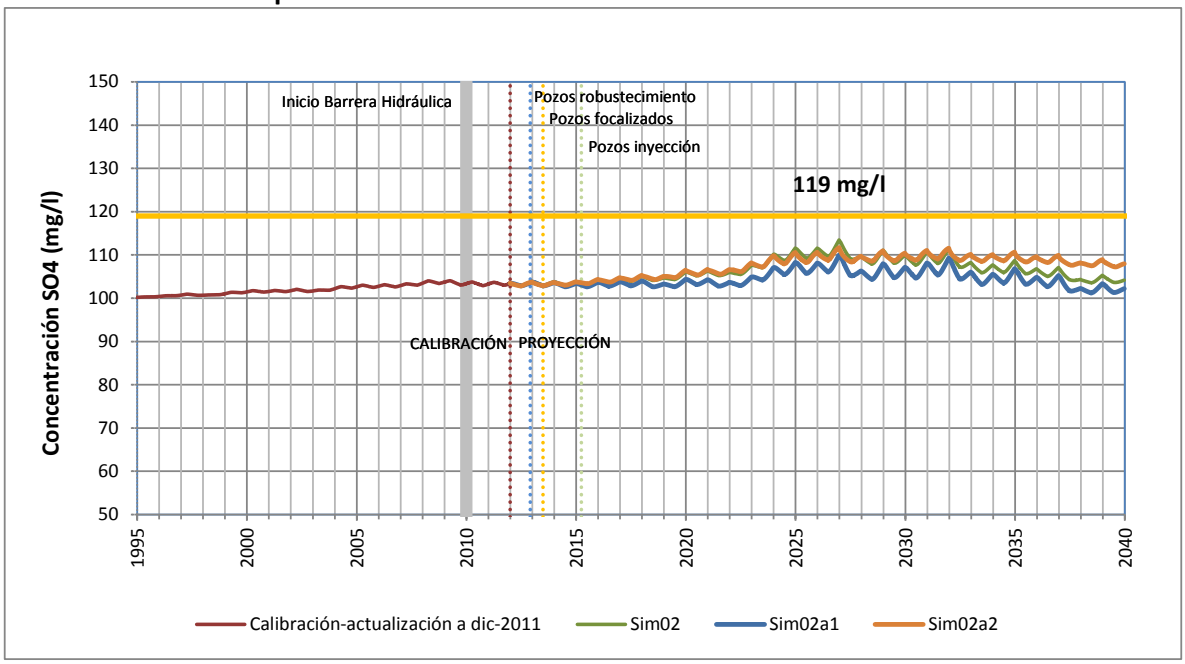


Figura 4.36
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Punta Peuco Sim 02a

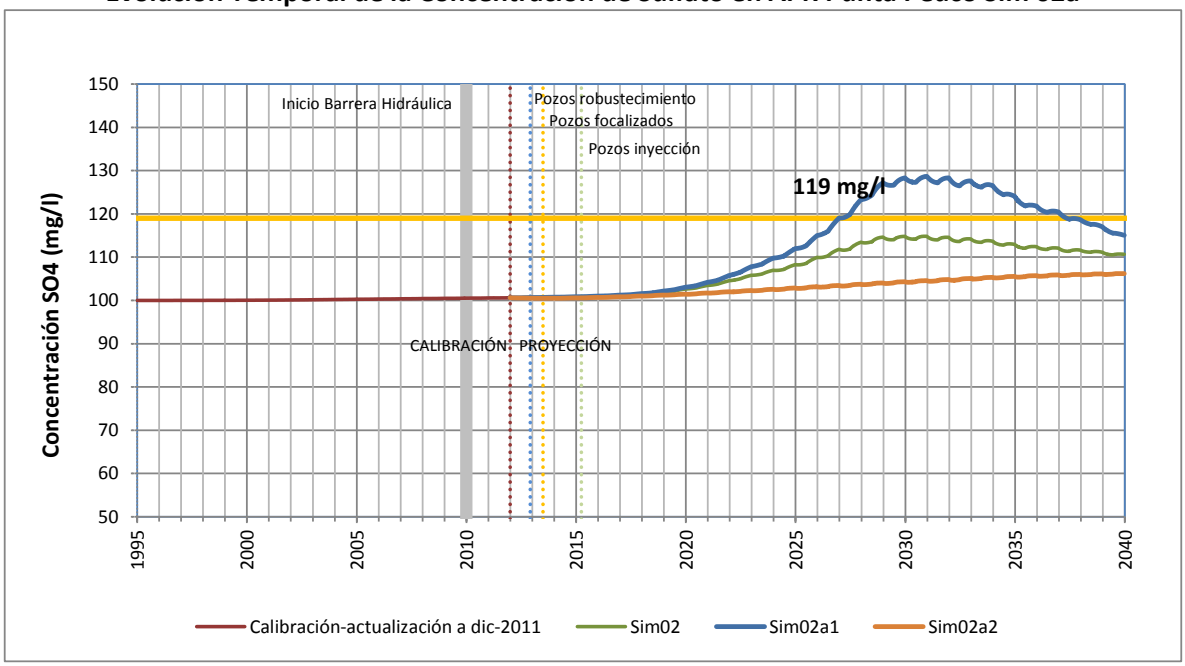
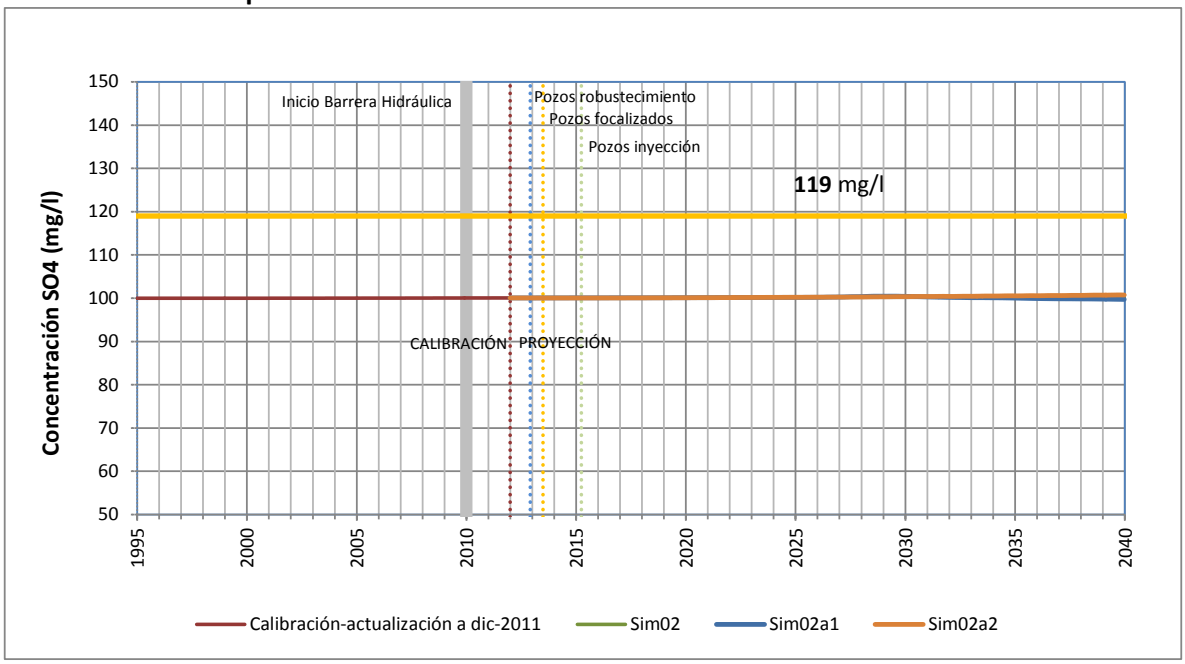


Figura 4.37
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huertos Familiares Sim 02a



4.3.1.3 Pozos de la Zona de Riego

Las Figuras 4.38 a 4.40 muestran la variación temporal de la concentración de sulfato en el sector inmediatamente agua abajo del muro de embalse Huechún. En la Figura 4.38, se aprecia que el escenario Sim02a1 es el más desfavorable y es equivalente al obtenido con el escenario Sim02, en que el pozo de observación PES-03 muestra valores para la concentración el sulfato de hasta 330 mg/L para Sim02a1 y de hasta 300 mg/l para Sim02a2. En amas simulaciones se observa una mejora gradual en el tiempo como consecuencia de las medidas de control simuladas, alcanzando posterior a 2028, concentraciones inferiores a los 250 mg/l. Sin embargo, la mejor condición se obtiene del escenario Sim02a2, en que a partir del año 2027 podría lograrse concentraciones menores a 250 mg/L.

Respecto del pozo de monitoreo PES-01 que se muestra en la Figura 4.39, se aprecia muestra valores mayores a 300 durante cuatro de los años simulados para Sim02a1 y en el caso menos desfavorable, este pozo no alcanza los 300 mg/L. A partir del año 2027 y 2025, las simulaciones Sim01a1 y Sim02a2, respectivamente, muestran que se lograría una concentración inferior a 250 mg/L debido a las medidas implementadas.

La Figura 4.40, muestra el pozo PES-04, que presenta valores bajo 250 mg/L para todo el periodo de simulación, bajo cualquier escenario.

Figura 4.38
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-03 Sim 02a

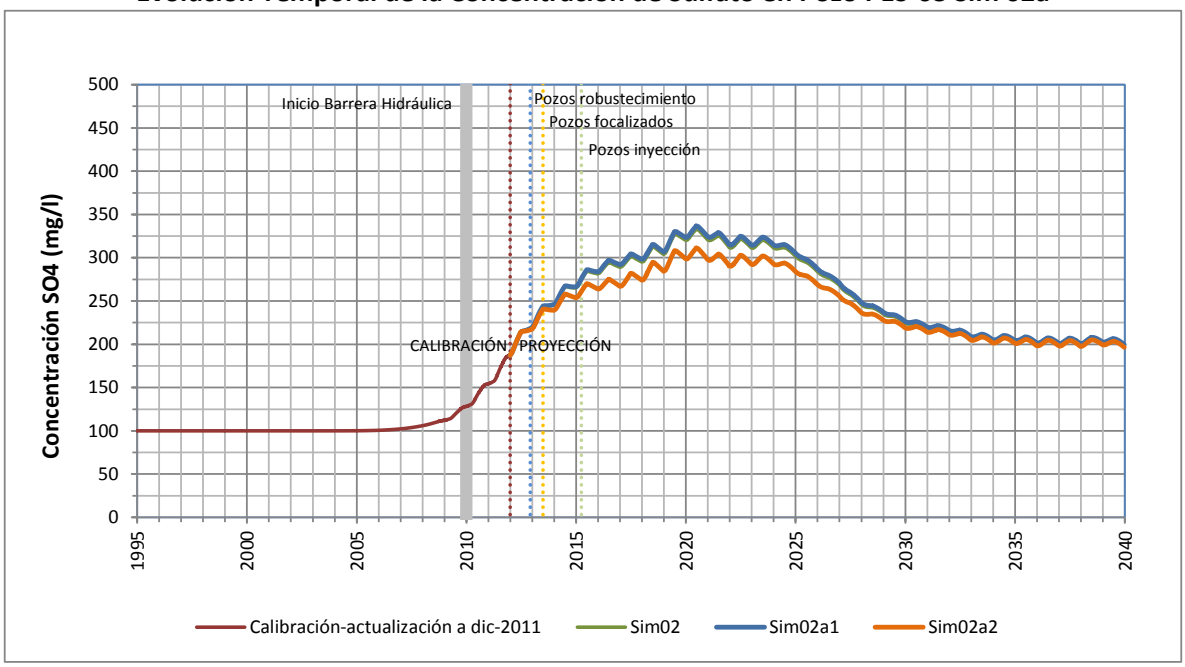


Figura 4.39
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-01 Sim 02a

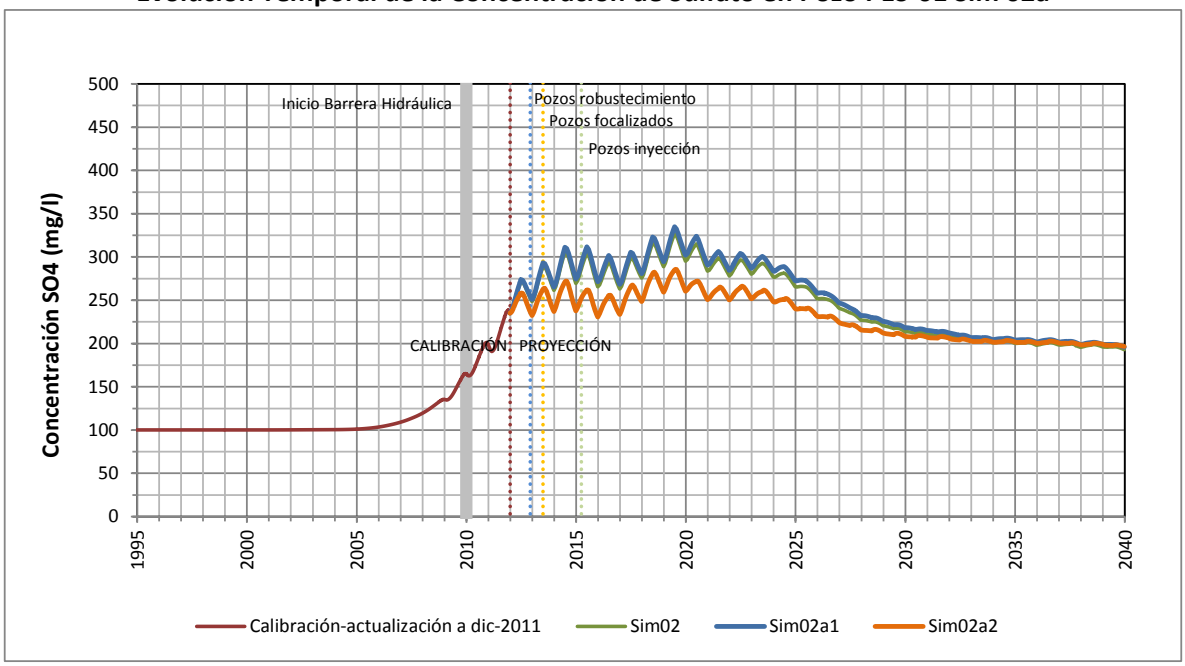
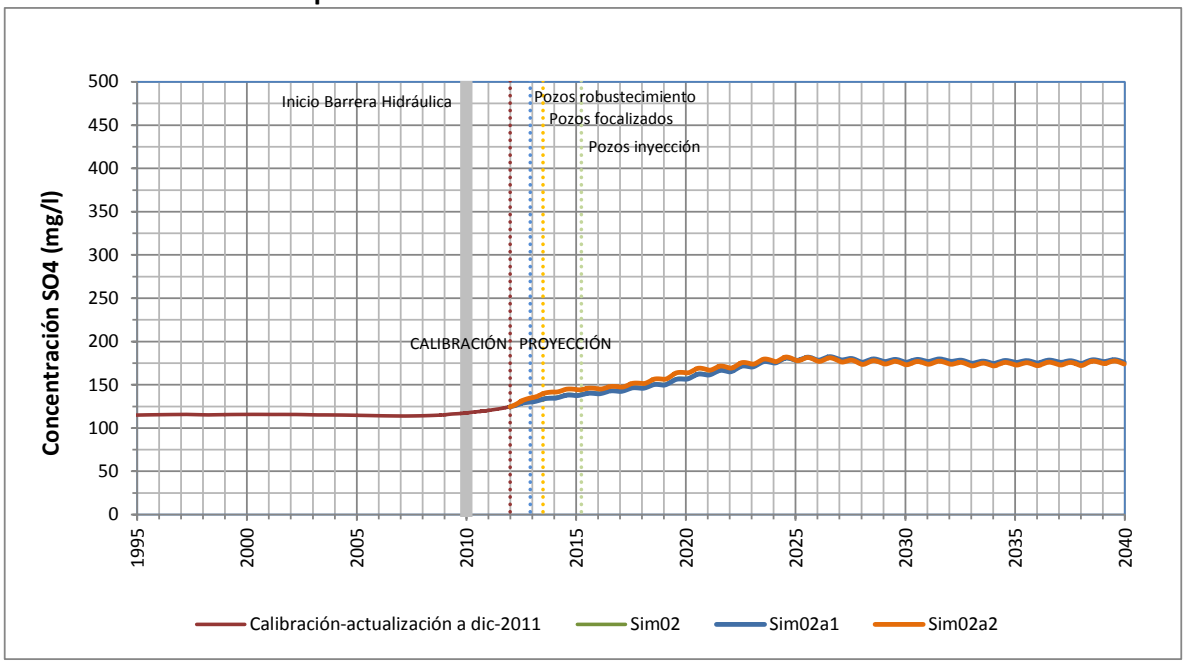


Figura 4.40
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-04 Sim 02a



4.3.2 Efecto Sequía en la valle Chacabuco por operación en años secos. Disponibilidad Ch-P (Sim 02b)

4.3.2.1 Aspectos Generales

Como no se cuenta con un modelo de operación superficial para la cuenca de Chacabuco Polpaico, se ha analizado la influencia de un bombeo operacional, tanto en la respuesta de la pluma de sulfato en el acuífero de Chacabuco Polpaico, así como en los pozos de agua potable APR existentes en el acuífero principal.

El bombeo operacional, se impone a los pozos de la zona alta y media del acuífero, considerando que la extracción responde a la situación hidrológica, es decir, en años húmedos, la demanda de riego puede ser satisfecha principalmente con recursos de agua superficial, disminuyendo a la mitad la producción de los caudales de bombeo impuestos en el escenario Sim 02. Asimismo, en años secos, la demanda de riego se satisface principalmente con agua de pozos, incrementándose a 1,5 el factor de bombeo impuesto en el escenario Sim 02. En los años considerados como normales, el bombeo se satisface de acuerdo a los requerimientos impuestos en el escenario Sim 02.

En la Figura 4.41, puede apreciarse que considerar un bombeo operacional variable de acuerdo a la situación hidrológica, no genera mayores diferencias en la expansión de la pluma de sulfato en el acuífero de Chacabuco Polpaico, respecto del escenario Sim02 y no alcanza a los pozos APR Santa Matilde y APR Punta Peuco.

Figura 4.41
Pluma de Sulfato Escenario Sim 02b, Año 2040



4.3.2.2 Pozos de Agua Potable APR

Las Figuras 4.42 a 4.44 muestran la evolución de la concentración de sulfato de los pozos de agua potable rural Santa Matilde, Punta Peuco y Huertos Familiares, para el análisis de un bombeo operacional y las medidas de control propuestas para las infiltraciones del tranque Ovejería.

Los resultados muestran que las concentraciones de sulfato en los pozos APR se encuentran muy por debajo de la norma de agua potable para sulfatos, que es de 500 mg/L y también cumplen con el límite máximo de 119,0 mg/L que caracteriza la calidad natural del acuífero Chacabuco Polpaico. Es decir, bajo las medidas de control propuestas, se espera que los pozos APR se encuentren siempre bajo la condición de línea base.

Figura 4.42
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Santa Matilde Sim 02b

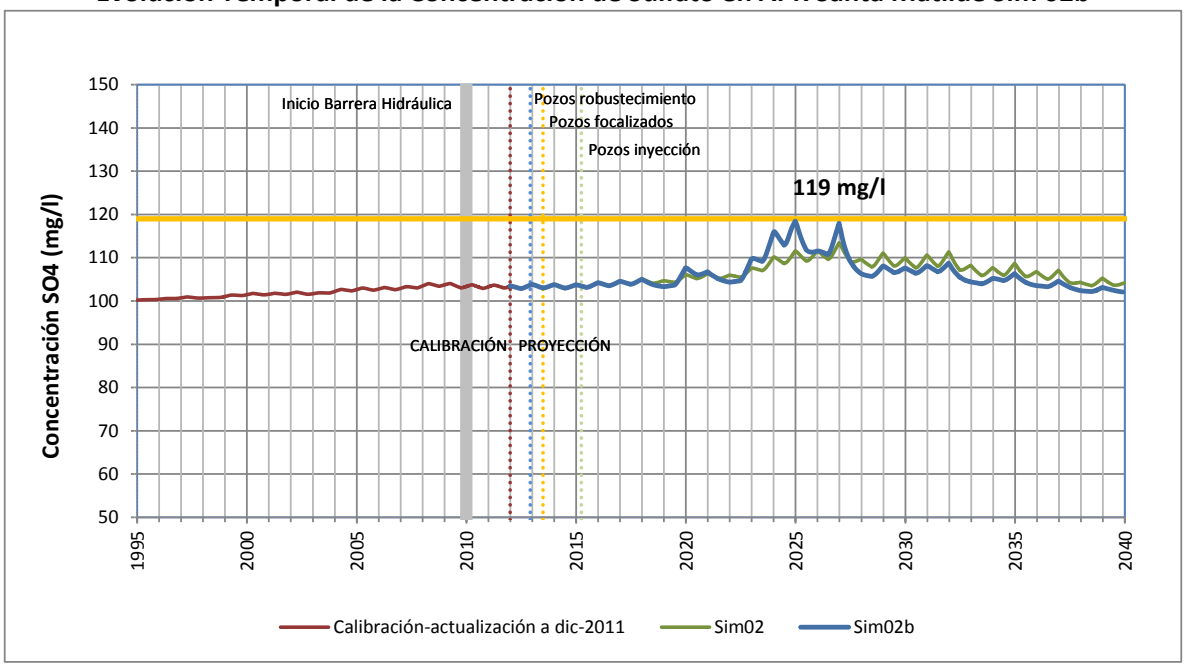


Figura 4.43
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Punta Peuco Sim 02b

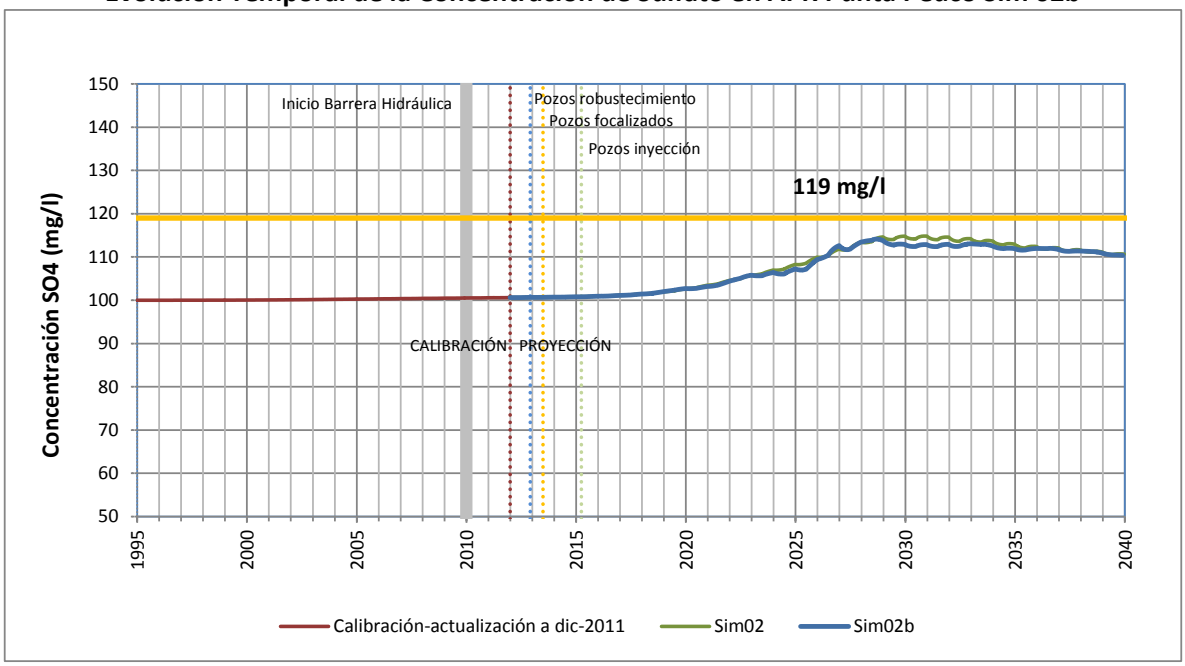
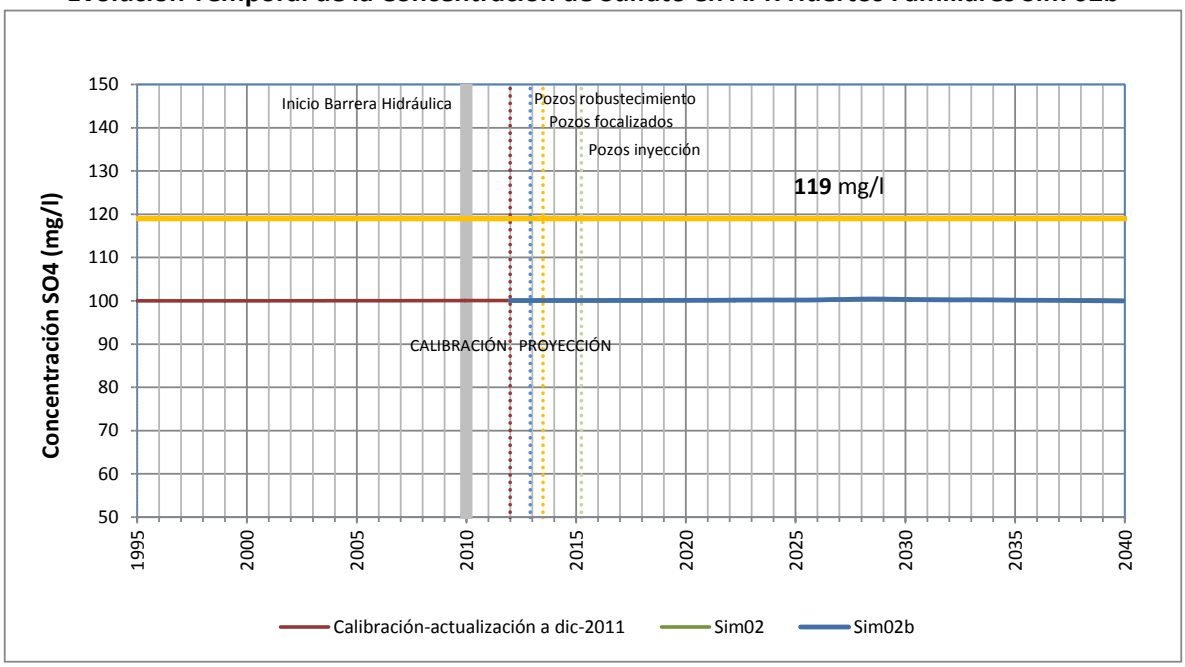


Figura 4.44
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huertos Familiares Sim 02b

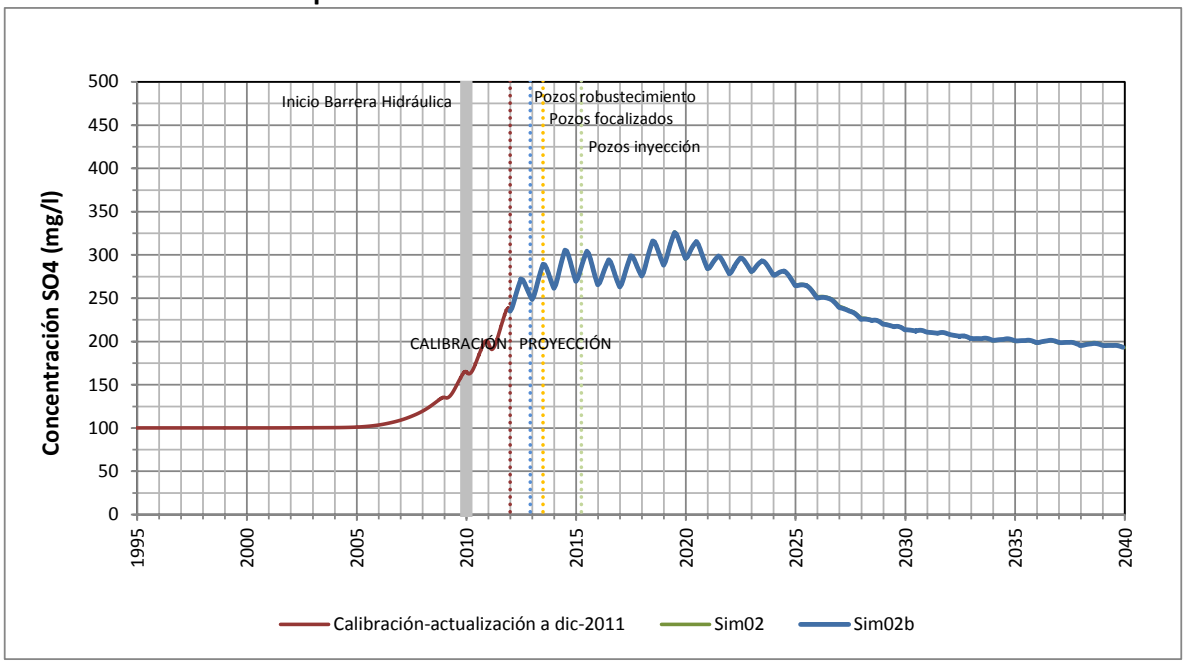


4.3.2.3 Pozos de la Zona de Riego

Las Figuras 4.45 a 4.47 muestran la variación temporal de la concentración de sulfato en el sector inmediatamente agua abajo del muro de embalse Huechún. Como resultado general, se aprecia que no existe en esta zona un efecto significativo en la zona inmediatamente aguas abajo del muro Huechún, debido a la condición de operación de los pozos de riego en el acuífero principal de Chacabuco Polpaico.

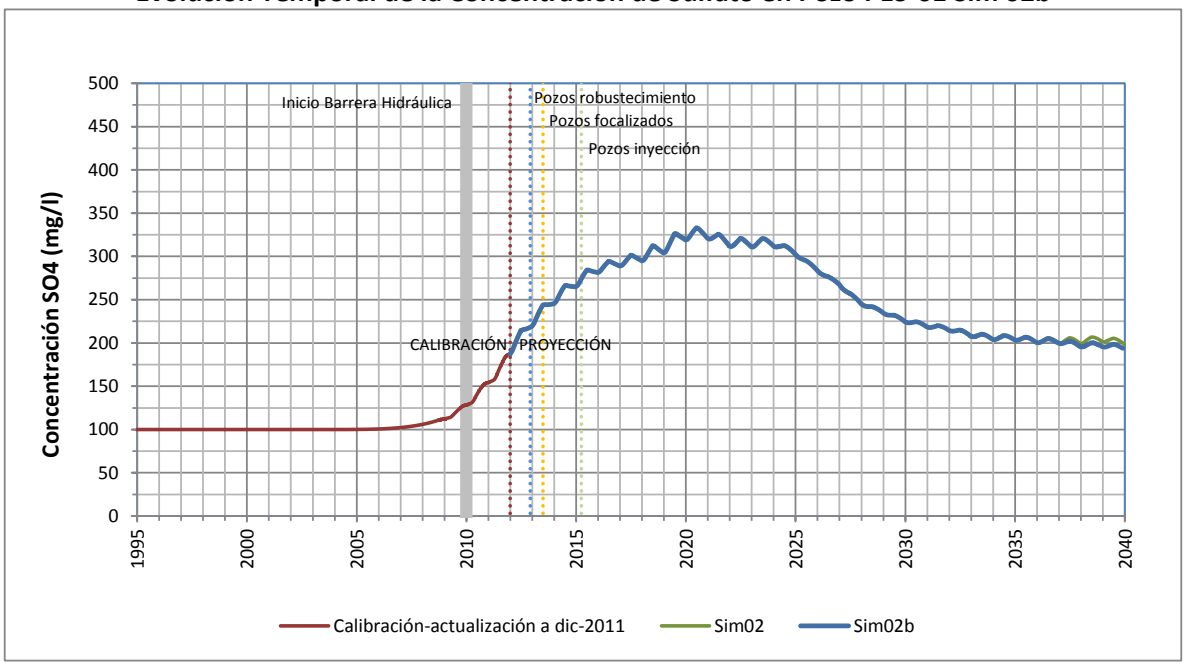
Los resultados de calidad la calidad de aguas por sulfato en los pozos PES-03, PES-01 y PES-04, son equivalentes a los obtenidos en el escenario Sim02.

Figura 4.45
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-03 Sim 02b



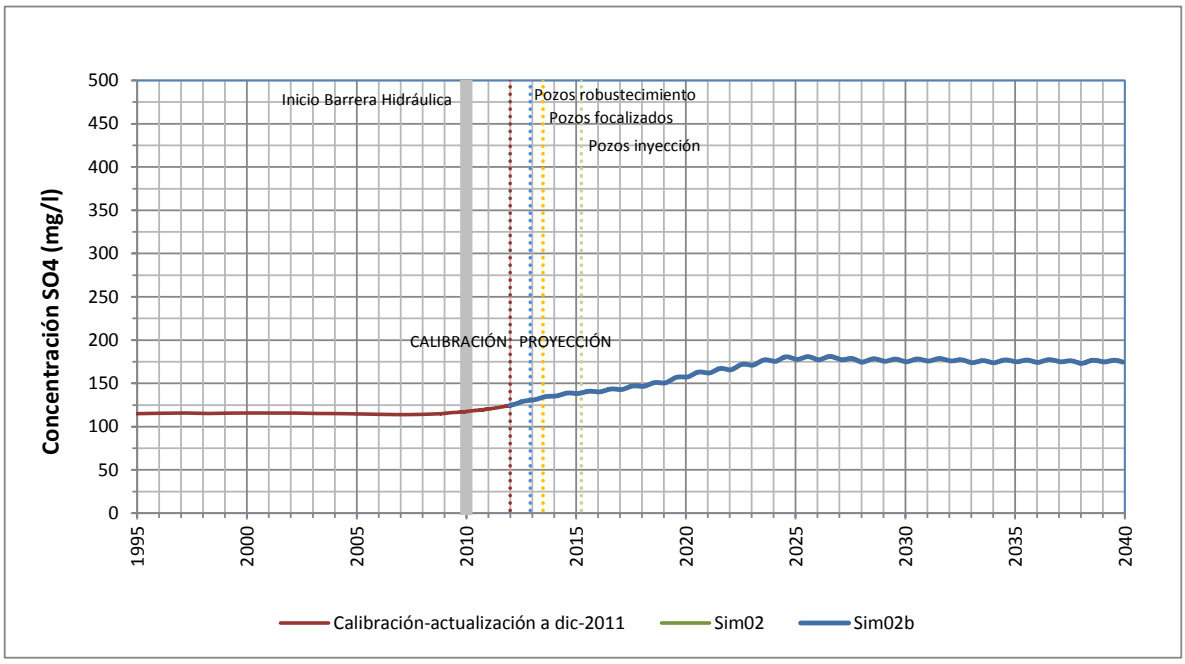
Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.46
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-01 Sim 02b



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.47
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-04 Sim 02b



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

4.3.3 Evaluación restricción administrativa de extracción en años secos. Captura al 50 %. Ovejería y Ch-P (Sim 02c)

4.3.3.1 Aspectos Generales

En este escenario se realiza una sensibilidad sobre el efecto de restringir los caudales de bombeo e inyección durante todo el año 2023 comprometidos bajo las medidas de control propuestas para las infiltraciones del tranque Ovejería, para verificar el efecto de esta acción en las concentraciones resultantes, principalmente en los pozos de agua potable APR Santa Matilde y APR Punta Peuco.

En la Figura 4.48, se muestra la proyección de la pluma de sulfato sobre el acuífero de Chacabuco Polpaico. En este caso, la proyección de la pluma al año 2040 no alcanza a los APR Santa Matilde y APR Punta Peuco.

Por otro lado, como se aprecia más adelante en la Figura 4.57, que muestra la serie de sulfatos en el APR Huechún, dicho APR no recibiría aguas infiltradas desde el tranque.

Figura 4.48
Pluma de Sulfato Escenario Sim 02c, Año 2040



4.3.3.2 Puntos Modelo Ovejería

En esta sección se muestra el resultado de la concentración de sulfato resultante en los pozos de la red DAND denominados G02, G03, G05, G06, G11, G12, PB3, PES02 y APR Huechún. Todos estos resultados se han obtenido del modelo de Ovejería, para la condición de restricción de los caudales de bombeo e inyección comprometidos en las medidas de control propuestas para las infiltraciones del tranque Ovejería, durante todo el año 2023.

En las Figuras 4.49 a 4.57 se observa la evolución de la concentración de sulfato en los puntos de interés, en que se aprecia que aquellos pozos que están en la dirección de la pluma, tales como G11, G12 y G05 presentan aumentos en la concentración de sulfato a valores máximos de 500 a 800 mg/L. Adicionalmente, el año 2023, se observa un aumento en la concentración debido a la restricción de las medidas de control. Caso contrario, los pozos G02, G03, PES-02, PB3, G06, y APR Huechún, que se ubican en la dirección sur-este, no presentan mayores cambios en la calidad de agua.

El caso particular del pozo APR Huechún, que se muestra en Figura 4.57, se aprecia que no existe un aumento de la concentración de sulfato, debido a la presencia de una pluma. Esto se debe a las

medidas de control de la barrera hidráulica actual, hacen que la pluma avance en la dirección del muro Huechún y no hacia el sur-este.

Figura 4.49
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G02 Sim 02c

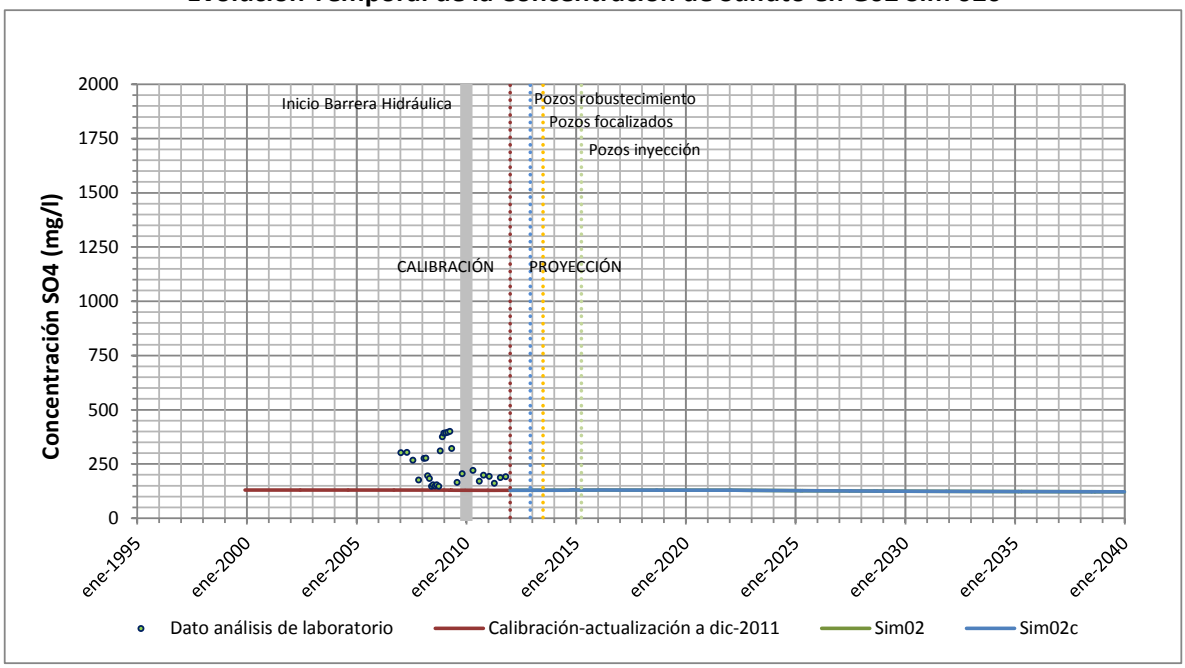


Figura 4.50
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G03 Sim 02c

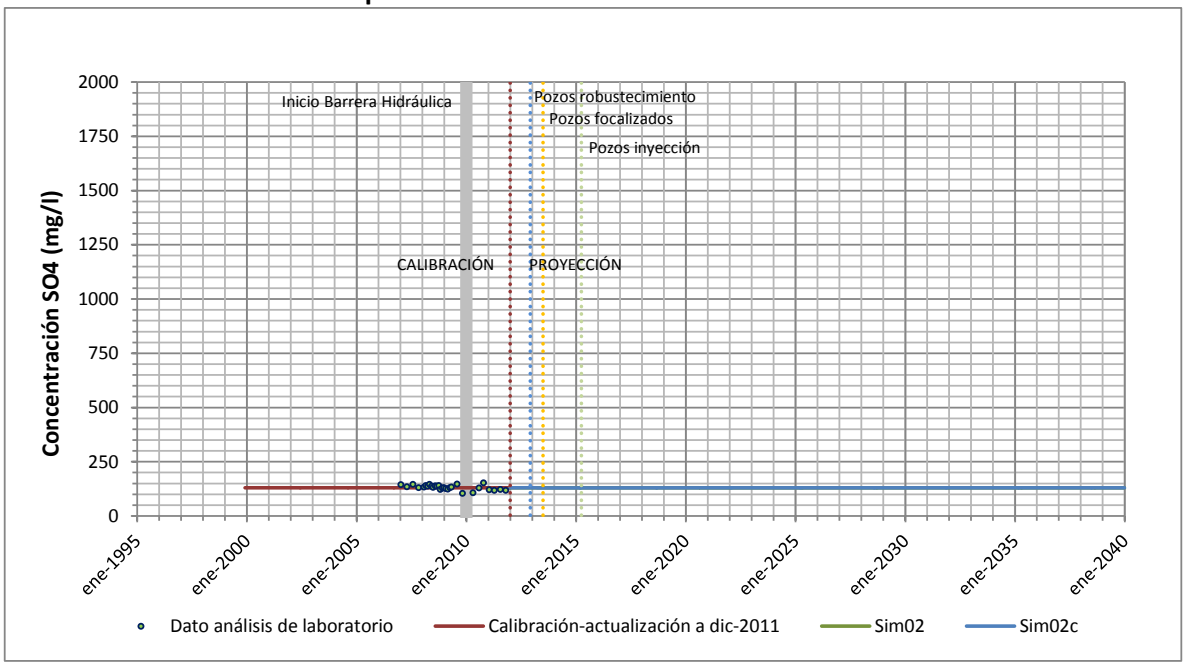


Figura 4.51
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G05 Sim 02c

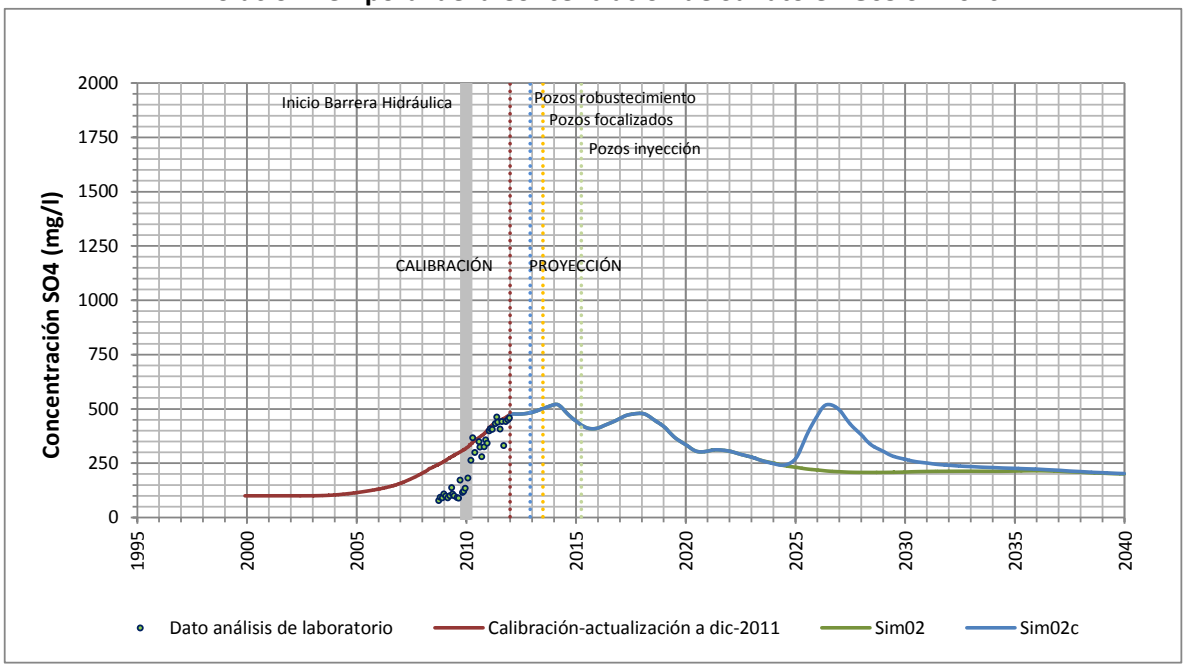


Figura 4.52
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G06 Sim 02c

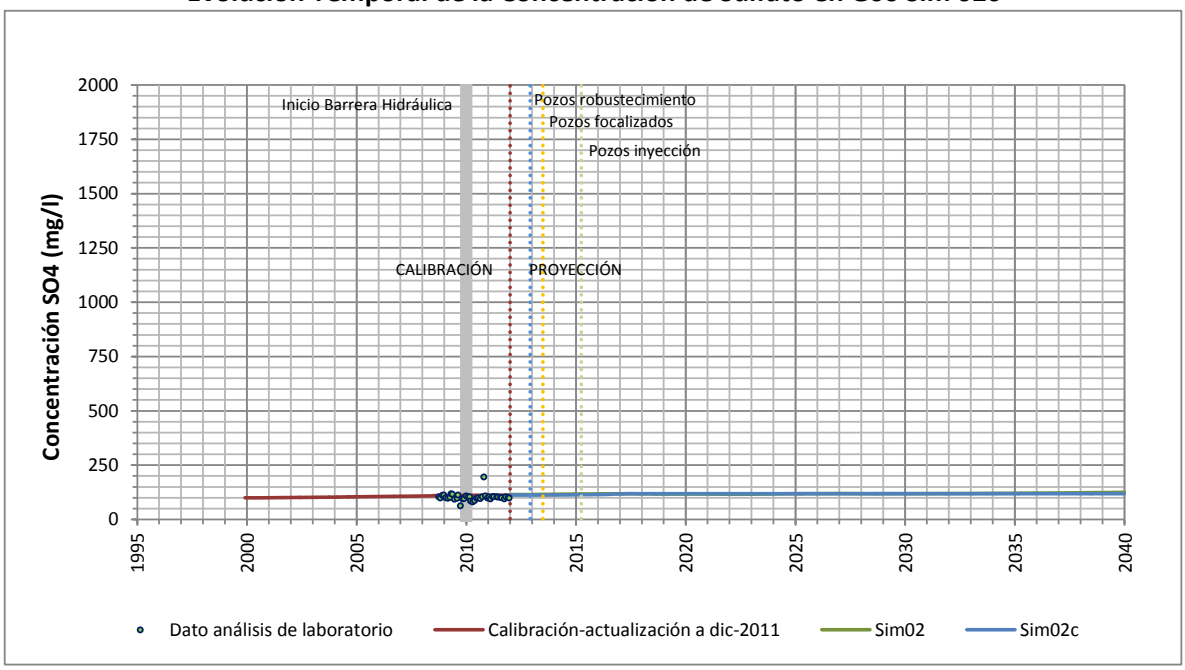


Figura 4.53
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G11 Sim 02c

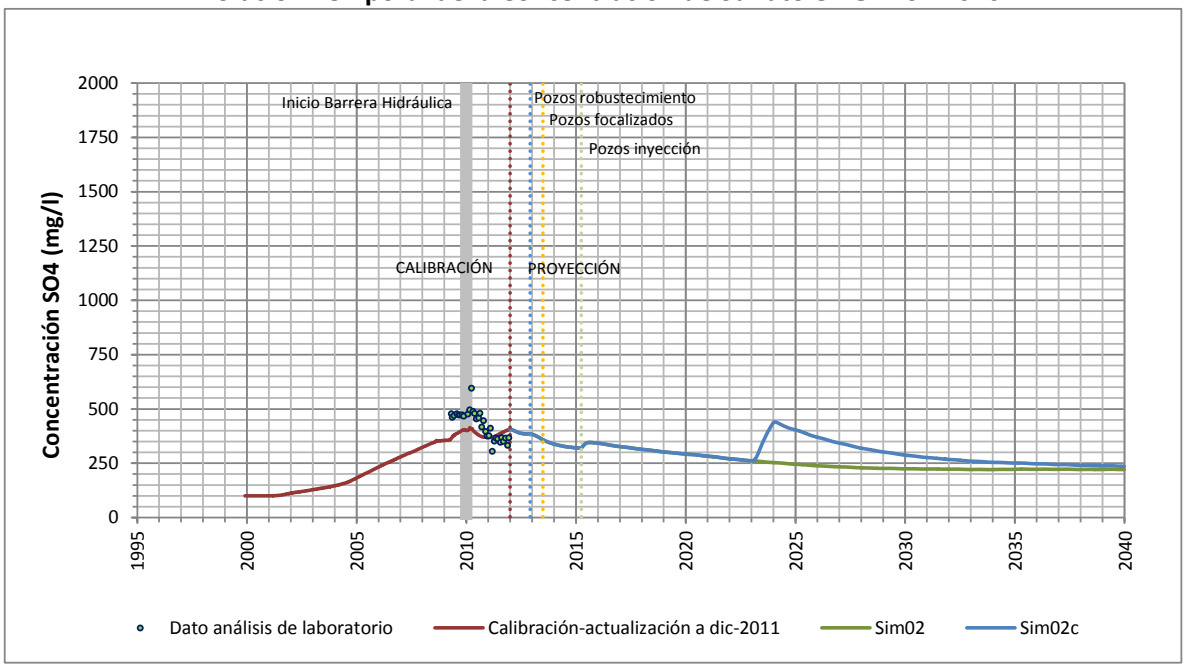


Figura 4.54
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G12 Sim 02c

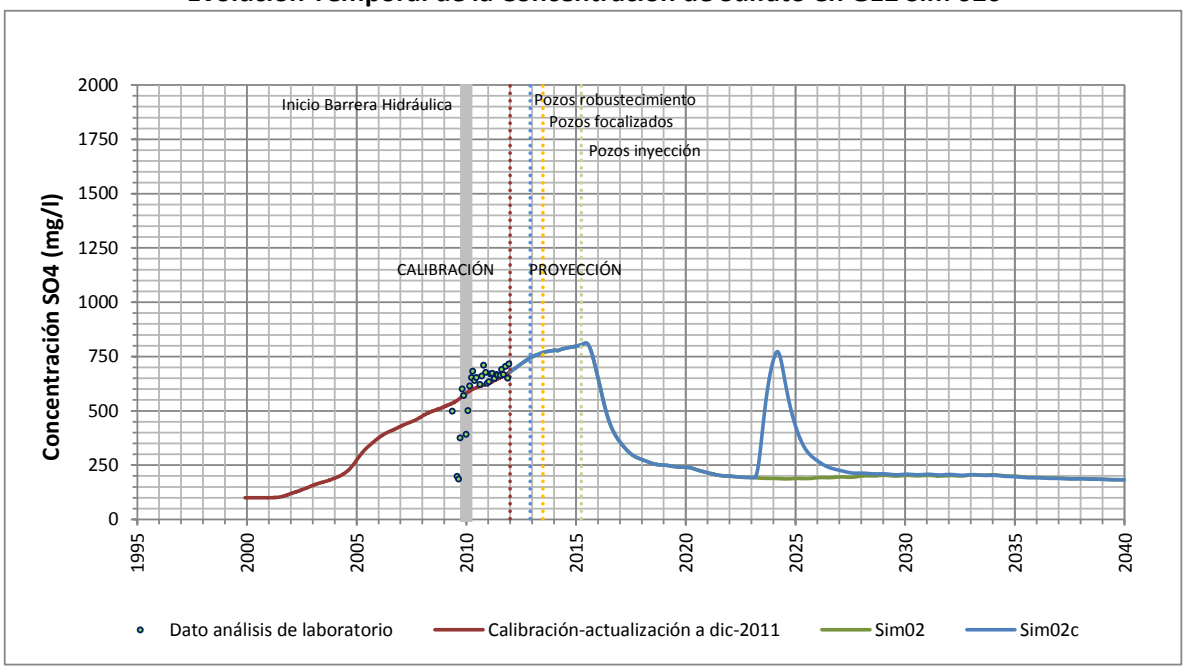


Figura 4.55
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en PB3 Sim 02c

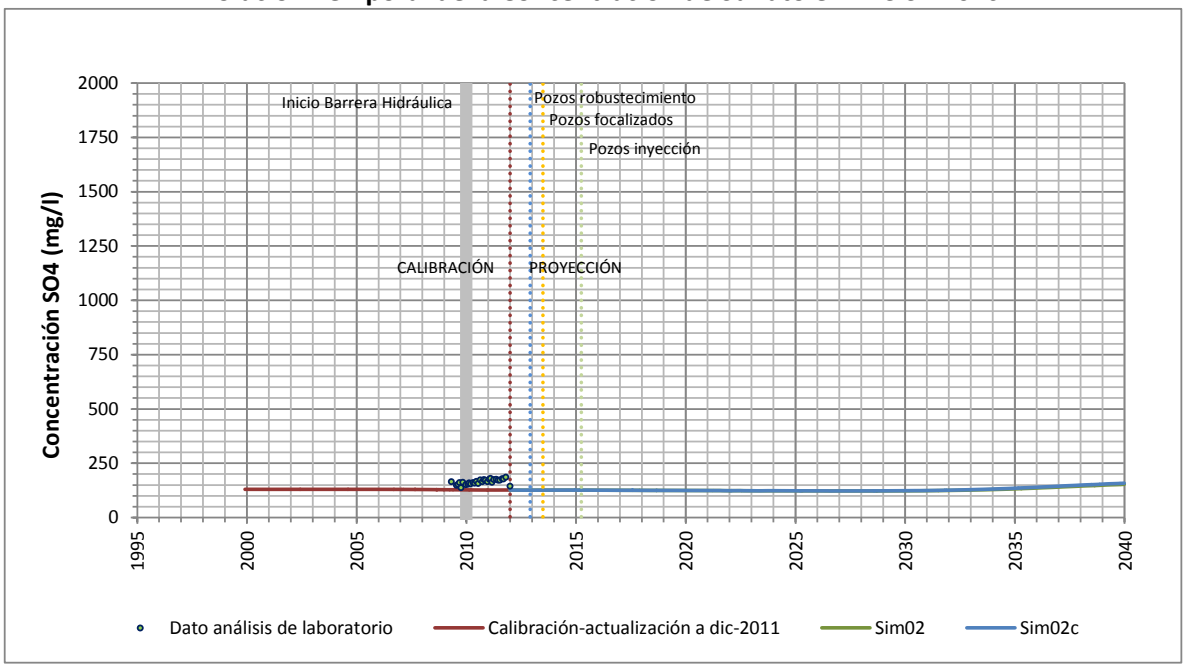
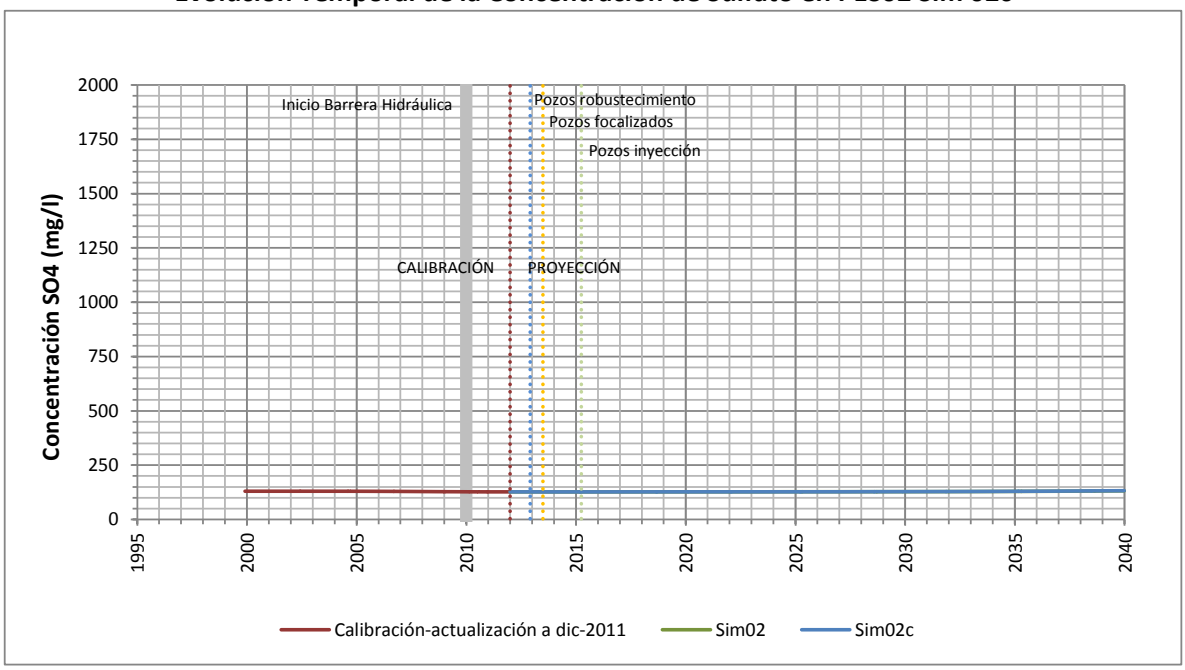
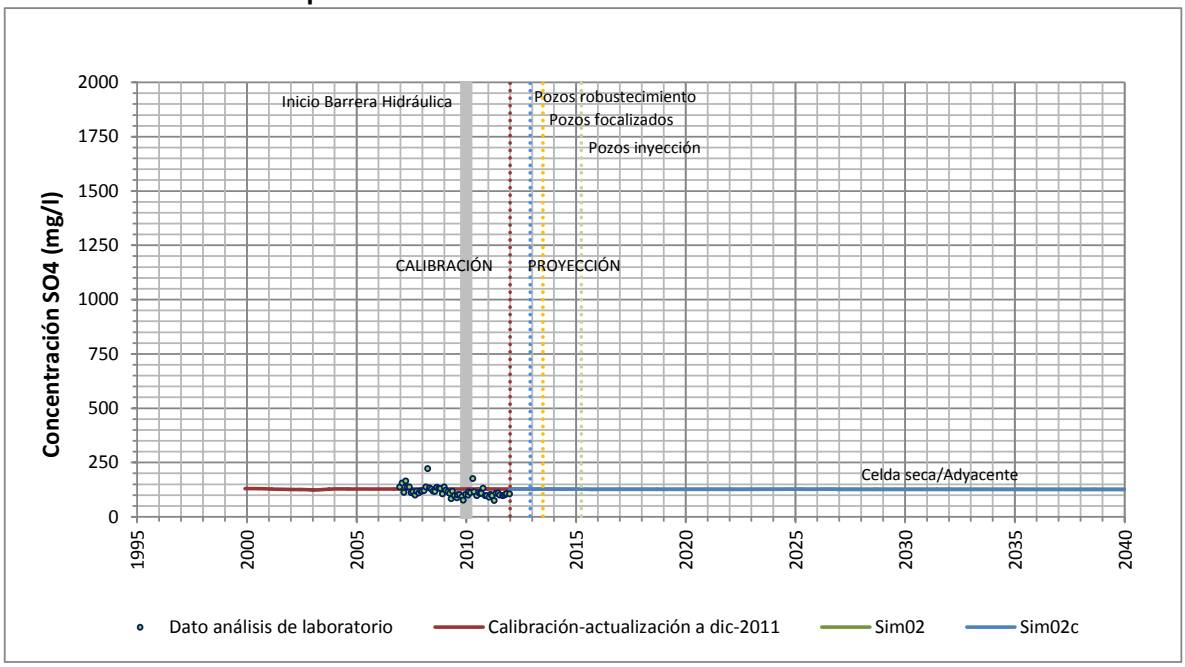


Figura 4.56
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en PES02 Sim 02c



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.57
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huechún Sim 02c



4.3.3.3 Puntos Modelo Ch-P

4.3.3.3.1 Pozos de agua potable APR

Las Figuras 4.58 a 4.60 muestran la evolución de la concentración de sulfato de los pozos de agua potable rural Santa Matilde, Punta Peuco y Huertos Familiares, para el análisis de reducción de bombeo e inyección al 50% de los caudales, considerados en las medidas de control propuestas para las infiltraciones del tranque Ovejería, producto de un año de sequía.

Los resultados muestran que las concentraciones de sulfato en los pozos APR se encuentran muy por debajo de la norma de agua potable para sulfatos, que es de 500 mg/L y también cumplen con el límite máximo de 119,0 mg/L que caracteriza la calidad natural del acuífero Chacabuco Polpaico. Es decir, bajo las medidas de control propuestas, se espera que los pozos APR se encuentren siempre bajo la condición de línea base.

Figura 4.58
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Santa Matilde Sim 02c

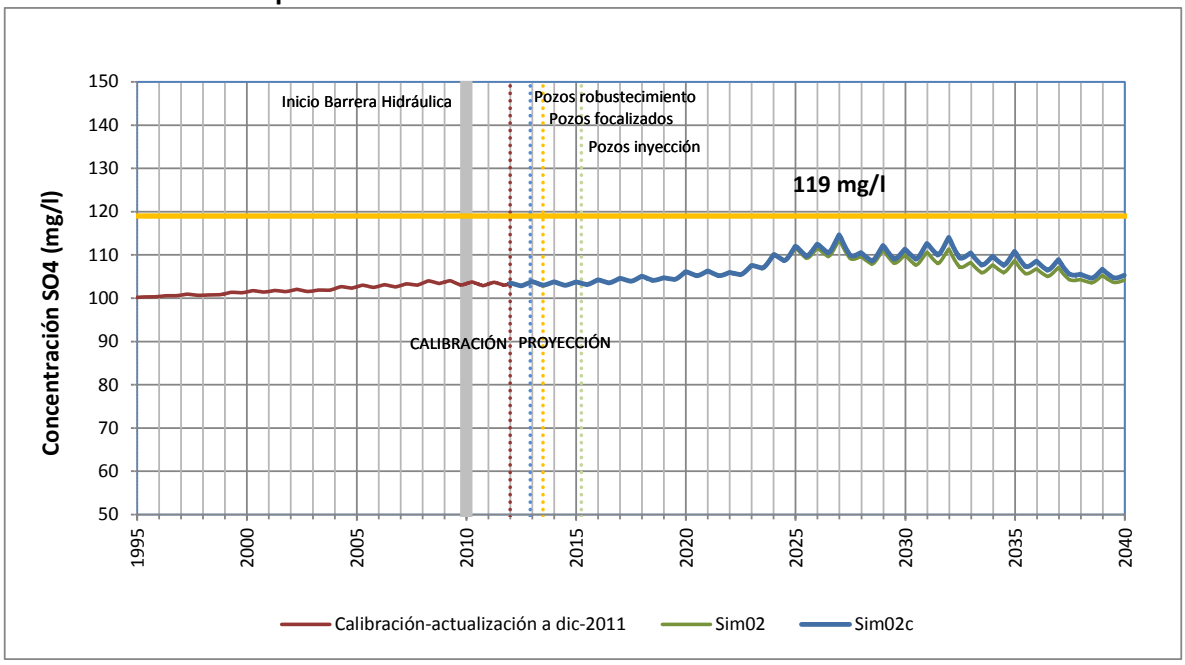


Figura 4.59
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Punta Peuco Sim 02c

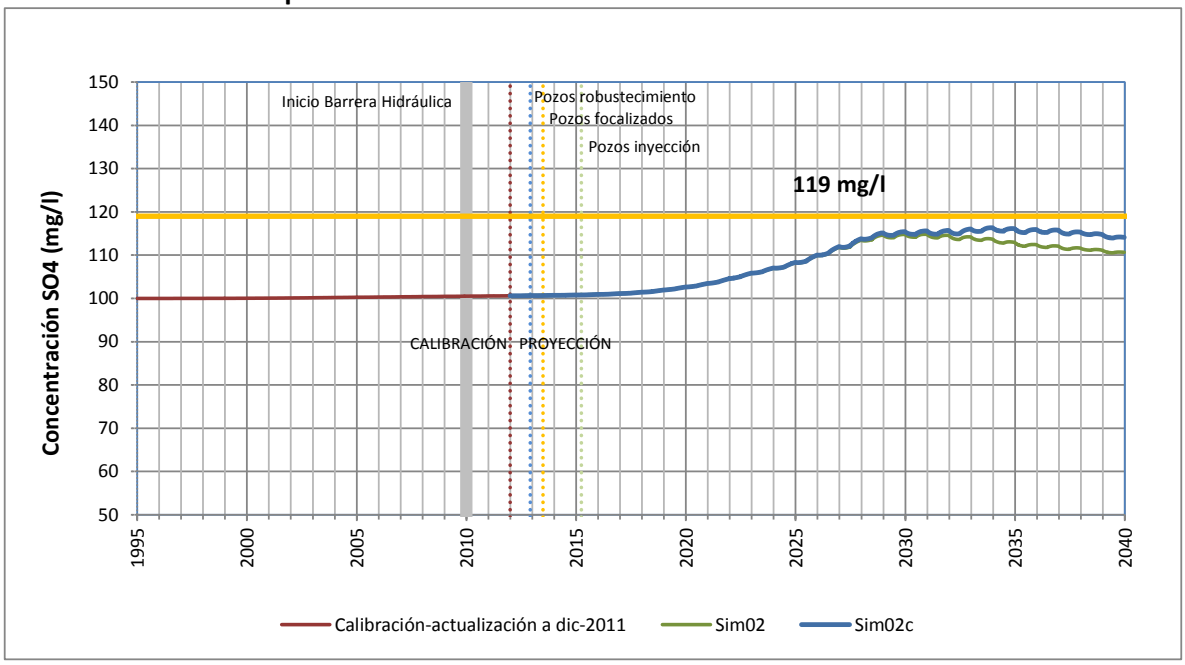
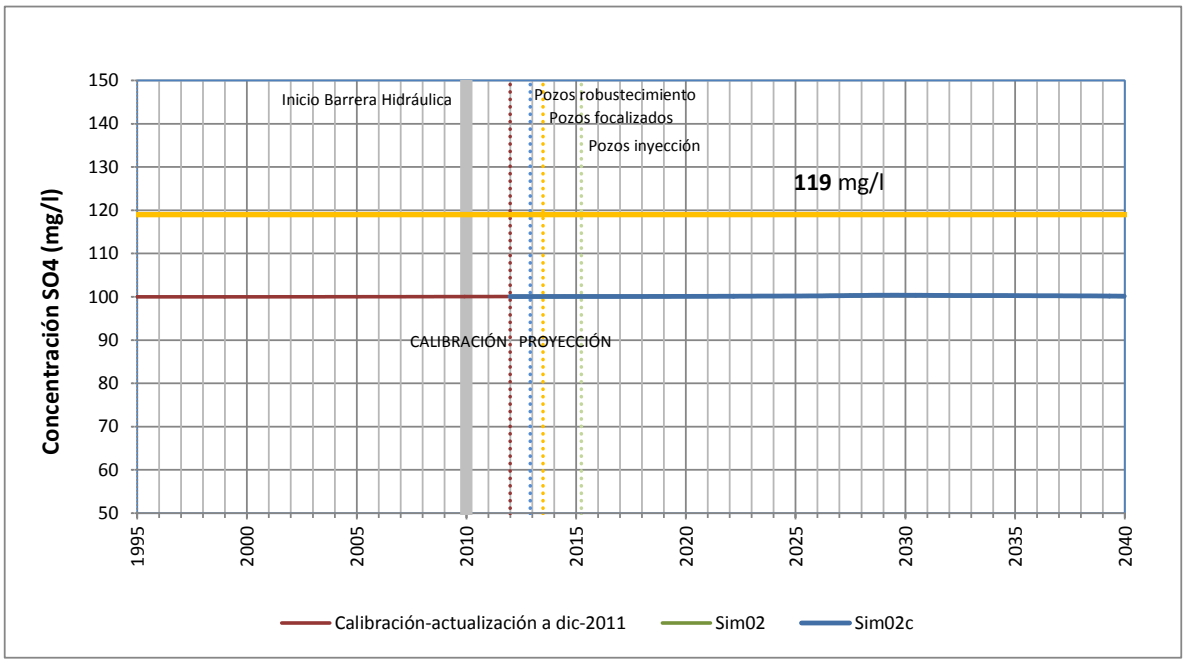


Figura 4.60
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huertos Familiares Sim 02c



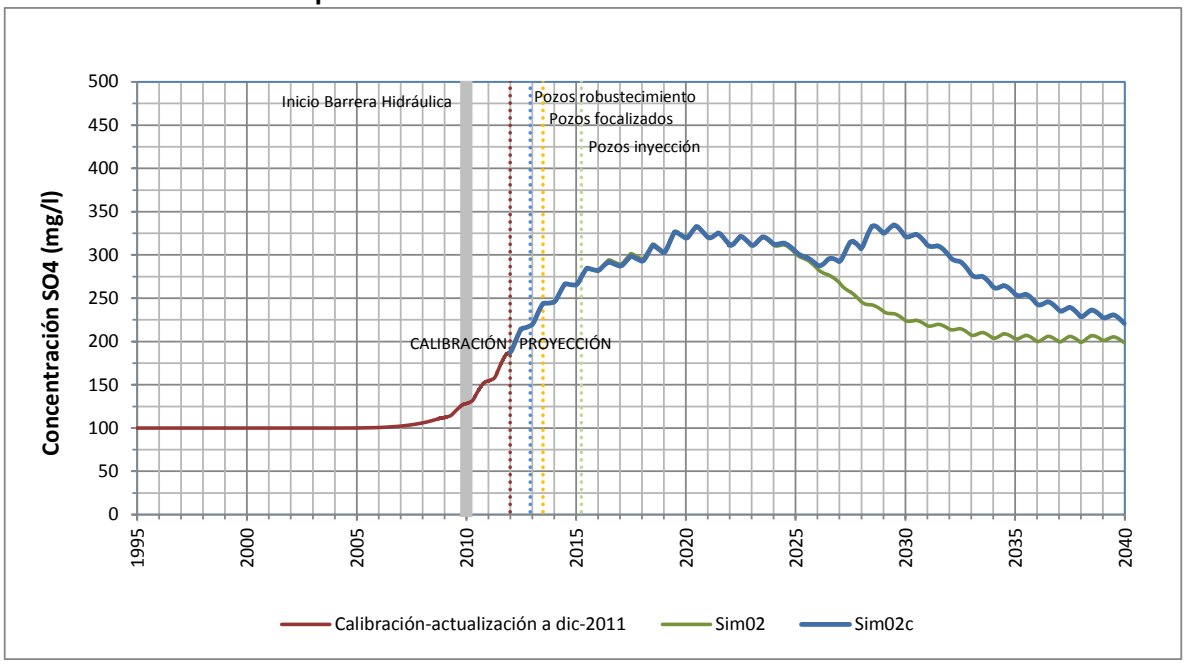
4.3.3.3.2 Pozos de la zona de Riego

Las Figuras 4.61 a 4.63 muestran la variación temporal de la concentración de sulfato en el sector inmediatamente agua abajo del muro de embalse Huechún. En la Figura 4.61, se aprecia que el pozo de observación PES-03 muestra la medida de disminuir las tasas de bombeo e inyección en Ovejería, producto de una restricción administrativa podría generar un aumento de las concentraciones de sulfato, lo que retrasa la recuperación de este pozo a niveles de 250 mg/L.

El pozo PES-01 muestra una situación similar al pozo PES-03, sin embargo, se aprecia, que producto de una restricción del bombeo e inyección temporal, bajo condición de sequía, se podría alcanzar un peak mayor de concentración de sulfato, que lo esperado bajo las medidas propuestas.

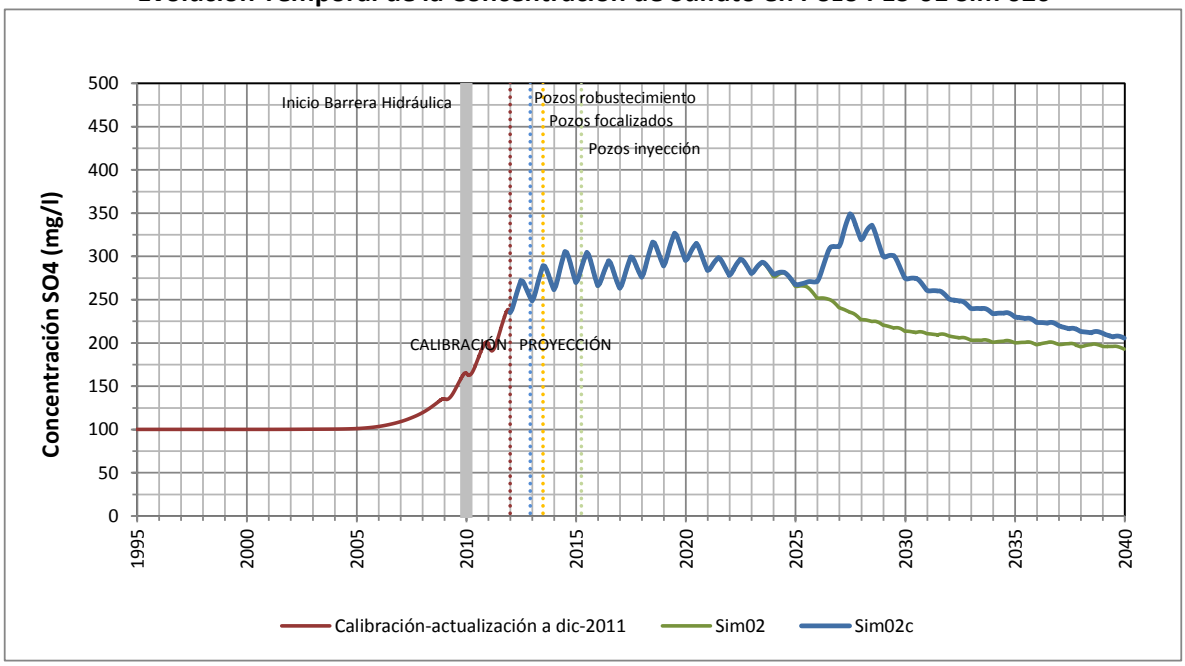
El pozo PES-04, que se muestra en la Figura 4.63, no muestra efectos significativos por bajo ese escenario y se mantiene siempre bajo 250 mg/L.

Figura 4.61
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-03 Sim 02c



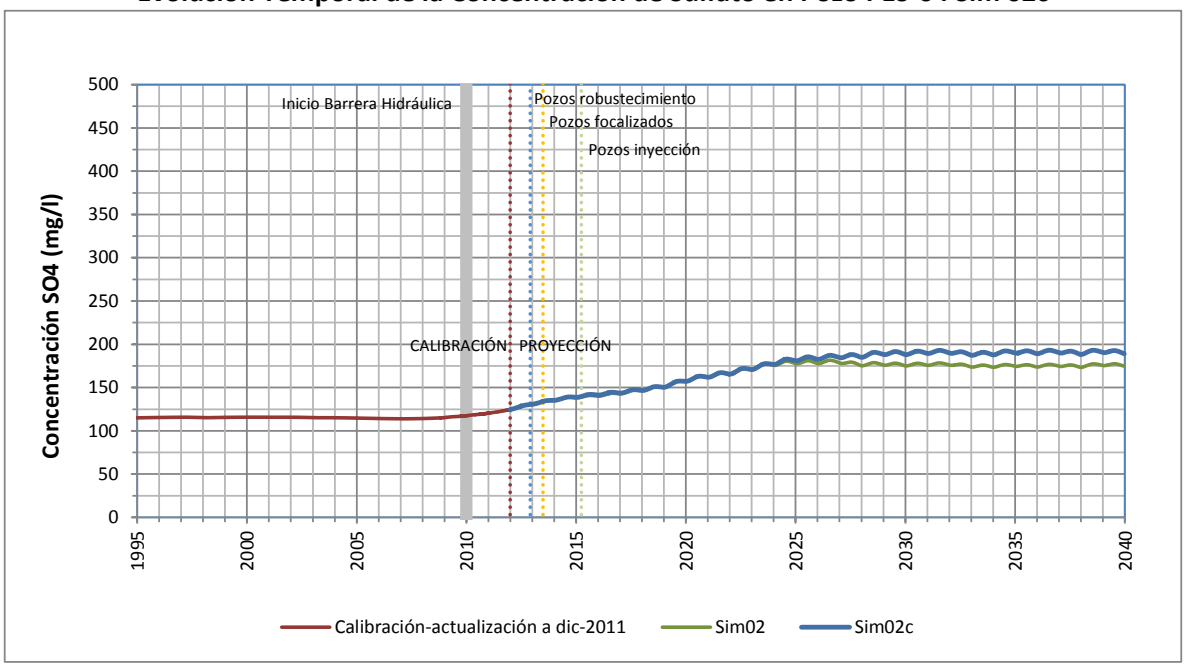
Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.62
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-01 Sim 02c



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.63
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-04 Sim 02c



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

4.3.4 Sensibilización calidad de la fuente de inyección. Concentración media de S04 200 mg/l (Sim 02d)

4.3.4.1 Aspectos Generales

En este escenario se realiza una sensibilidad sobre imponer un caudal de inyección en Ovejería de 66 L/s con una concentración de sulfato de 200 mg/L, e identificar el efecto de esta acción en las concentraciones resultantes, principalmente en los pozos de agua potable APR Santa Matilde y APR Punta Peuco.

En la Figura 4.64, puede apreciarse la proyección de la pluma de sulfato sobre el acuífero de Chacabuco Polpaico. En este caso, la proyección de la pluma al año 2040 no alcanza a los APR Santa Matilde y APR Punta Peuco.

Por otro lado, como se aprecia más adelante en la Figura 4.73, que muestra la serie de sulfatos en el APR Huechún, dicho APR no recibiría aguas infiltradas desde el tranque.

Figura 4.64
Pluma de Sulfato Escenario Sim 02d, Año 2040



4.3.4.2 Puntos Modelo Ovejería

En esta sección se muestra el resultado de la concentración de sulfato resultante en los pozos de la red DAND denominados G02, G03, G05, G06, G11, G12, PB3, PES02 y APR Huechún. Todos estos resultados se han obtenido del modelo de Ovejería, para la condición sobre imponer un caudal de inyección en Ovejería de 66 L/s con una concentración de sulfato de 200 mg/L.

En las Figuras 4.65 a 4.73 se observa la evolución de la concentración de sulfato en los puntos de interés, en que se aprecia que aquellos pozos que están en la dirección de la pluma, tales como G11, G12 y G05 presentan aumentos en la concentración de sulfato a valores máximos de 500 a 800 mg/L. Caso contrario, los pozos G02, G03, PES-02, PB3, G06, y APR Huechún, que se ubican en la dirección sur-este, no presentan mayores cambios en la calidad de agua.

El caso particular del pozo APR Huechún, que se muestra en Figura 4.73, se aprecia que no existe un aumento de la concentración de sulfato, debido a la presencia de una pluma. Esto se debe a las medidas de control de la barrera hidráulica actual, hacen que la pluma avance en la dirección del muro Huechún y no hacia el sur-este.

Figura 4.65
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G02 Sim 02d

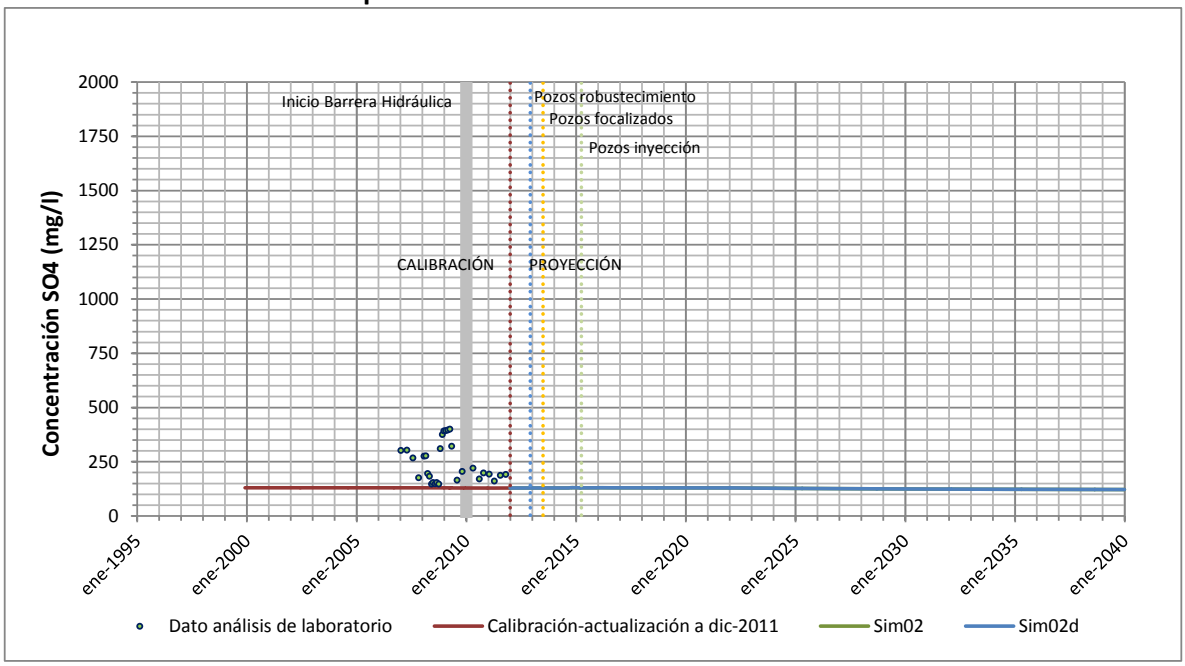


Figura 4.66
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G03 Sim 02d

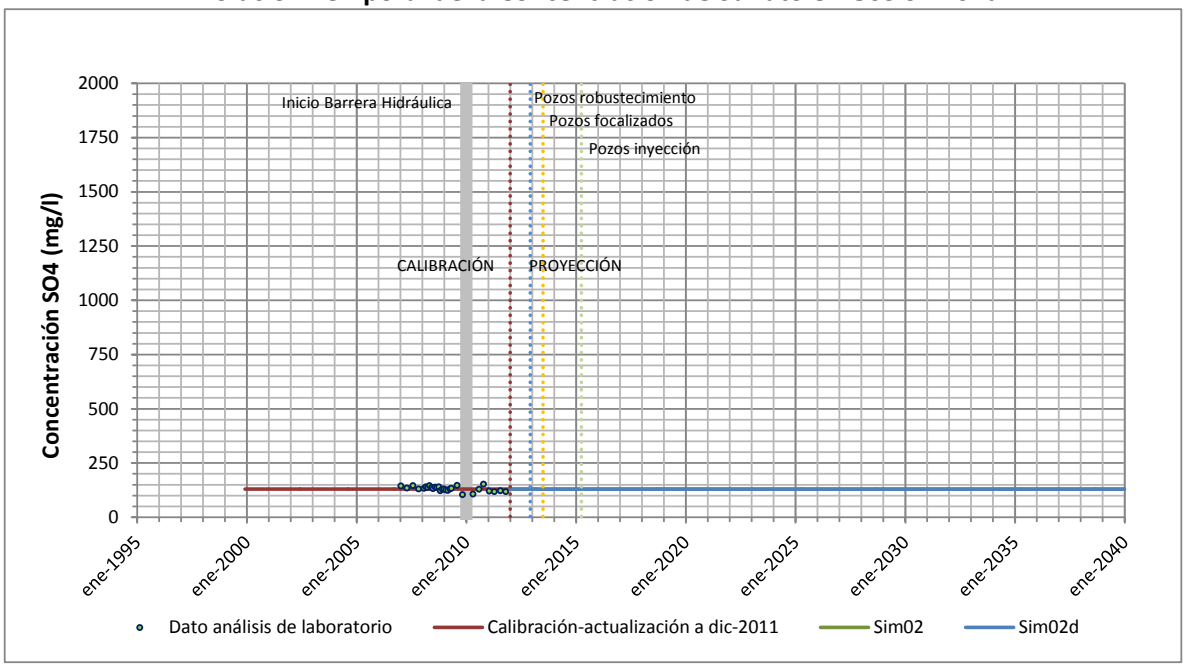


Figura 4.67
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G05 Sim 02d

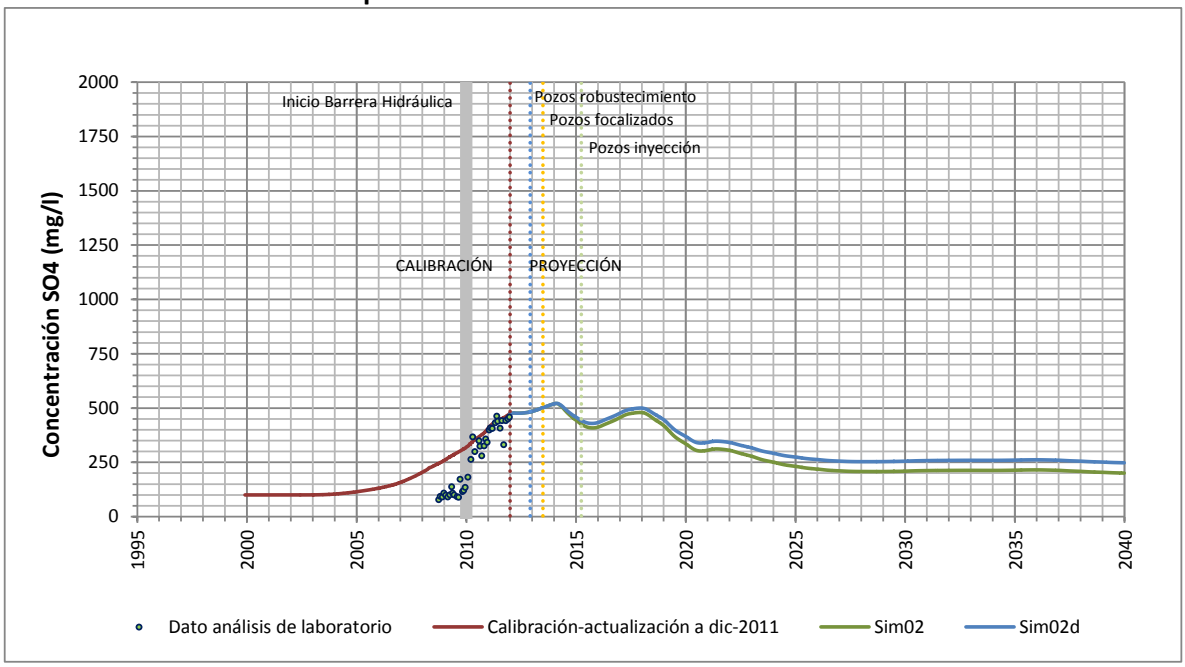


Figura 4.68
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G06 Sim 02d

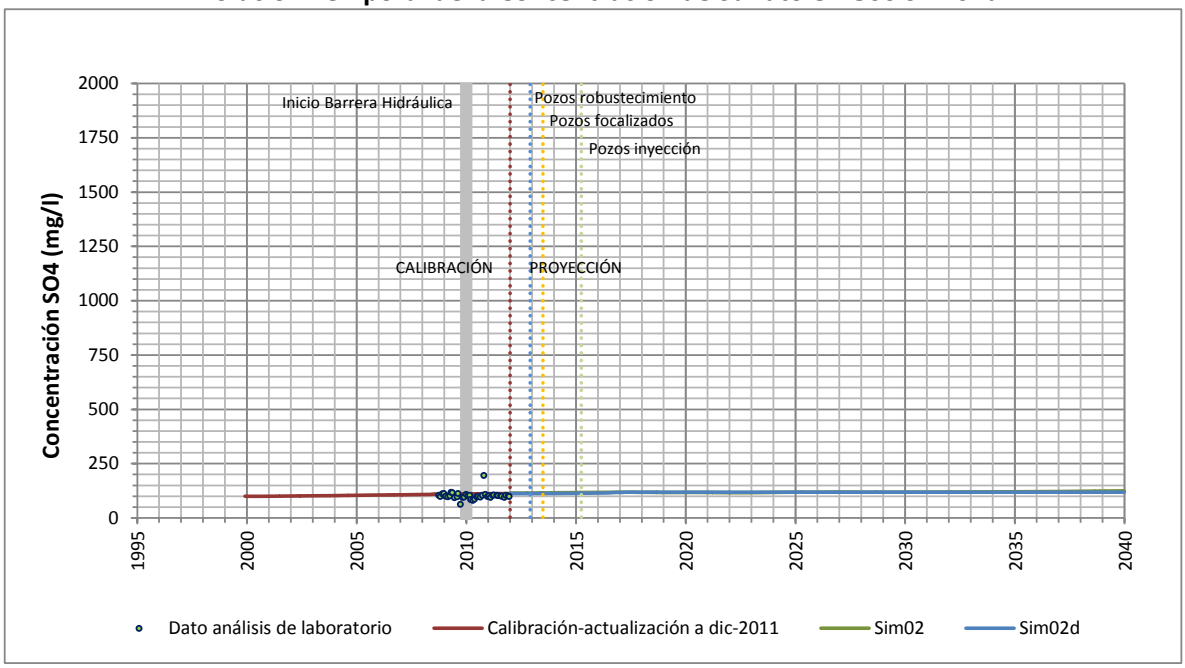


Figura 4.69
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G11 Sim 02d

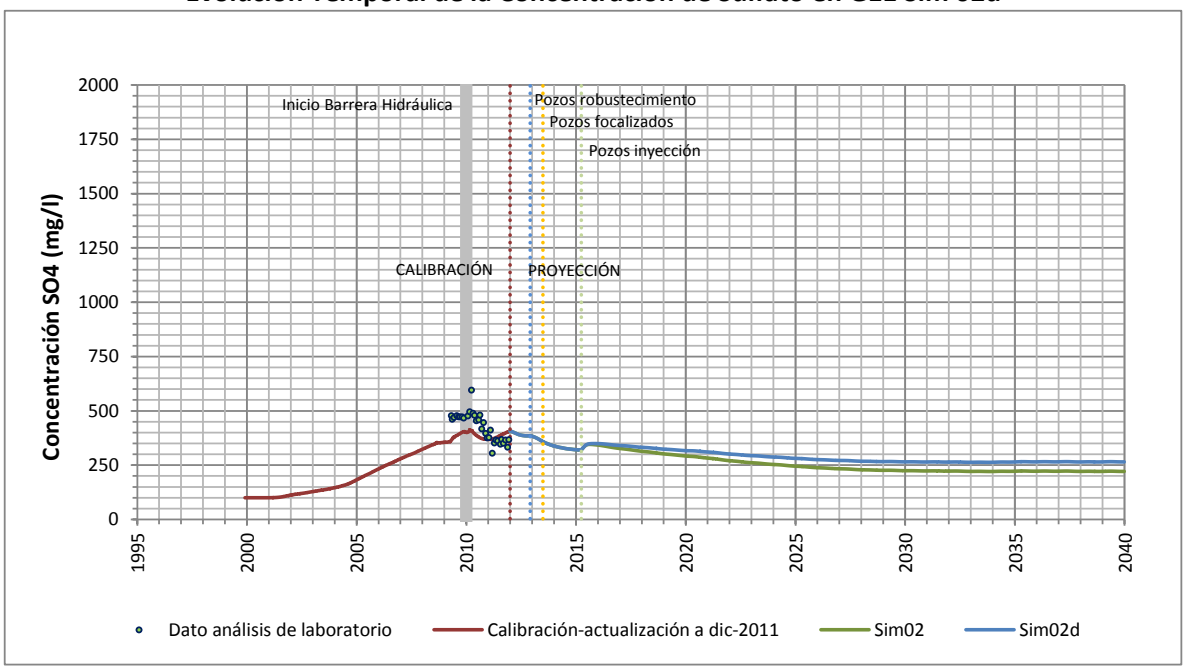


Figura 4.70
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G12 Sim 02d

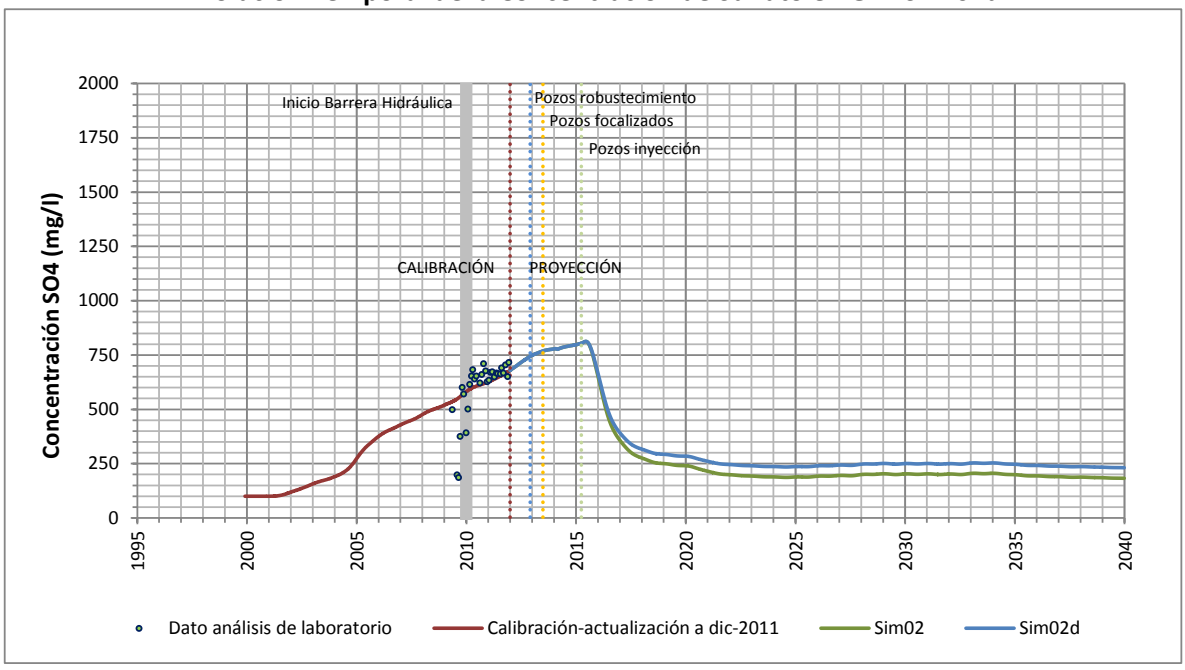


Figura 4.71
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en PB3 Sim 02d

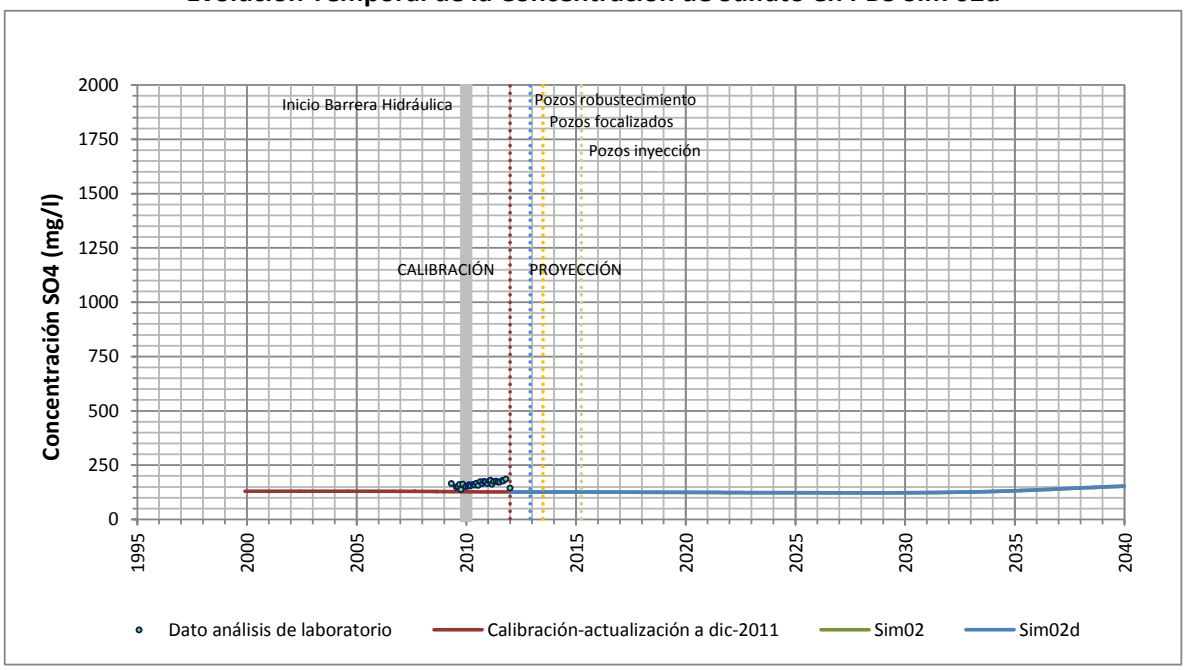
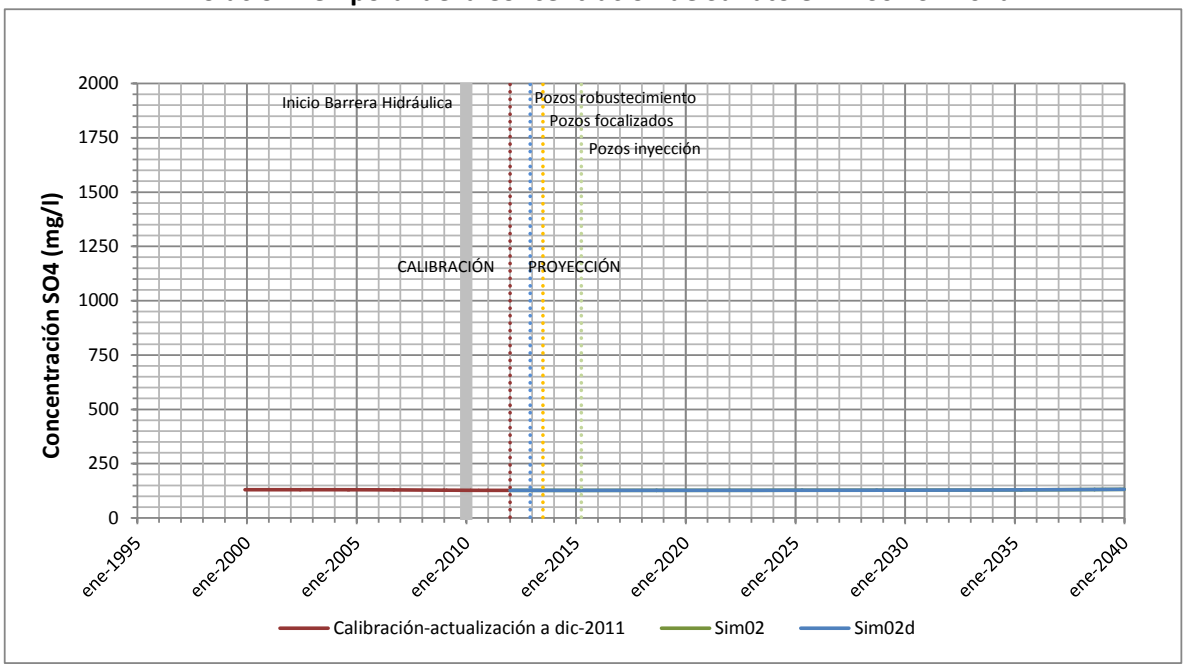
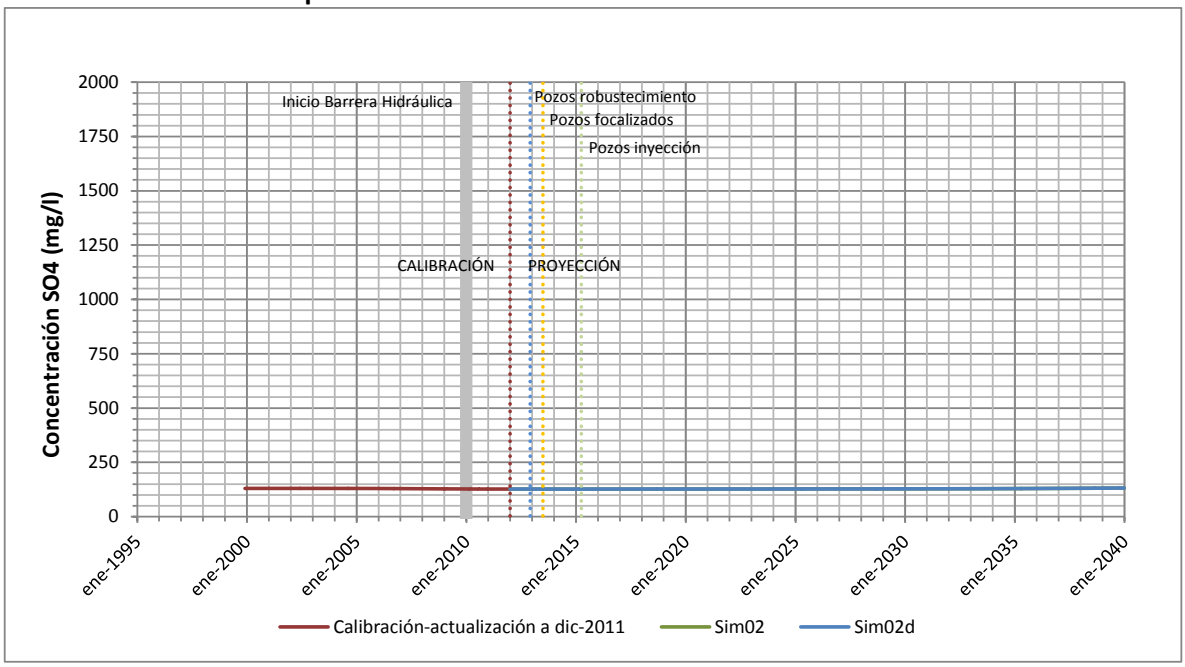


Figura 4.72
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en PES02 Sim 02d



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.73
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huechún Sim 02d



4.3.4.3 Puntos Modelo Ch-P

4.3.4.3.1 Pozos de agua potable APR

Las Figuras 4.74 a 4.76 muestran la evolución de la concentración de sulfato de los pozos de agua potable rural Santa Matilde, Punta Peuco y Huertos Familiares, considerando las medidas de control propuestas para las infiltraciones del tranque Ovejería, pero con una concentración de sulfato del caudal de inyección de 200 mg/L.

Los resultados muestran que las concentraciones de sulfato en los pozos APR se encuentran muy por debajo de la norma de agua potable para sulfatos, que es de 500 mg/L y también cumplen con el límite máximo de 119,0 mg/L que caracteriza la calidad natural del acuífero Chacabuco Polpaico. Es decir, bajo las medidas de control propuestas, se espera que los pozos APR se encuentren siempre bajo la condición de línea base.

Figura 4.74
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Santa Matilde Sim 02d

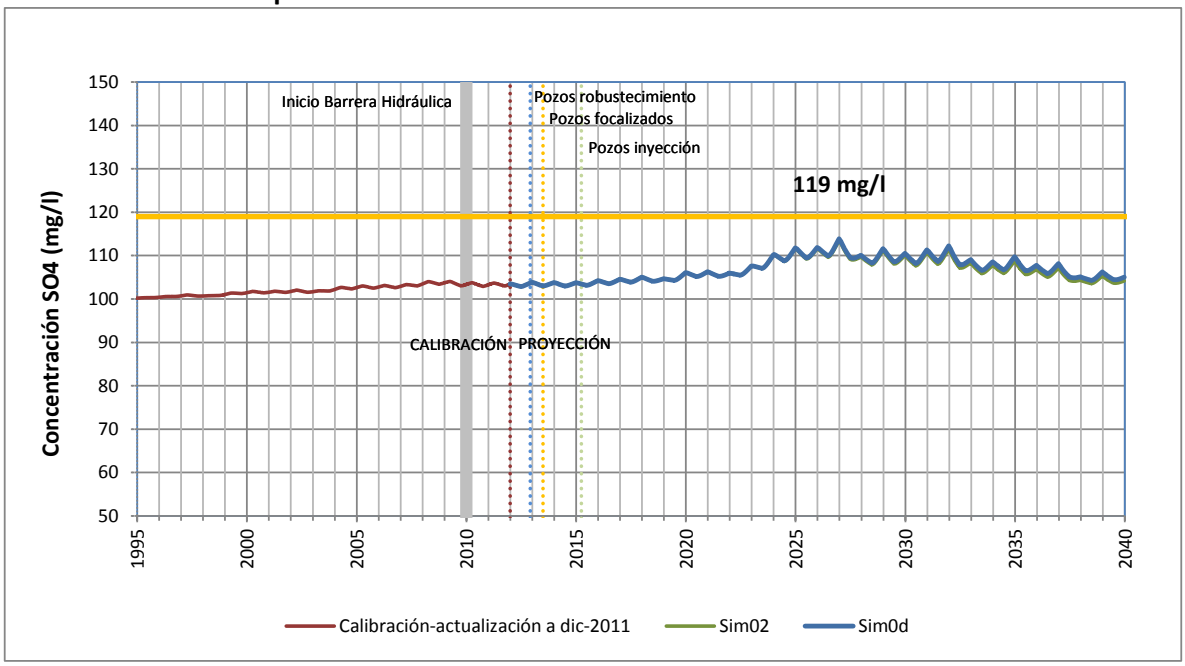


Figura 4.75
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Punta Peuco Sim 02d

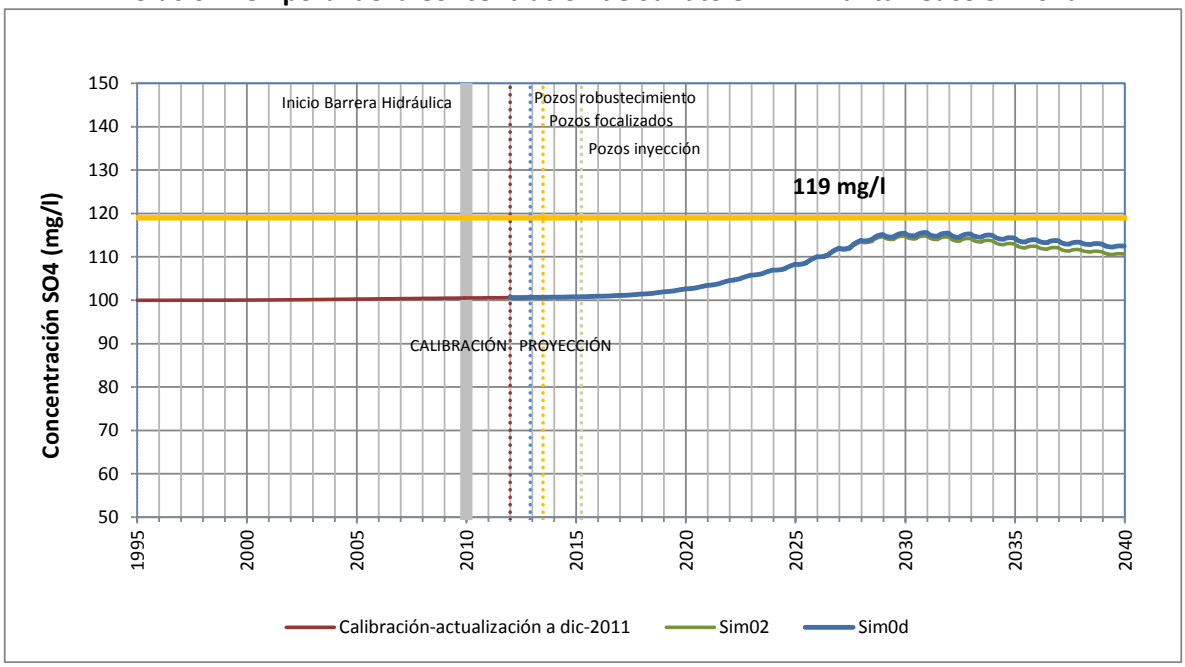
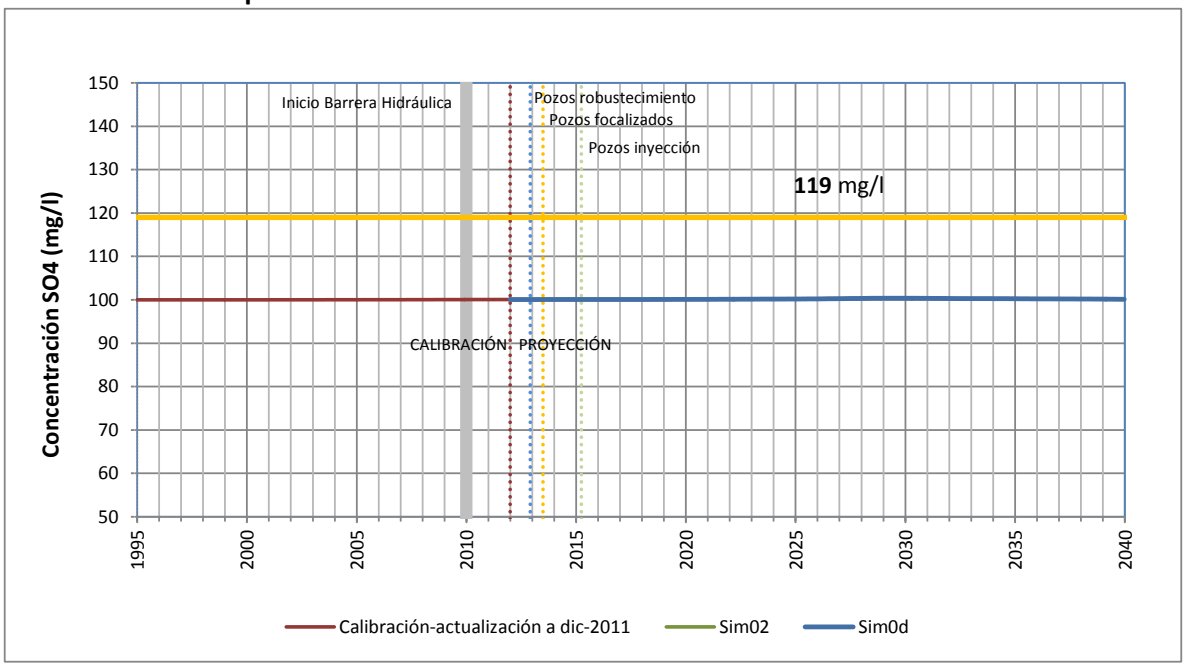


Figura 4.76
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huertos Familiares Sim 02d



4.3.4.3.2 Pozos de la zona de Riego

Las Figuras 4.77 a 4.79 muestran la variación temporal de la concentración de sulfato en el sector inmediatamente agua abajo del muro de embalse Huechún. En la Figura 4.77, se aprecia que el pozo de observación PES-03 muestra valores de concentración de sulfatos un poco mayores a la obtenida en Sim02, principalmente a partir del año 2020. A partir de 2025 la curva muestra una mejora gradual en el tiempo como consecuencia de las medias de control simuladas, alcanzando posterior 2030, concentraciones inferiores a 250 mg/L.

El pozo de monitoreo PES-01 que se muestra en la Figura 4.78, muestra una condición similar al pozo PES-03. A partir de 2025 se aprecia una mejora gradual de la concentración de sulfato en el tiempo como consecuencia de las medias de control simuladas, alcanzando posterior 2028, concentraciones inferiores a 250 mg/L.

El pozo PES-01, no es mayormente sensible al aumento de la concentración de inyección en Ovejería, manteniendo sus niveles de sulfato bajo los 250 mg/L

Figura 4.77
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-03 Sim 02d

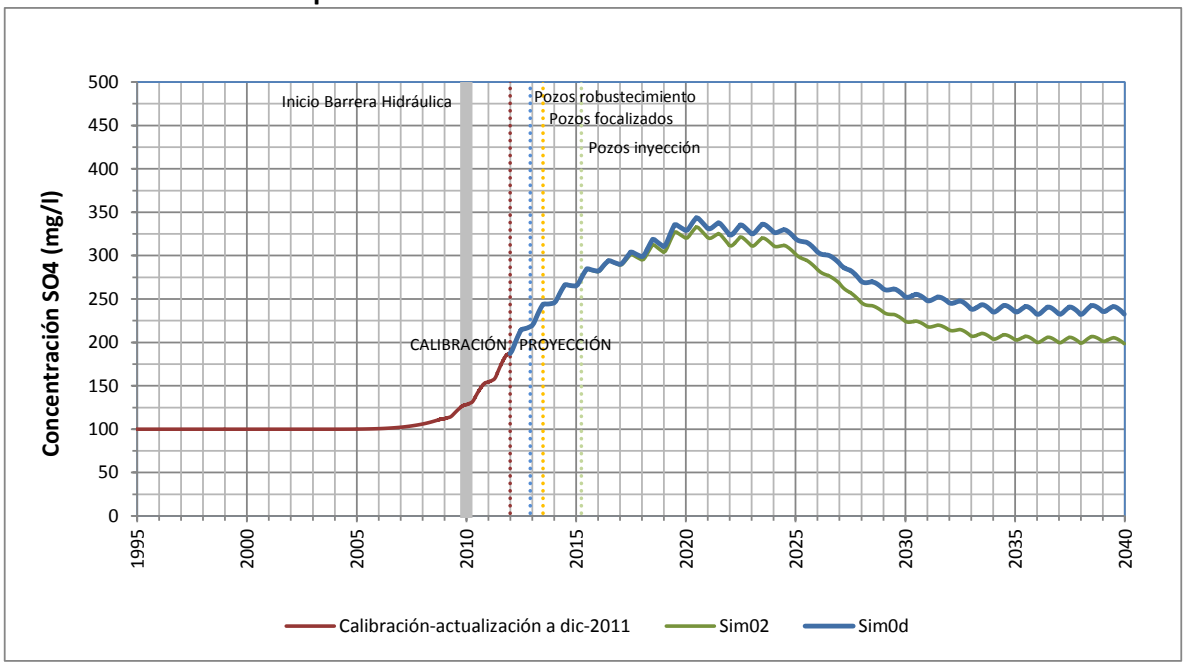


Figura 4.78
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-01 Sim 02d

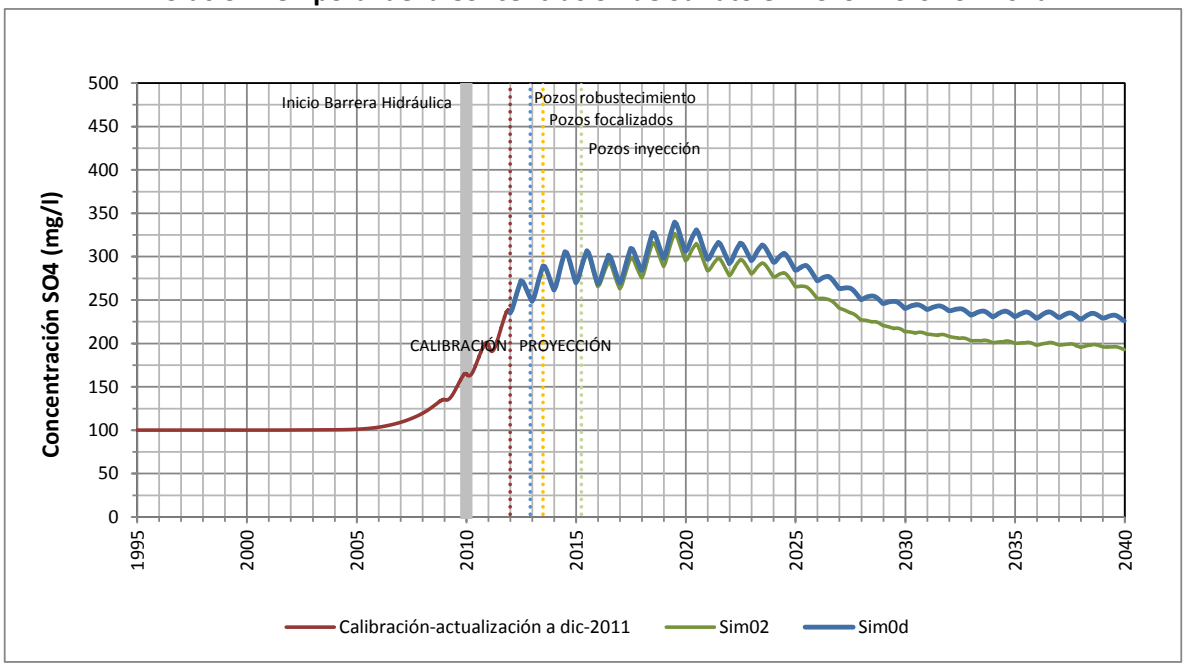
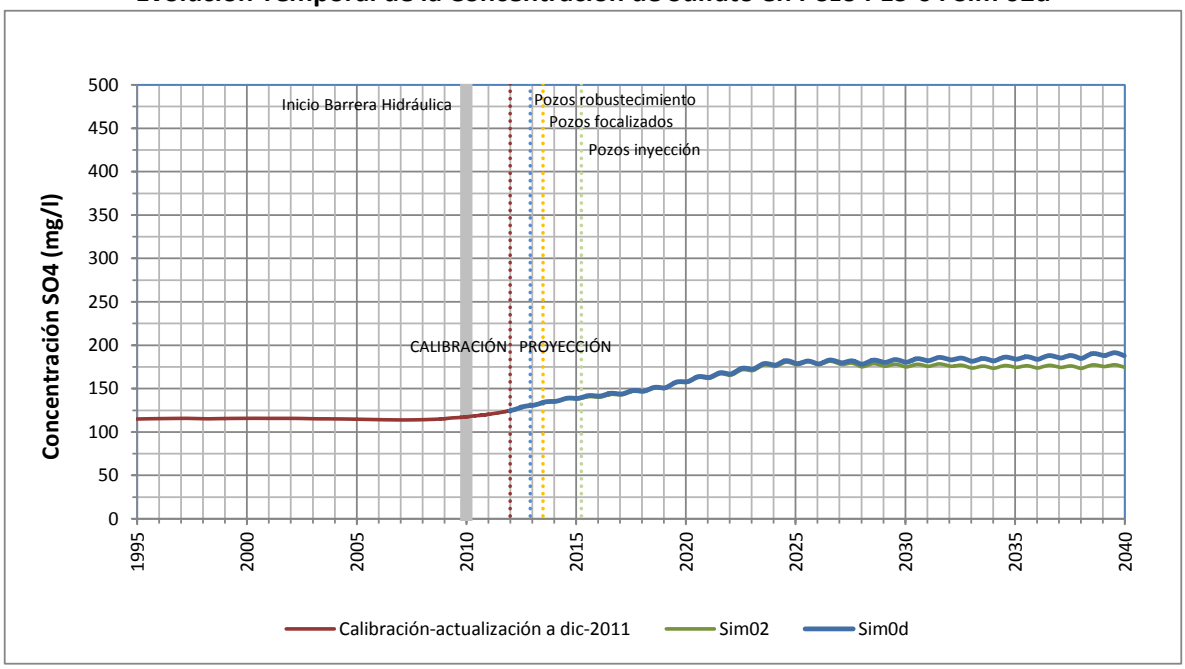


Figura 4.79
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-04 Sim 02d



4.3.5 Sensibilización comienzo medidas de control de infiltraciones del tranque Ovejería a partir del año 2014 (Sim 02e).

4.3.5.1 Aspectos Generales

En este escenario se realiza una sensibilidad de iniciar las medidas de control propuestas para las infiltraciones del tranque Ovejería a partir del año 2014, e identificar el efecto de esta acción en las concentraciones resultantes, principalmente en los pozos de agua potable APR Santa Matilde y APR Punta Peuco.

En la Figura 4.80, puede apreciarse la proyección de la pluma de sulfato sobre el acuífero de Chacabuco Polpaico. En este caso, la proyección de la pluma al año 2040 no alcanza a los APR Santa Matilde y APR Punta Peuco.

Figura 4.80
Pluma de Sulfato Escenario Sim 02e, Año 2040



4.3.5.2 Puntos Modelo Ovejería

En esta sección se muestra el resultado de la concentración de sulfato resultante en los pozos de la red DAND denominados G02, G03, G05, G06, G11, G12, PB3, PES02 y APR Huechún. Todos estos resultados se han obtenido del modelo de Ovejería, para la condición de inicio de las medidas de control propuestas para el control de las infiltraciones del tranque Ovejería a partir del año 2014.

En las Figuras 4.81 a 4.89 se observa la evolución de la concentración de sulfato en los puntos de interés, en que se aprecia que aquellos pozos que están en la dirección de la pluma, tales como G11, G12 y G05 presentan aumentos en la concentración de sulfato a valores máximos de 500 a 800 mg/L. Caso contrario, los pozos G02, G03, PES-02, PB3, G06, y APR Huechún, que se ubican en la dirección sur-este, no presentan mayores cambios en la calidad de agua.

El caso particular del pozo APR Huechún, que se muestra en Figura 4.89, se aprecia que no existe un aumento de la concentración de sulfato, debido a la presencia de una pluma. Esto se debe a las medidas de control de la barrera hidráulica actual, hacen que la pluma avance en la dirección del muro Huechún y no hacia el sur-este.

Figura 4.81
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G02 Sim 02e

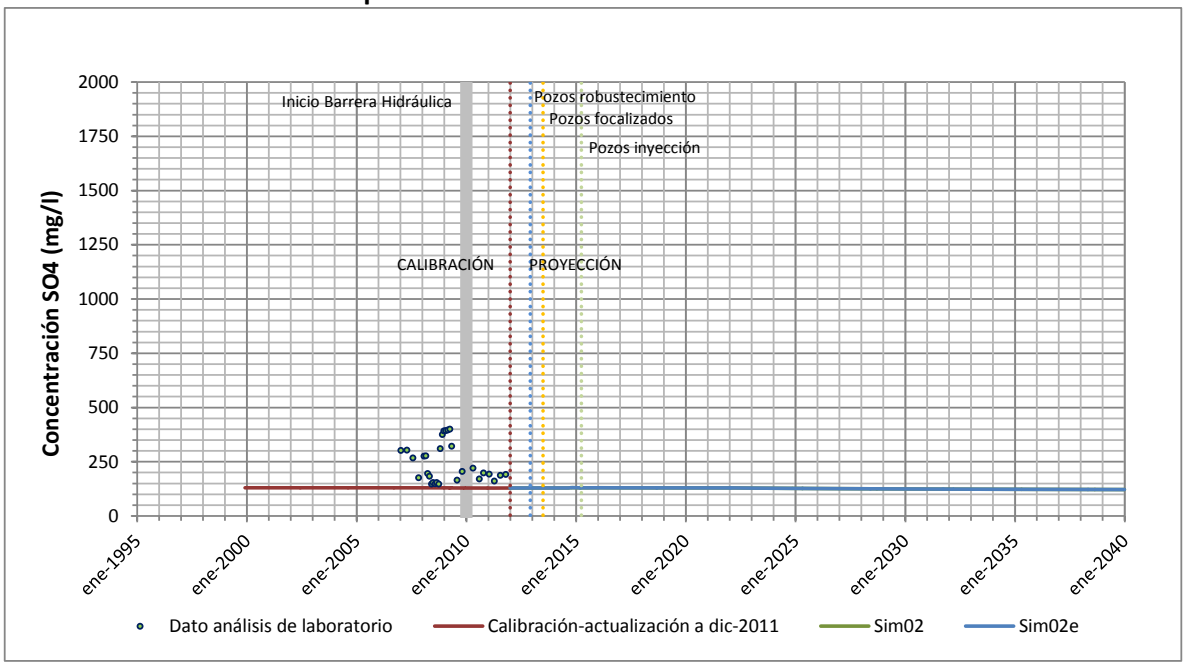


Figura 4.82
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G03 Sim 02e

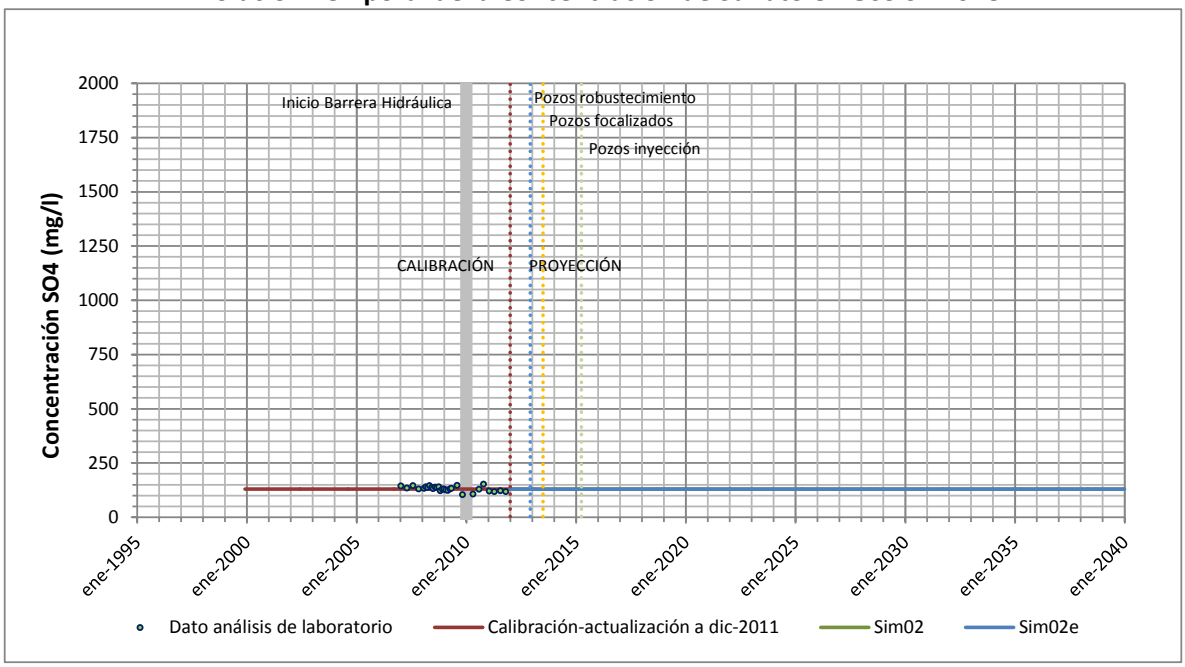


Figura 4.83
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G05 Sim 02e

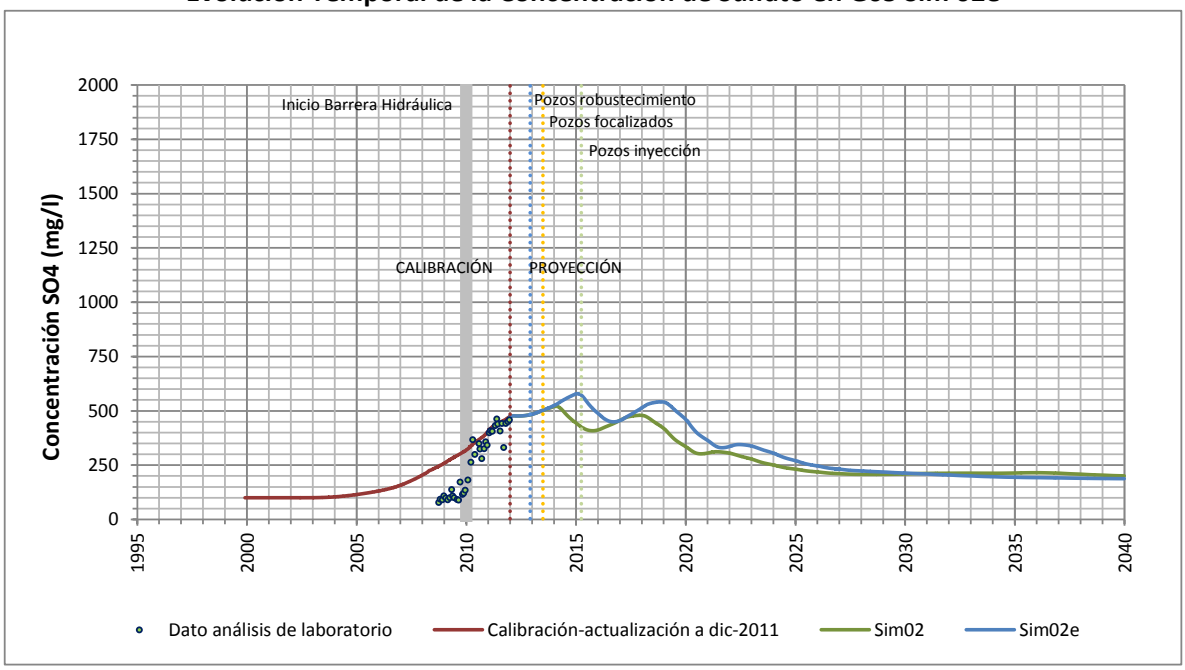


Figura 4.84
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G06 Sim 02e

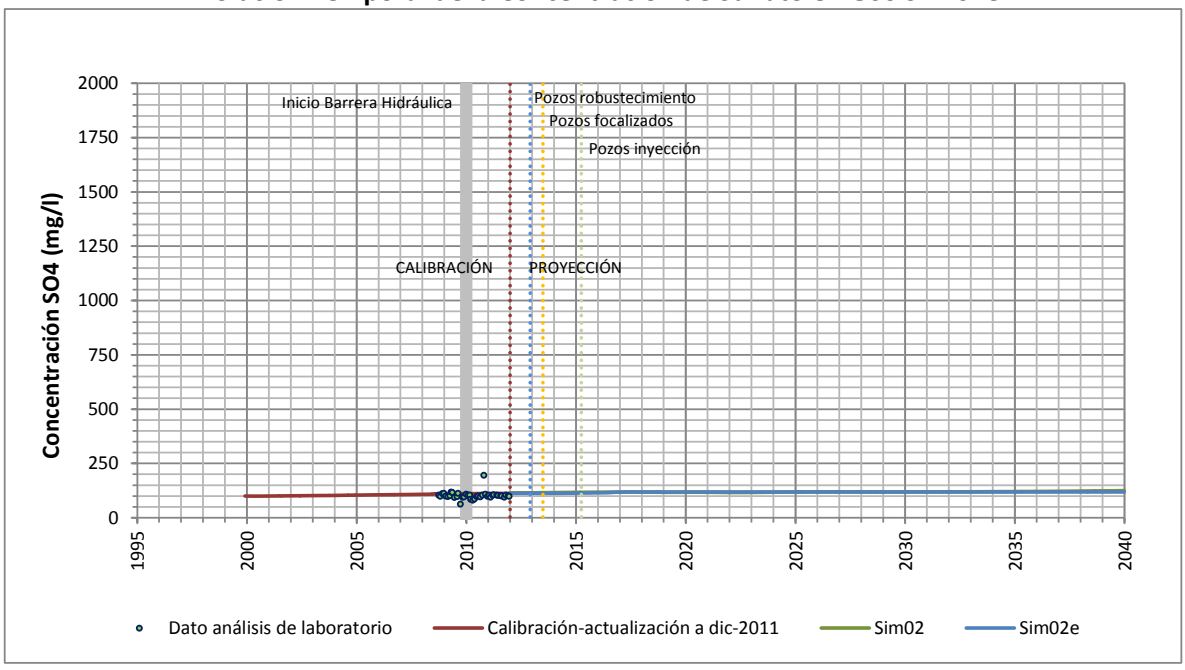


Figura 4.85
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G11 Sim 02e

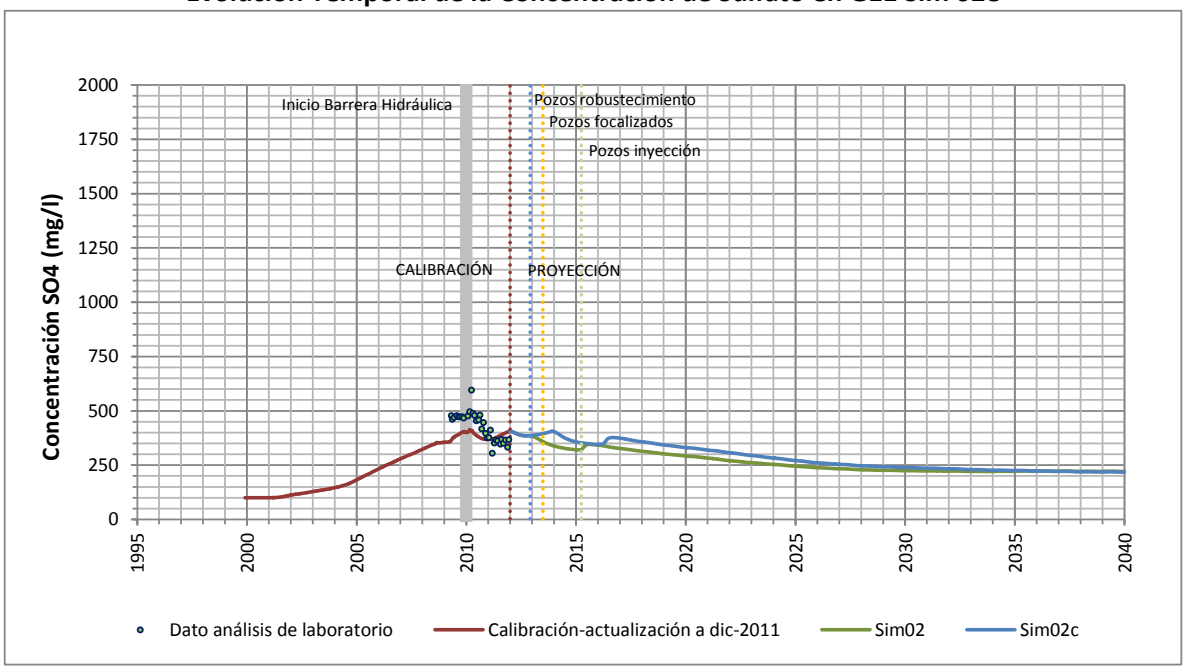


Figura 4.86
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G12 Sim 02e

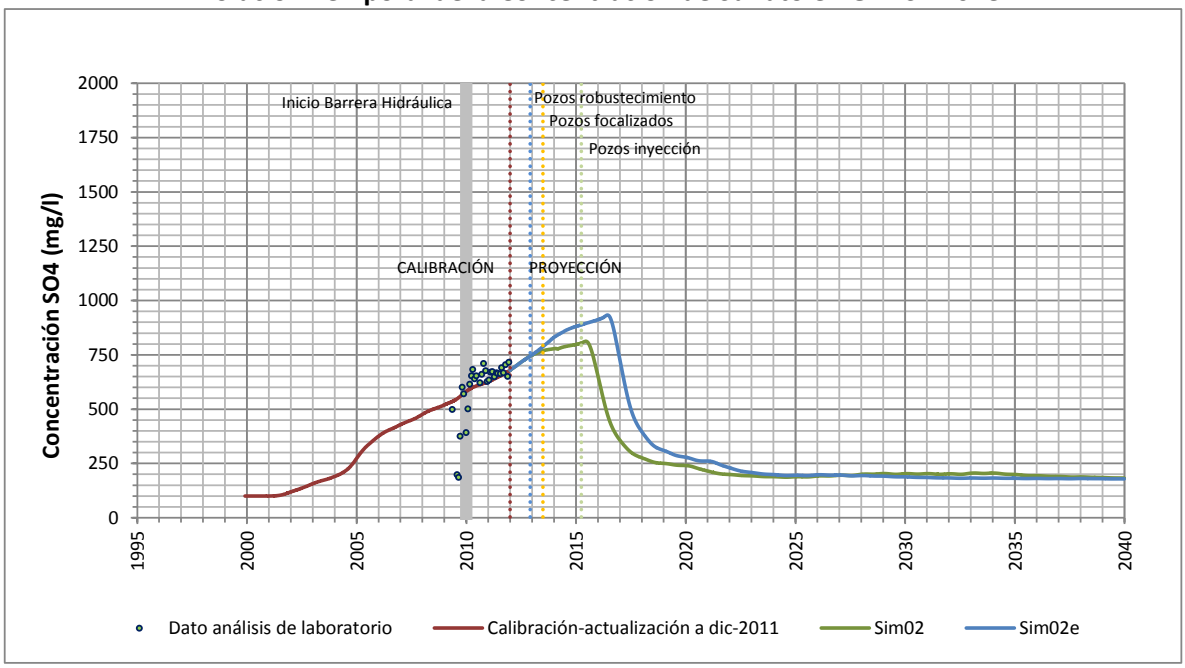


Figura 4.87
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en PB3 Sim 02e

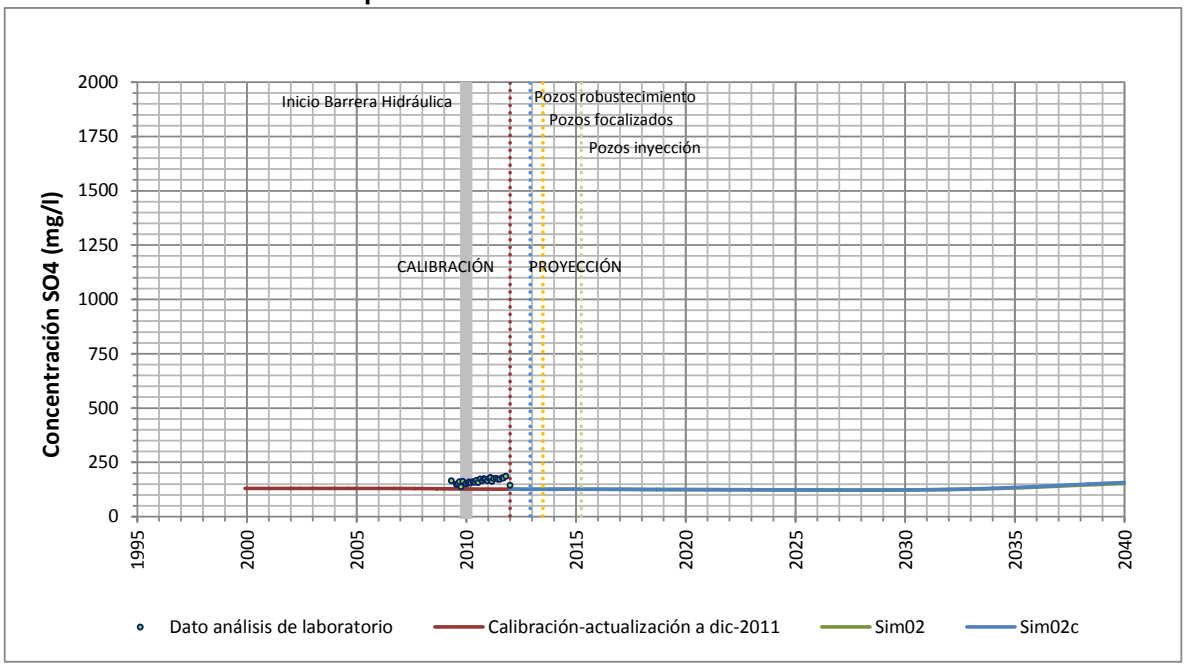
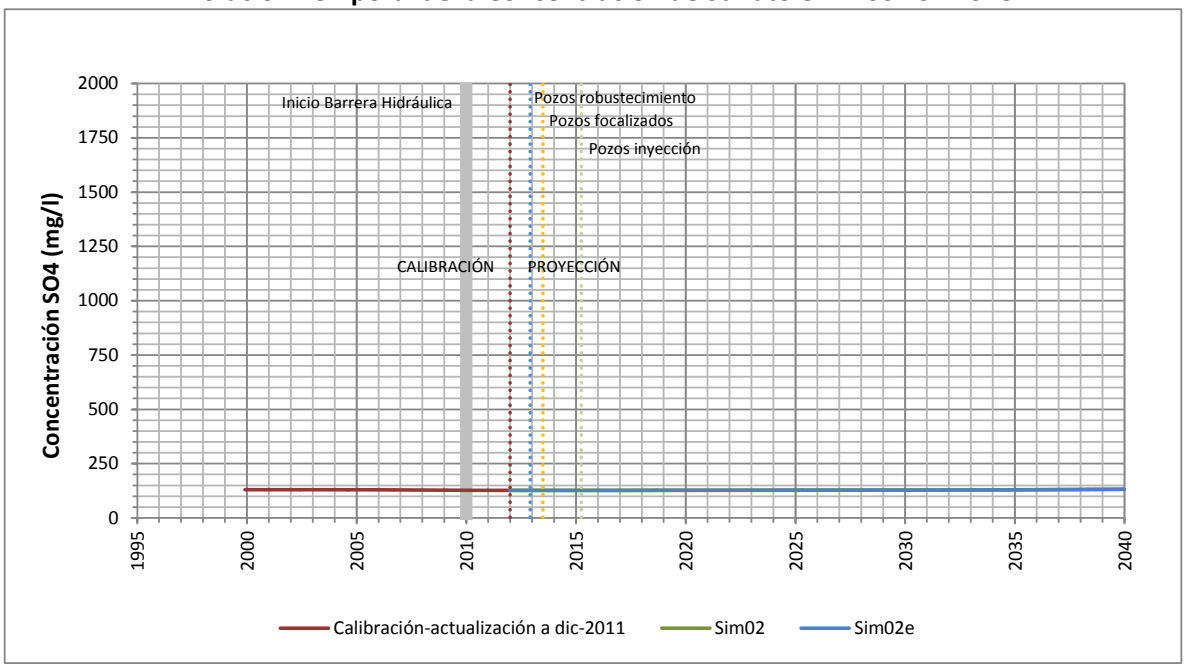
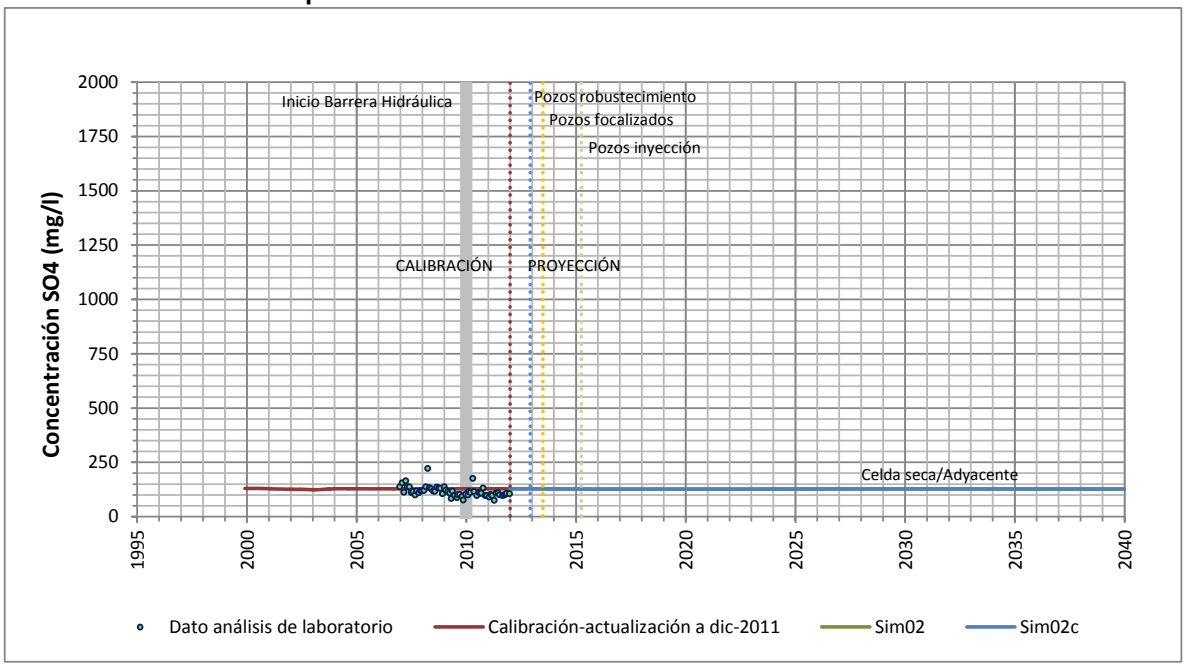


Figura 4.88
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en PES02 Sim 02e



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.89
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huechún Sim 02e



4.3.5.3 Puntos Modelo Ch-P

4.3.5.3.1 Pozos de agua potable APR

Las Figuras 4.90 a 4.92 muestran la evolución de la concentración de sulfato de los pozos de agua potable rural Santa Matilde, Punta Peuco y Huertos Familiares, considerando que las medidas propuestas para el control de las infiltraciones del tranque Ovejería se implementan a contar del año 2014.

Los resultados muestran que las concentraciones de sulfato en los pozos APR se encuentran muy por debajo de la norma de agua potable para sulfatos, que es de 500 mg/L y también cumplen con el límite máximo de 119,0 mg/L que caracteriza la calidad natural del acuífero Chacabuco Polpaico. Es decir, bajo las medidas de control propuestas y un retraso en la implementación de las medidas, se espera que los pozos APR se encuentren siempre bajo la condición de línea base.

Figura 4.90
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Santa Matilde Sim 02e

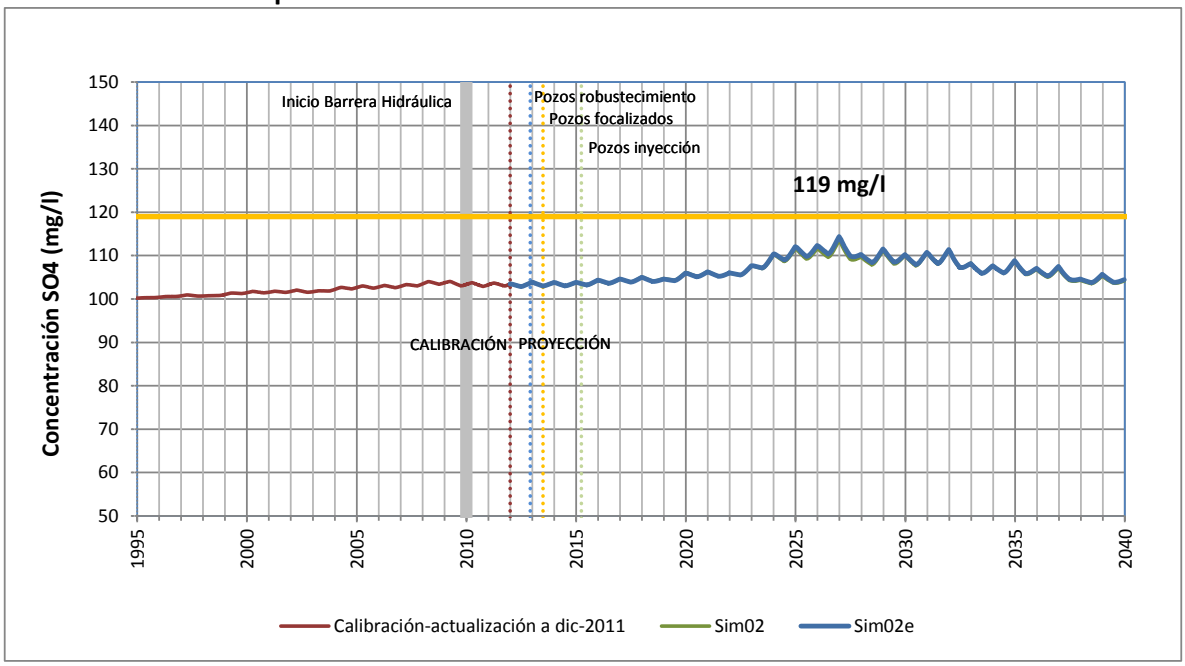


Figura 4.91
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Punta Peuco Sim 02e

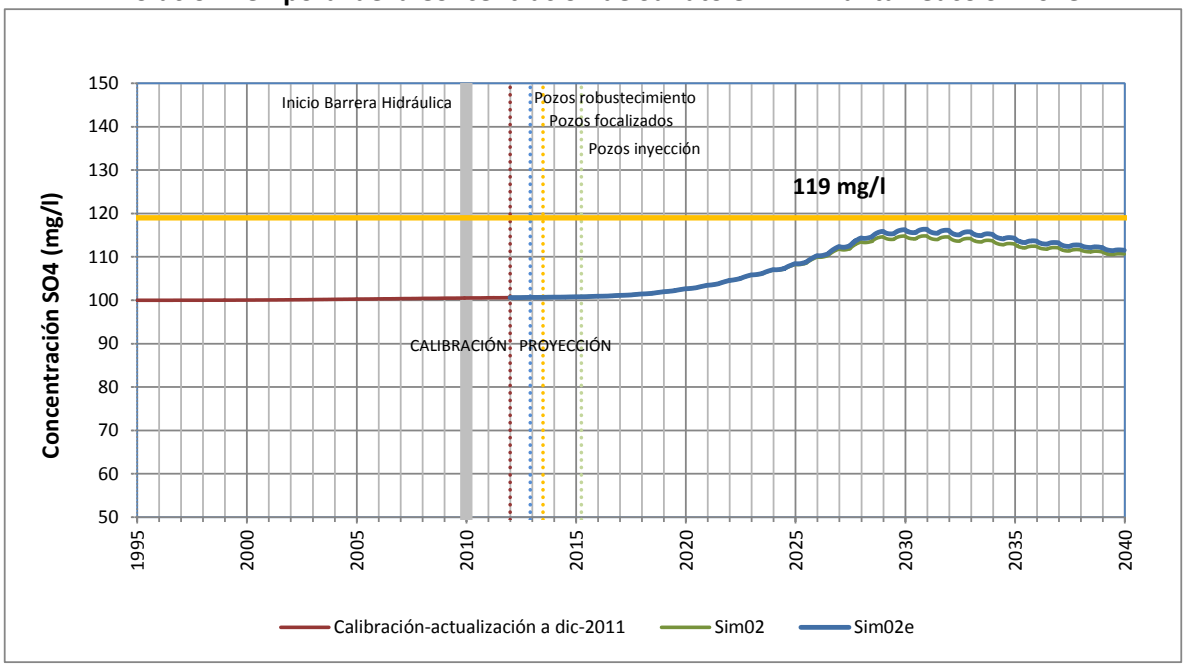
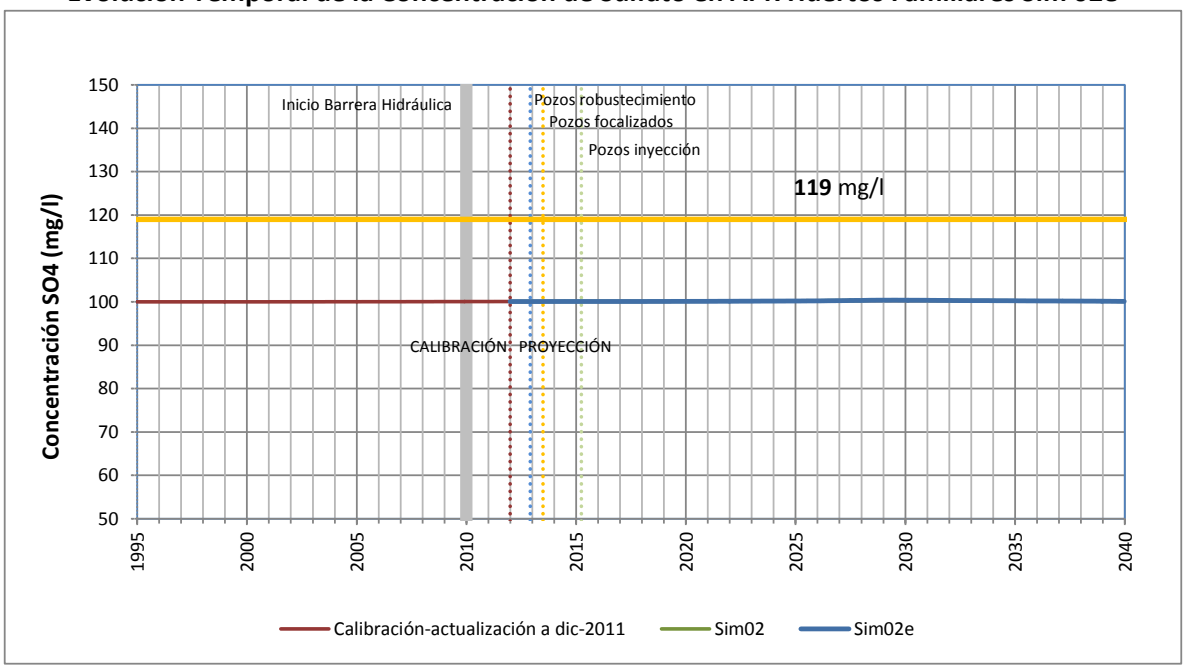


Figura 4.92
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huertos Familiares Sim 02e



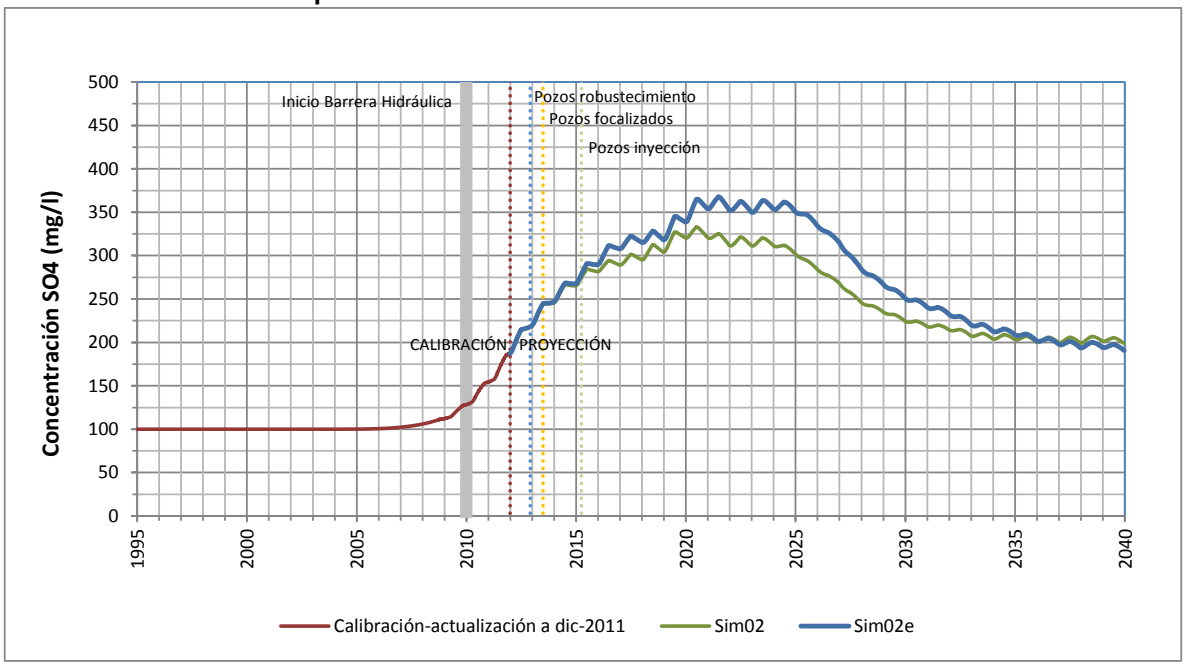
4.3.5.3.2 Pozos de la zona de Riego

Las Figuras 4.93 a 4.95 muestran la variación temporal de la concentración de sulfato en el sector inmediatamente agua abajo del muro de embalse Huechún, bajo la condición de implementar las medidas de control a partir del 2014. En la Figura 4.93, se observa que el pozo de observación PES-03 que si bien en el largo plazo (2040), se logra reducir la concentración de sulfato a los niveles de Sim02, este pozo presenta valores concetración de sulfato mayores a los alcanzados en la condición Sim02, superando los 350 mg/L.

Respecto del pozo de monitoreo PES-01 que se muestra en la Figura 4.94, se aprecia una situación similar a la descrita para el PES-03, alcanzando valores de concentración mayores al escenario Sim02, sin embargo el año 2028, presentaría valores menores a 250 mg/L de sulfato

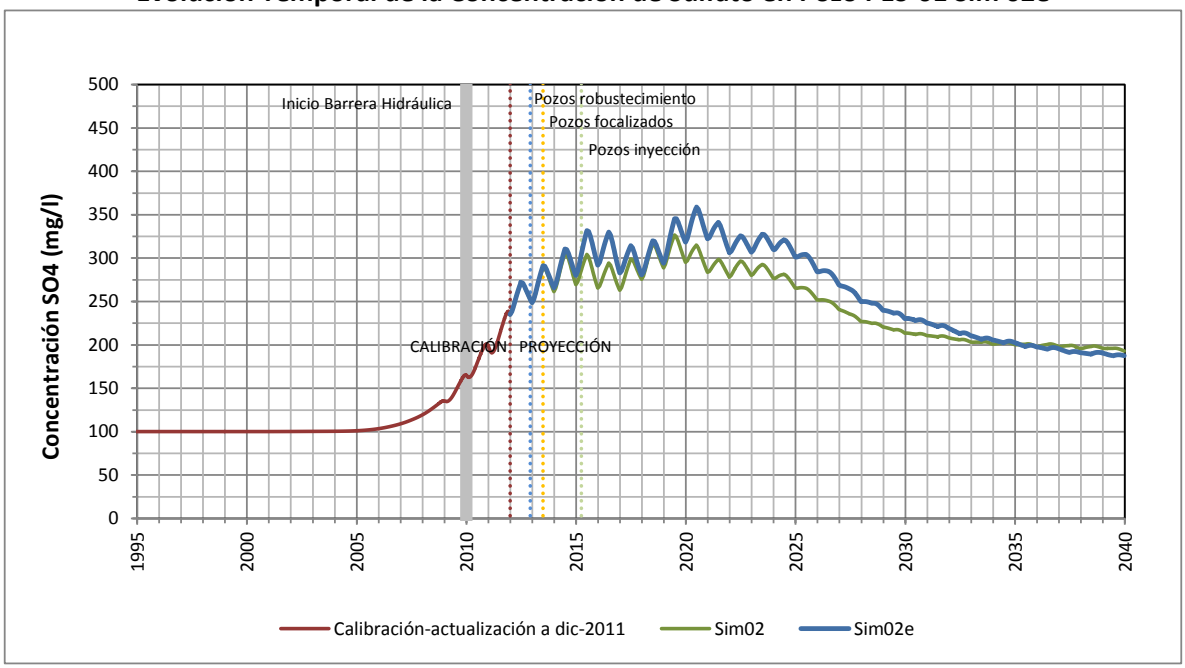
El pozo PES-04 no presenta mayores efectos producto del retraso de la implementación de las medidas, presentando valores inferiores a 250 mg/L durante toda la simulación.

Figura 4.93
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-03 Sim 02e



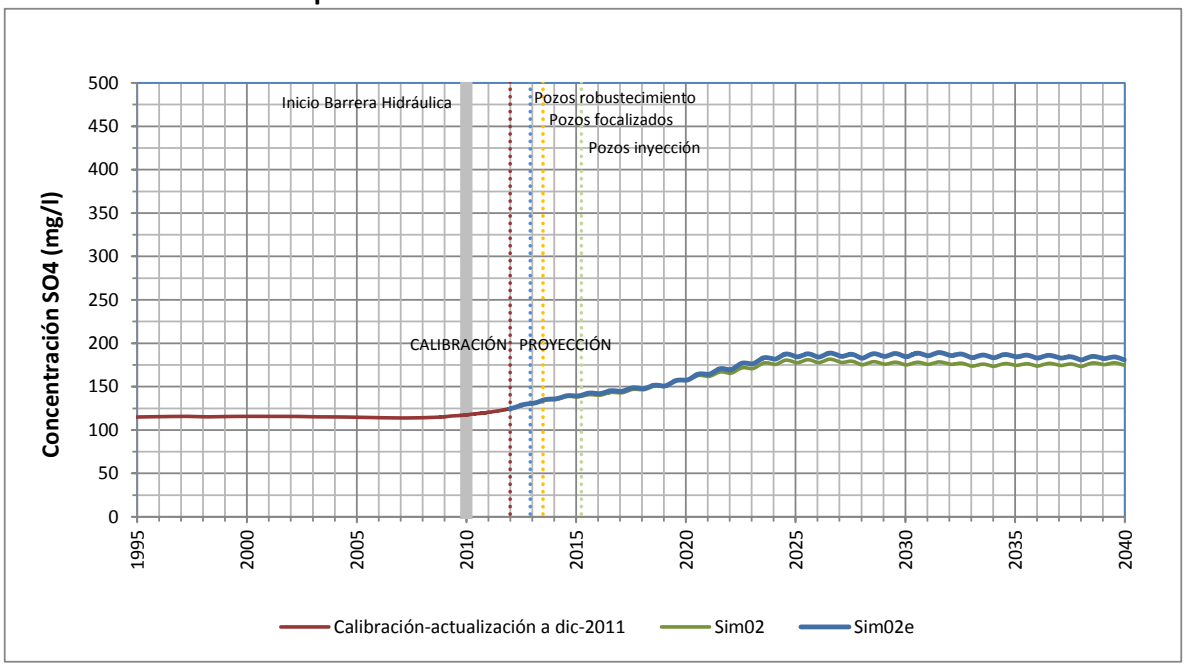
Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.94
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-01 Sim 02e



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.95
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-04 Sim 02e



4.4 Propuesta actualizada de medidas de control de infiltraciones del Tranque Ovejería (Sim 03)

4.4.1 Aspectos Generales

En esta sección se muestran los resultados del escenario Sim03, en que se analiza el efecto de las medidas de control actualizadas propuestas para la filtración de sulfato desde el tranque de relaves de Ovejería para la evaluación 25 Quinquies. El análisis se realiza en los puntos de control identificados en el acuífero de Ovejería y en el acuífero Chacabuco Polpaico. Entre los principales puntos de control se distinguen, los pozos de agua potable APR Huechún, APR Santa Matilde, APR Punta Peuco y APR Huertos Familiares, así como pozos de riego inmediatamente aguas abajo de Ovejería.

La Figura 4.96 muestra la extensión de la pluma de sulfato en el acuífero de Chacabuco Polpaico al año 2040 con las medidas actualizadas propuestas para el control de las infiltraciones. En este caso, se puede apreciar que la proyección de la pluma no alcanza los pozos ARR Santa Matilde y APR Punta Peuco.

Por otro lado, como se aprecia más adelante en la Figura 4.105, que muestra la serie de sulfatos en el APR Huechún, dicho pozo tampoco recibiría aguas infiltradas desde el tranque.

Finalmente, los resultados de la evolución de la concentración de sulfato de la simulación Sim 03 indican que el conjunto de medidas de control de infiltraciones evaluadas a través de este escenario permiten que las concentraciones simuladas en los puntos de control para activación de medidas del PAT HCH estén siempre por debajo de los umbrales indicados en la Tabla 4.2 del Anexo B, lo cual se aprecia en detalle en las Figuras 1 a 8 del Apéndice H2.

Figura 4.96

Pluma de Sulfato Escenario Sim 03, Año 2040



4.4.2 Puntos Modelo Ovejería

En esta sección se muestra el resultado de la concentración de sulfato resultante en los pozos de la red DAND denominados G02, G03, G05, G06, G11, G12, PB3, PES02 y APR Huechún. Todos estos resultados se han obtenido del modelo de Ovejería, para la condición de operación que incorpora las medidas de control actualizadas propuestas para las infiltraciones del tranque Ovejería.

En las Figuras 4.97 a 4.105 se observa la evolución de la concentración de sulfato en los puntos de interés, en que se aprecia que aquellos pozos que están en la dirección de la pluma, tales como G11, G12 y G05 presentan aumentos en la concentración de sulfato a valores de 500 a 1,000 mg/L. Caso contrario, los pozos G02, G03, PES-02, PB3, G06, y APR Huechún, que se ubican en la dirección sur-este, no presentan mayores cambios en la calidad de agua.

El caso particular del pozo APR Huechún, que se muestra en Figura 4.105, se aprecia que no existe un aumento de la concentración de sulfato, debido a la presencia de una pluma. Esto se debe a las medidas de control de la barrera hidráulica actual, hacen que la pluma avance en la dirección del muro Huechún y no hacia el sur-este.

Figura 4.97
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G02 Sim 03

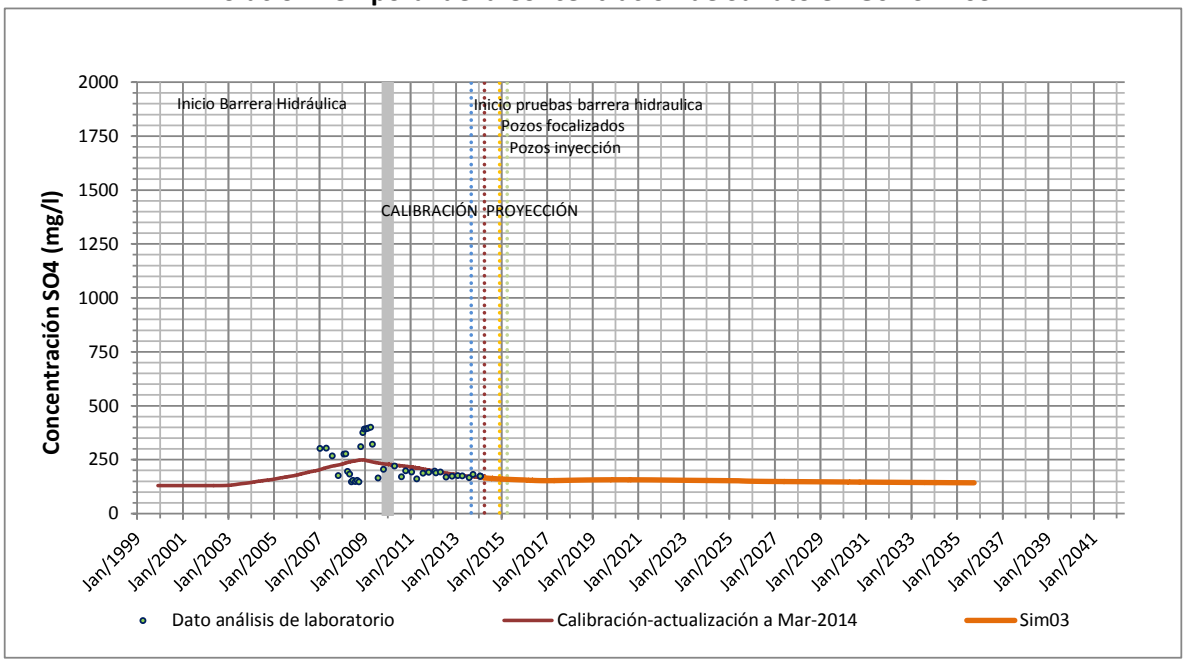


Figura 4.98
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G03 Sim 03

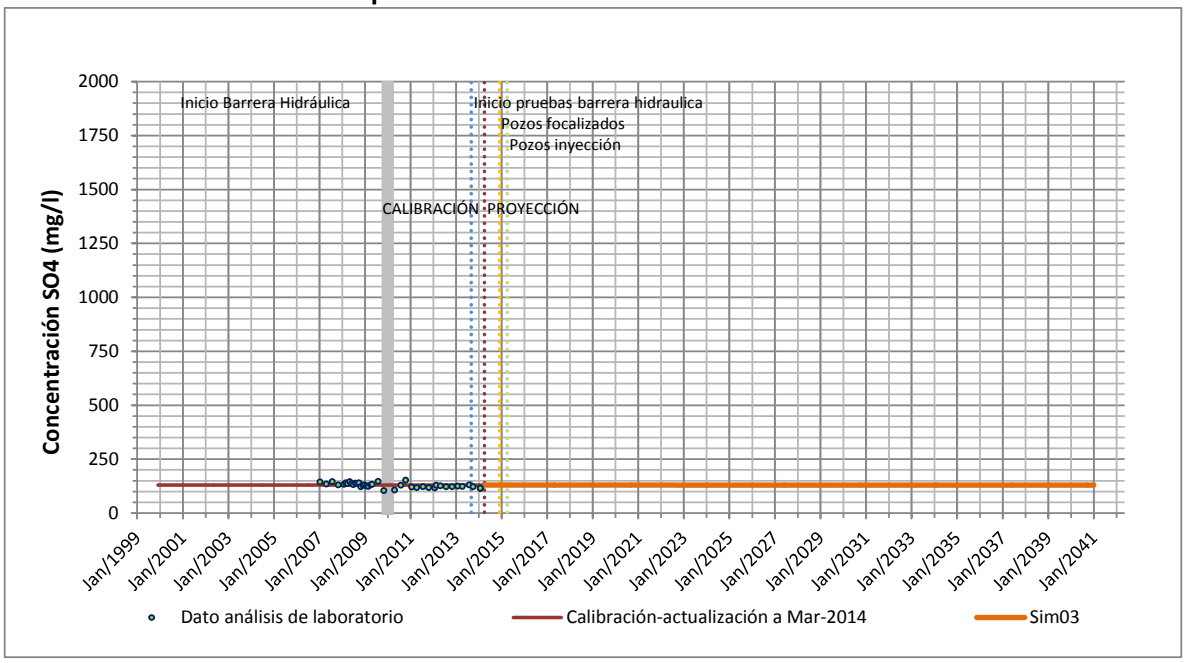


Figura 4.99
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G05 Sim 03

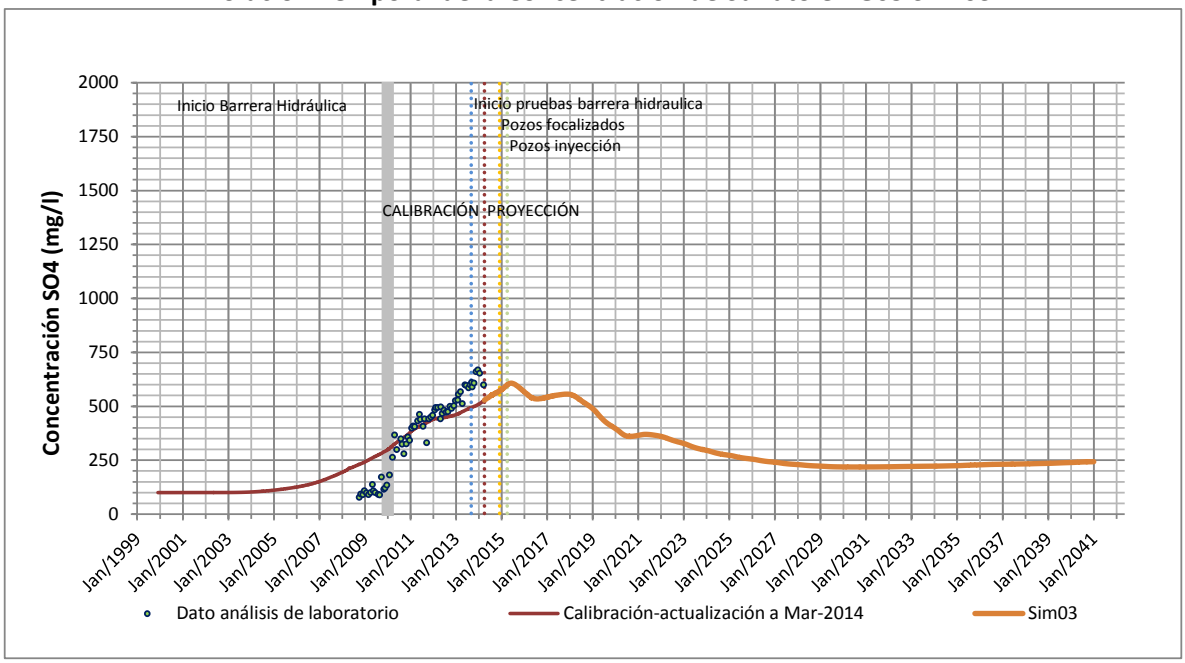


Figura 4.100
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G06 Sim 03

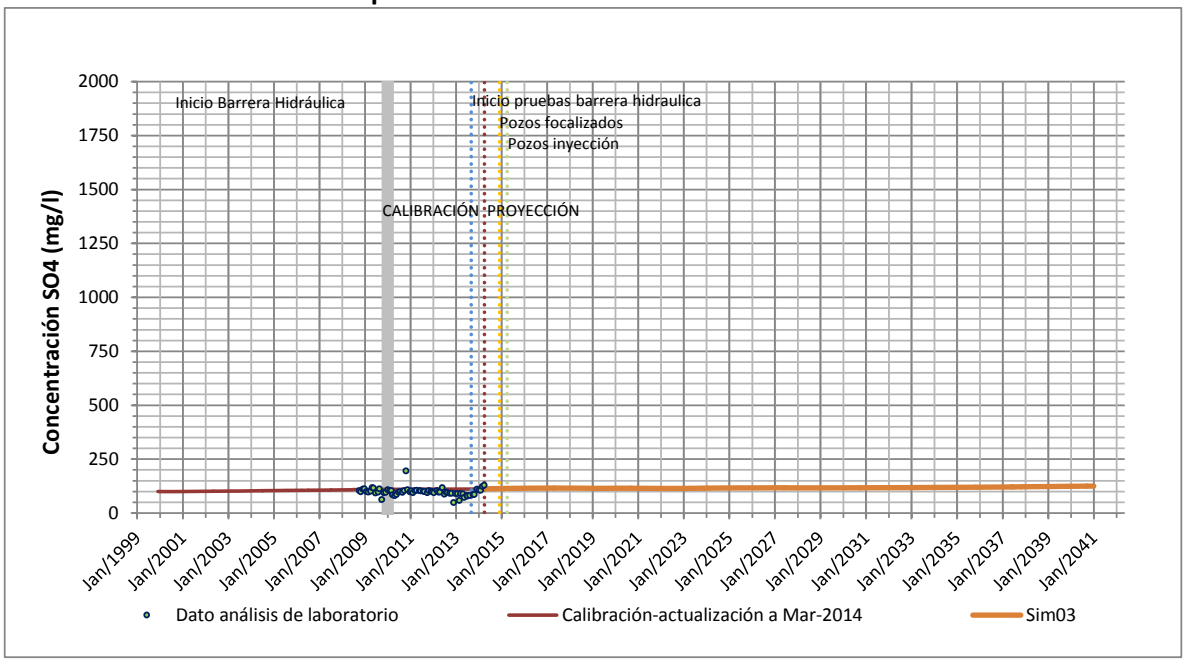


Figura 4.101
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G11 Sim 03

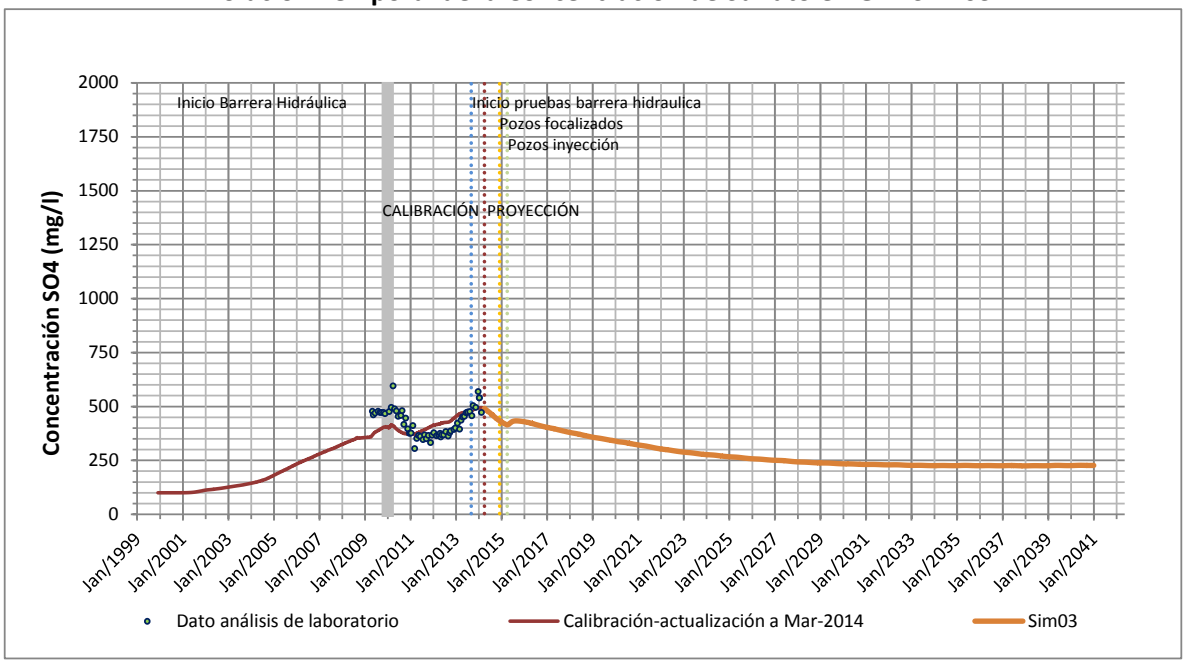


Figura 4.102
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G12 Sim 03

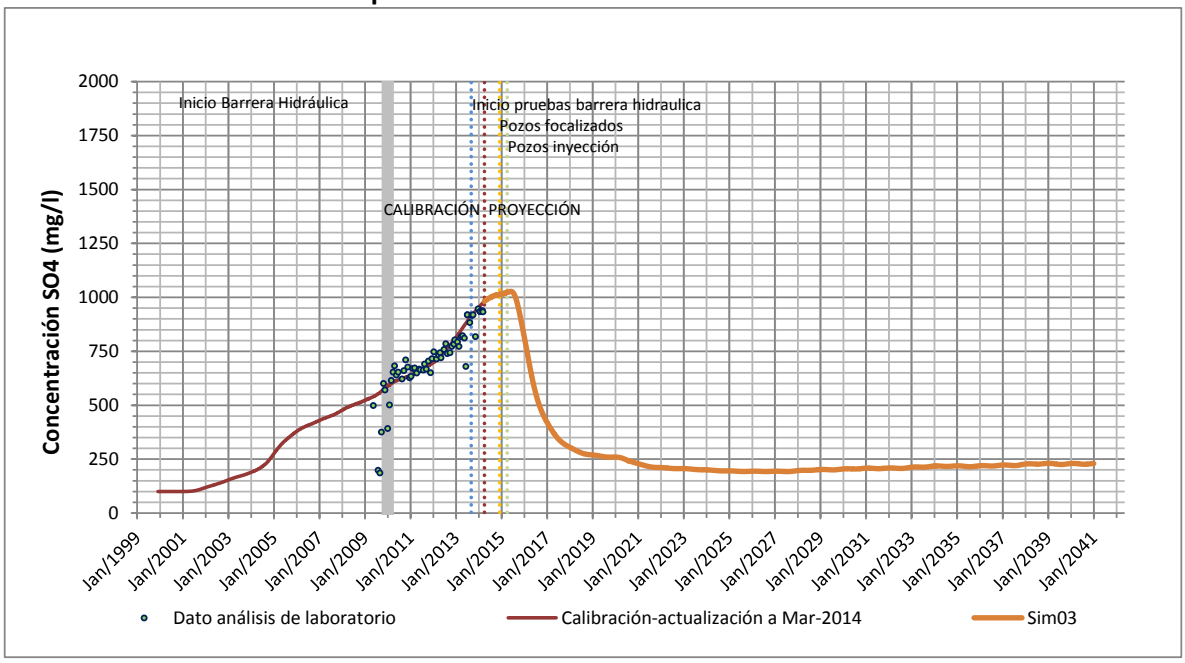


Figura 4.103
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en PB3 Sim 03

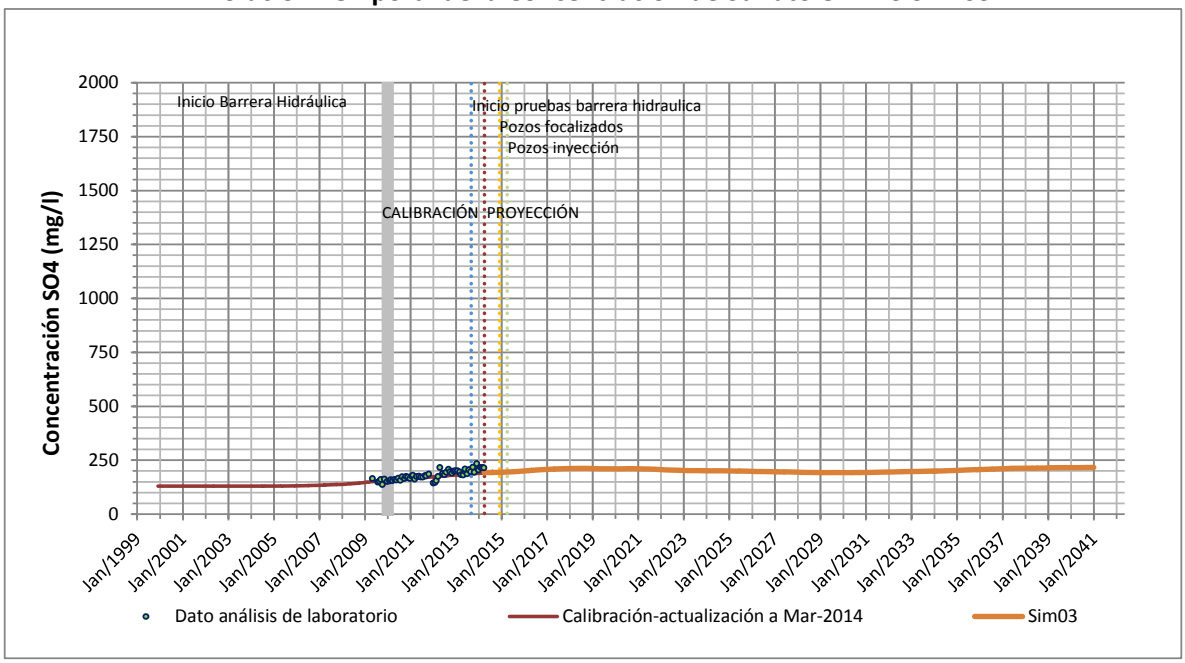
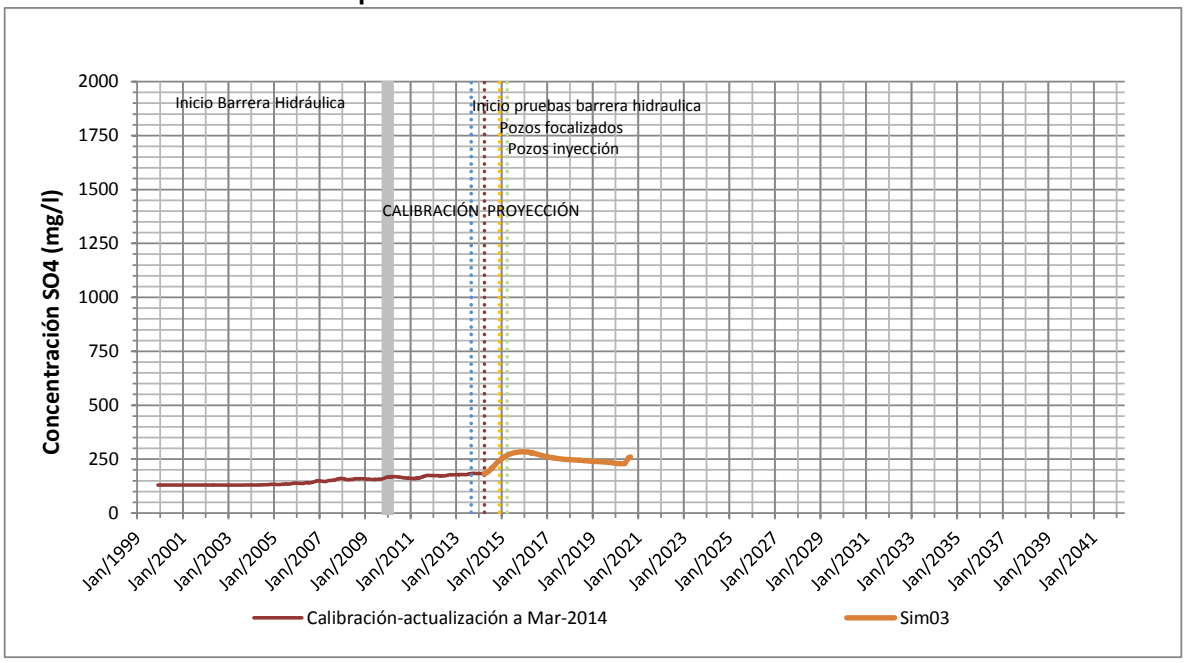
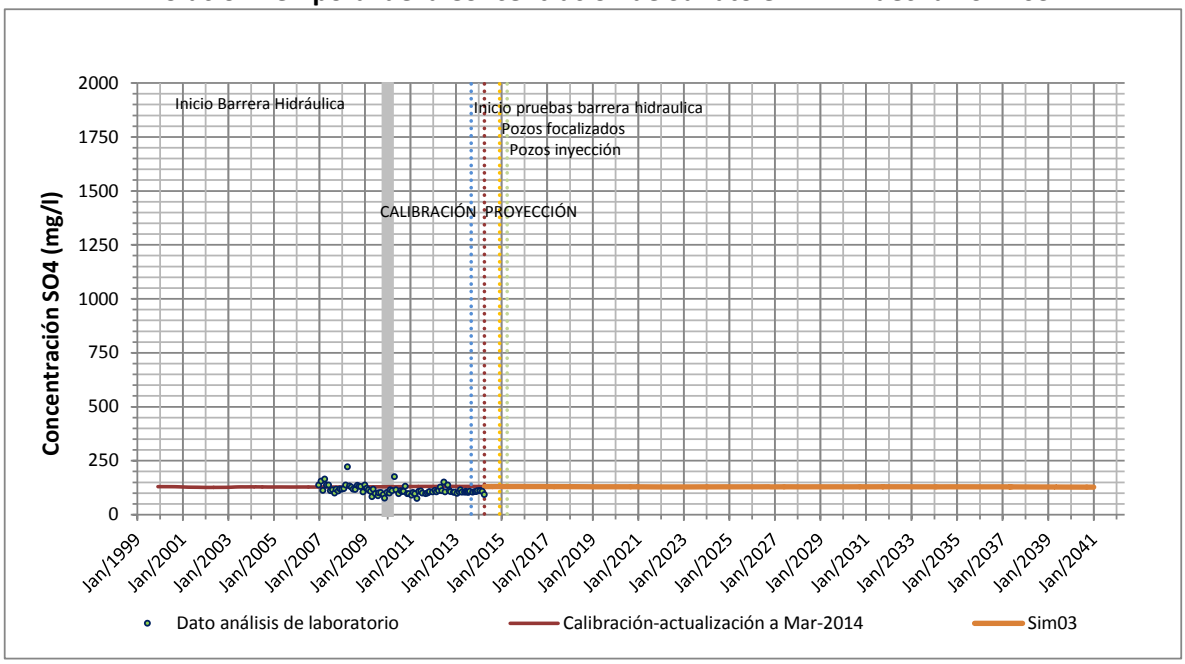


Figura 4.104
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en PES02 Sim 03



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.105
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huechún Sim 03



4.4.3 Puntos Modelo Ch-P

4.4.3.1 Pozos de Agua Potable APR

Las Figuras 4.106 a 4.108 muestran la evolución de la concentración de sulfato de los pozos de agua potable rural Santa Matilde, Punta Peuco y Huertos Familiares, bajo las medidas de control actualizadas propuestas para las infiltraciones del tranque Ovejería.

Los resultados muestran que las concentraciones de sulfato en los pozos APR se encuentran muy por debajo de la norma de agua potable para sulfatos, que es de 500 mg/L y también cumplen con el límite máximo de 119,0 mg/L que caracteriza la calidad natural del acuífero Chacabuco Polpaico. Es decir, bajo las medidas de control propuestas, se espera que los pozos APR se encuentren siempre bajo la condición de línea base.

Figura 4.106
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Santa Matilde Sim 03

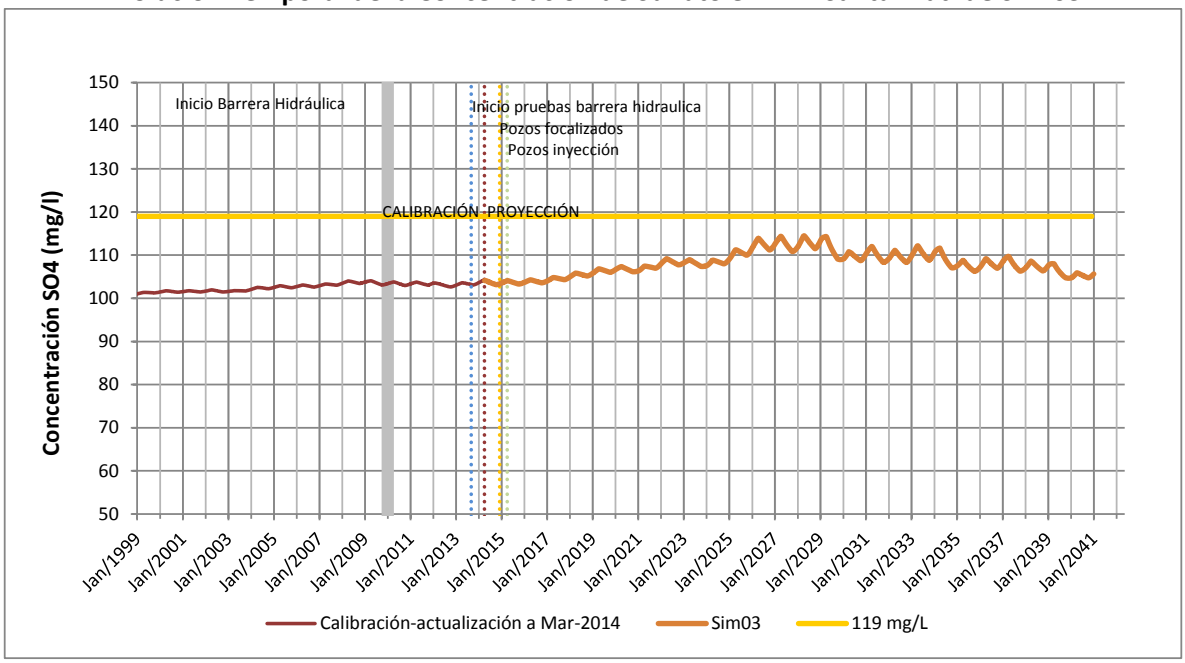


Figura 4.107
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Punta Peuco Sim 03

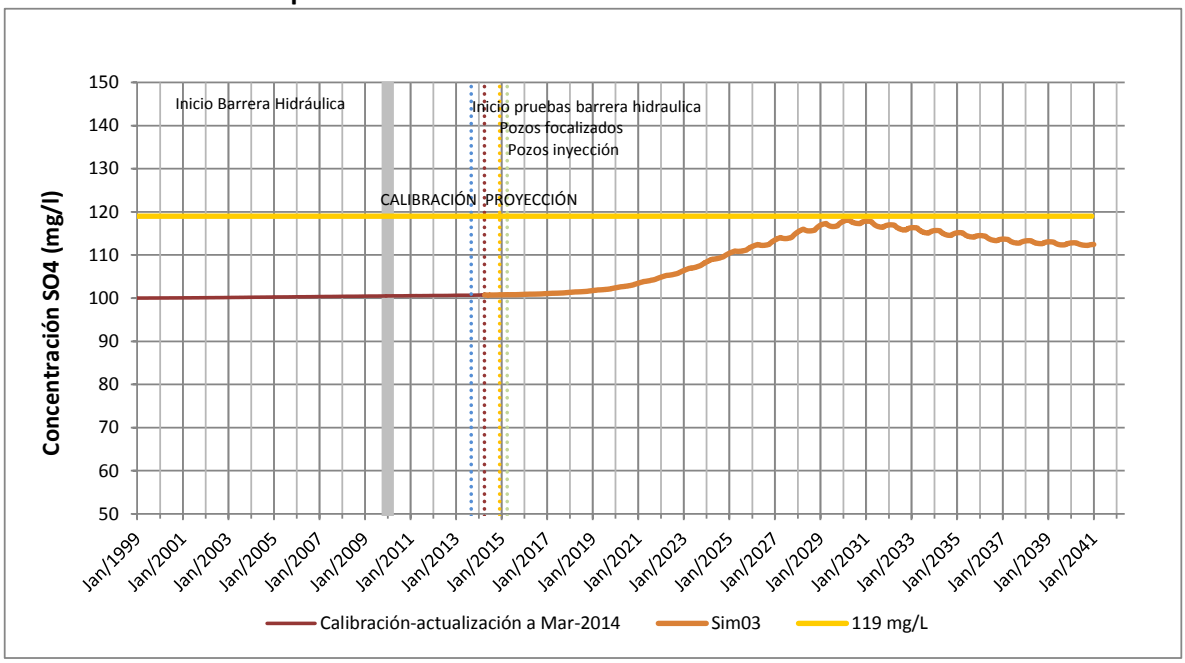
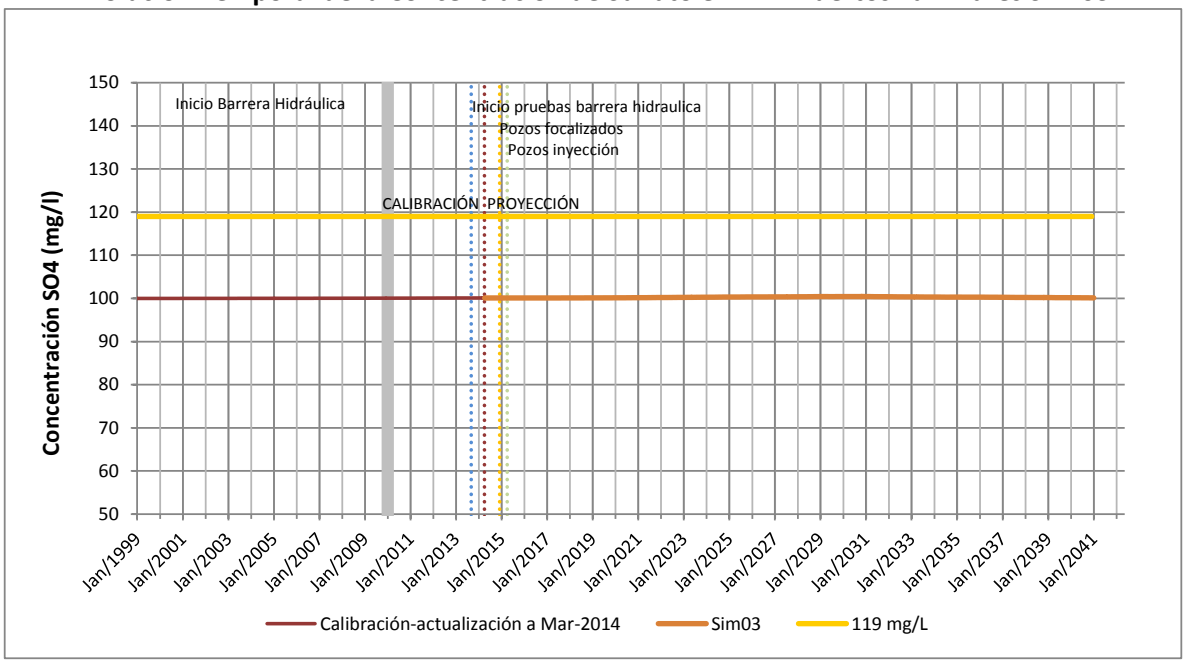


Figura 4.108
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huertos Familiares Sim 03



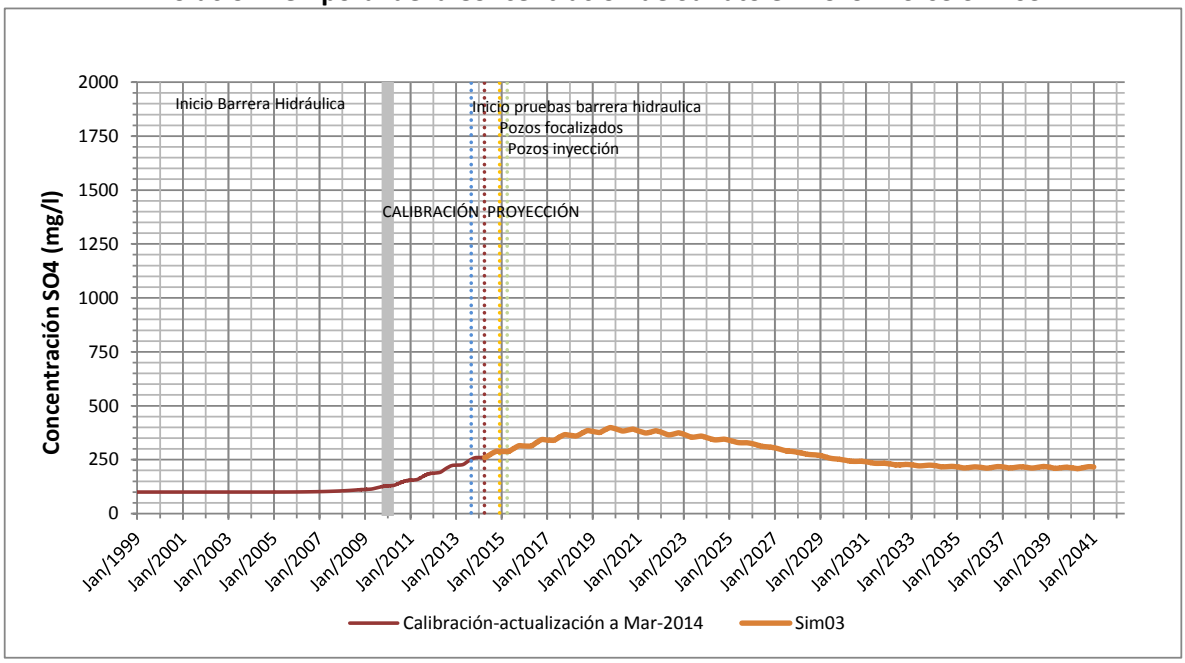
4.4.3.2 Pozos de la Zona de Riego

Las Figuras 4.109 a 4.111 muestran la variación temporal de la concentración de sulfato en el sector inmediatamente agua abajo del muro de embalse Huechún. En la Figura 4.109, se aprecia que el pozo de observación PES-03 muestra valores sobre 300 y hasta 400 mg/l para la concentración el sulfato, durante los años 2017 a 2025, mostrando una mejora gradual en el tiempo como consecuencia de las medias de control simuladas, alcanzando posterior a esa fecha, concentraciones inferiores a los 250 mg/l.

Respecto del pozo de monitoreo PES-01 que se muestra en la Figura 4.110, se aprecian valores mayores a 300 mg/l durante cinco de los años simulados, sin embargo a partir del año 2028, debido a las medidas implementadas se logran concentraciones inferiores a 250 mg/L.

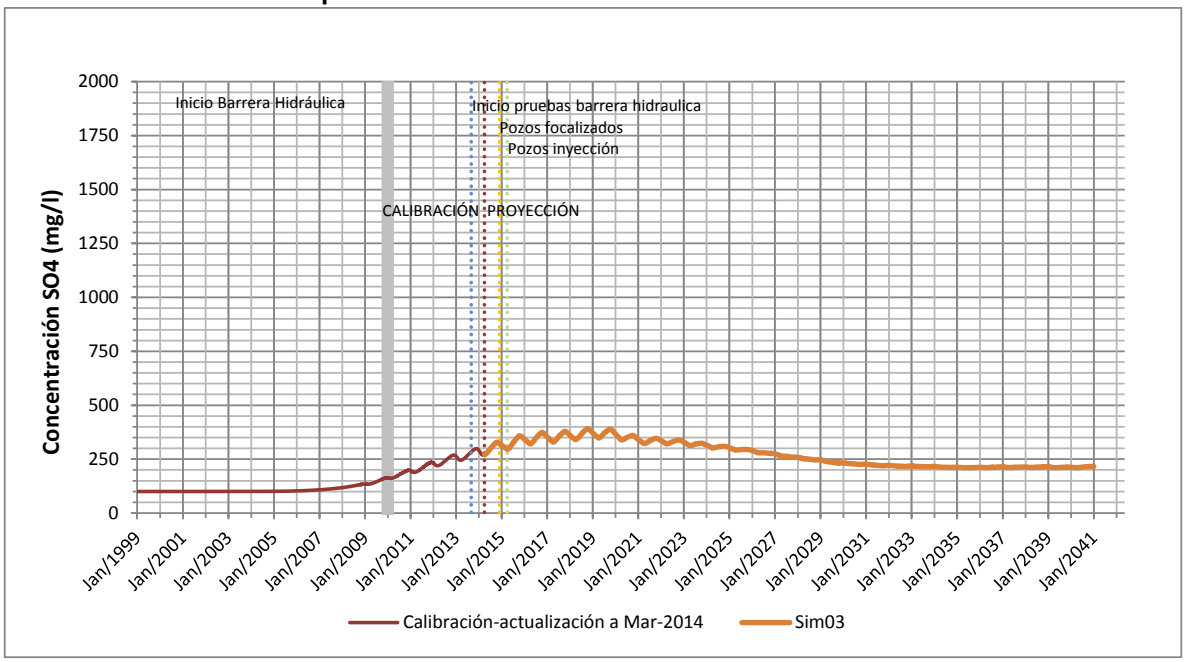
La Figura 4.111, muestra el pozo PES-04, que presenta valores bajo 250 mg/L para todo el periodo de simulación.

Figura 4.109
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-03 Sim 03



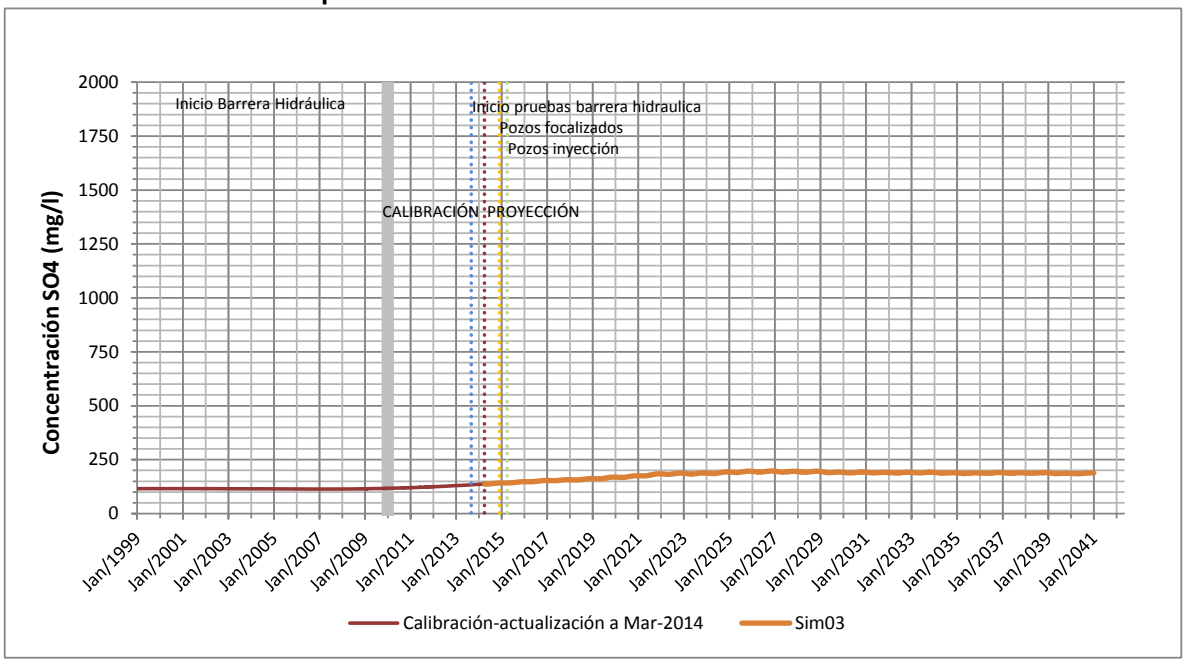
Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.110
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-01 Sim 03



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.111
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-04 Sim 03



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

4.5 Escenarios de Sensibilización de Variables y Condiciones Hidrológicas sobre escenario Sim03

4.5.1 Análisis de sensibilidad incorporación de nuevos pozos de bombeo e inyección focalizados (Sim 03a)

4.5.1.1 Aspectos Generales

En este escenario (Sim03a) se realiza una incorporación de un nuevo pozo de inyección focalizada y dos pozos de bombeo focalizado en las cercanías del Tranque Huechún. El detalle de este escenario se encuentra en el Capítulo 3 del presente Anexo.

En la Figura 4.112 puede apreciarse el efecto de la incorporación de nuevos pozos de bombeo e inyección en la disminución de la pluma de sulfato. Se observa que al año 2040 no se genera un cambio respecto a la situación con el escenario Sim03.

Figura 4.112
Pluma de Sulfato Escenario Sim 03a, Año 2040



4.5.1.2 Puntos Modelo Ovejería

En esta sección se muestra el resultado de la concentración de sulfato resultante en los pozos de la red DAND denominados G02, G03, G05, G06, G11, G12, PB3, PES02 y APR Huechún. Todos estos resultados se han obtenido del modelo de Ovejería, para la condición de sensibilización de variables sobre escenario de simulación Sim03, en particular la inclusión de nuevos pozos de bombeo e inyección.

En las Figuras 4.113 a 4.121 se observa la evolución de la concentración de sulfato en los puntos de interés, en que se aprecia que aquellos pozos que están en la dirección de la pluma, tales como G11, G12 y G05 presentan aumentos en la concentración de sulfato a valores máximos de 500 a 1,000 mg/L. Caso contrario, los pozos G02, G03, PES-02, PB3, G06, y APR Huechún, que se ubican en la dirección sur-este, no presentan mayores cambios en la calidad de agua.

El caso particular del pozo APR Huechún, que se muestra en Figura 4.121, se aprecia que no existe un aumento de la concentración de sulfato, debido a la presencia de una pluma. Esto se debe a las medidas de control referida al Sim03 más la inclusión de nuevos pozos de bombeo e inyección en el Sim03a, hacen que la pluma avance en la dirección del muro Huechún y no hacia el sur-este.

Figura 4.113
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G02 Sim 03a

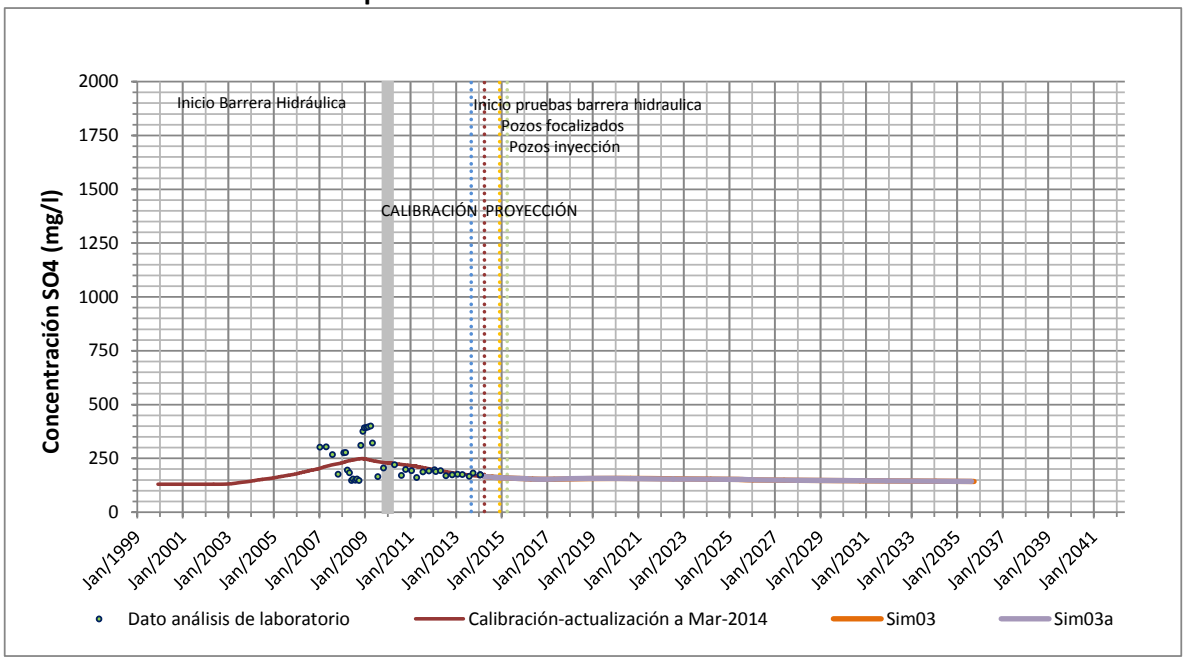


Figura 4.114
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G03 Sim 03a

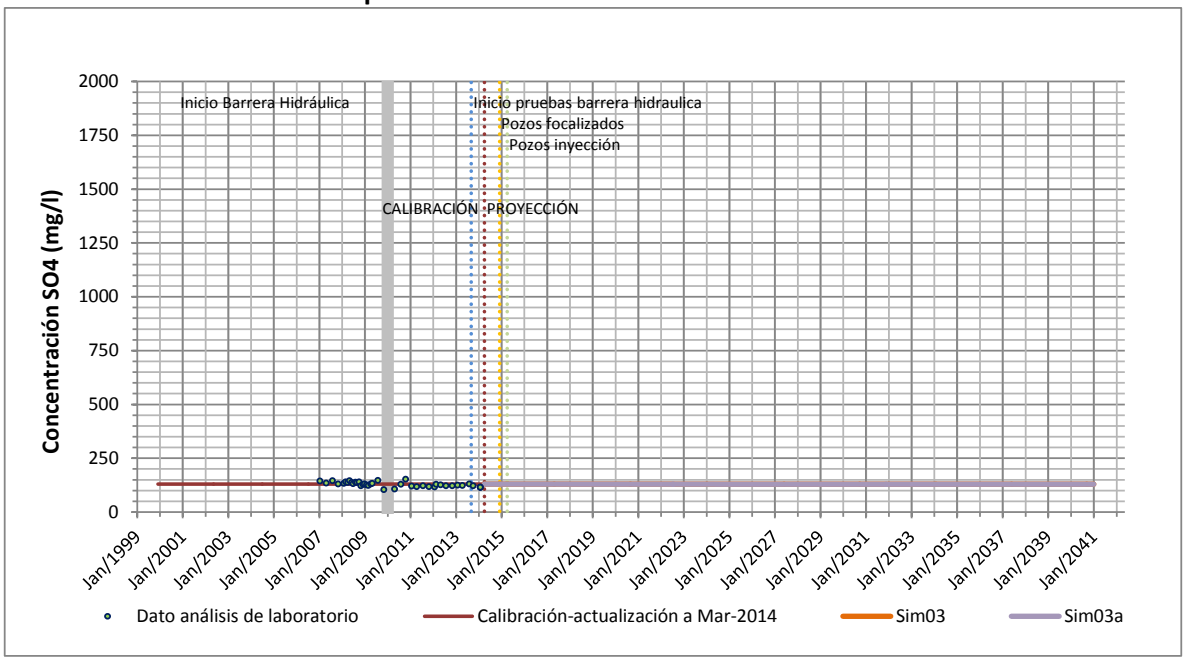


Figura 4.115
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G05 Sim 03a

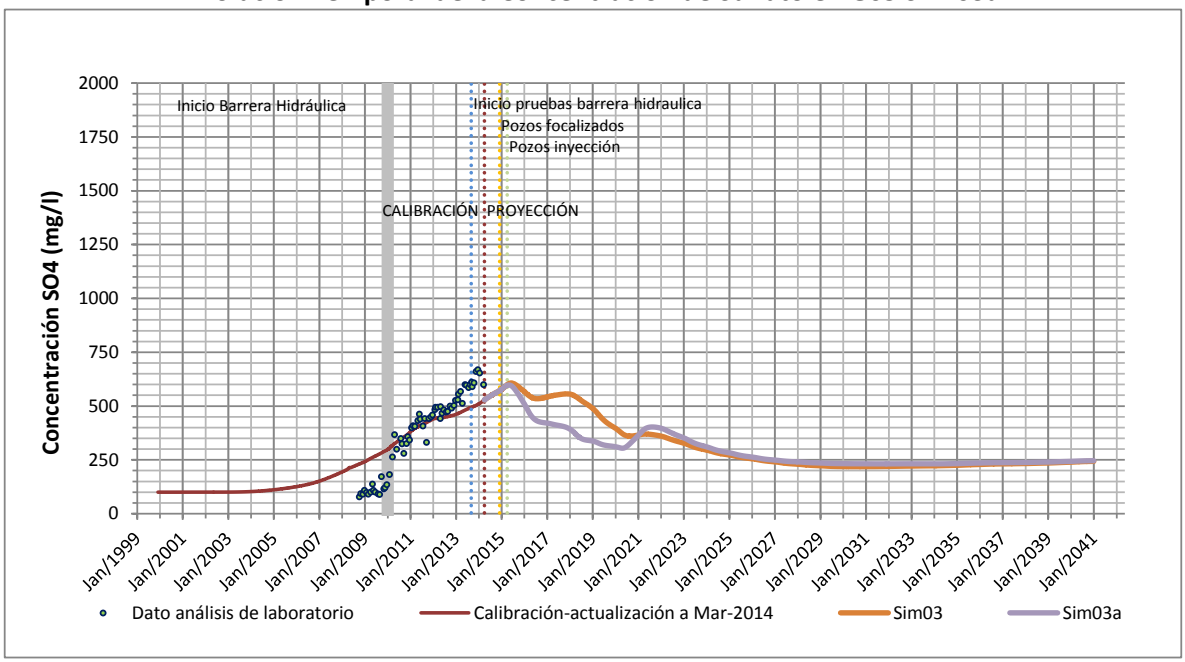


Figura 4.116
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G06 Sim 03a

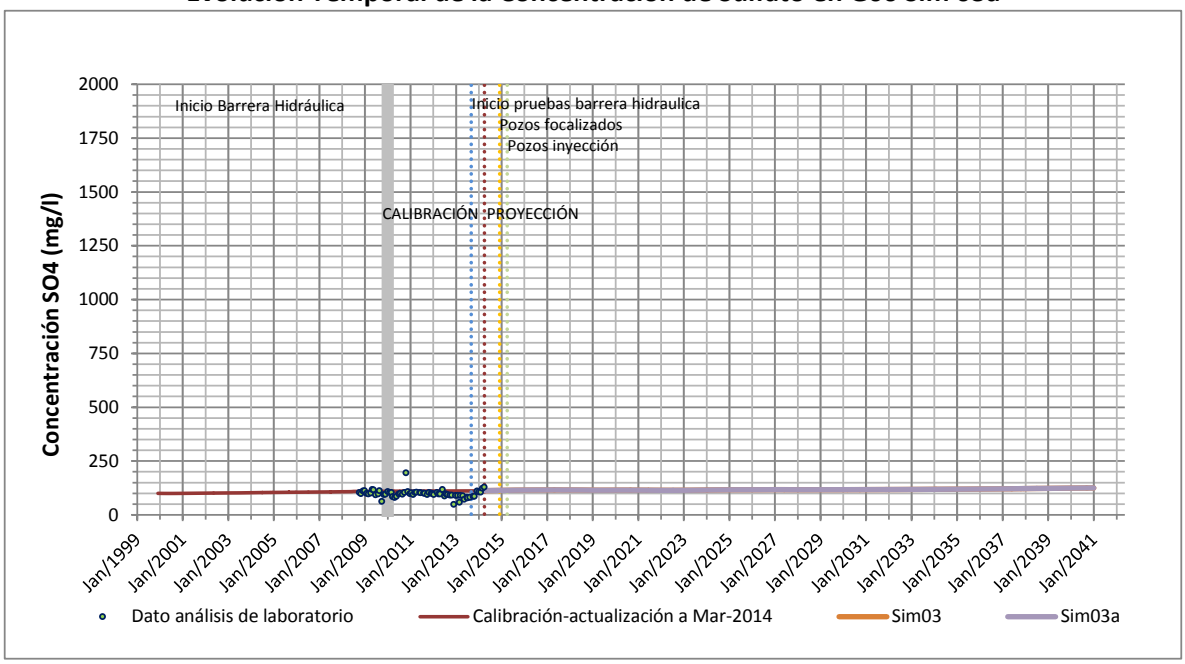


Figura 4.117
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G11 Sim 03a

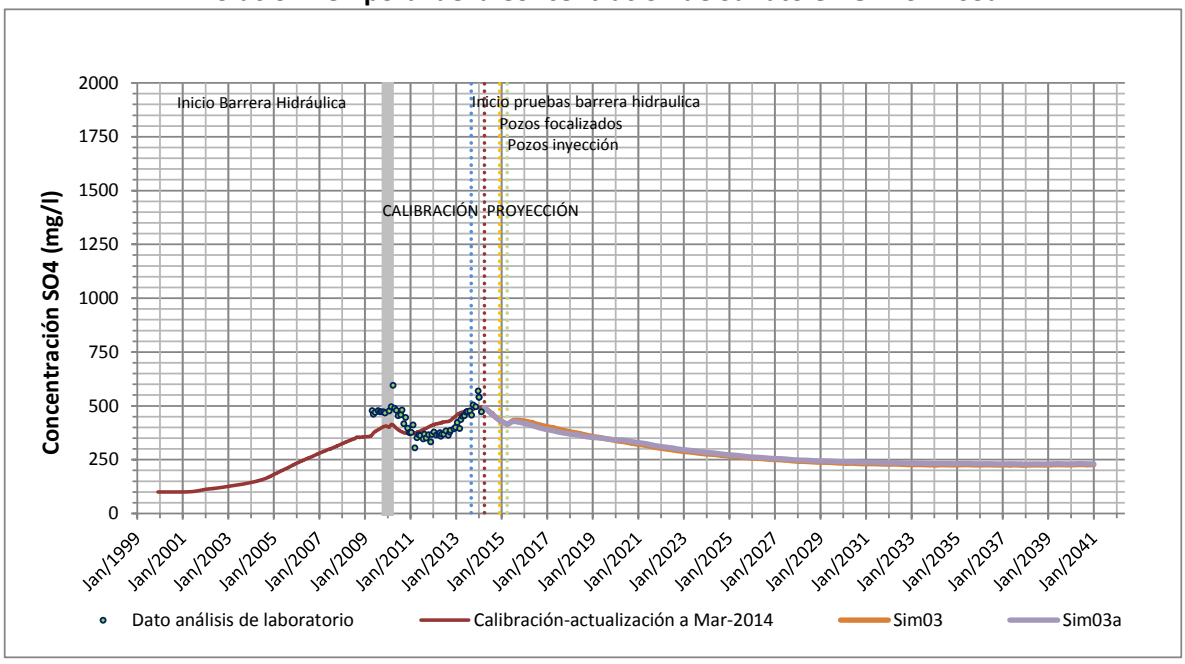


Figura 4.118
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en G12 Sim 03a

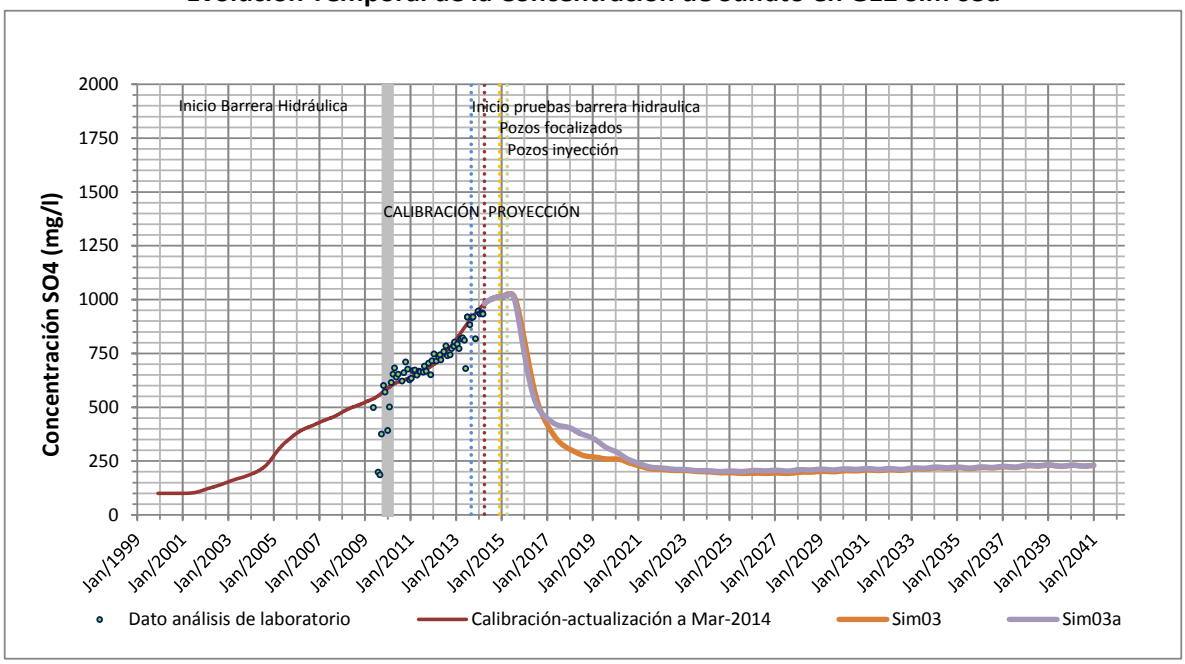


Figura 4.119
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en PB3 Sim 03a

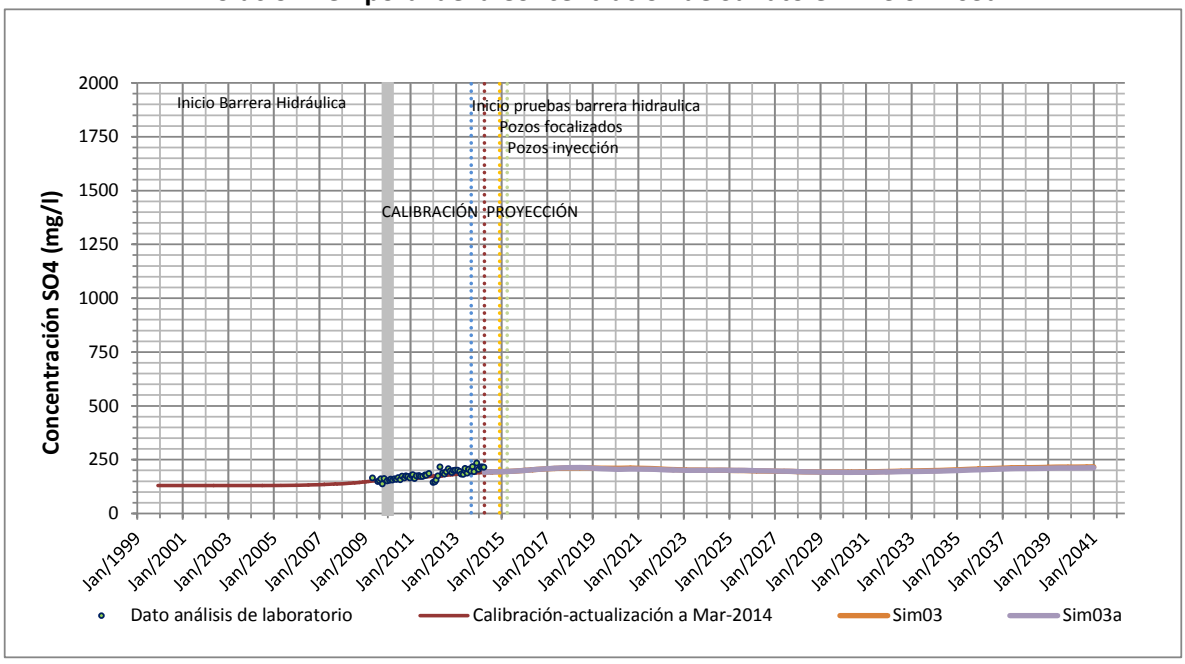
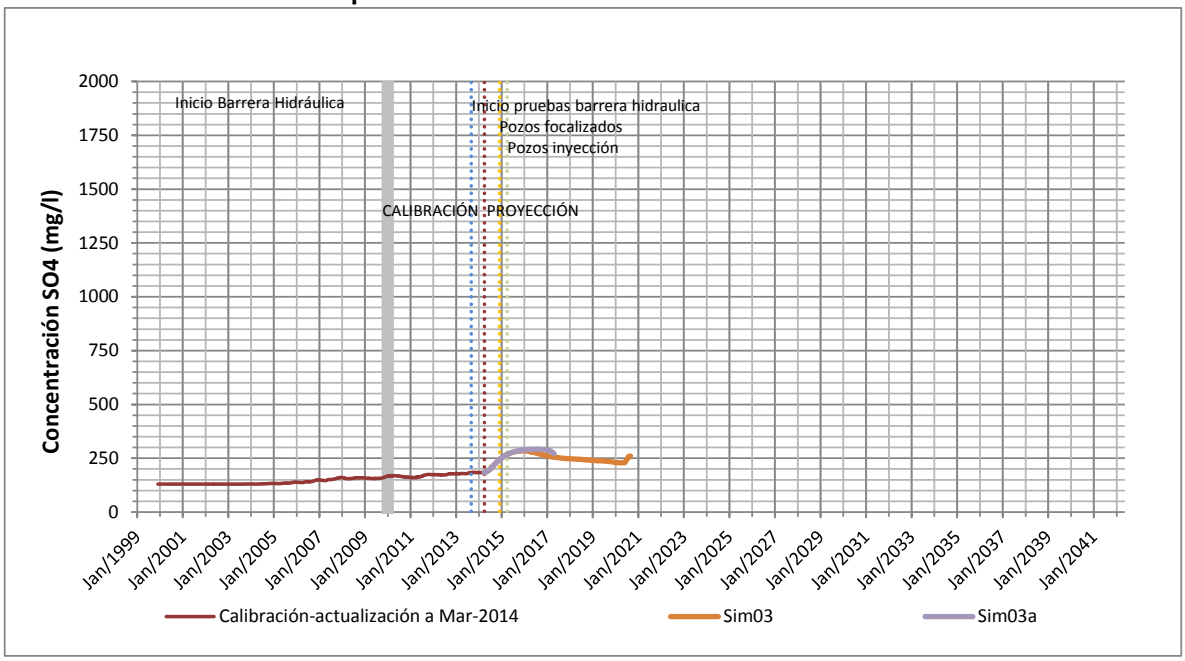
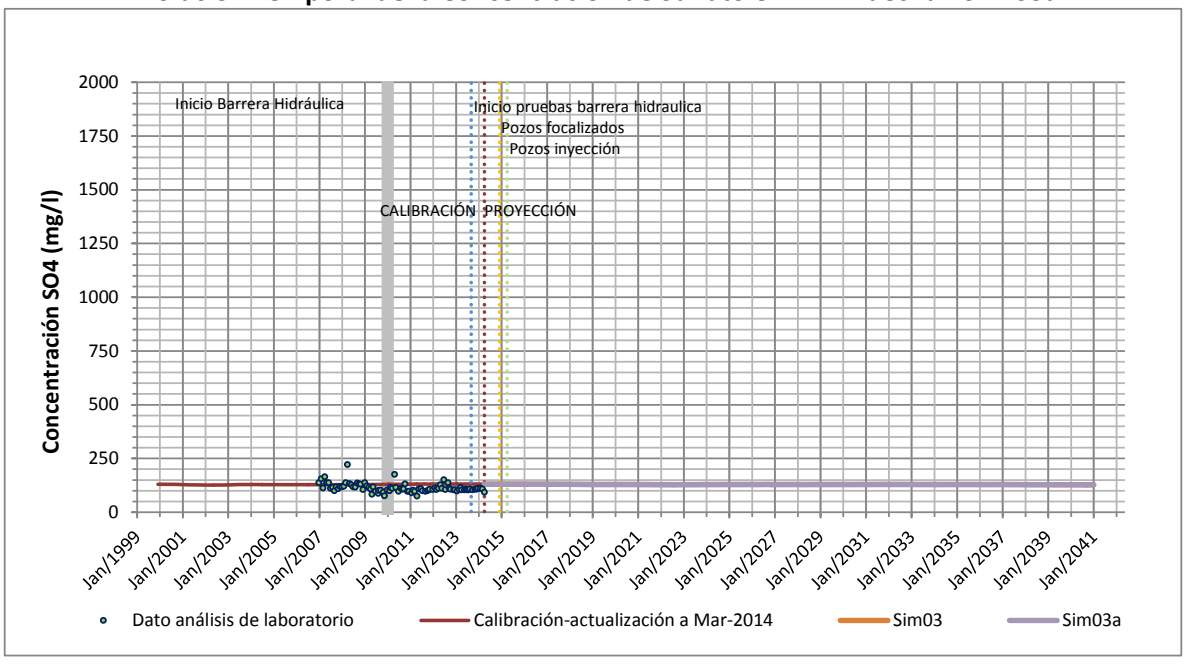


Figura 4.120
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en PES02 Sim 03a



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.121
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huechún Sim 03a



4.5.1.3 Puntos Modelo Ch-P

4.5.1.3.1 Pozos de agua potable APR

Las Figuras 4.122 a 4.124 muestran la evolución de la concentración de sulfato de los pozos de agua potable rural Santa Matilde, Punta Peuco y Huertos Familiares, para la sensibilización de variables sobre escenario de simulación Sim03, en particular la inclusión de nuevos pozos de bombeo e inyección focalizada.

Los resultados muestran que las concentraciones de sulfato en los pozos APR se encuentran muy por debajo de la norma de agua potable para sulfatos, que es de 500 mg/L y también cumplen con el límite máximo de 119,0 mg/L que caracteriza la calidad natural del acuífero Chacabuco Polpaico. Es decir, bajo las medidas de control propuestas en Sim03a, se espera que los pozos APR se encuentren siempre bajo la condición de línea base.

Figura 4.122
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Santa Matilde Sim 03a

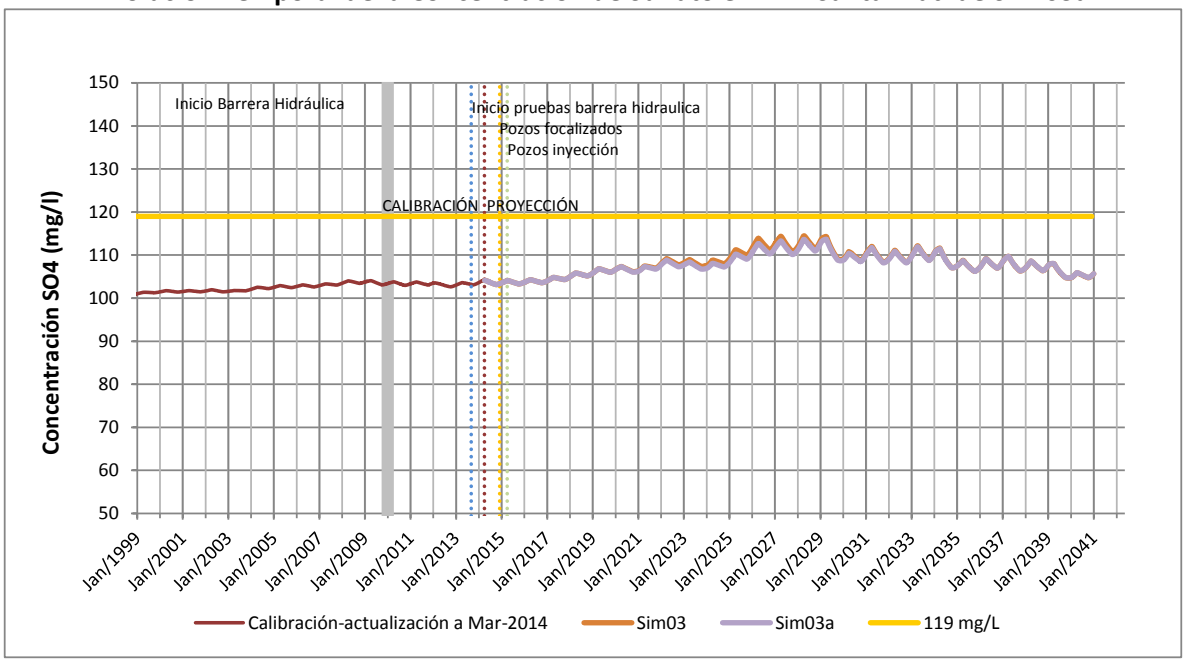


Figura 4.123
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Punta Peuco Sim 03a

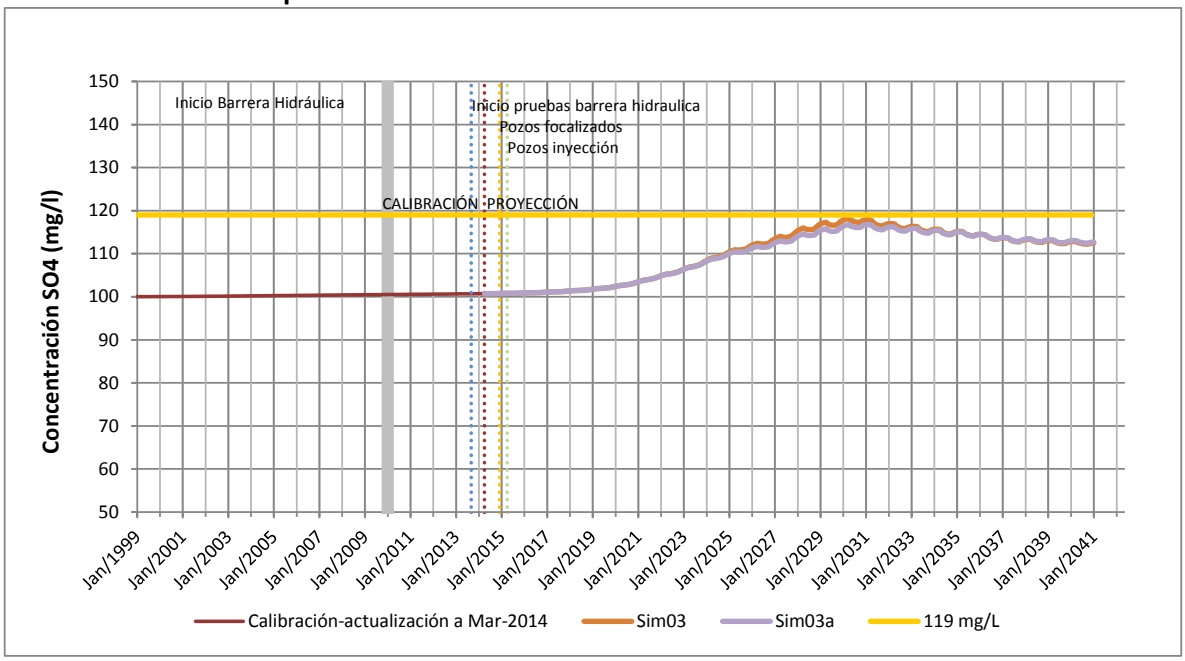
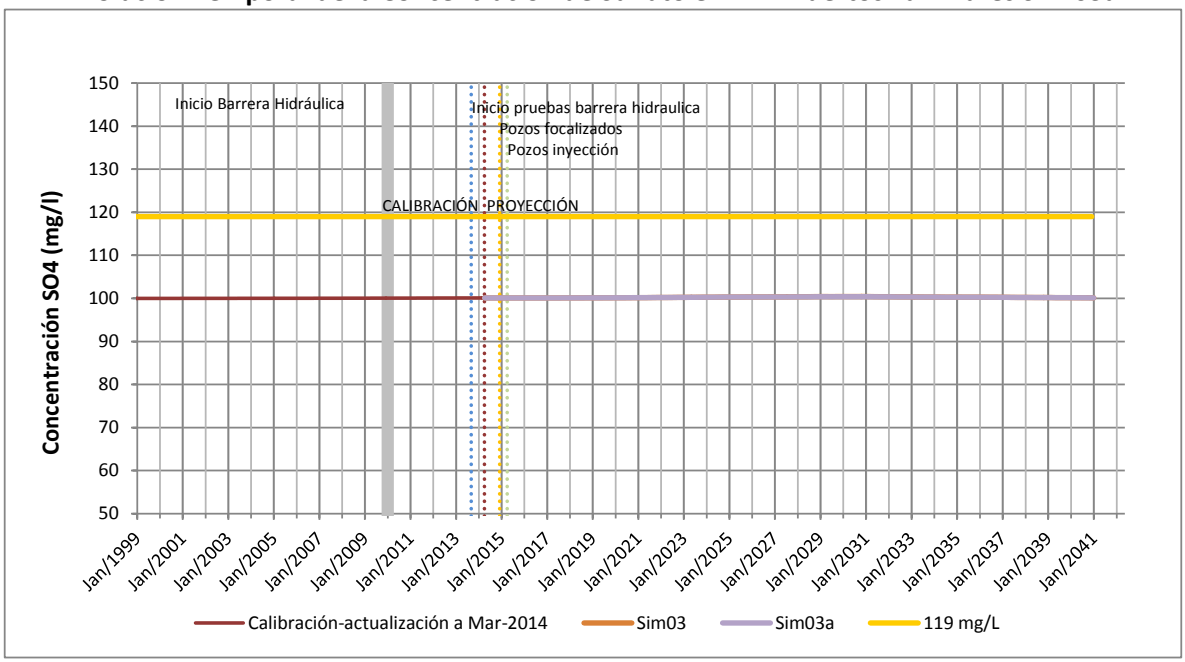


Figura 4.124
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en APR Huertos Familiares Sim 03a



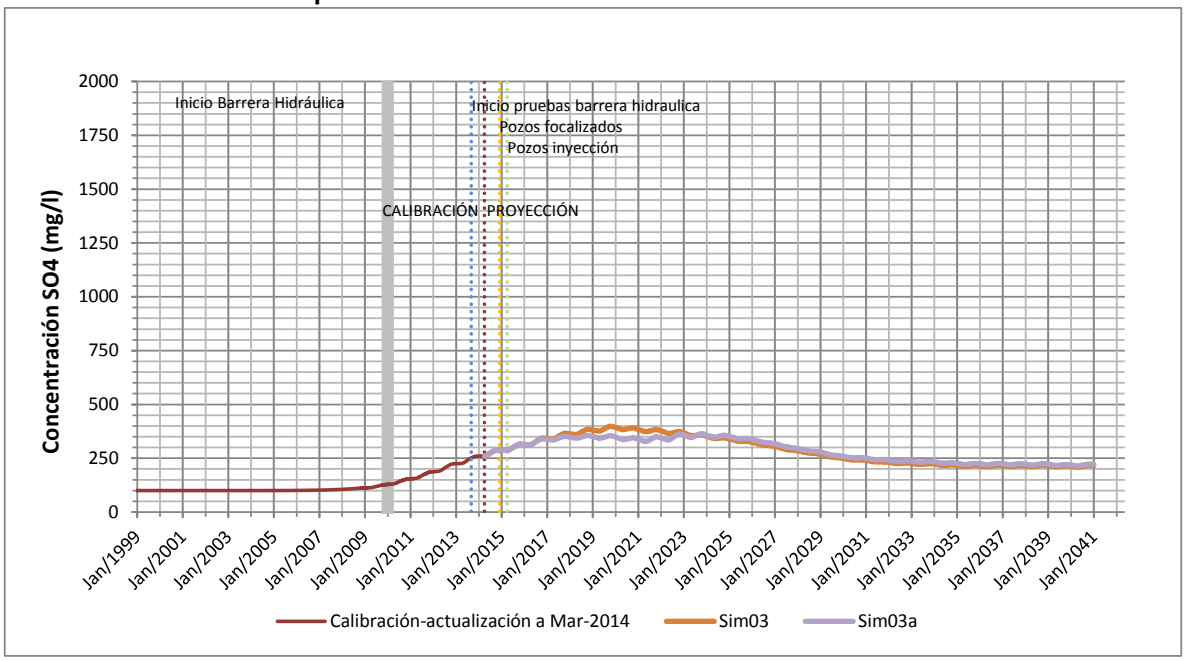
4.5.1.3.2 Pozos de la zona de Riego

Las Figuras 4.125 a 4.127 muestran la variación temporal de la concentración de sulfato en el sector inmediatamente agua abajo del muro de embalse Huechún, bajo la condición de inclusión de pozos adicionales de bombeo e inyección focalizada. En la Figura 4.125, se observa que en el pozo de observación PES-03, se logra una concentración de sulfato menores a los alcanzados en la condición Sim03, por bajo los 400 mg/L.

Respecto del pozo de monitoreo PES-01 que se muestra en la Figura 4.126, se aprecia una situación similar a la descrita para el PES-03, alcanzando valores de concentración menores al escenario Sim03. Adicionalmente al año 2029, presentaría valores menores a 250 mg/L de sulfato

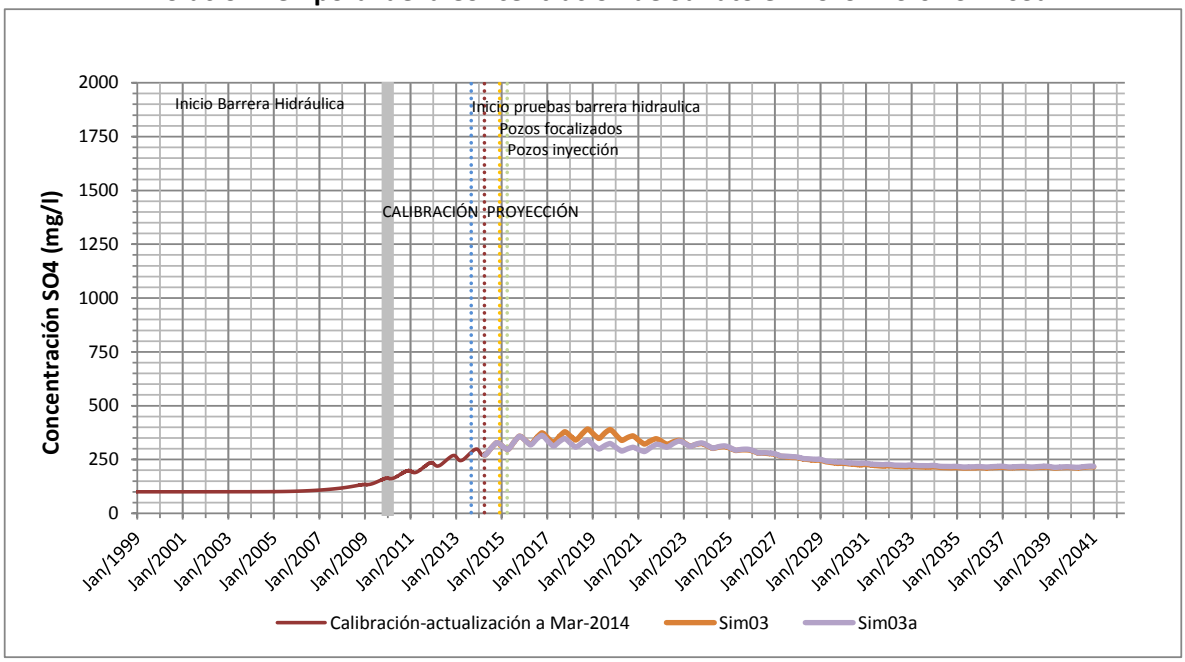
El pozo PES-04 no presenta mayores efectos producto de la inclusión de nuevos pozos de bombeo e inyección focalizada, presentando valores inferiores a 250 mg/L durante toda la simulación.

Figura 4.125
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-03 Sim 03a



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

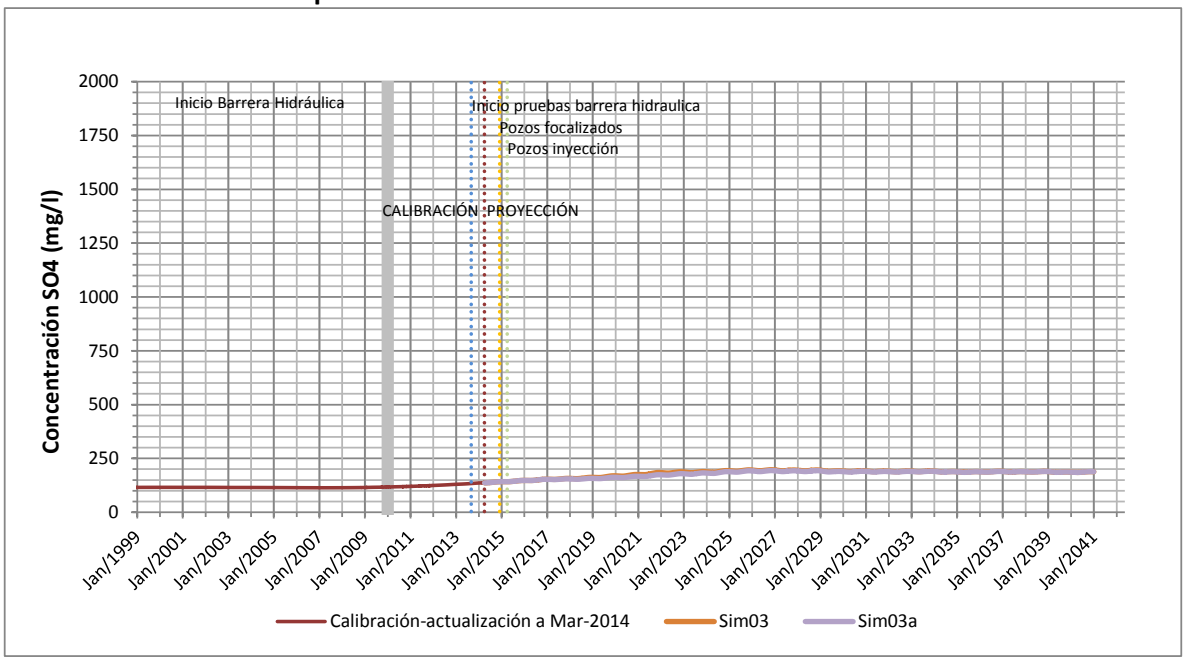
Figura 4.126
Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-01 Sim 03a



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.127

Evolución Temporal de la Concentración de Sulfato en Pozo PES-04 Sim 03a



4.6 Análisis del efecto en los niveles de agua subterránea en el acuífero Chacabuco Polpaico por las acciones y medidas de bombeo e inyección en Ovejería (Sim01, Sim 02 y Sim03)

4.6.1 Aspectos Generales

En este capítulo se realiza una comparación del efecto en los niveles de agua subterránea, para la condición de la barrera hidráulica vigente a Diciembre de 2011 (Sim01), la propuesta de medidas de control de las infiltraciones del tranque Ovejería (Sim02) y la propuesta actualizada de medida de control de las infiltraciones del tranque Ovejería (Sim03). El objetivo es analizar los niveles de agua subterránea en el acuífero de Ovejería, que es controlado por DAND y en el acuífero de Chacabuco Polpaico, evaluando la condición de los niveles freáticos principalmente en los pozos de riego aguas abajo del muro Huechún y los pozos de agua potable APR Huechún, APR Santa Matilde, APR Punta Peuco y APR Huertos Familiares. Adicionalmente a los puntos de control ya citados para la calidad, se ha extendido el análisis de niveles a un dominio mayor al definido como zona de influencia, agregando los pozos Ernesto Saavedra, Cera Unión Huechún y APR El Colorado, localizados aguas arriba del pozo Santa Matilde y el pozo D15 aguas abajo del pozo APR Punta Peuco. La Figura 4.128 muestra los puntos de control propuestos y los puntos adicionales para éste análisis de los niveles de agua subterránea en el acuífero de Chacabuco Polpaico.

Figura 4.128
Ubicación de Puntos de Control de Niveles de Agua Subterránea



Adicionalmente, se ha agregado el Apéndice "Balance Hídrico Simulaciones Sim01, Sim02 y Sim03", que contiene una comparación entre los caudales de entrada y salida del sistema acuífero Chacabuco Polpaico para los escenarios Sim01, Sim02 y Sim03, así como los valores trimestrales de cada componente del balance hídrico. En esta comparación se aprecia el mínimo efecto en el balance global del sistema producto de la implementación de las medidas de control adicionales producto de la presente evaluación.

4.6.2 Puntos Modelo Ovejería

En esta sección se muestra una comparación de los niveles de agua subterráneas en los puntos del Modelo Ovejería, y específicamente en el pozo APR Huechún, obtenidos desde el modelo Ovejería, para la propuesta actualizada de medidas de control de las infiltraciones del tranque Ovejería (Sim03), la propuesta previa de medidas de control de las infiltraciones del tranque Ovejería (Sim02) y la condición de la barrera hidráulica actual (Sim01).

En las Figuras 4.129 a 4.137 se observa la evolución de los niveles de agua subterránea en los puntos de interés, en que se aprecia que aquellos pozos que están en la dirección de la pluma, tales como G11, G12 y G05 presentan diferencias en los niveles producto de la implementación de los pozos de robustecimiento de la barrera hidráulica en el escenario Sim02 y en menor medida en el escenario Sim03 en donde el incremento de caudal ocurre en forma posterior. Este efecto de la actualización de las medidas de control en el Sim03, comienza a igualarse con el resultado obtenido en Sim01 y Sim02 el año 2020 una vez que se neutraliza, en niveles, el efecto de los pozos de inyección con los de bombeo. Los pozos G02, G03, PES-02, PB3, G06, y APR Huechún, que

se ubican en la dirección sur-este, no presentan mayores cambios en los niveles de agua subterránea.

El caso particular del pozo APR Huechún, que se muestra en Figura 4.137, se aprecia que no existe un cambio en los niveles de agua subterránea. Esto se debe a las medidas de control de la barrera hidráulica actual y futura, no impactan hacia el sur-este de Huechún.

Figura 4.129
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en G02

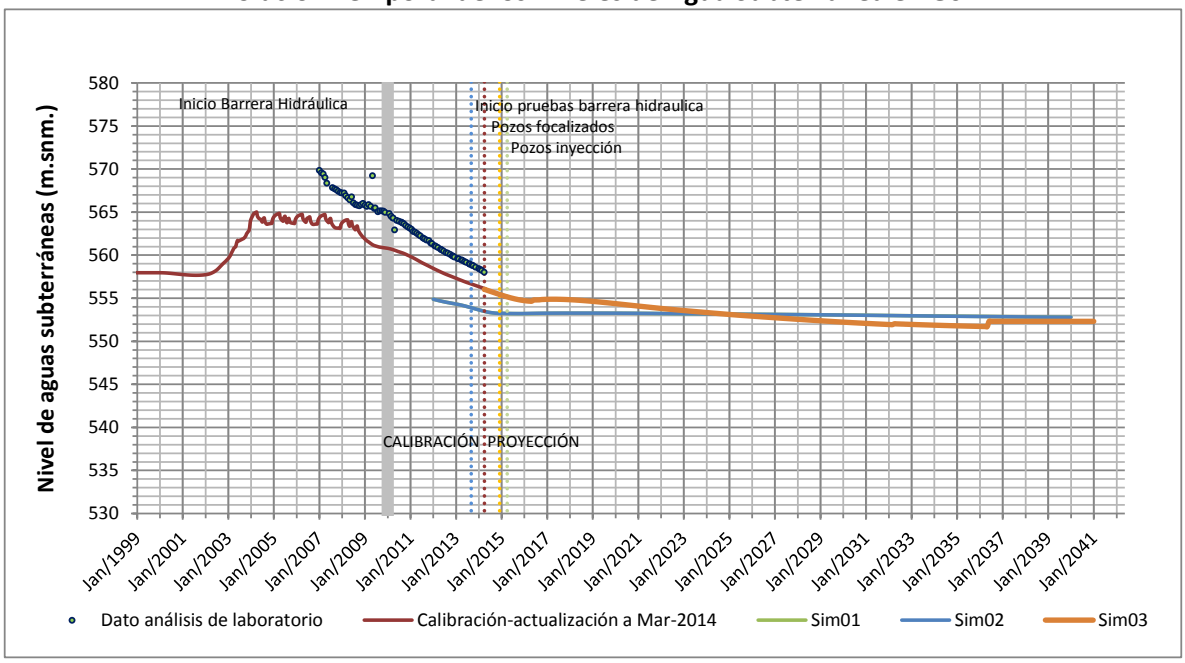


Figura 4.130
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en G03

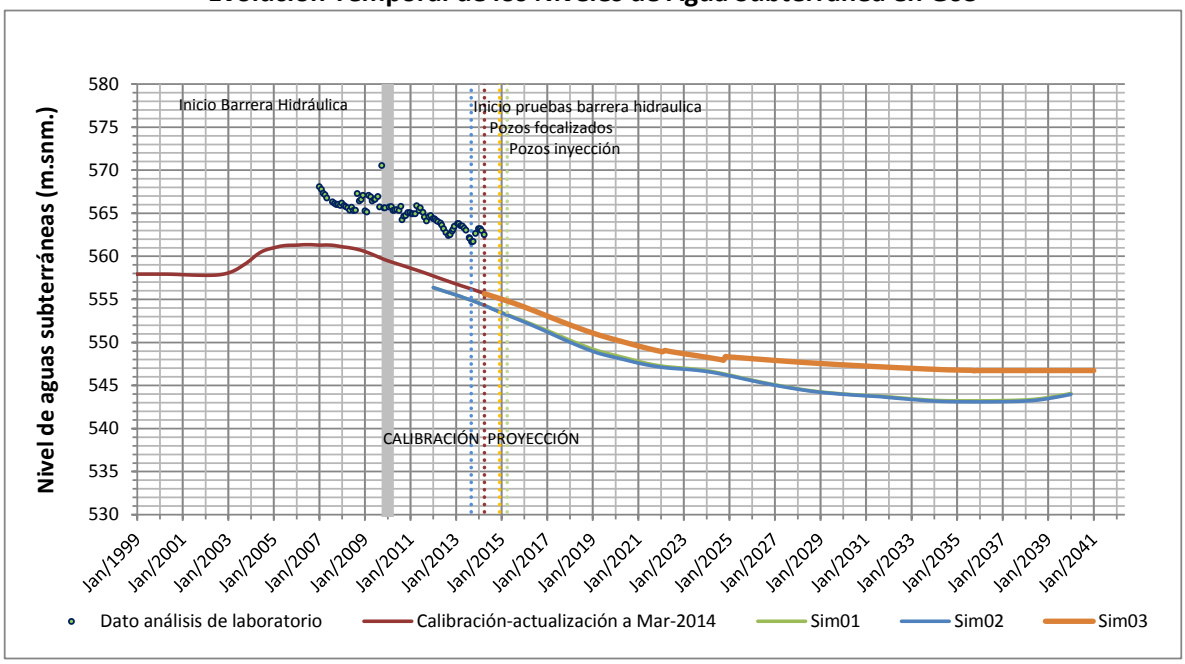


Figura 4.131
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en G05

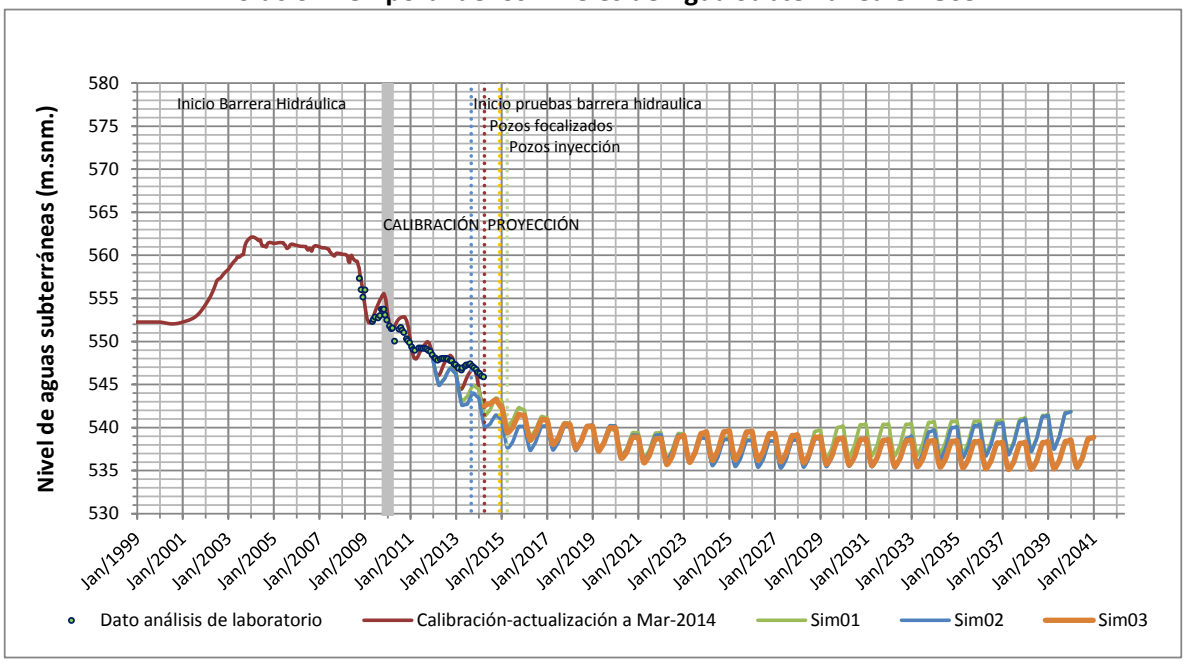


Figura 4.132
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en G06

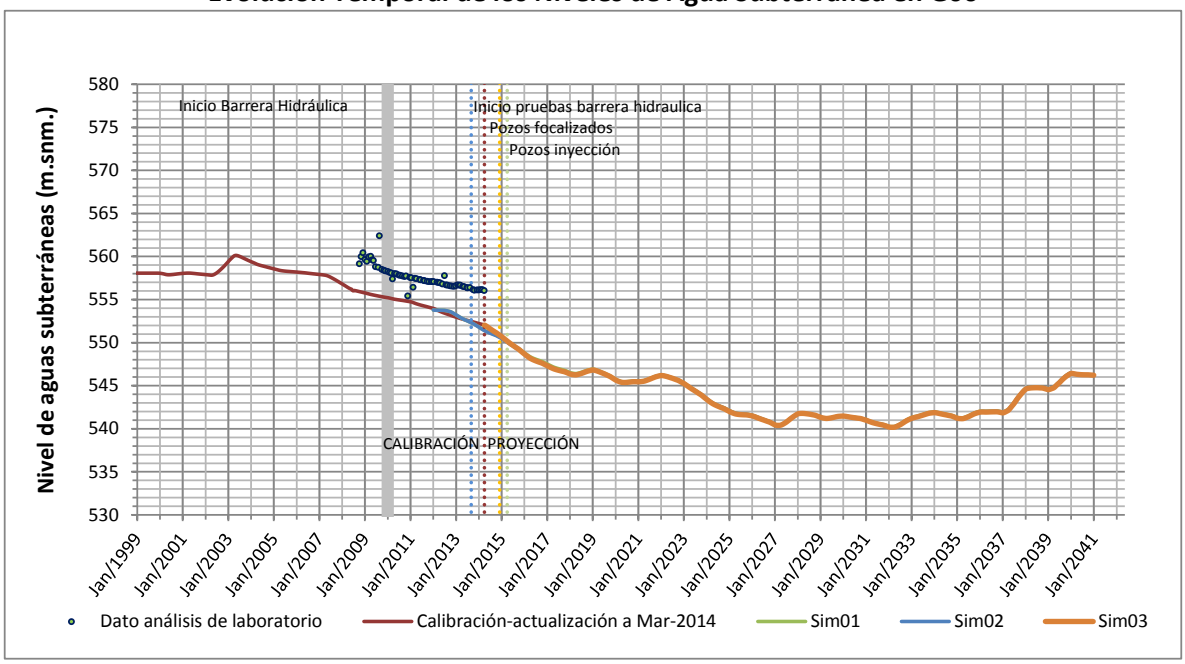


Figura 4.133
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en G11

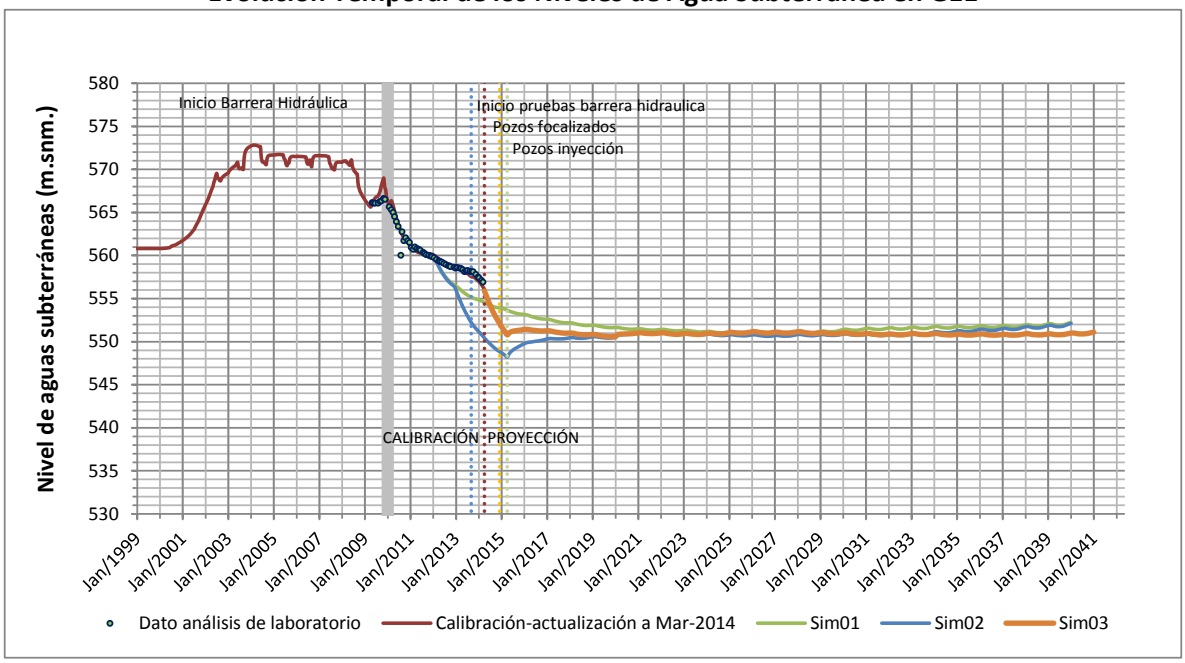


Figura 4.134
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en G12

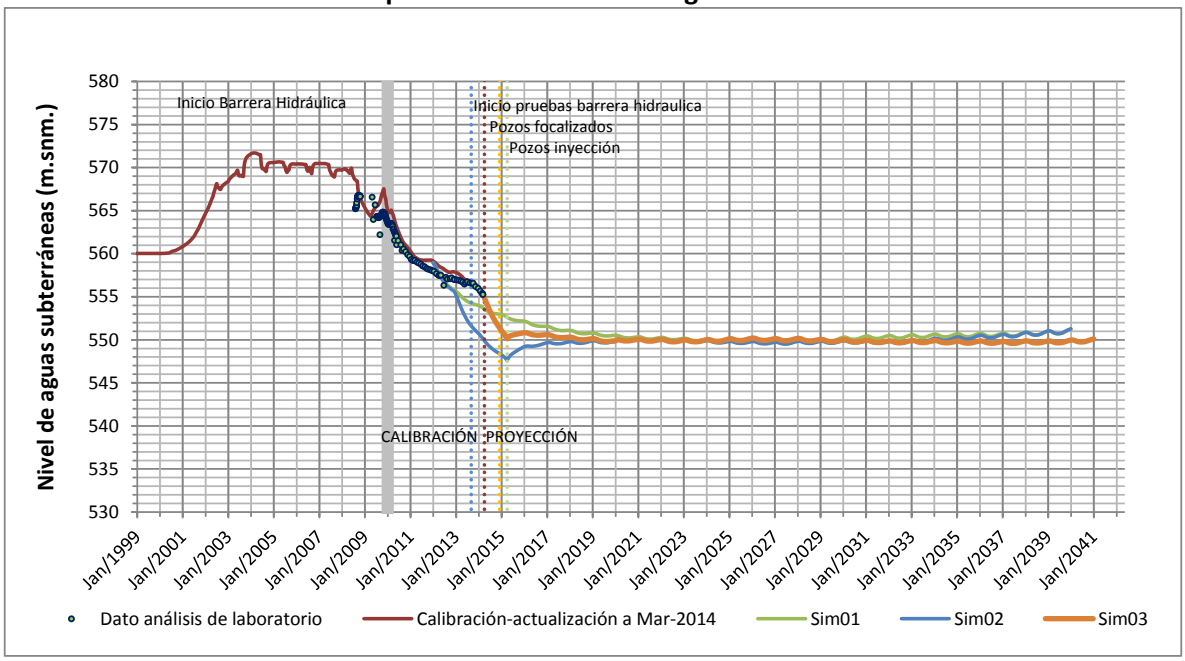


Figura 4.135
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en PB3

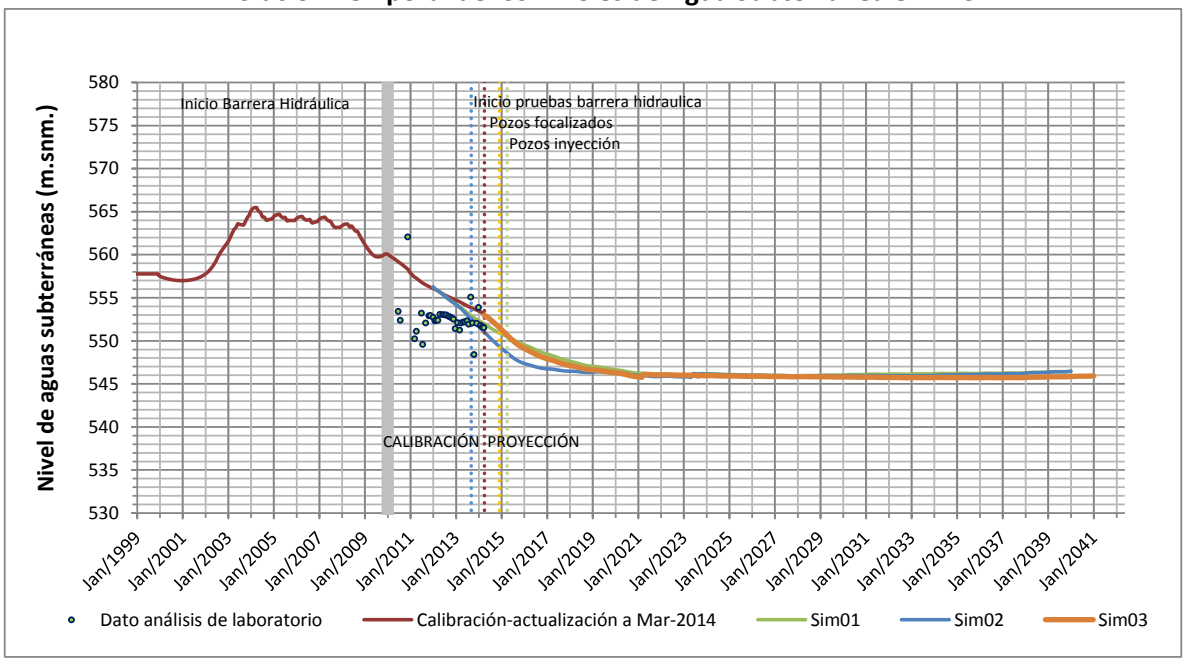


Figura 4.136
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en PES02

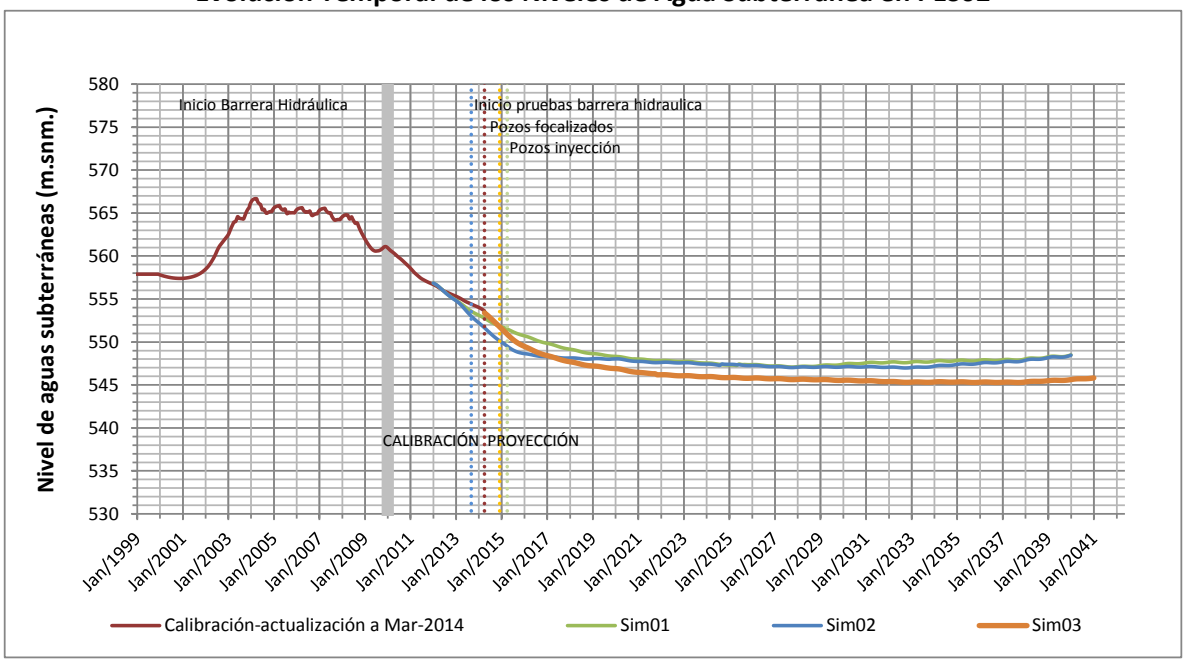
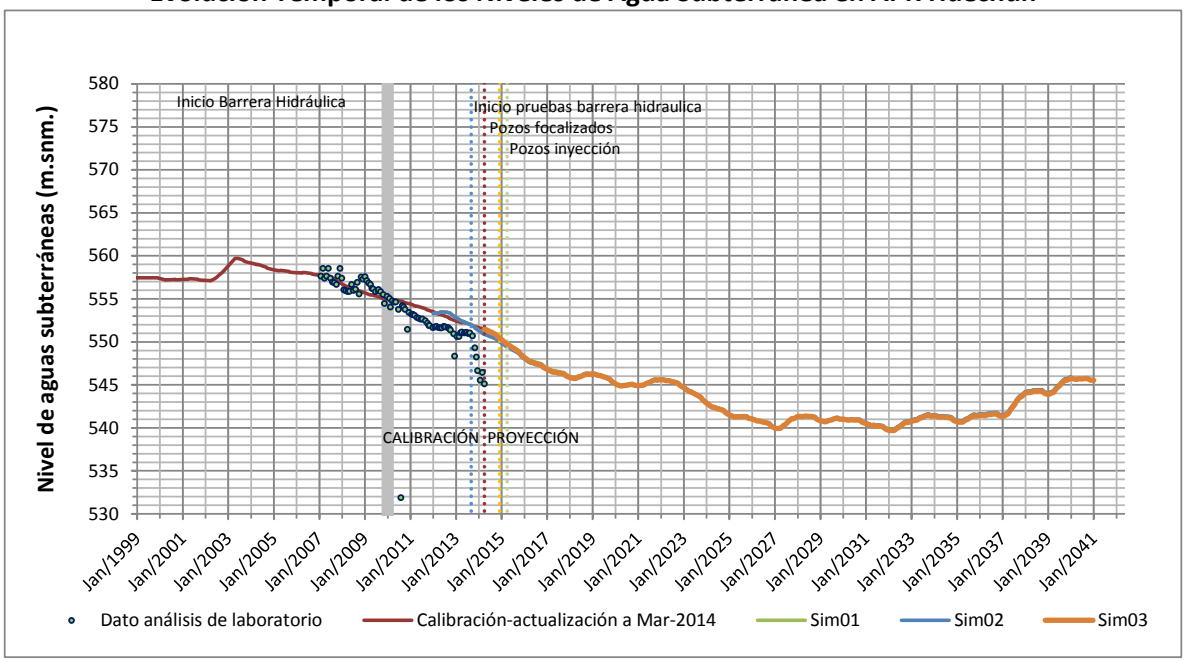


Figura 4.137
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en APR Huechún



4.6.3 Puntos Modelo Ch-P

4.6.3.1 Pozos de agua potable APR

Las Figuras 4.138 a 4.140 muestran la evolución de los niveles de agua subterránea de los pozos de agua potable rural Santa Matilde, Punta Peuco y Huertos Familiares, considerando el uso de la barrera hidráulica actual (Sim01), la propuesta de medidas de control de las infiltraciones del tranque Ovejería (Sim02) y la propuesta actualizada de medidas de control de las infiltraciones del tranque Ovejería (Sim03).

Los resultados muestran que no hay mayor efecto de la medida de control propuesta en los pozos APR, que se encuentran en el acuífero sedimentario de Chacabuco Polpaico. Esto refuerza la efectividad de la medida de control propuesta, ya que el bombeo adicional que se propone en Ovejería, prácticamente se anula con el efecto de la inyección, tanto en Sim02 como en Sim03.

Figura 4.138
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en APR Santa Matilde

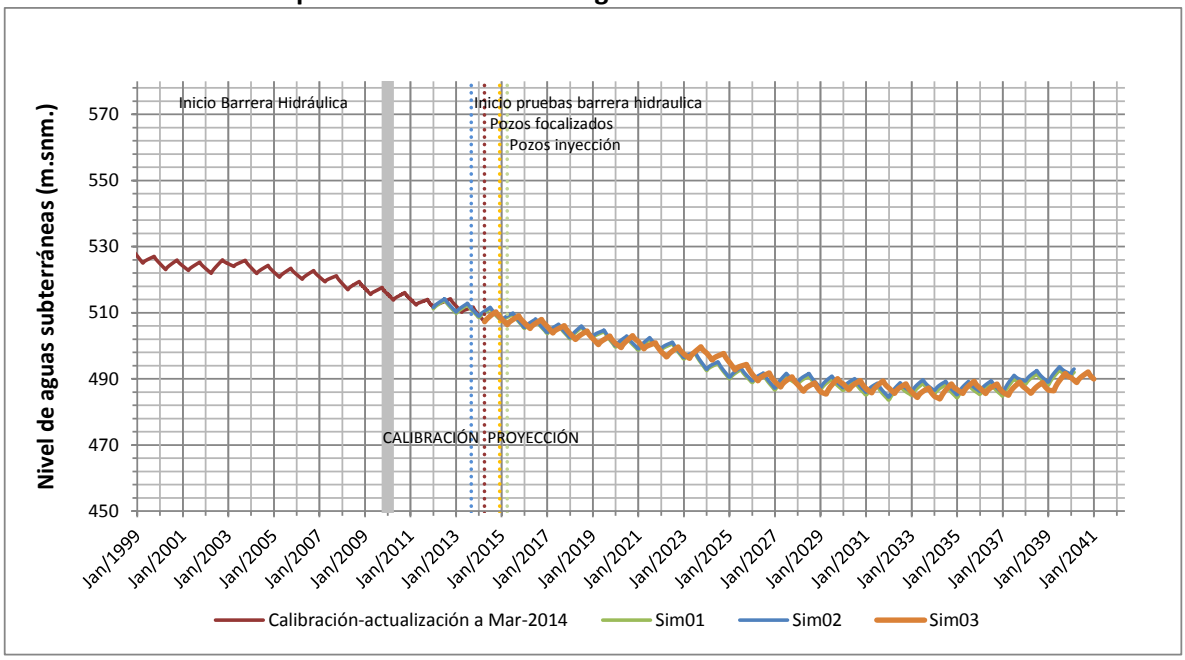


Figura 4.139
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en APR Punta Peuco

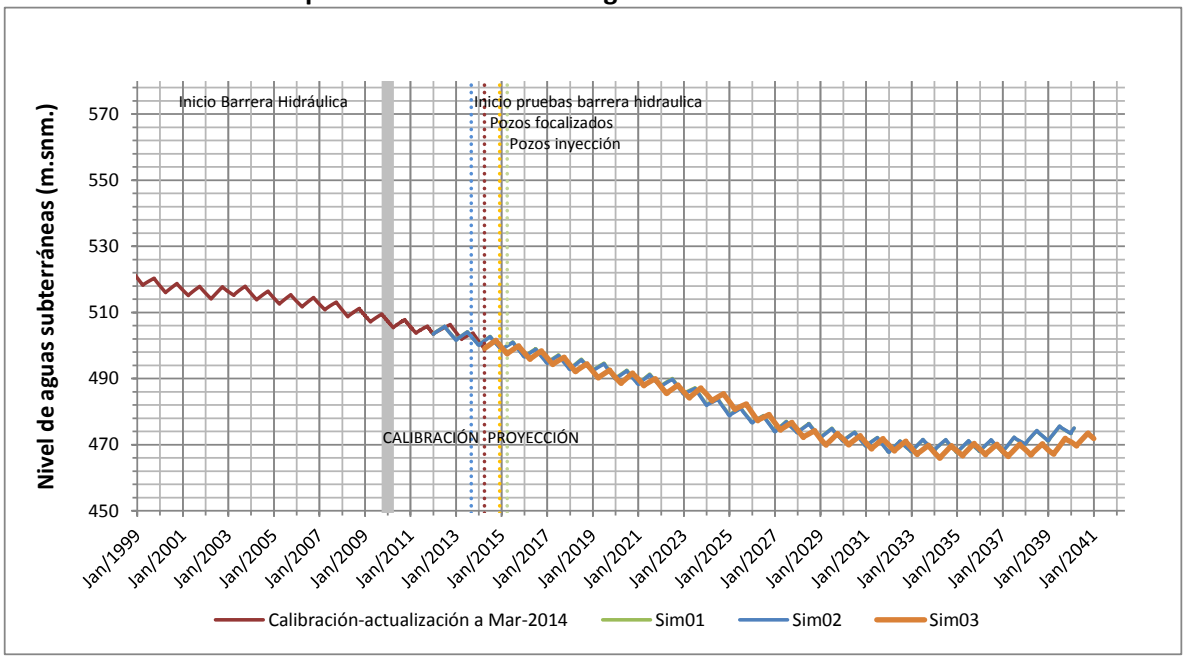
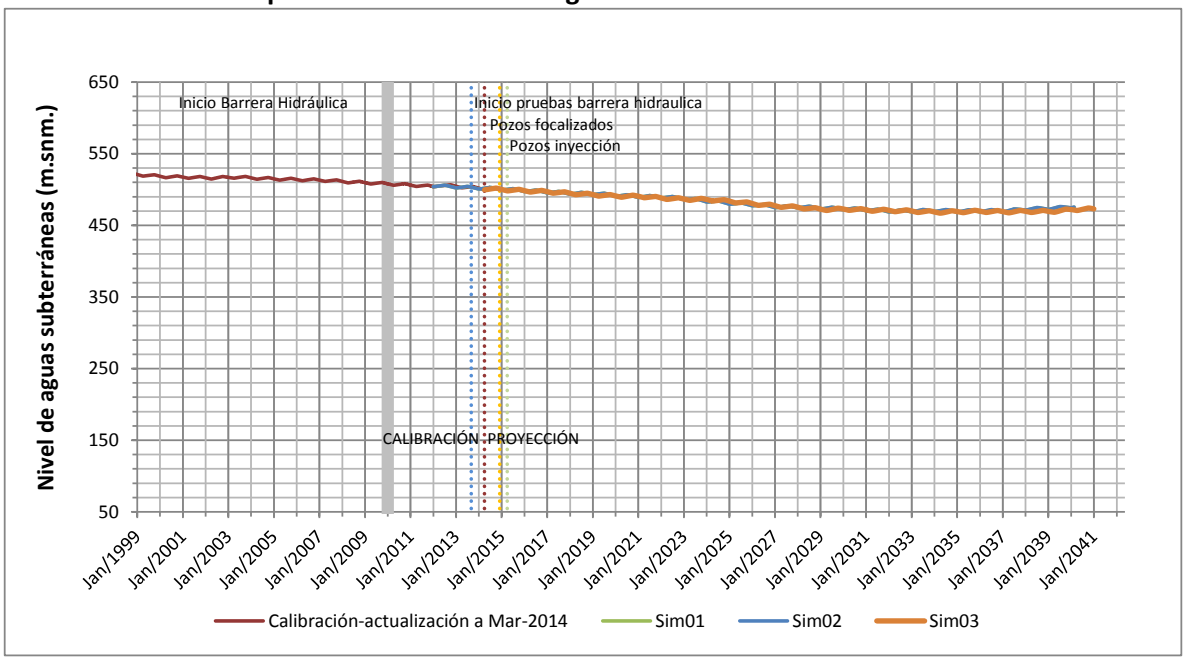


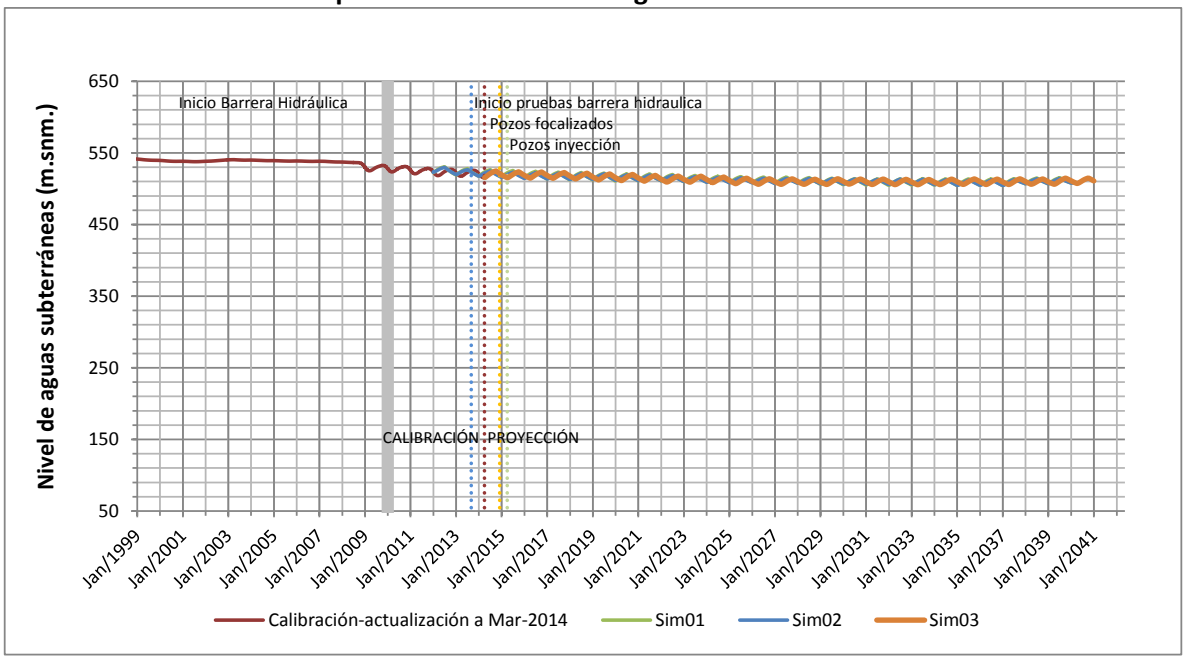
Figura 4.140
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en APR Huertos Familiares



4.6.3.2 Pozos de la zona de Riego

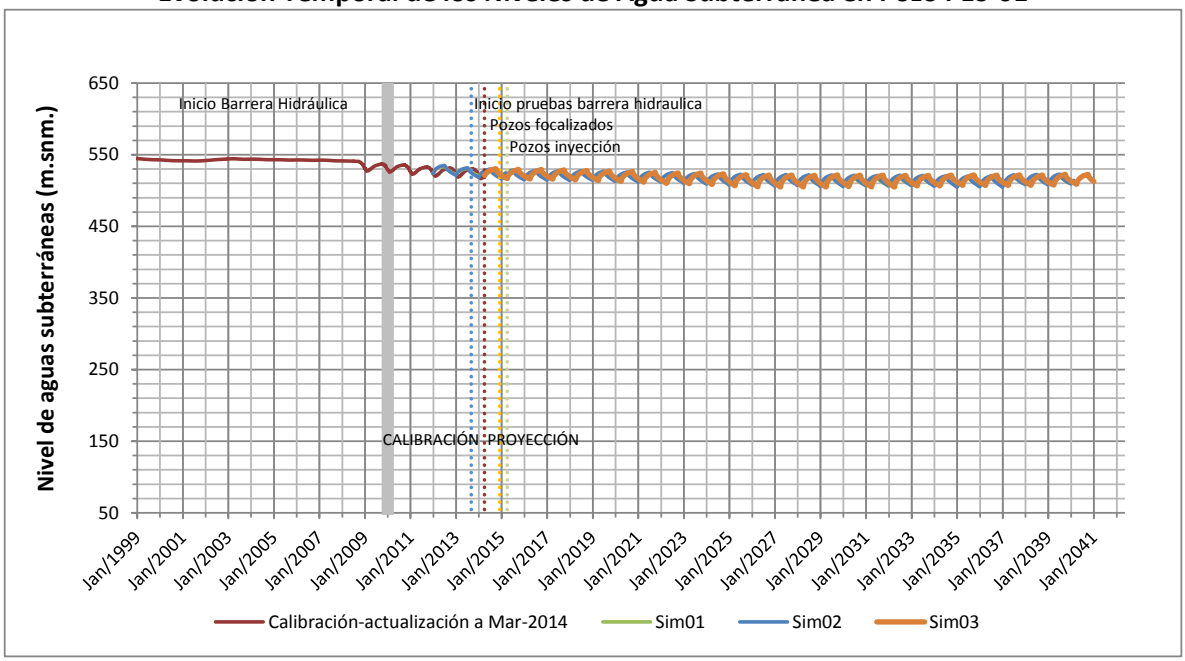
Las Figuras 4.141 a 4.143 muestran la variación temporal de los niveles de agua subterránea en el sector de los pozos de riego localizados inmediatamente aguas abajo del muro del tranque Huechún. Los resultados muestran que prácticamente no existen diferencias en los niveles de agua subterránea en la zona de los pozos de riego PES-03, PES-01 y PES-04. Esto refuerza la efectividad de la medida de control propuesta, ya que el bombeo adicional que se propone en Ovejería, prácticamente se anula con el efecto de la inyección, tanto para Sim02 como para Sim03.

Figura 4.141
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en Pozo PES-03



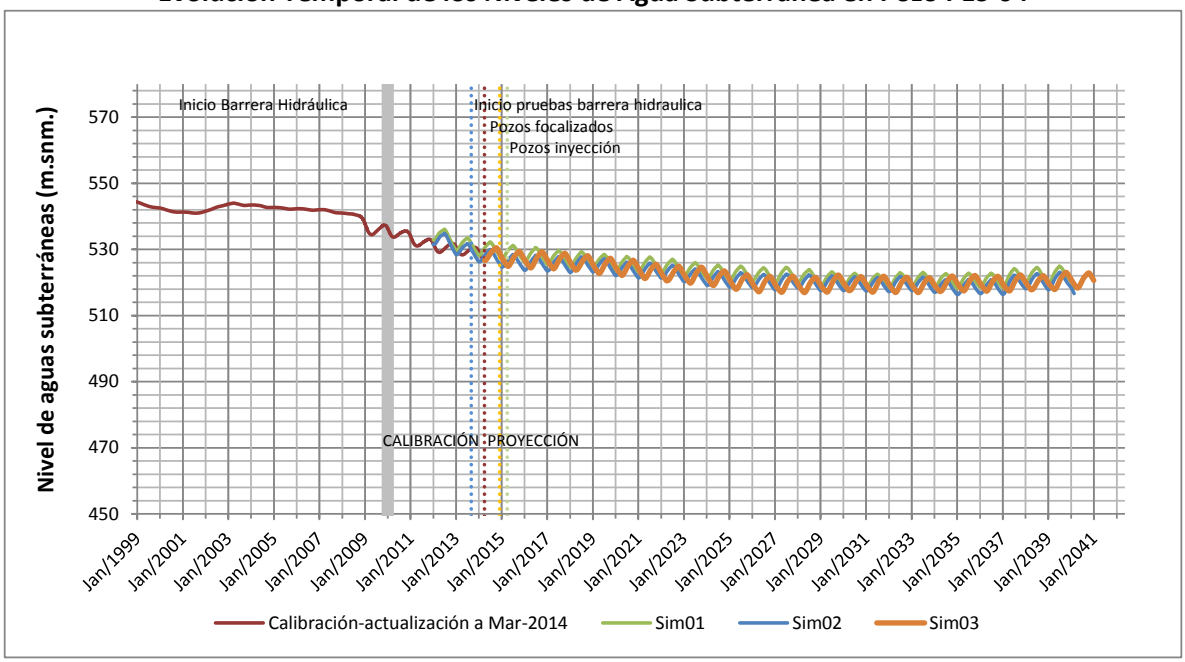
Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.142
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en Pozo PES-01



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

Figura 4.143
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en Pozo PES-04



Nota: Este punto corresponde a un pozo observación impuesto en el modelo para efecto de proyección. No cuenta con mediciones, dado que es un pozo que se está implementando a la fecha.

4.6.4 Pozos adicionales fuera del dominio de los puntos de control de calidad

Las Figuras 4.144 a 4.147 muestran la variación temporal de los niveles de agua subterránea en pozos localizados aguas arriba y aguas abajo de los puntos de control de calidad de aguas. Los resultados muestran que prácticamente no existen diferencias en los niveles de agua subterránea. Esto refuerza la efectividad de la medida de control propuesta, ya que el bombeo adicional que se propone en Ovejería, prácticamente se anula con el efecto de la inyección tanto para Sim02 como para Sim03.

La Figura 4.144 muestra el pozo D15, de la red DGA, localizado aguas abajo de la zona de influencia del proyecto, en que se aprecia que no existe diferencia en los niveles de agua subterránea en la situación barrera hidráulica actual (Sim01), las medidas de control adicionales de bombeo e inyección para el control de las infiltraciones del tranque Ovejería (Sim02) y las medidas de control actualizadas (Sim03).

La Figura 4.145 y 4.146, muestran el efecto en los niveles de agua subterránea aguas abajo del límite sur-este. Del análisis se concluye que no existe efecto producto de las medidas propuestas para el control de las infiltraciones.

La Figura 4.147, muestra el efecto en los niveles de agua subterránea aguas arriba de la zona de influencia definida para el proyecto. Del análisis se concluye que no existe efecto producto de las medidas propuestas para el control de las infiltraciones.

Figura 4.144
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en Pozo D15

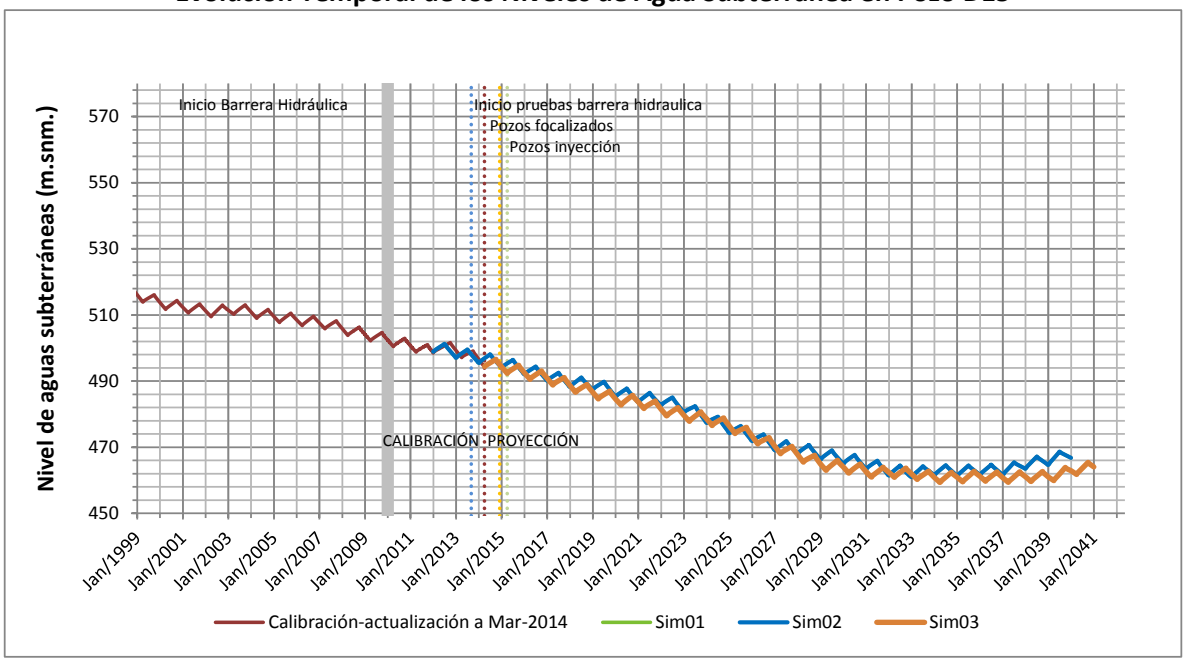


Figura 4.145
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en Pozo Ernesto Saavedra

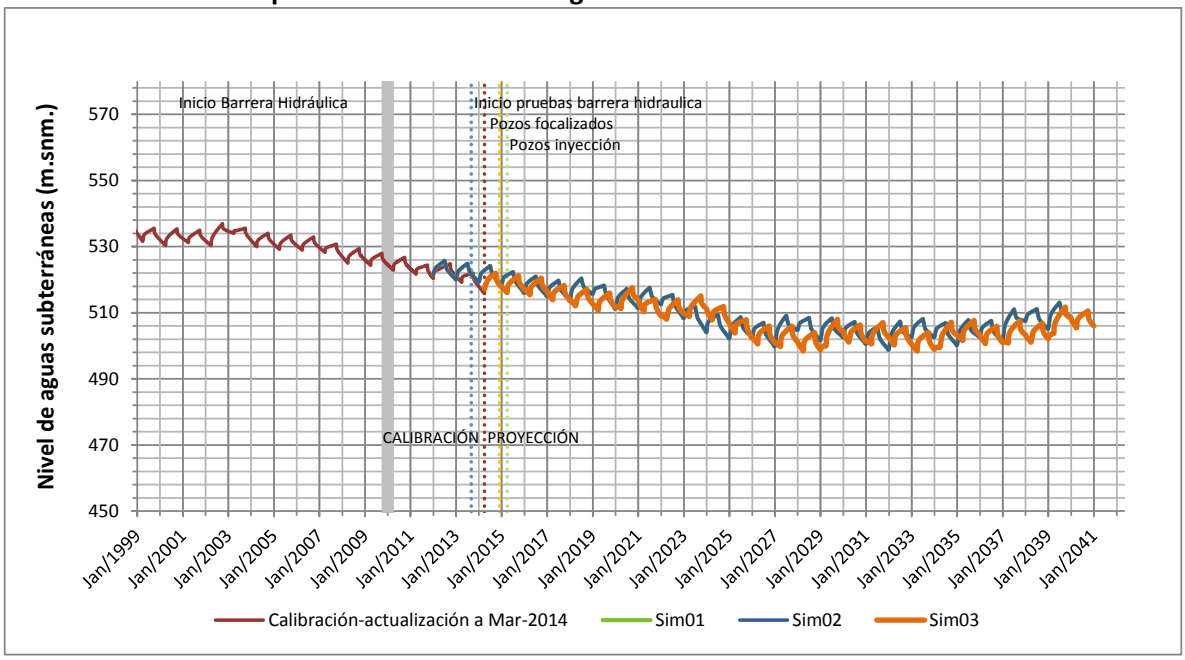


Figura 4.146
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en Pozo Cera Unión Huechún

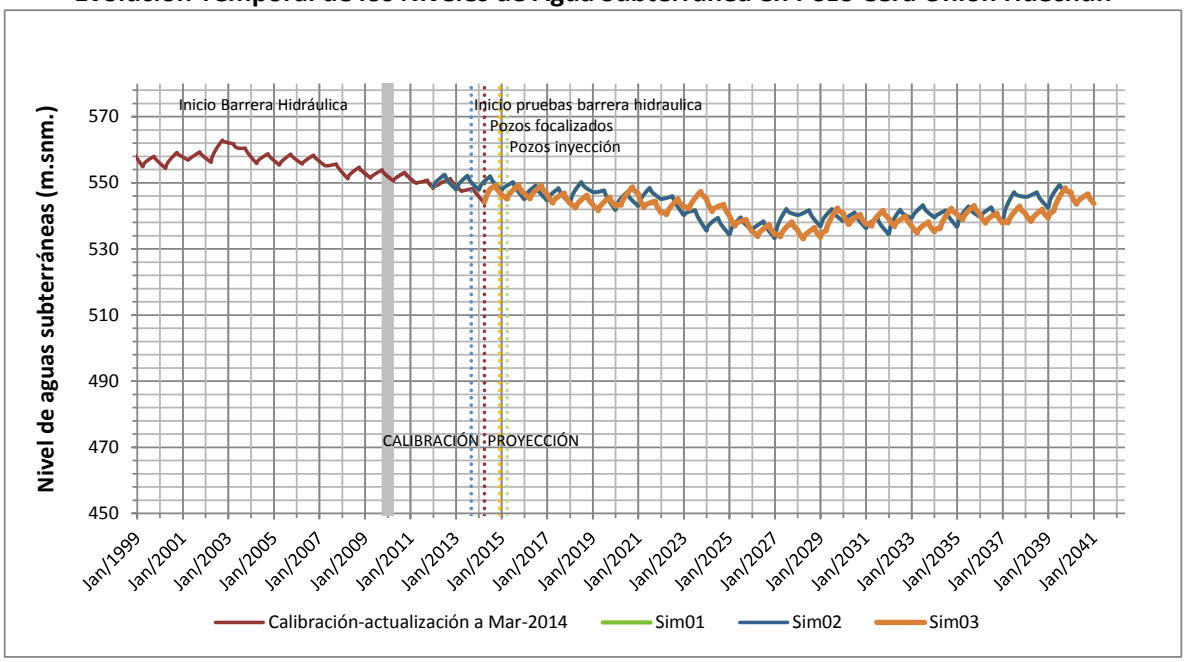
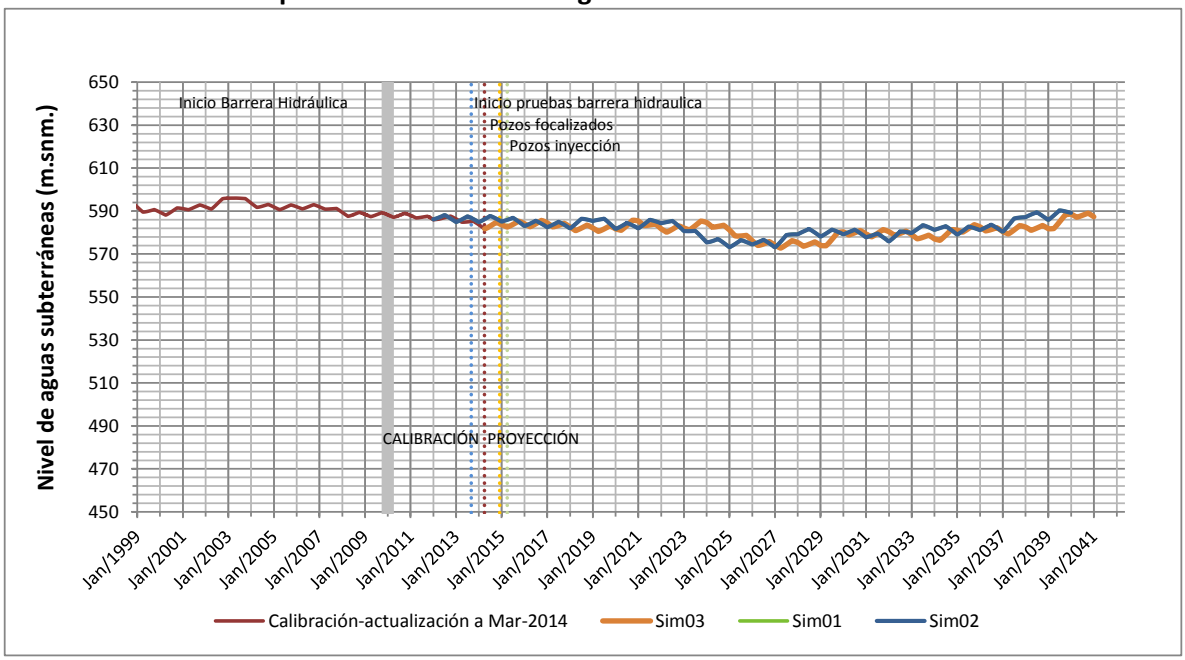


Figura 4.147
Evolución Temporal de los Niveles de Agua Subterránea en Pozo APR El Colorado



5 COMENTARIOS

Se ha implementado el uso conjunto de los modelos Ovejería y Chacabuco Polpaico, con el fin de evaluar distintos escenarios que imponen medidas de control de las infiltraciones del tranque de relaves Ovejería y su efecto en la calidad de aguas tanto en la red de monitoreo interna DAND, así como en pozos de riego y pozos de agua potable rural localizados aguas abajo del muro Huechún, en la zona denominada área de influencia.

Se han utilizado tres escenarios principales de simulación:

- El primero, denominado Sim01, corresponde a la evaluación de la barrera hidráulica actual, que consiste en 15 pozos que bombean un total de 150 L/s, con la finalidad de disminuir las concentraciones de sulfato a la salida de la cuenca que podrían ocurrir producto de las infiltraciones del tranque Ovejería, en el mediano y largo plazo. La respuesta de la simulación, con horizonte de simulación al año 2040, es que las concentraciones de sulfato al interior de Ovejería alcanzarían valores de 1000 a 1700 mg/L, incumplimiento de la concentración máxima de sulfato en la zona de riego inmediatamente aguas abajo del muro Huechún y alteración de la calidad basal de los pozos de APR Santa Matilde y Punta Peuco (cumple con norma de agua potable).

- El segundo, denominado Sim02, responde a la propuesta de mejora de las medidas de control vigentes a Diciembre de 2011, incorporando medidas adicionales a la barrera de aquella fecha para alcanzar los objetivos de calidad. Para el caso del escenario Sim02, estas medidas adicionales contemplan aumento de bombeo hasta completar un caudal total de 225 L/s e inyección focalizada de 66L/s con concentración de 150 mg/L. La respuesta de la simulación, con horizonte de simulación al año 2040, es que las concentraciones de sulfato al interior de Ovejería alcanzarían valores de 100 a 800 mg/L, mejorando la concentración de sulfato en la zona de los pozos PES-03, PES-01 y PES-04, que representa la zona de riego aguas abajo del muro Huechún y manteniéndose la calidad basal de los pozos de APR Huechún, APR Santa Matilde, Punta Peuco y Huertos Familiares. Adicionalmente, no se estima, producto de la modelación realizada, deterioro de los niveles de agua subterránea para los pozos de riego y pozos APR localizados en el acuífero de Chacabuco Polpaico. Finalmente, los resultados de la evolución de la concentración de sulfato de la simulación Sim 02 indican que el set de medidas de control de infiltraciones evaluadas a través de este escenario permiten que las concentraciones simuladas en los Puntos de Control Para Activación de Medidas de los PAT APR Huechún y PAT APR Santa Matilde y Punta Peuco estén siempre por debajo de los umbrales indicados en la Tabla 4.2 del Anexo B, lo cual se aprecia en detalle en las Figuras 1 a 8 del Apéndice H2.

- El tercero, denominado Sim03, responde a la propuesta actualizada de medidas de control de infiltración del Sim02, para alcanzar los objetivos de calidad. Esta propuesta comienza de la calibración extendida con datos reales observados hasta Marzo 2014 actualizando la fecha de entrada de los pozos de robustecimiento de la cortina de bombeo y de los pozos de bombeo e inyección focalizada. Al igual que para Sim02, para el caso del escenario

Sim03, estas medidas adicionales contemplan aumento de bombeo hasta completar un caudal total de 225 L/s e inyección focalizada de 66L/s con concentración de 150 mg/L. La respuesta de la simulación, con horizonte de simulación al año 2040, es que las concentraciones de sulfato al interior de Ovejería alcanzarían valores de 100 a 1000 mg/L, mejorando la concentración de sulfato, respecto al Sim01, en la zona de los pozos PES-03, PES-01 y PES-04, que representa la zona de riego aguas abajo del muro Huechún y anteniéndose la calidad basal de los pozos de APR Huechún, APR Santa Matilde, Punta Peuco y Huertos Familiares. Adicionalmente, no se estima, producto de la modelación realizada, deterioro de los niveles de agua subterránea para los pozos de riego y pozos APR localizados en el acuífero de Chacabuco Polpaico. Finalmente, los resultados de la evolución de la concentración de sulfato de la simulación Sim 03 indican que el set de medidas de control de infiltraciones evaluadas a través de este escenario permiten que las concentraciones simuladas en los Puntos de Control Para Activación de Medidas de los PAT APR Huechún y PAT APR Santa Matilde y Punta Peuco estén siempre por debajo de los umbrales en la Tabla 4.2 del Anexo B, lo cual se aprecia en detalle en las Figuras 1 a 8 del Apéndice H2.

Por otro lado, se ha realizado un análisis de sensibilidad del escenario propuesto Sim02, considerando los siguientes análisis:

- Análisis de sensibilidad parámetro de dispersividad en modelo Chacabuco Polpaico (Sim02a).
- Efecto Sequía en la valle Chacabuco por operación en años secos. Disponibilidad Ch-P (Sim02b).
- Evaluación restricción administrativa de extracción en años secos. Captura al 50 %. Ovejería y Ch-P (Sim02c).
- Sensibilización calidad de la fuente de inyección. Concentración media de S04 200 mg/l (Sim02d).
- Sensibilización comienzo medidas de control de infiltraciones del tranque Ovejería a partir del año 2014. (Sim02e).

Cada uno de éstos análisis realizado sobre el escenario propuesto Sim02 muestra que existe cumplimiento de la concentración máxima de sulfato para agua potable en los pozos APR y la mayoría de los escenarios estima que se mantiene la calidad basal de los pozos de APR Huechún, APR Santa Matilde, Punta Peuco y Huertos Familiares. Sólo el escenario Sim02a1, en que la dispersividad es un orden de magnitud a la considerada, el efecto podría llegar al APR Punta Peuco alcanzando valores de 130 mg/L. Sin embargo, la situación se revierte en el largo plazo (2040), ya que las medidas implementadas hacen que la calidad en este punto quede en el rango de la calidad natural

Adicionalmente, se ha realizado un análisis de sensibilidad del escenario propuesto Sim03, considerando los siguientes análisis:

- Efecto de incorporar un nuevo pozo de inyección focalizada y dos pozos de bombeo focalizados en el sector del Tranque Huechún (Sim03a).

De los puntos de control establecidos dentro de Ovejería, la sensibilización Sim03a, permite proyectar que no se preveen efectos sobre el pozo APR Huechún, manteniendo en el tiempo su concentración actual y adicionalmente permite disminuir la concentración en pozo G-05 hasta en 150 mg/L al año 2017. Esto se debe a que las medidas propuestas permiten que la pluma sólo avance en la dirección muro Huechún y mediante el bombeo e inyección adicional, se disminuya la concentración obtenida en Sim03.

También se ha realizado un análisis del efecto que produciría la implementación de las medidas de control (nuevos pozos de bombeo e inyección de agua de buena calidad) en los niveles de agua subterránea. Este análisis resulta relevante para DAND debido a la situación de escasez que existe en la cuenca. Los resultados indican, que al comparar un escenario con la barrera hidráulica actual (Sim01) respecto a las medidas adicionales propuestas para el control de la infiltraciones del tranque Ovejería (Sim02), en distintos puntos de interés del acuífero Chacabuco Polpaico, tales como pozos de la zona de riego inmediatamente aguas abajo del muro Huechún, pozos de agua potable rural (APR) de Chacabuco Polpaico, pozos fuera del límite sur este y pozos aguas arriba y aguas abajo del área de influencia del proyecto, se observa que prácticamente no existe un efecto cuantificable en los niveles de agua subterránea en la cuenca de Chacabuco Polpaico por la operación de Ovejería. Esto se debe principalmente a que el diseño de las medidas de control propuesta permite que el efecto del bombeo adicional de la barrera hidráulica prácticamente se anule con los caudales de inyección.

Como consecuencia de lo anterior, resulta de alta efectividad la implementación de las medidas propuestas e implementadas en el escenario Sim03, para el control de las infiltraciones del tranque Ovejería. El efecto logrado consiste en disminuciones significativas de las concentraciones de sulfato esperado en el acuífero de Chacabuco Polpaico respecto de lo estimado con la barrera hidráulica actual y nulo efecto de las medidas adicionales de bombeo e inyección en los niveles de agua subterránea de todo el sistema Chacabuco Polpaico.

APÉNDICE H1

BALANCE HÍDRICO SIMULACIONES SIM01, SIM02 y SIM03

Modelo Ovejería

Figura 1
Comparación recarga natural Sim01, Sim02 y Sim03

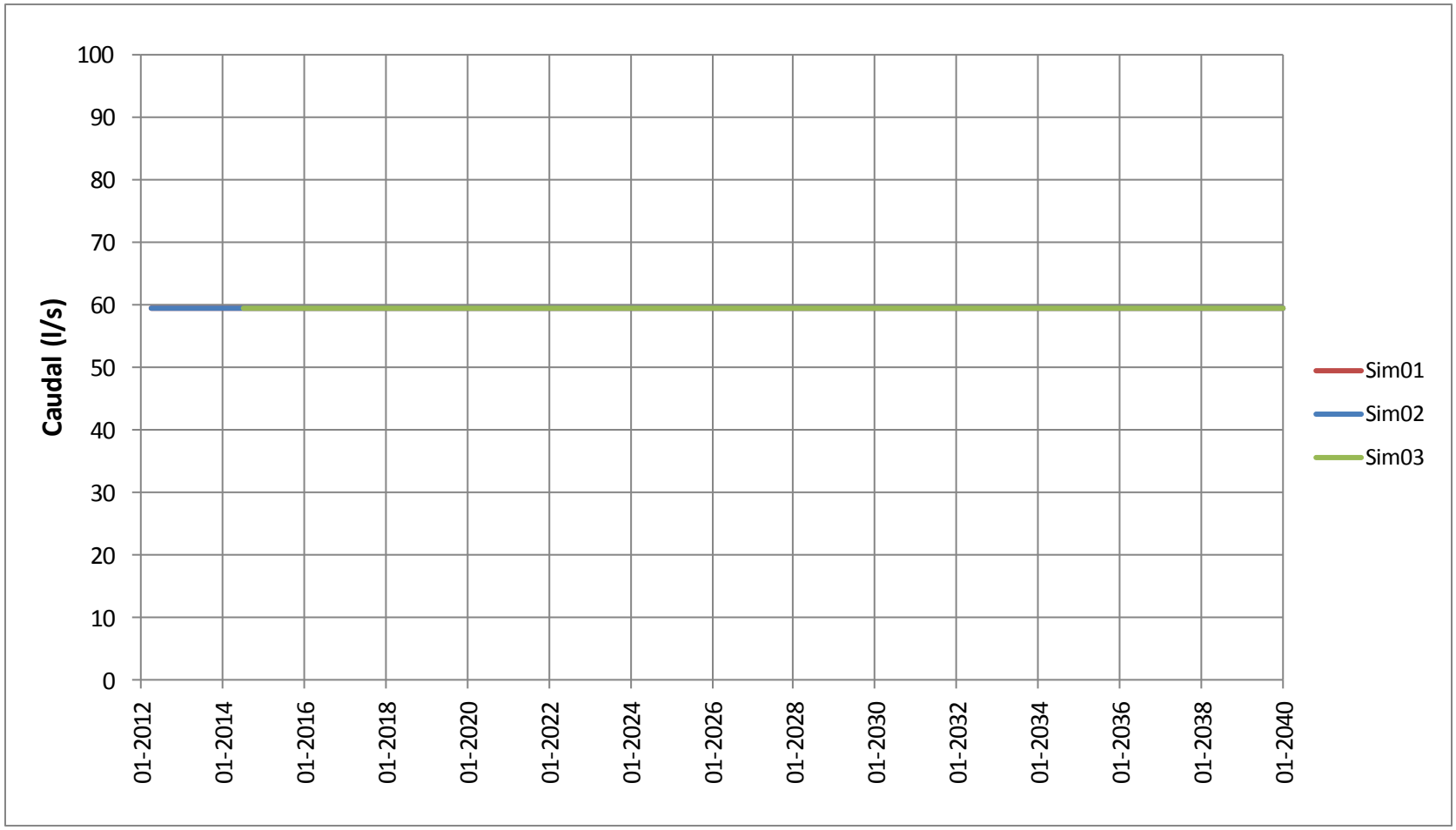
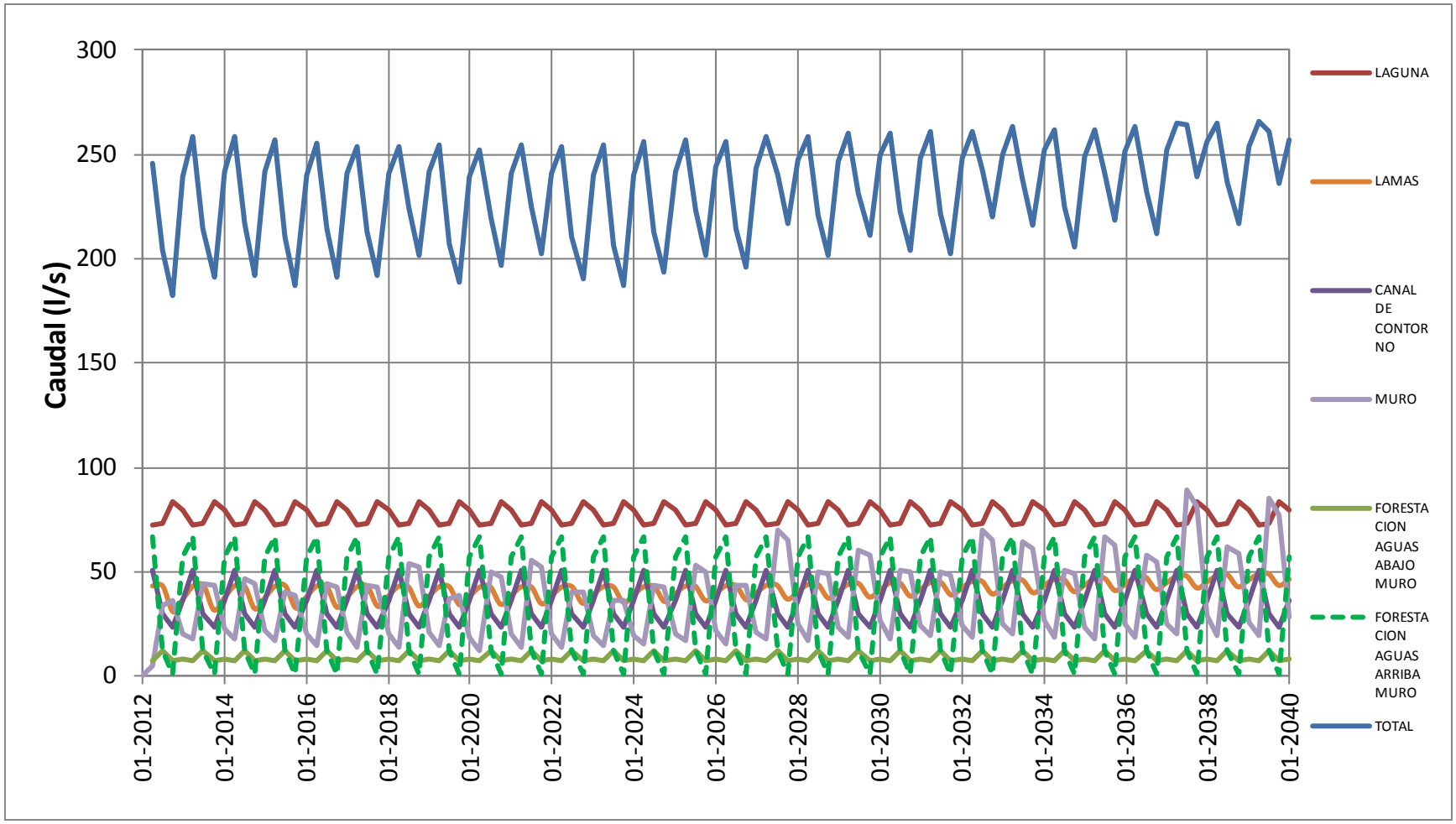


Figura 2
Evolución recarga infiltraciones por componente para escenarios Sim01, Sim02 y Sim03



Nota: las recargas son comunes para los 3 escenarios

Figura 3
Comparación pozos de inyección Sim01, Sim02 y Sim03

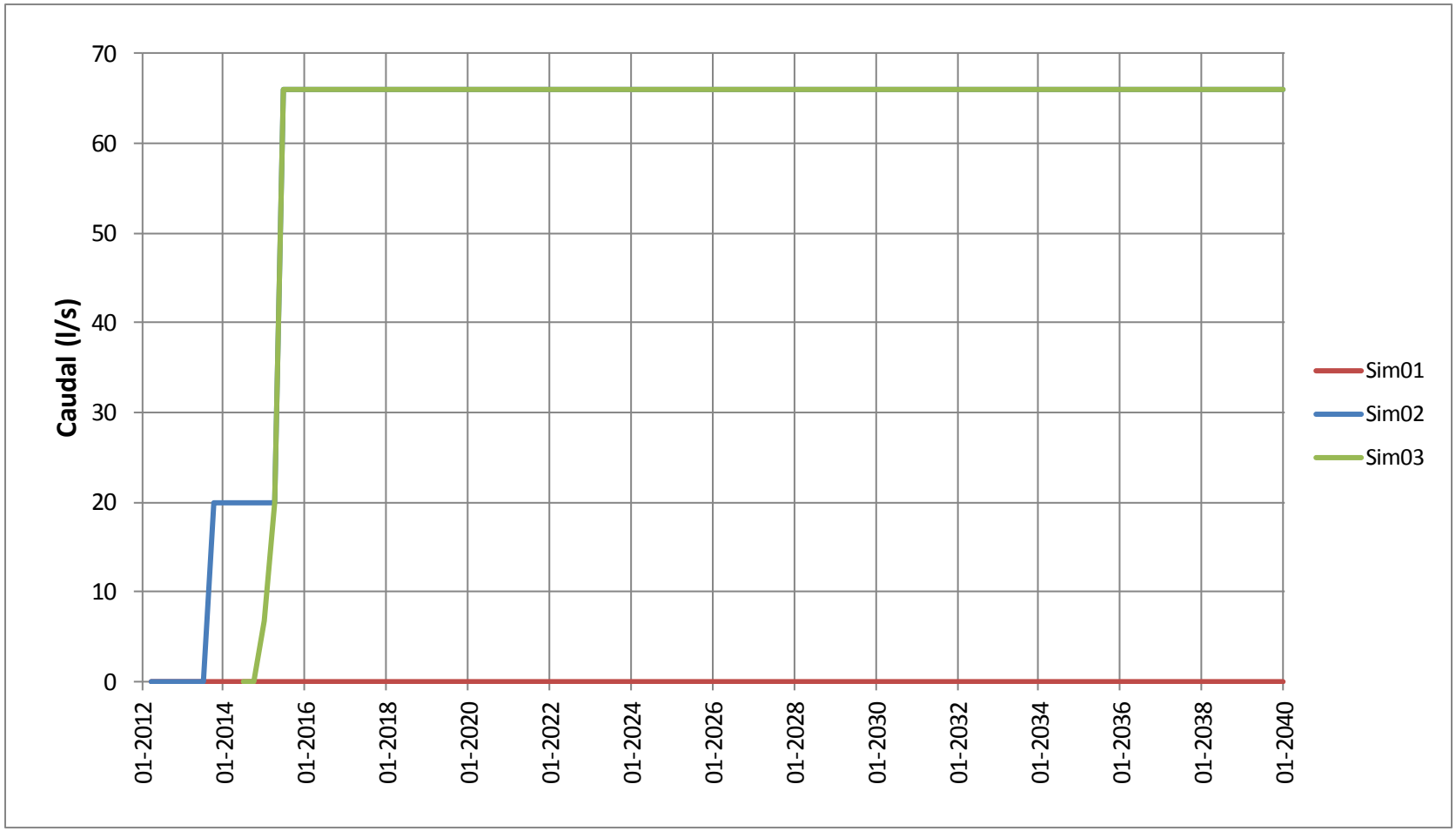


Figura 4
Comparación flujos subterráneos de entrada Sim01, Sim02 y Sim03

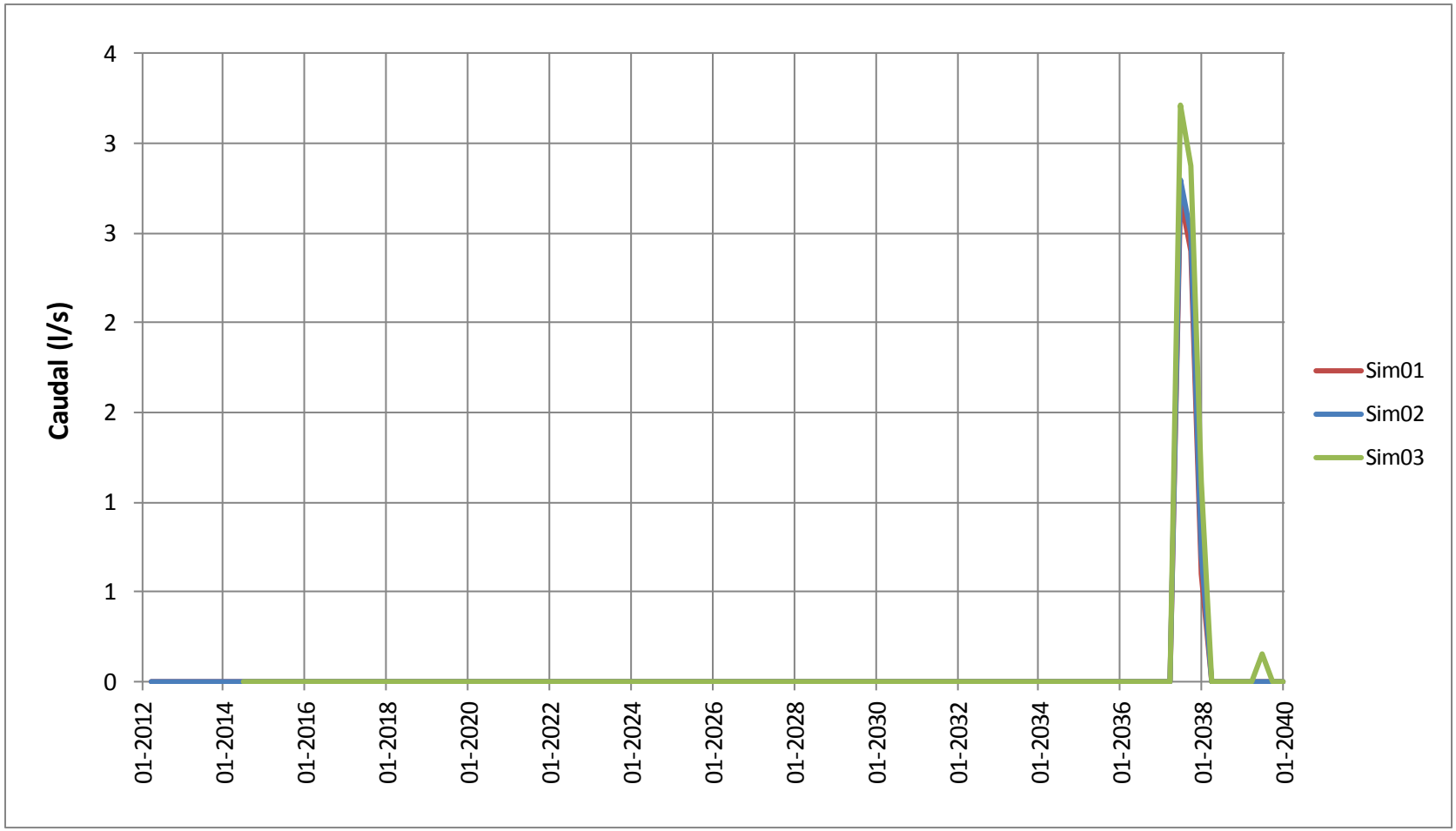


Figura 5
Comparación drenes basales Sim01, Sim02 y Sim03

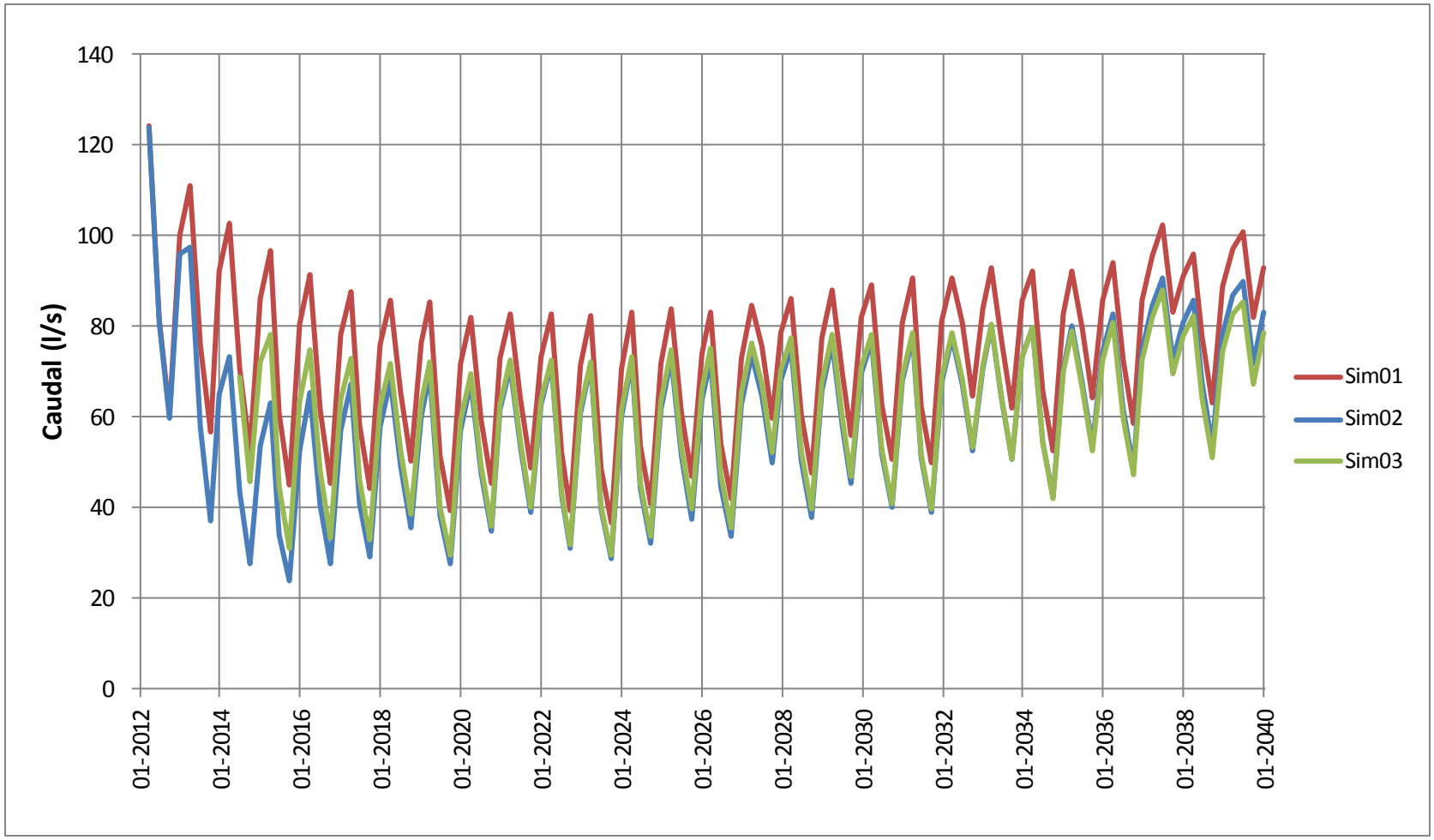


Figura 6
Comparación bombeo DAND Sim01, Sim02 y Sim03

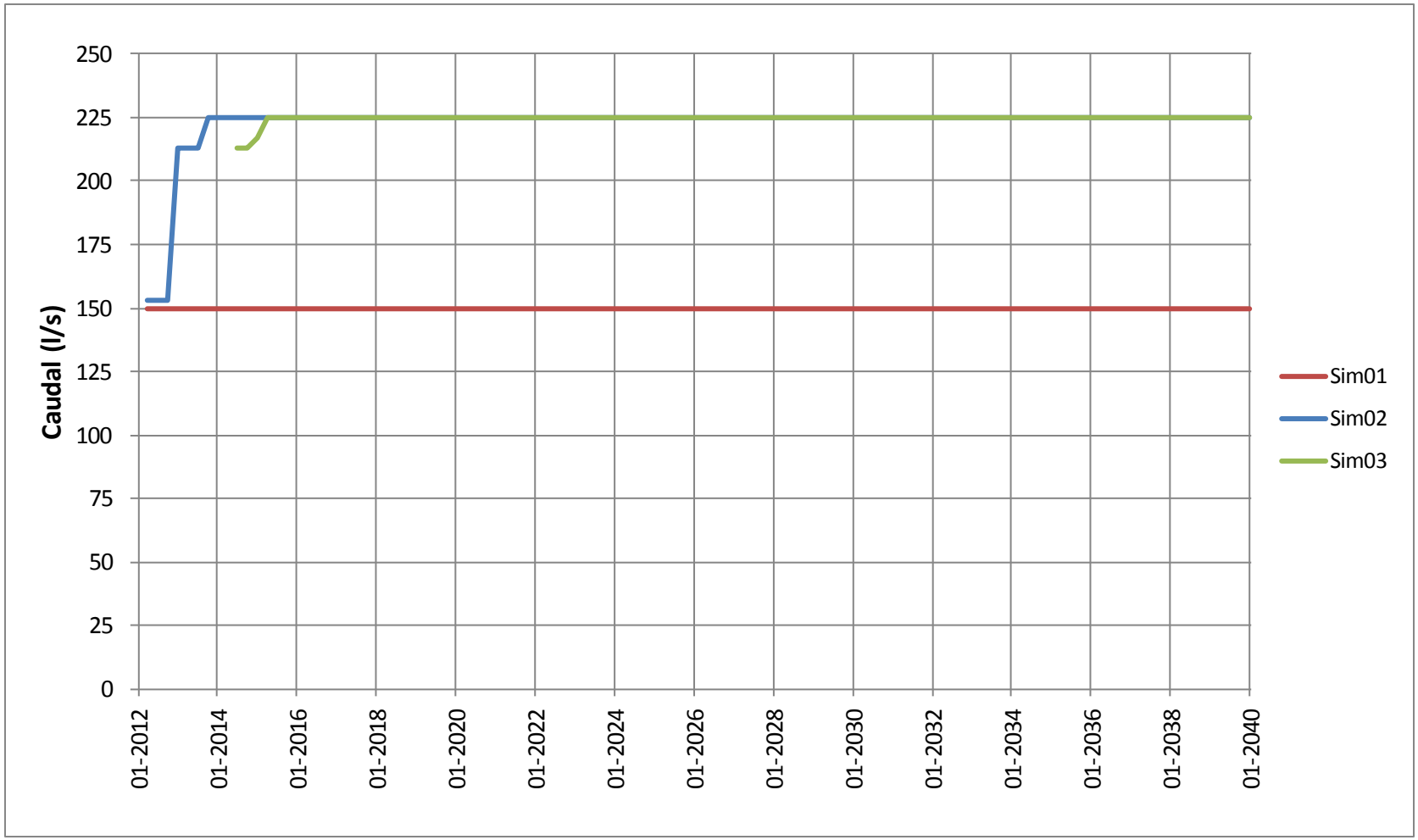


Figura 7
Comparación bombeo terceros Sim01, Sim02 y Sim03

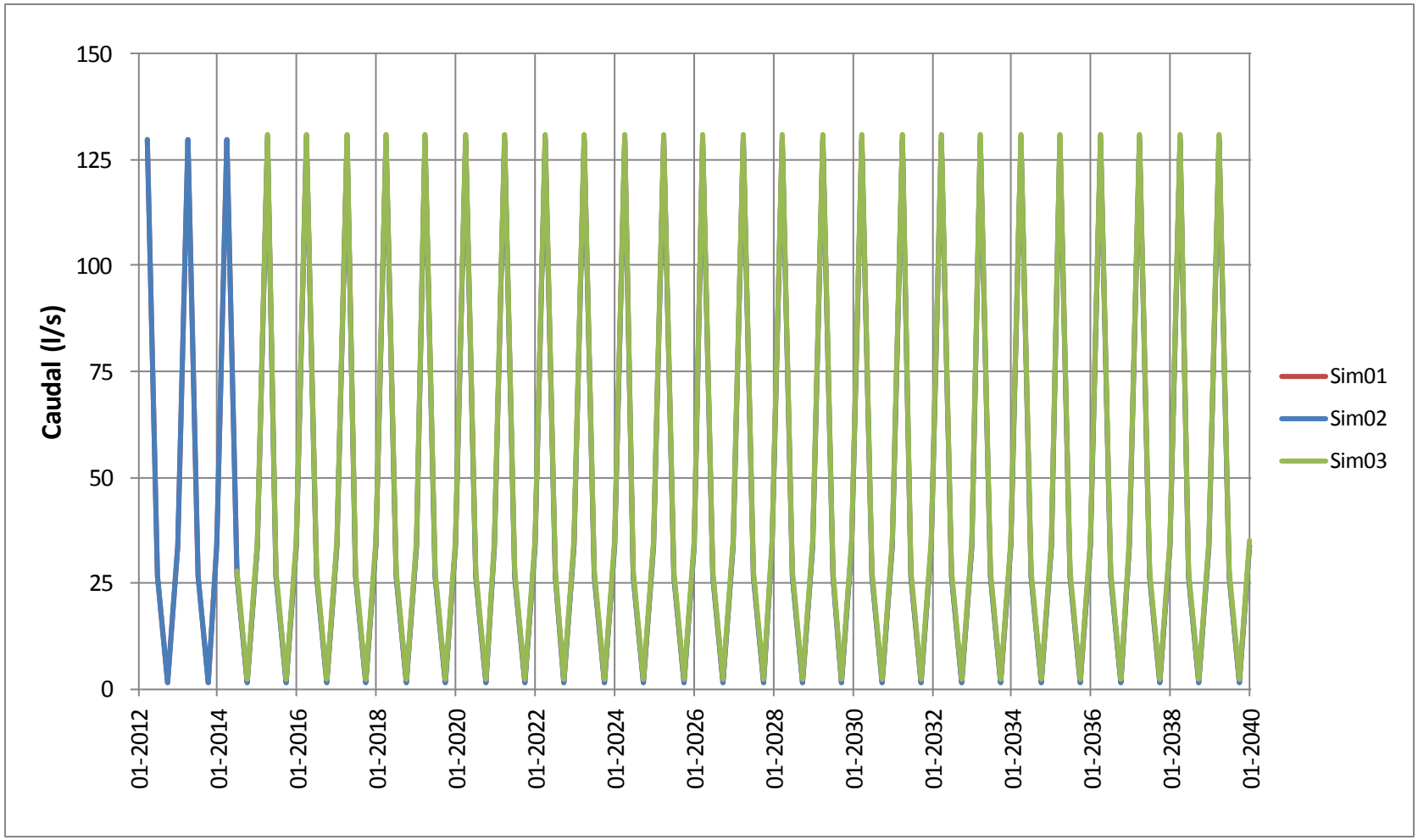


Figura 8
Comparación flujo subterráneo de salida límite Sur Sim01, Sim02 y Sim03

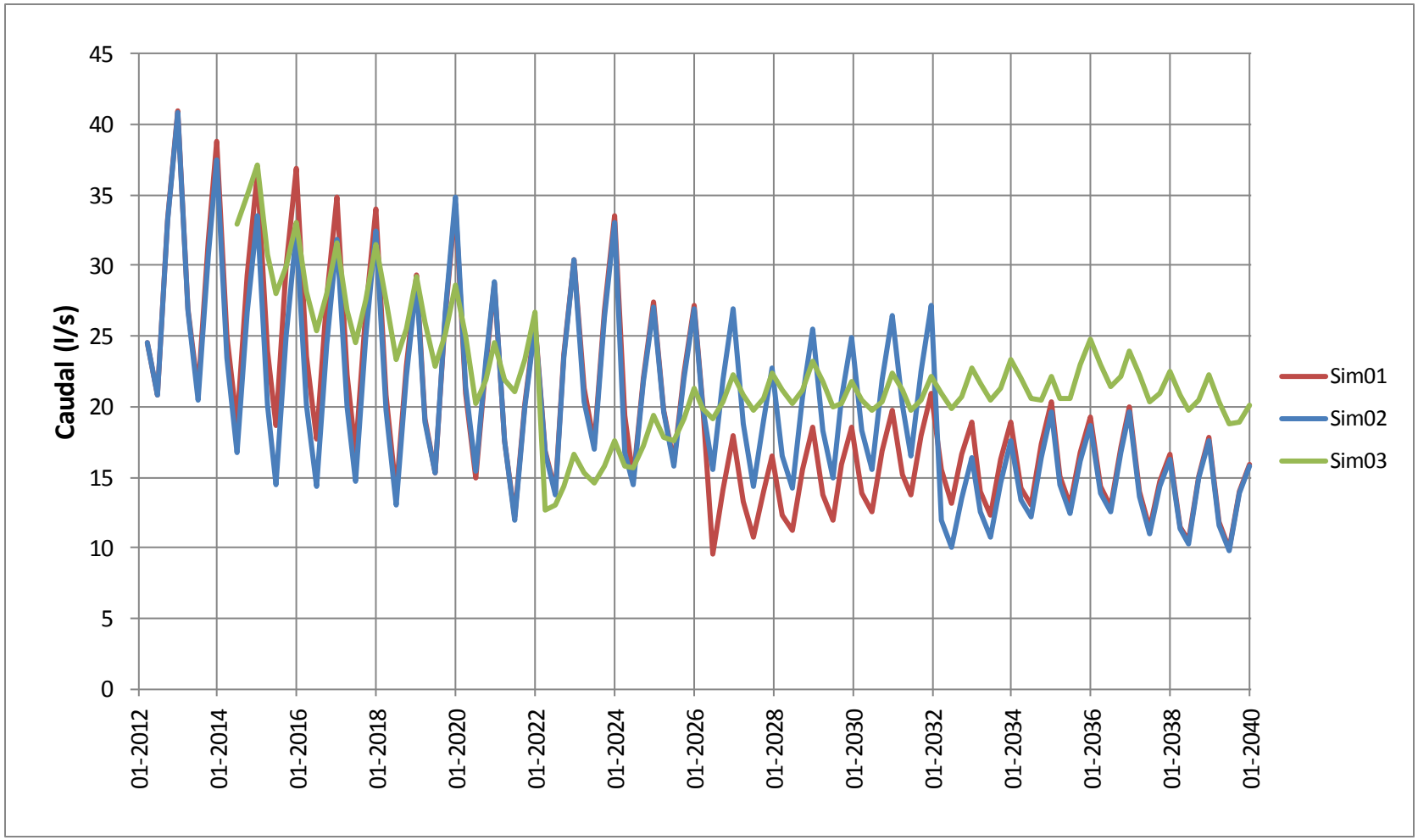
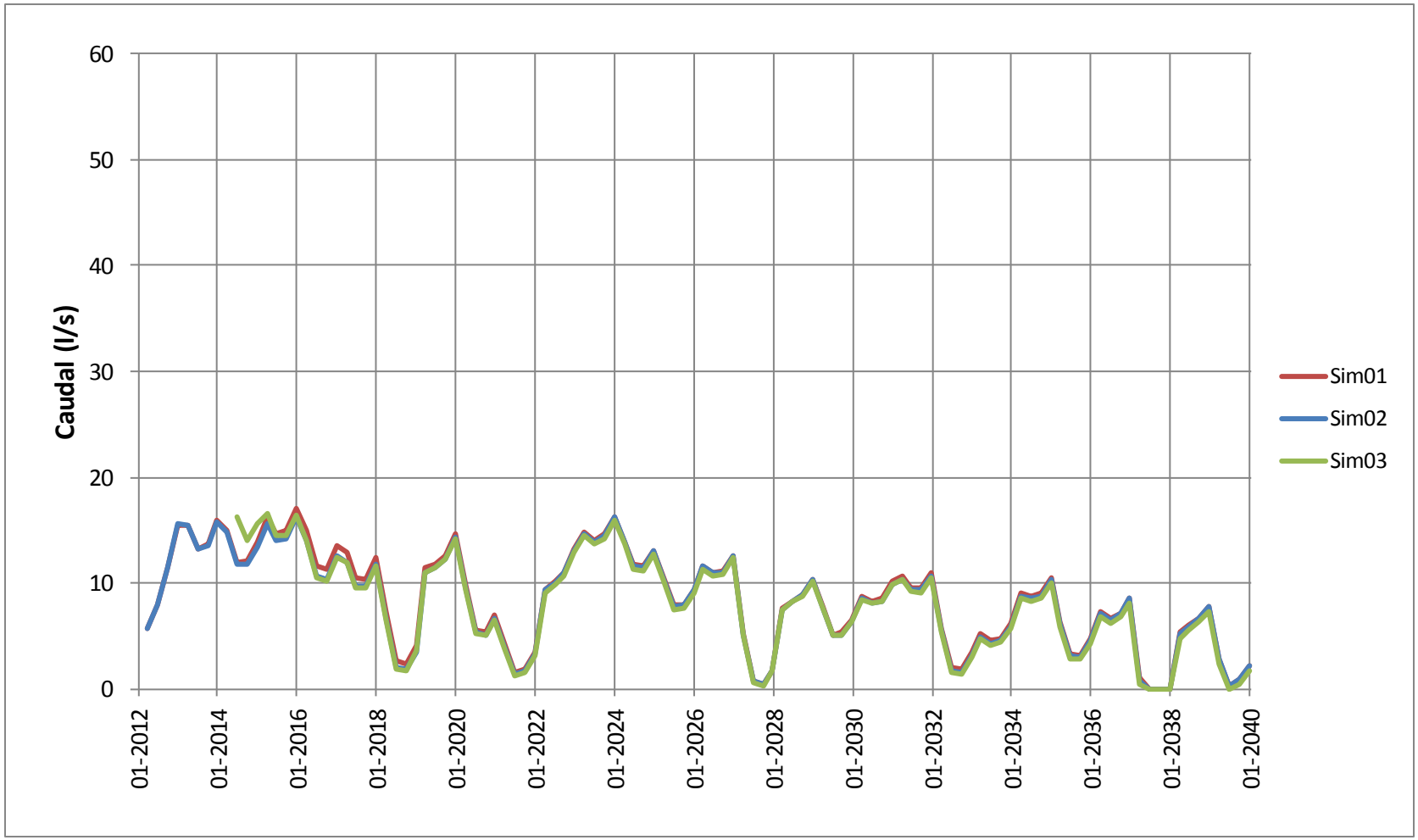


Figura 9
Comparación flujo subterráneo de salida límite Sur-Este Sim01, Sim02 y Sim03



CODELCO
Orgullo de Todos

Tabla 1
Balance Hídrico Sim01

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-01-2012	01-04-2012	4506	59	245	0	0	**305**	124	150	130	25	6	**434**	-128
01-04-2012	01-07-2012	4597	59	202	0	0	**261**	82	150	27	21	8	**287**	-25
01-07-2012	01-10-2012	4689	59	181	0	0	**241**	60	150	1	33	12	**256**	-15
01-10-2012	01-01-2013	4781	59	238	0	0	**297**	100	150	34	41	16	**340**	-42
01-01-2013	01-04-2013	4871	59	258	0	0	**317**	111	150	130	27	15	**433**	-115
01-04-2013	01-07-2013	4962	59	212	0	0	**272**	76	150	27	21	13	**286**	-14
01-07-2013	01-10-2013	5054	59	190	0	0	**249**	57	150	1	32	14	**253**	-3
01-10-2013	01-01-2014	5146	59	240	0	0	**300**	92	150	34	39	16	**330**	-29
01-01-2014	01-04-2014	5236	59	258	0	0	**317**	103	150	130	25	15	**422**	-104
01-04-2014	01-07-2014	5327	59	214	0	0	**274**	71	150	27	19	12	**278**	-3
01-07-2014	01-10-2014	5419	59	191	0	0	**251**	52	150	1	29	12	**245**	6
01-10-2014	01-01-2015	5511	59	240	0	0	**300**	86	150	34	37	14	**320**	-20
01-01-2015	01-04-2015	5601	59	257	0	0	**316**	97	150	130	24	16	**416**	-99
01-04-2015	01-07-2015	5692	59	208	0	0	**268**	61	150	27	19	15	**271**	-3
01-07-2015	01-10-2015	5784	59	186	0	0	**245**	45	150	1	30	15	**241**	5
01-10-2015	01-01-2016	5876	59	239	0	0	**299**	81	150	34	37	17	**318**	-19

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-01-2016	01-04-2016	5967	59	255	0	0	**314**	91	150	130	24	15	**409**	-94
01-04-2016	01-07-2016	6058	59	212	0	0	**272**	62	150	27	18	12	**267**	5
01-07-2016	01-10-2016	6150	59	190	0	0	**249**	45	150	1	28	11	**235**	15
01-10-2016	01-01-2017	6242	59	240	0	0	**299**	78	150	34	35	14	**310**	-11
01-01-2017	01-04-2017	6332	59	254	0	0	**313**	88	150	130	22	13	**402**	-89
01-04-2017	01-07-2017	6423	59	211	0	0	**270**	58	150	27	17	11	**262**	9
01-07-2017	01-10-2017	6515	59	191	0	0	**250**	44	150	1	27	10	**232**	18
01-10-2017	01-01-2018	6607	59	239	0	0	**299**	76	150	34	34	12	**306**	-7
01-01-2018	01-04-2018	6697	59	254	0	0	**313**	86	150	130	21	7	**393**	-79
01-04-2018	01-07-2018	6788	59	222	0	0	**281**	65	150	27	14	3	**258**	24
01-07-2018	01-10-2018	6880	59	200	0	0	**259**	50	150	1	23	2	**226**	34
01-10-2018	01-01-2019	6972	59	240	0	0	**300**	76	150	34	29	4	**293**	7
01-01-2019	01-04-2019	7062	59	255	0	0	**314**	85	150	130	19	12	**395**	-81
01-04-2019	01-07-2019	7153	59	205	0	0	**264**	51	150	27	15	12	**255**	10
01-07-2019	01-10-2019	7245	59	187	0	0	**247**	39	150	1	26	13	**229**	18
01-10-2019	01-01-2020	7337	59	238	0	0	**297**	72	150	34	34	15	**304**	-6
01-01-2020	01-04-2020	7428	59	252	0	0	**312**	82	150	130	21	10	**392**	-80
01-04-2020	01-07-2020	7519	59	217	0	0	**277**	59	150	27	15	6	**256**	21

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-07-2020	01-10-2020	7611	59	196	0	0	**255**	45	150	1	23	5	**224**	32
01-10-2020	01-01-2021	7703	59	239	0	0	**299**	73	150	34	29	7	**292**	7
01-01-2021	01-04-2021	7793	59	254	0	0	**313**	83	150	130	18	4	**384**	-70
01-04-2021	01-07-2021	7884	59	223	0	0	**283**	64	150	27	12	2	**254**	29
01-07-2021	01-10-2021	7976	59	201	0	0	**260**	49	150	1	20	2	**222**	39
01-10-2021	01-01-2022	8068	59	240	0	0	**299**	73	150	34	26	4	**286**	13
01-01-2022	01-04-2022	8158	59	254	0	0	**313**	83	150	130	17	9	**388**	-75
01-04-2022	01-07-2022	8249	59	208	0	0	**268**	52	150	27	14	10	**252**	16
01-07-2022	01-10-2022	8341	59	189	0	0	**249**	39	150	1	24	11	**225**	24
01-10-2022	01-01-2023	8433	59	239	0	0	**298**	71	150	34	30	13	**298**	0
01-01-2023	01-04-2023	8523	59	254	0	0	**314**	82	150	130	21	15	**398**	-84
01-04-2023	01-07-2023	8614	59	204	0	0	**264**	49	150	27	17	14	**256**	8
01-07-2023	01-10-2023	8706	59	186	0	0	**246**	37	150	1	27	15	**229**	17
01-10-2023	01-01-2024	8798	59	239	0	0	**298**	71	150	34	33	16	**304**	-5
01-01-2024	01-04-2024	8889	59	255	0	0	**315**	83	150	130	19	14	**396**	-81
01-04-2024	01-07-2024	8980	59	211	0	0	**270**	53	150	27	15	12	**256**	15
01-07-2024	01-10-2024	9072	59	192	0	0	**252**	41	150	1	22	12	**225**	27
01-10-2024	01-01-2025	9164	59	240	0	0	**300**	72	150	34	27	13	**296**	4

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-01-2025	01-04-2025	9254	59	257	0	0	**317**	84	150	130	20	11	**393**	-77
01-04-2025	01-07-2025	9345	59	221	0	0	**280**	61	150	27	16	8	**261**	20
01-07-2025	01-10-2025	9437	59	200	0	0	**259**	47	150	1	22	8	**228**	32
01-10-2025	01-01-2026	9529	59	242	0	0	**302**	74	150	34	27	9	**294**	8
01-01-2026	01-04-2026	9619	59	256	0	0	**315**	83	150	130	20	12	**394**	-79
01-04-2026	01-07-2026	9710	59	212	0	0	**271**	54	150	27	10	11	**251**	21
01-07-2026	01-10-2026	9802	59	194	0	0	**254**	42	150	1	14	11	**218**	36
01-10-2026	01-01-2027	9894	59	242	0	0	**302**	73	150	34	18	13	**287**	15
01-01-2027	01-04-2027	9984	59	258	0	0	**318**	85	150	130	13	5	**382**	-64
01-04-2027	01-07-2027	10075	59	238	0	0	**298**	76	150	27	11	1	**263**	35
01-07-2027	01-10-2027	10167	59	216	0	0	**275**	60	150	1	14	0	**225**	51
01-10-2027	01-01-2028	10259	59	246	0	0	**306**	79	150	34	16	2	**280**	25
01-01-2028	01-04-2028	10350	59	258	0	0	**318**	86	150	130	12	8	**385**	-67
01-04-2028	01-07-2028	10441	59	219	0	0	**278**	60	150	27	11	8	**256**	23
01-07-2028	01-10-2028	10533	59	200	0	0	**260**	48	150	1	16	9	**223**	37
01-10-2028	01-01-2029	10625	59	245	0	0	**304**	77	150	34	19	10	**290**	15
01-01-2029	01-04-2029	10715	59	260	0	0	**319**	88	150	130	14	8	**389**	-69
01-04-2029	01-07-2029	10806	59	229	0	0	**289**	69	150	27	12	5	**263**	26

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-07-2029	01-10-2029	10898	59	210	0	0	**269**	56	150	1	16	5	**228**	42
01-10-2029	01-01-2030	10990	59	248	0	0	**308**	82	150	34	19	7	**290**	18
01-01-2030	01-04-2030	11080	59	260	0	0	**319**	89	150	130	14	9	**391**	-71
01-04-2030	01-07-2030	11171	59	220	0	0	**280**	63	150	27	13	8	**260**	20
01-07-2030	01-10-2030	11263	59	202	0	0	**262**	51	150	1	17	9	**227**	35
01-10-2030	01-01-2031	11355	59	247	0	0	**306**	81	150	34	20	10	**294**	12
01-01-2031	01-04-2031	11445	59	261	0	0	**320**	91	150	130	15	11	**396**	-75
01-04-2031	01-07-2031	11536	59	219	0	0	**279**	62	150	27	14	10	**262**	17
01-07-2031	01-10-2031	11628	59	201	0	0	**261**	50	150	1	18	10	**228**	33
01-10-2031	01-01-2032	11720	59	247	0	0	**306**	81	150	34	21	11	**296**	10
01-01-2032	01-04-2032	11811	59	261	0	0	**320**	91	150	130	16	6	**391**	-70
01-04-2032	01-07-2032	11902	59	240	0	0	**300**	81	150	27	13	2	**272**	28
01-07-2032	01-10-2032	11994	59	218	0	0	**278**	64	150	1	17	2	**234**	45
01-10-2032	01-01-2033	12086	59	249	0	0	**308**	84	150	34	19	3	**289**	19
01-01-2033	01-04-2033	12176	59	263	0	0	**322**	93	150	130	14	5	**392**	-69
01-04-2033	01-07-2033	12267	59	235	0	0	**295**	77	150	27	12	5	**270**	26
01-07-2033	01-10-2033	12359	59	215	0	0	**275**	62	150	1	16	5	**234**	41
01-10-2033	01-01-2034	12451	59	251	0	0	**310**	86	150	34	19	6	**294**	16

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-01-2034	01-04-2034	12541	59	262	0	0	**321**	92	150	130	14	9	**395**	-73
01-04-2034	01-07-2034	12632	59	222	0	0	**282**	66	150	27	13	9	**264**	19
01-07-2034	01-10-2034	12724	59	204	0	0	**264**	53	150	1	17	9	**230**	34
01-10-2034	01-01-2035	12816	59	248	0	0	**307**	83	150	34	20	11	**297**	10
01-01-2035	01-04-2035	12906	59	262	0	0	**321**	92	150	130	15	6	**393**	-71
01-04-2035	01-07-2035	12997	59	238	0	0	**298**	80	150	27	13	3	**272**	26
01-07-2035	01-10-2035	13089	59	217	0	0	**277**	64	150	1	17	3	**235**	42
01-10-2035	01-01-2036	13181	59	250	0	0	**310**	86	150	34	19	5	**293**	17
01-01-2036	01-04-2036	13272	59	263	0	0	**323**	94	150	130	14	7	**395**	-72
01-04-2036	01-07-2036	13363	59	230	0	0	**289**	72	150	27	13	7	**268**	22
01-07-2036	01-10-2036	13455	59	211	0	0	**270**	58	150	1	17	7	**234**	37
01-10-2036	01-01-2037	13547	59	251	0	0	**310**	86	150	34	20	9	**298**	12
01-01-2037	01-04-2037	13637	59	265	0	0	**324**	95	150	130	14	1	**390**	-65
01-04-2037	01-07-2037	13728	59	262	0	3	**324**	102	150	27	11	0	**290**	35
01-07-2037	01-10-2037	13820	59	238	0	2	**300**	83	150	1	15	0	**249**	51
01-10-2037	01-01-2038	13912	59	255	0	1	**315**	91	150	34	17	0	**291**	24
01-01-2038	01-04-2038	14002	59	264	0	0	**324**	96	150	130	12	5	**392**	-68
01-04-2038	01-07-2038	14093	59	235	0	0	**294**	78	150	27	11	6	**271**	24

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-07-2038	01-10-2038	14185	59	215	0	0	**275**	63	150	1	15	7	**236**	39
01-10-2038	01-01-2039	14277	59	252	0	0	**312**	89	150	34	18	8	**297**	14
01-01-2039	01-04-2039	14367	59	265	0	0	**325**	97	150	130	12	3	**391**	-66
01-04-2039	01-07-2039	14458	59	259	0	0	**319**	101	150	27	10	0	**287**	32
01-07-2039	01-10-2039	14550	59	235	0	0	**294**	82	150	1	14	1	**247**	47
01-10-2039	01-01-2040	14642	59	256	0	0	**315**	93	150	34	16	2	**294**	21

CODELCO
Orgullo de Todos

Tabla 2
Balance Hídrico Sim02

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-01-2012	01-04-2012	4506	59	245	0	0	**305**	124	153	130	25	6	**437**	-131
01-04-2012	01-07-2012	4597	59	202	0	0	**261**	81	153	27	21	8	**289**	-28
01-07-2012	01-10-2012	4689	59	181	0	0	**241**	60	153	1	33	12	**259**	-17
01-10-2012	01-01-2013	4781	59	238	0	0	**297**	96	213	34	41	16	**399**	-100
01-01-2013	01-04-2013	4871	59	258	0	0	**317**	97	213	130	27	15	**482**	-164
01-04-2013	01-07-2013	4962	59	212	0	0	**272**	58	213	27	21	13	**331**	-58
01-07-2013	01-10-2013	5054	59	190	20	0	**269**	37	225	1	31	14	**308**	-38
01-10-2013	01-01-2014	5146	59	240	20	0	**320**	65	225	34	38	16	**377**	-56
01-01-2014	01-04-2014	5236	59	258	20	0	**337**	73	225	130	24	15	**466**	-128
01-04-2014	01-07-2014	5327	59	214	20	0	**294**	43	225	27	17	12	**324**	-29
01-07-2014	01-10-2014	5419	59	191	20	0	**271**	28	225	1	27	12	**292**	-21
01-10-2014	01-01-2015	5511	59	240	20	0	**320**	53	225	34	34	13	**359**	-39
01-01-2015	01-04-2015	5601	59	257	20	0	**336**	63	225	130	20	16	**454**	-117
01-04-2015	01-07-2015	5692	59	208	66	0	**334**	34	225	27	15	14	**314**	19
01-07-2015	01-10-2015	5784	59	186	66	0	**311**	24	225	1	25	14	**289**	22
01-10-2015	01-01-2016	5876	59	239	66	0	**365**	53	225	34	32	16	**360**	5

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-01-2016	01-04-2016	5967	59	255	66	0	**380**	65	225	130	20	14	**454**	-73
01-04-2016	01-07-2016	6058	59	212	66	0	**338**	40	225	27	14	11	**317**	21
01-07-2016	01-10-2016	6150	59	190	66	0	**315**	28	225	1	24	10	**289**	27
01-10-2016	01-01-2017	6242	59	240	66	0	**365**	57	225	34	32	13	**360**	5
01-01-2017	01-04-2017	6332	59	254	66	0	**379**	67	225	130	20	12	**454**	-74
01-04-2017	01-07-2017	6423	59	211	66	0	**336**	41	225	27	15	10	**317**	20
01-07-2017	01-10-2017	6515	59	191	66	0	**316**	29	225	1	25	10	**290**	26
01-10-2017	01-01-2018	6607	59	239	66	0	**365**	58	225	34	33	12	**361**	4
01-01-2018	01-04-2018	6697	59	254	66	0	**379**	68	225	130	20	7	**449**	-69
01-04-2018	01-07-2018	6788	59	222	66	0	**347**	49	225	27	13	2	**316**	32
01-07-2018	01-10-2018	6880	59	200	66	0	**325**	36	225	1	22	2	**286**	40
01-10-2018	01-01-2019	6972	59	240	66	0	**366**	60	225	34	29	4	**351**	15
01-01-2019	01-04-2019	7062	59	255	66	0	**380**	69	225	130	19	11	**454**	-74
01-04-2019	01-07-2019	7153	59	205	66	0	**330**	38	225	27	15	11	**317**	14
01-07-2019	01-10-2019	7245	59	187	66	0	**313**	28	225	1	27	12	**293**	20
01-10-2019	01-01-2020	7337	59	238	66	0	**363**	57	225	34	35	14	**365**	-1
01-01-2020	01-04-2020	7428	59	252	66	0	**378**	68	225	130	21	10	**453**	-76
01-04-2020	01-07-2020	7519	59	217	66	0	**343**	48	225	27	15	5	**320**	23

CODELCO
Orgullo de Todos

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-07-2020	01-10-2020	7611	59	196	66	0	**321**	35	225	1	23	5	**289**	32
01-10-2020	01-01-2021	7703	59	239	66	0	**365**	61	225	34	29	7	**356**	9
01-01-2021	01-04-2021	7793	59	254	66	0	**379**	71	225	130	18	4	**448**	-68
01-04-2021	01-07-2021	7884	59	223	66	0	**349**	53	225	27	12	1	**318**	30
01-07-2021	01-10-2021	7976	59	201	66	0	**326**	39	225	1	20	2	**287**	40
01-10-2021	01-01-2022	8068	59	240	66	0	**365**	63	225	34	26	3	**351**	14
01-01-2022	01-04-2022	8158	59	254	66	0	**379**	72	225	130	17	9	**453**	-73
01-04-2022	01-07-2022	8249	59	208	66	0	**334**	43	225	27	14	10	**318**	16
01-07-2022	01-10-2022	8341	59	189	66	0	**315**	31	225	1	24	11	**292**	23
01-10-2022	01-01-2023	8433	59	239	66	0	**364**	61	225	34	30	13	**363**	1
01-01-2023	01-04-2023	8523	59	254	66	0	**380**	71	225	130	20	15	**461**	-81
01-04-2023	01-07-2023	8614	59	204	66	0	**330**	40	225	27	17	14	**322**	8
01-07-2023	01-10-2023	8706	59	186	66	0	**312**	29	225	1	26	15	**296**	16
01-10-2023	01-01-2024	8798	59	239	66	0	**364**	60	225	34	33	16	**368**	-4
01-01-2024	01-04-2024	8889	59	255	66	0	**381**	72	225	130	17	14	**457**	-76
01-04-2024	01-07-2024	8980	59	211	66	0	**336**	44	225	27	15	12	**322**	15
01-07-2024	01-10-2024	9072	59	192	66	0	**318**	32	225	1	22	12	**292**	26
01-10-2024	01-01-2025	9164	59	240	66	0	**366**	62	225	34	27	13	**361**	5

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-01-2025	01-04-2025	9254	59	257	66	0	**383**	73	225	130	20	10	**458**	-75
01-04-2025	01-07-2025	9345	59	221	66	0	**346**	51	225	27	16	8	**327**	20
01-07-2025	01-10-2025	9437	59	200	66	0	**325**	38	225	1	22	8	**294**	32
01-10-2025	01-01-2026	9529	59	242	66	0	**368**	64	225	34	27	9	**359**	9
01-01-2026	01-04-2026	9619	59	256	66	0	**381**	72	225	130	20	12	**459**	-77
01-04-2026	01-07-2026	9710	59	212	66	0	**337**	45	225	27	16	11	**323**	15
01-07-2026	01-10-2026	9802	59	194	66	0	**320**	34	225	1	22	11	**293**	27
01-10-2026	01-01-2027	9894	59	242	66	0	**368**	63	225	34	27	13	**361**	7
01-01-2027	01-04-2027	9984	59	258	66	0	**384**	74	225	130	19	5	**452**	-69
01-04-2027	01-07-2027	10075	59	238	66	0	**364**	64	225	27	14	1	**331**	33
01-07-2027	01-10-2027	10167	59	216	66	0	**341**	50	225	1	19	0	**296**	46
01-10-2027	01-01-2028	10259	59	246	66	0	**372**	68	225	34	23	2	**351**	21
01-01-2028	01-04-2028	10350	59	258	66	0	**384**	75	225	130	17	8	**454**	-70
01-04-2028	01-07-2028	10441	59	219	66	0	**344**	50	225	27	14	8	**325**	20
01-07-2028	01-10-2028	10533	59	200	66	0	**326**	38	225	1	21	9	**294**	32
01-10-2028	01-01-2029	10625	59	245	66	0	**370**	66	225	34	26	10	**361**	10
01-01-2029	01-04-2029	10715	59	260	66	0	**385**	76	225	130	18	8	**457**	-71
01-04-2029	01-07-2029	10806	59	229	66	0	**355**	58	225	27	15	5	**330**	26

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-07-2029	01-10-2029	10898	59	210	66	0	**335**	45	225	1	21	5	**297**	38
01-10-2029	01-01-2030	10990	59	248	66	0	**374**	69	225	34	25	6	**360**	14
01-01-2030	01-04-2030	11080	59	260	66	0	**385**	77	225	130	18	9	**458**	-73
01-04-2030	01-07-2030	11171	59	220	66	0	**346**	52	225	27	16	8	**327**	19
01-07-2030	01-10-2030	11263	59	202	66	0	**328**	40	225	1	22	8	**296**	32
01-10-2030	01-01-2031	11355	59	247	66	0	**372**	68	225	34	27	10	**363**	9
01-01-2031	01-04-2031	11445	59	261	66	0	**386**	78	225	130	20	10	**463**	-76
01-04-2031	01-07-2031	11536	59	219	66	0	**345**	51	225	27	17	9	**328**	17
01-07-2031	01-10-2031	11628	59	201	66	0	**327**	39	225	1	23	9	**297**	30
01-10-2031	01-01-2032	11720	59	247	66	0	**372**	68	225	34	27	11	**365**	8
01-01-2032	01-04-2032	11811	59	261	66	0	**386**	77	225	130	12	6	**450**	-63
01-04-2032	01-07-2032	11902	59	240	66	0	**366**	67	225	27	10	2	**331**	35
01-07-2032	01-10-2032	11994	59	218	66	0	**344**	52	225	1	14	2	**294**	51
01-10-2032	01-01-2033	12086	59	249	66	0	**374**	71	225	34	16	3	**349**	25
01-01-2033	01-04-2033	12176	59	263	66	0	**388**	80	225	130	13	5	**452**	-63
01-04-2033	01-07-2033	12267	59	235	66	0	**361**	64	225	27	11	4	**331**	31
01-07-2033	01-10-2033	12359	59	215	66	0	**341**	50	225	1	15	5	**296**	45
01-10-2033	01-01-2034	12451	59	251	66	0	**376**	73	225	34	18	6	**355**	21

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-01-2034	01-04-2034	12541	59	262	66	0	**387**	80	225	130	13	9	**457**	-69
01-04-2034	01-07-2034	12632	59	222	66	0	**348**	55	225	27	12	9	**327**	21
01-07-2034	01-10-2034	12724	59	204	66	0	**330**	42	225	1	16	9	**294**	36
01-10-2034	01-01-2035	12816	59	248	66	0	**373**	71	225	34	20	10	**359**	14
01-01-2035	01-04-2035	12906	59	262	66	0	**387**	80	225	130	15	6	**456**	-68
01-04-2035	01-07-2035	12997	59	238	66	0	**364**	68	225	27	12	3	**335**	29
01-07-2035	01-10-2035	13089	59	217	66	0	**343**	54	225	1	16	3	**299**	44
01-10-2035	01-01-2036	13181	59	250	66	0	**376**	74	225	34	19	5	**356**	19
01-01-2036	01-04-2036	13272	59	263	66	0	**389**	83	225	130	14	7	**459**	-70
01-04-2036	01-07-2036	13363	59	230	66	0	**355**	62	225	27	13	7	**332**	23
01-07-2036	01-10-2036	13455	59	211	66	0	**336**	49	225	1	17	7	**299**	37
01-10-2036	01-01-2037	13547	59	251	66	0	**376**	75	225	34	20	9	**362**	14
01-01-2037	01-04-2037	13637	59	265	66	0	**390**	85	225	130	14	1	**454**	-63
01-04-2037	01-07-2037	13728	59	262	66	3	**390**	91	225	27	11	0	**354**	37
01-07-2037	01-10-2037	13820	59	238	66	3	**366**	72	225	1	14	0	**313**	53
01-10-2037	01-01-2038	13912	59	255	66	1	**381**	81	225	34	16	0	**356**	25
01-01-2038	01-04-2038	14002	59	264	66	0	**390**	86	225	130	11	5	**457**	-67
01-04-2038	01-07-2038	14093	59	235	66	0	**360**	67	225	27	10	6	**335**	25

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-07-2038	01-10-2038	14185	59	215	66	0	**341**	54	225	1	15	7	**301**	39
01-10-2038	01-01-2039	14277	59	252	66	0	**378**	78	225	34	18	8	**362**	15
01-01-2039	01-04-2039	14367	59	265	66	0	**391**	87	225	130	12	3	**456**	-65
01-04-2039	01-07-2039	14458	59	259	66	0	**385**	90	225	27	10	0	**352**	33
01-07-2039	01-10-2039	14550	59	235	66	0	**360**	72	225	1	14	1	**313**	48
01-10-2039	01-01-2040	14642	59	256	66	0	**381**	83	225	34	16	2	**360**	21

CODELCO
Orgullo de Todos

Tabla 3
Balance Hídrico Sim03

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-04-2014	01-07-2014	5327	59	217	0	0	276	69	206	28	33	16	359	-83
01-07-2014	01-10-2014	5419	59	192	0	0	252	46	206	2	35	14	310	-58
01-10-2014	01-01-2015	5511	59	242	7	0	308	72	217	35	37	16	377	-69
01-01-2015	01-04-2015	5601	59	258	20	0	337	78	225	131	31	17	481	-144
01-04-2015	01-07-2015	5692	59	210	66	0	336	45	225	28	28	15	340	-4
01-07-2015	01-10-2015	5784	59	187	66	0	313	31	225	2	30	15	303	10
01-10-2015	01-01-2016	5876	59	241	66	0	366	63	225	35	33	16	373	-7
01-01-2016	01-04-2016	5967	59	256	66	0	381	75	225	131	28	14	473	-91
01-04-2016	01-07-2016	6058	59	215	66	0	340	48	225	28	25	11	337	4
01-07-2016	01-10-2016	6150	59	191	66	0	316	33	225	2	28	10	299	18
01-10-2016	01-01-2017	6242	59	241	66	0	367	64	225	35	32	12	367	-1
01-01-2017	01-04-2017	6332	59	255	66	0	380	73	225	131	27	12	467	-87
01-04-2017	01-07-2017	6423	59	213	66	0	339	46	225	28	24	10	333	6
01-07-2017	01-10-2017	6515	59	192	66	0	317	33	225	2	27	10	297	20
01-10-2017	01-01-2018	6607	59	241	66	0	366	62	225	35	32	12	365	1
01-01-2018	01-04-2018	6697	59	255	66	0	380	72	225	131	28	7	462	-82

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-04-2018	01-07-2018	6788	59	224	66	0	349	53	225	28	23	2	331	19
01-07-2018	01-10-2018	6880	59	201	66	0	327	38	225	2	26	2	293	34
01-10-2018	01-01-2019	6972	59	242	66	0	367	63	225	35	29	4	356	11
01-01-2019	01-04-2019	7062	59	256	66	0	381	72	225	131	26	11	465	-84
01-04-2019	01-07-2019	7153	59	207	66	0	332	40	225	28	23	11	327	6
01-07-2019	01-10-2019	7245	59	189	66	0	314	29	225	2	25	12	294	20
01-10-2019	01-01-2020	7337	59	239	66	0	365	59	225	35	29	14	362	3
01-01-2020	01-04-2020	7428	59	253	66	0	378	69	225	131	25	9	460	-81
01-04-2020	01-07-2020	7519	59	219	66	0	345	49	225	28	20	5	327	17
01-07-2020	01-10-2020	7611	59	197	66	0	323	36	225	2	22	5	290	33
01-10-2020	01-01-2021	7703	59	241	66	0	366	63	225	35	24	6	354	12
01-01-2021	01-04-2021	7793	59	255	66	0	380	72	225	131	22	4	454	-74
01-04-2021	01-07-2021	7884	59	225	66	0	351	54	225	28	21	1	329	21
01-07-2021	01-10-2021	7976	59	202	66	0	328	40	225	2	23	1	292	36
01-10-2021	01-01-2022	8068	59	241	66	0	367	64	225	35	27	3	354	13
01-01-2022	01-04-2022	8158	59	255	66	0	380	73	225	131	13	9	450	-70
01-04-2022	01-07-2022	8249	59	210	66	0	336	44	225	28	13	10	319	17
01-07-2022	01-10-2022	8341	59	191	66	0	316	32	225	2	14	11	284	32

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-10-2022	01-01-2023	8433	59	241	66	0	366	62	225	35	17	13	351	15
01-01-2023	01-04-2023	8523	59	255	66	0	380	72	225	131	15	15	458	-77
01-04-2023	01-07-2023	8614	59	206	66	0	332	40	225	28	15	14	321	10
01-07-2023	01-10-2023	8706	59	187	66	0	313	30	225	2	16	14	287	26
01-10-2023	01-01-2024	8798	59	241	66	0	366	61	225	35	18	16	355	11
01-01-2024	01-04-2024	8889	59	257	66	0	382	73	225	131	16	14	459	-77
01-04-2024	01-07-2024	8980	59	213	66	0	339	45	225	28	16	11	325	13
01-07-2024	01-10-2024	9072	59	194	66	0	319	34	225	2	17	11	289	30
01-10-2024	01-01-2025	9164	59	242	66	0	367	63	225	35	19	13	355	12
01-01-2025	01-04-2025	9254	59	258	66	0	383	75	225	131	18	10	459	-76
01-04-2025	01-07-2025	9345	59	223	66	0	349	53	225	28	18	8	331	17
01-07-2025	01-10-2025	9437	59	201	66	0	327	39	225	2	19	8	294	33
01-10-2025	01-01-2026	9529	59	244	66	0	369	66	225	35	21	9	356	13
01-01-2026	01-04-2026	9619	59	257	66	0	382	75	225	131	20	11	462	-80
01-04-2026	01-07-2026	9710	59	214	66	0	340	47	225	28	19	11	330	10
01-07-2026	01-10-2026	9802	59	196	66	0	321	35	225	2	20	11	294	27
01-10-2026	01-01-2027	9894	59	244	66	0	369	65	225	35	22	12	360	9
01-01-2027	01-04-2027	9984	59	259	66	0	384	76	225	131	21	5	458	-74

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-04-2027	01-07-2027	10075	59	240	66	0	366	67	225	28	20	1	340	26
01-07-2027	01-10-2027	10167	59	217	66	0	343	52	225	2	21	0	300	43
01-10-2027	01-01-2028	10259	59	248	66	0	373	70	225	35	22	2	354	19
01-01-2028	01-04-2028	10350	59	259	66	0	385	77	225	131	21	7	462	-77
01-04-2028	01-07-2028	10441	59	221	66	0	347	52	225	28	20	8	334	13
01-07-2028	01-10-2028	10533	59	202	66	0	327	40	225	2	21	9	297	30
01-10-2028	01-01-2029	10625	59	246	66	0	372	68	225	35	23	10	361	11
01-01-2029	01-04-2029	10715	59	261	66	0	386	78	225	131	22	8	463	-77
01-04-2029	01-07-2029	10806	59	232	66	0	357	60	225	28	20	5	337	20
01-07-2029	01-10-2029	10898	59	211	66	0	337	47	225	2	20	5	300	37
01-10-2029	01-01-2030	10990	59	250	66	0	375	71	225	35	22	6	359	16
01-01-2030	01-04-2030	11080	59	261	66	0	386	78	225	131	20	8	463	-77
01-04-2030	01-07-2030	11171	59	223	66	0	348	53	225	28	20	8	334	15
01-07-2030	01-10-2030	11263	59	204	66	0	329	41	225	2	20	8	297	32
01-10-2030	01-01-2031	11355	59	248	66	0	374	69	225	35	22	10	361	13
01-01-2031	01-04-2031	11445	59	262	66	0	387	79	225	131	21	10	466	-79
01-04-2031	01-07-2031	11536	59	222	66	0	347	52	225	28	20	9	334	13
01-07-2031	01-10-2031	11628	59	203	66	0	328	40	225	2	20	9	296	31

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-10-2031	01-01-2032	11720	59	248	66	0	374	69	225	35	22	11	361	13
01-01-2032	01-04-2032	11811	59	262	66	0	387	78	225	131	21	5	461	-73
01-04-2032	01-07-2032	11902	59	243	66	0	368	68	225	28	20	2	342	26
01-07-2032	01-10-2032	11994	59	220	66	0	345	53	225	2	21	1	303	43
01-10-2032	01-01-2033	12086	59	250	66	0	376	72	225	35	23	3	357	18
01-01-2033	01-04-2033	12176	59	264	66	0	389	81	225	131	22	5	463	-74
01-04-2033	01-07-2033	12267	59	238	66	0	363	64	225	28	20	4	342	21
01-07-2033	01-10-2033	12359	59	216	66	0	342	51	225	2	21	4	304	38
01-10-2033	01-01-2034	12451	59	252	66	0	378	73	225	35	23	6	362	16
01-01-2034	01-04-2034	12541	59	262	66	0	388	80	225	131	22	9	466	-78
01-04-2034	01-07-2034	12632	59	225	66	0	350	54	225	28	21	8	336	14
01-07-2034	01-10-2034	12724	59	205	66	0	331	42	225	2	20	9	298	32
01-10-2034	01-01-2035	12816	59	249	66	0	375	70	225	35	22	10	362	13
01-01-2035	01-04-2035	12906	59	263	66	0	388	79	225	131	21	6	461	-73
01-04-2035	01-07-2035	12997	59	241	66	0	366	66	225	28	21	3	342	23
01-07-2035	01-10-2035	13089	59	219	66	0	344	52	225	2	23	3	305	39
01-10-2035	01-01-2036	13181	59	252	66	0	377	72	225	35	25	4	361	15
01-01-2036	01-04-2036	13272	59	264	66	0	390	81	225	131	23	7	467	-77

Tiempo			Recarga Natural	Recarga infiltración DAND	Pozos de inyección	Flujo Subt. de Entrada (límite Sur-Este)	Total Entradas	Drenes basales	Bombeo DAND	Bombeo terceros	Flujo Subt. de Salida Sur	Flujo Subt. de Salida Sur-Este	Total Salidas	Consumo Almacenamiento
Día Inicio	Día Fin	Día Fin Modelo	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
01-04-2036	01-07-2036	13363	59	232	66	0	358	60	225	28	21	6	340	18
01-07-2036	01-10-2036	13455	59	212	66	0	338	47	225	2	22	7	303	34
01-10-2036	01-01-2037	13547	59	252	66	0	378	72	225	35	24	8	364	13
01-01-2037	01-04-2037	13637	59	266	66	0	391	82	225	131	22	0	460	-69
01-04-2037	01-07-2037	13728	59	264	66	3	393	88	225	28	20	0	361	32
01-07-2037	01-10-2037	13820	59	239	66	3	367	70	225	2	21	0	318	50
01-10-2037	01-01-2038	13912	59	257	66	1	383	78	225	35	22	0	360	23
01-01-2038	01-04-2038	14002	59	265	66	0	391	82	225	131	21	5	464	-73
01-04-2038	01-07-2038	14093	59	237	66	0	363	64	225	28	20	6	342	21
01-07-2038	01-10-2038	14185	59	217	66	0	342	51	225	2	20	6	305	37
01-10-2038	01-01-2039	14277	59	254	66	0	379	74	225	35	22	7	364	15
01-01-2039	01-04-2039	14367	59	266	66	0	392	83	225	131	20	2	461	-70
01-04-2039	01-07-2039	14458	59	261	66	0	387	85	225	28	19	0	357	30
01-07-2039	01-10-2039	14550	59	236	66	0	362	67	225	2	19	0	314	48
01-10-2039	01-01-2040	14642	59	257	66	0	383	78	225	35	20	2	360	22

APÉNDICE H2

Proyecciones de Concentración de Sulfatos Pozos PAT

1. Definición de Umbrales para Concentración de Sulfatos Pozos PAT.

En la definición de umbrales para la concentración de sulfatos en los pozos PAT, para la activación de las medidas contempladas en el PSyCI, se ha considerado tanto la calidad del agua observada en la zona, como el resultado de la simulación Sim03.

Además, y con objeto de satisfacer observaciones realizadas en el Ordinario 2473 del SEA RM, relativas a la definición de umbrales de activación con variabilidad en el tiempo, que considere los cambios del sistema por la propia acción de estas medida; se ha incorporado valores específicos para diferentes períodos desde el momento de iniciar la operación de las medidas, que consideran la evolución esperada del contenido de sulfatos, definida a través de los resultados de la simulación numérica para el escenario Sim03.

Luego, el criterio para establecer los umbrales, corresponde a la identificación de límites superiores del indicador de la concentración de sulfatos medida en cada pozo de control.

Por otra parte, para el período de calibración, la modelación numérica del transporte del sulfato alcanzó errores cuadráticos medios normalizados (NMRS) de 13,2% (dentro de los rangos aceptables para la validez del modelo matemático como herramienta de análisis del problema en cuestión). Por lo tanto, para efectos de definir una tolerancia para la diferencia entre indicador P50% de seis meses móviles y el valor proyectado mediante la modelación numérica, se ha considerado el margen entregado por este indicador, de 12%, como el rango tolerable de variación en la comparación, cuya superación determinará la activación de medidas de corrección. En otros términos, para efectos del PAT se considerará que diferencias mayores al 13% entre el P50% de seis meses móviles y el el valos proyectado mediante la modelación numérica pueden poner riesgo el logro del objetivo de calidad comprometido y, por lo tanto, definen la aplicación de medidas correctivas.

Como indicador de comparación de la serie de proyección de la concentración de sulfatos en el pozo de análisis, se considerará el mayor valor anual proyectado para el año. Los valores así estimados se incluyen en la Tabla 1.

Este procedimiento se aplicó para establecer los umbrales en los pozos de control PAT HCH, pozos G-03, G-05, G-11, G-12, PB-3, PES-02 y PES-03. Los umbrales así definidos, se pueden observar en las Figuras 1 a 8.

Tabla 1
Umbrales de Activación Medidas Pozos PAT-HCH
Concentración de Sulfatos (mg/l) proyectada (Max Anual +13%)

Año	G-03	G-05	G-11	G-12	PB-3	PES-02	PES-03
2015	150	690	490	1170	230	330	360
2016	150	650	490	930	240	330	390
2017	150	630	460	480	240	300	420
2018	150	630	430	350	240	280	440
2019	150	560	410	310	240	280	460
2020	150	450	390	300	240	300	450
2021	150	420	370	260	240		440
2022	150	410	350	240	240		430
2023	150	380	330	240	230		420
2024	150	340	320	230	230		400
2025	150	310	310	230	230		390
2026	150	290	300	220	230		370
2027	150	280	290	230	230		350
2028	150	260	280	230	220		330
2029	150	260	270	240	220		310
2030	150	250	270	240	220		290
2031	150	250	270	240	230		280
2032	150	260	260	250	230		270
2033	150	260	260	250	230		260
2034	150	260	260	250	230		260
2035	150	260	260	250	240		250
2036	150	270	260	260	240		250
2037	150	270	260	260	250		250
2038	150	270	260	270	250		250
2039	150	280	260	270	250		250
2040	150	280	260	270	250		250

Figura 1
Umbrales de Activación Pozo G-03

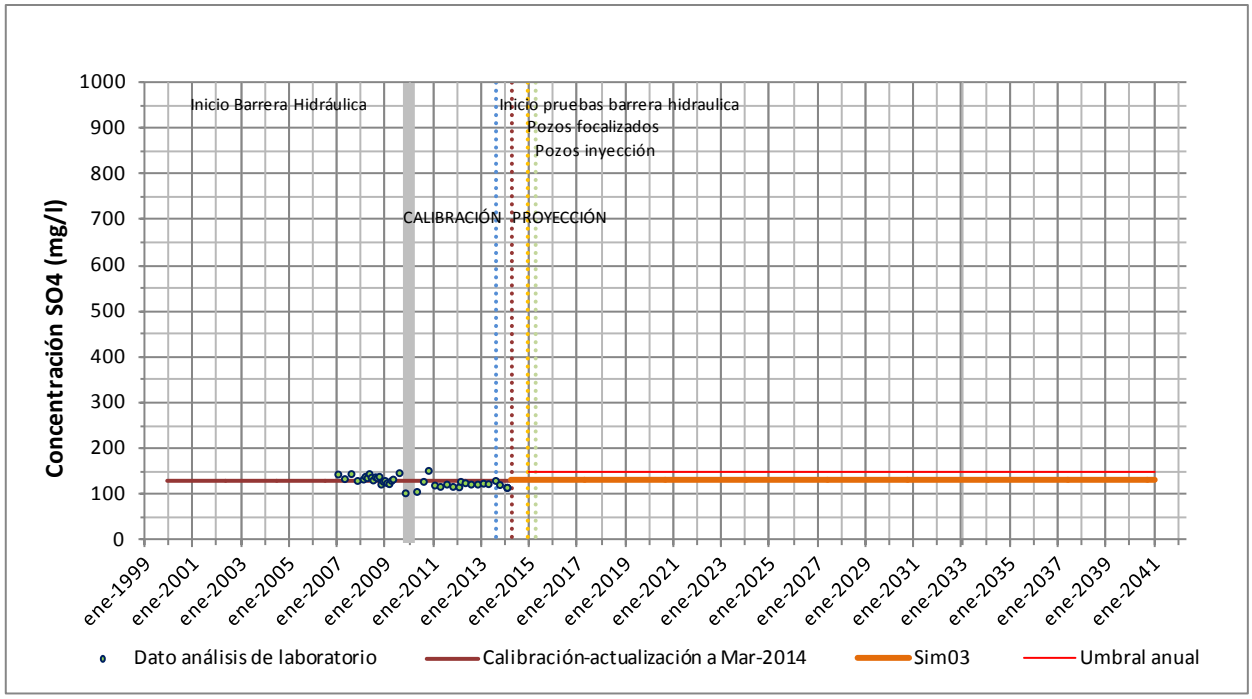


Figura 3
Umbrales de Activación Pozo G-05

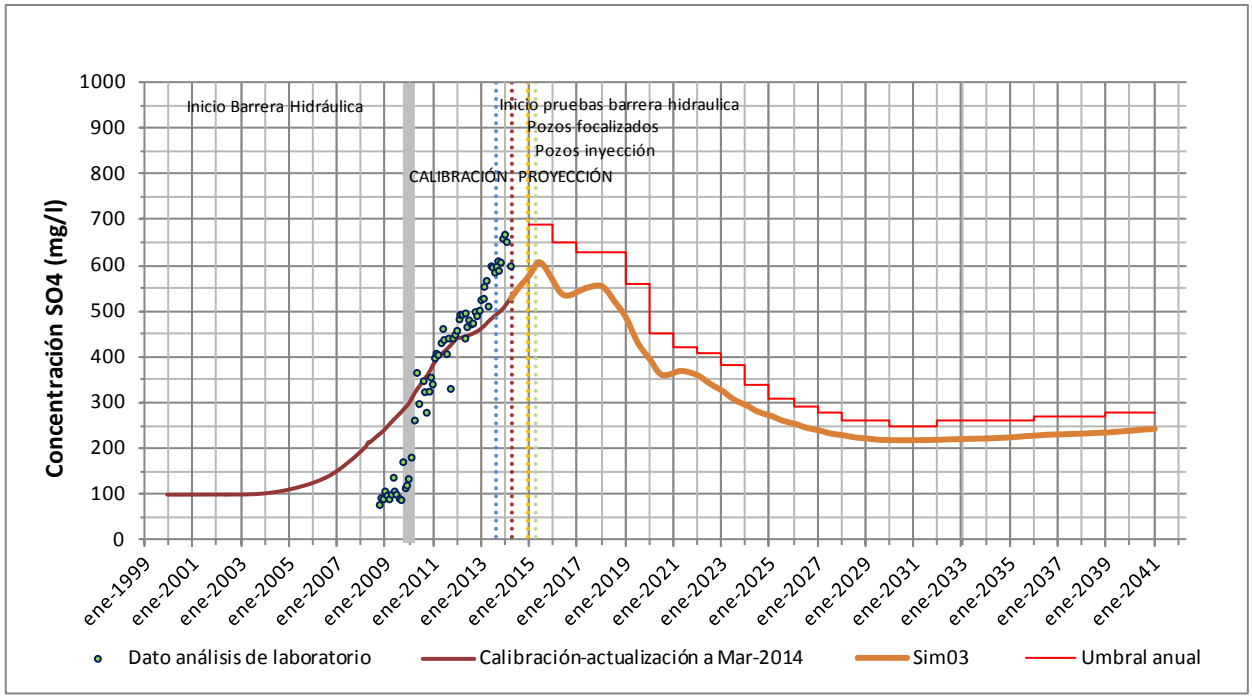


Figura 4
Umbrales de Activación Pozo G-11

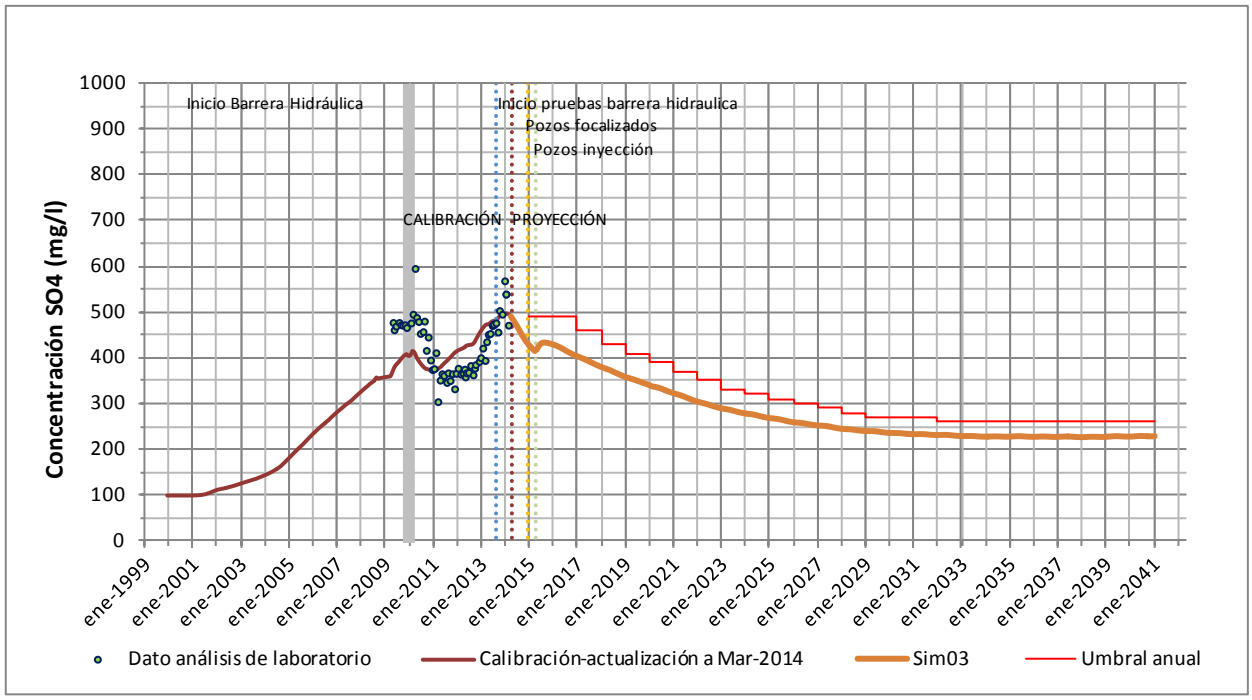


Figura 5
Umbrales de Activación Pozo G-12

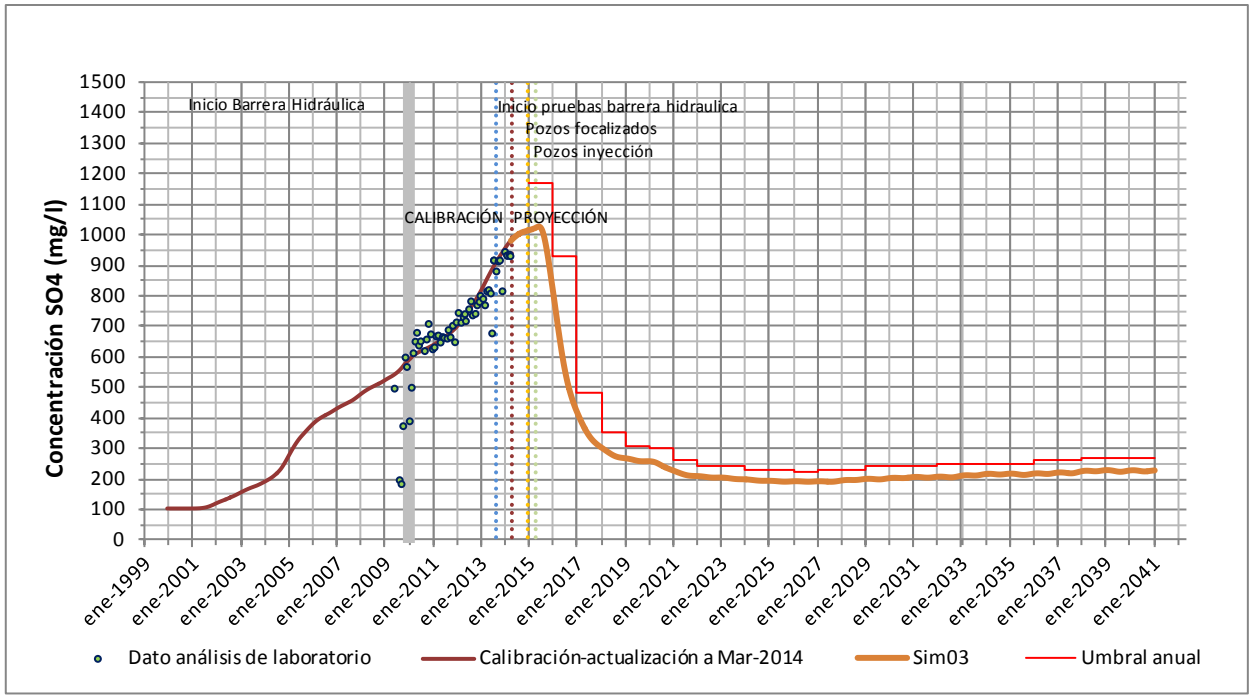


Figura 6
Umbrales de Activación Pozo PB-3

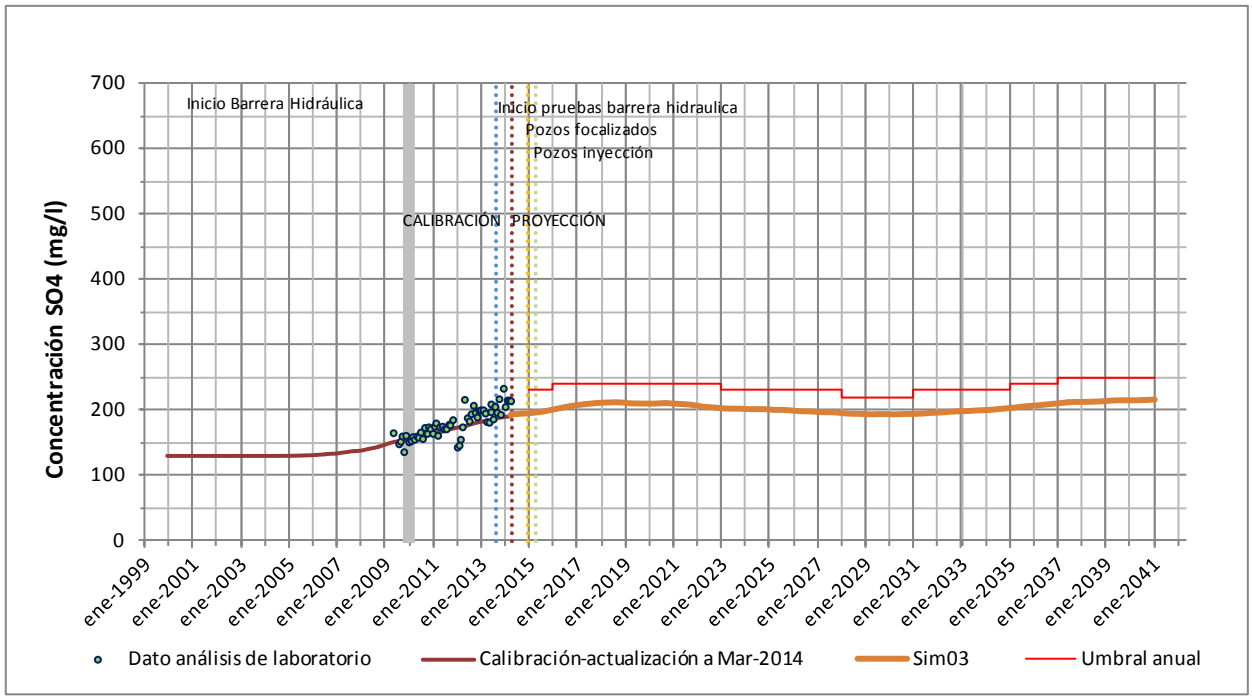
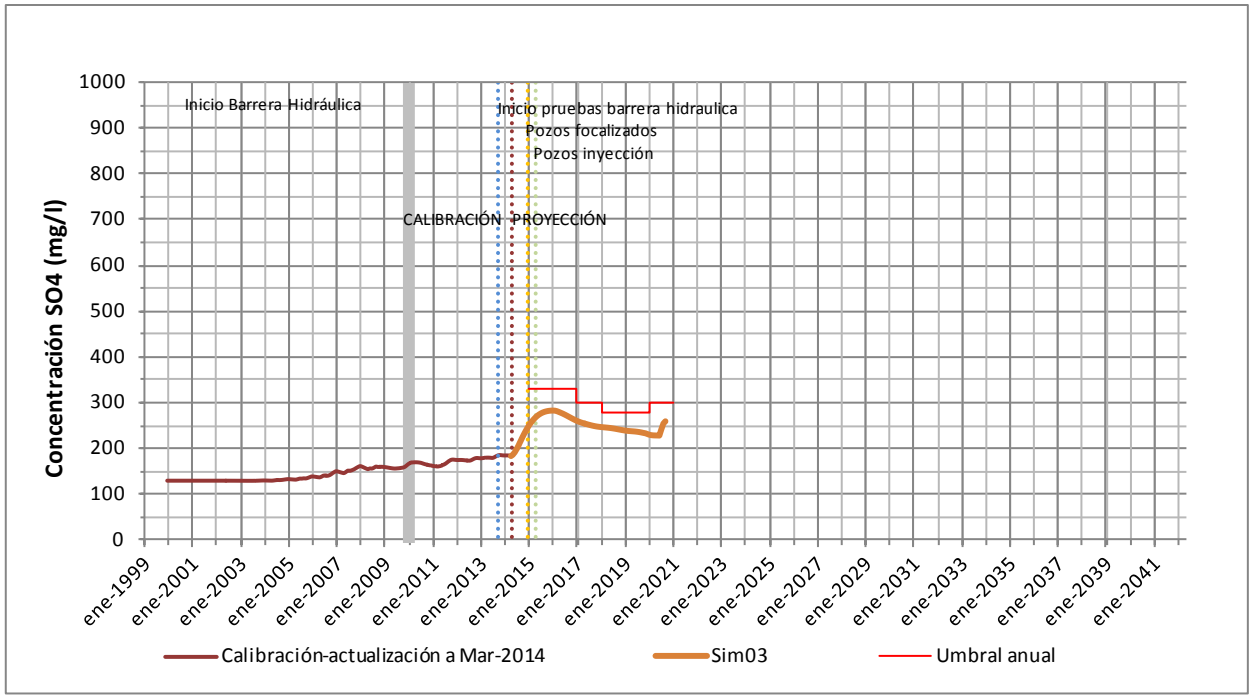


Figura 7
Umbrales de Activación Pozo PES-02



Nota: El modelo numérico da como resultado secamiento de celda en la ubicación de este pozo, el cual se encuentra en una zona en la cual se espera el monitoreo cese en el corto plazo por descenso de la napa.

Figura 8
Umbrales de Activación Pozo PES-03

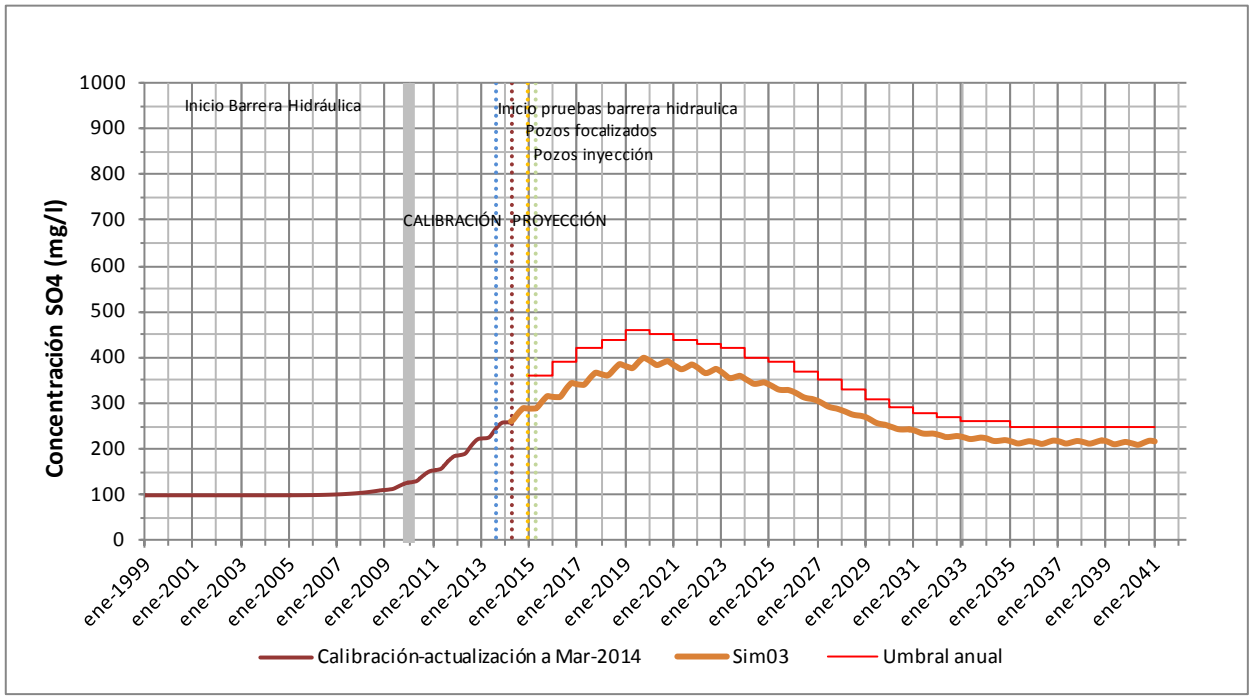


Figura 3
Umbrales de Activación Pozo G-05

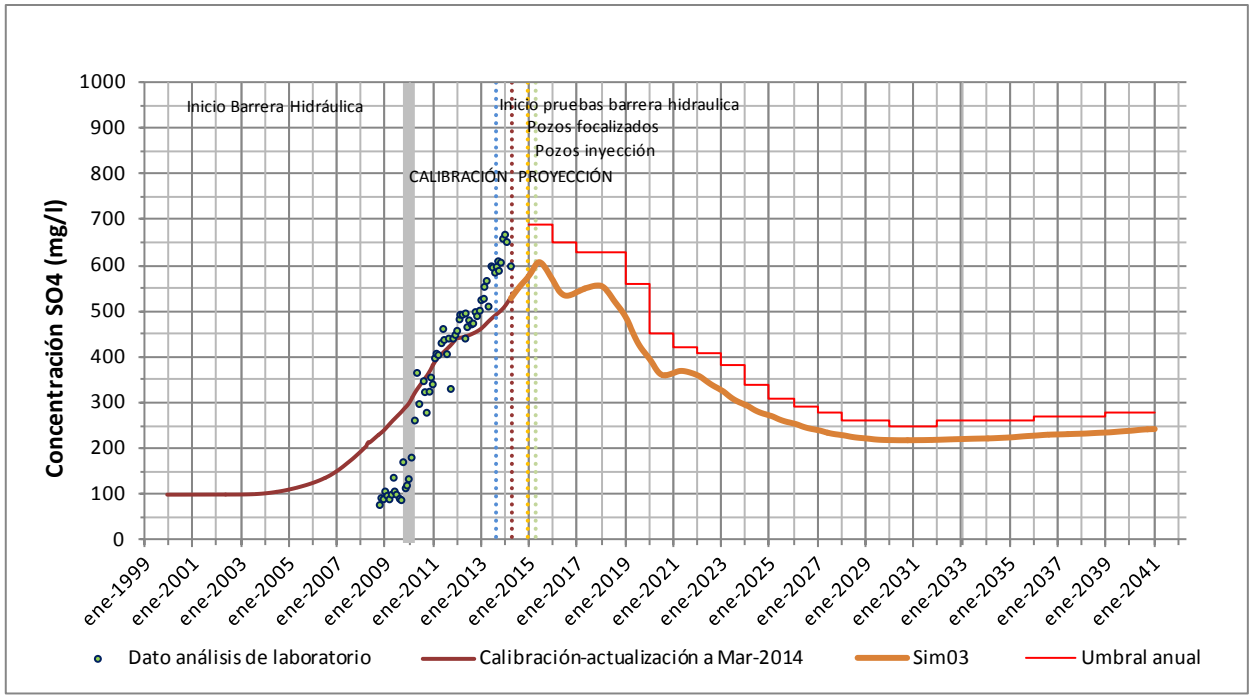


Figura 4
Umbrales de Activación Pozo G-11

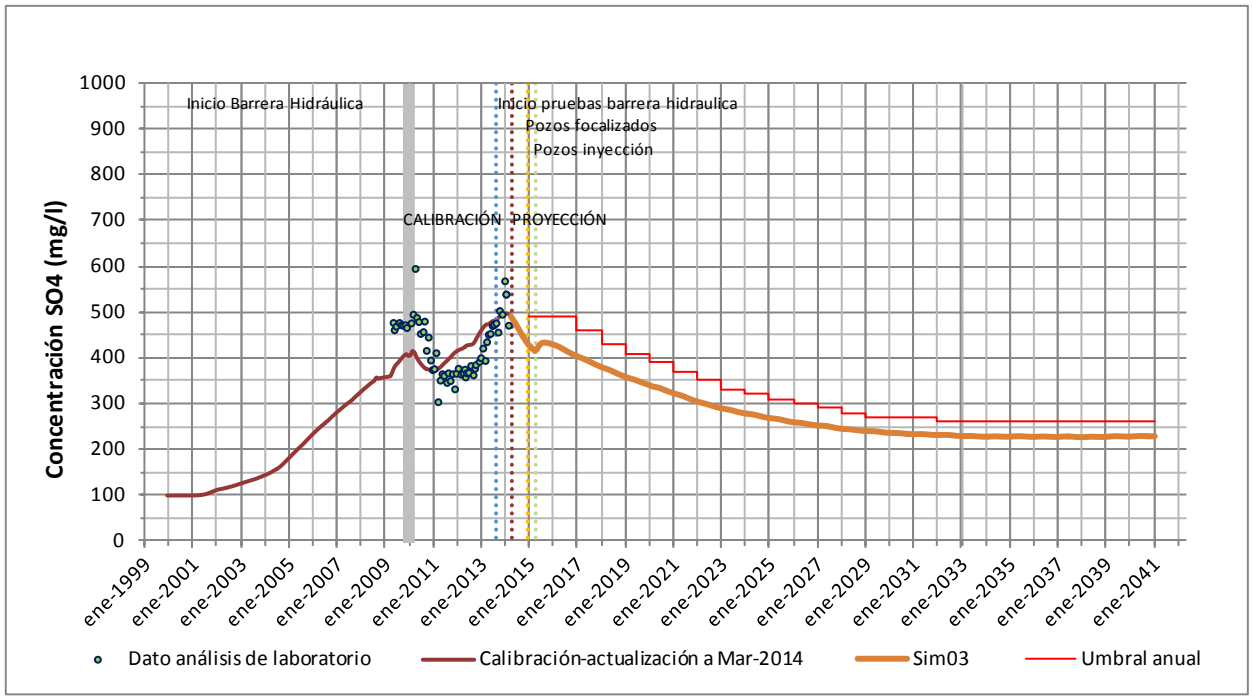


Figura 5
Umbrales de Activación Pozo G-12

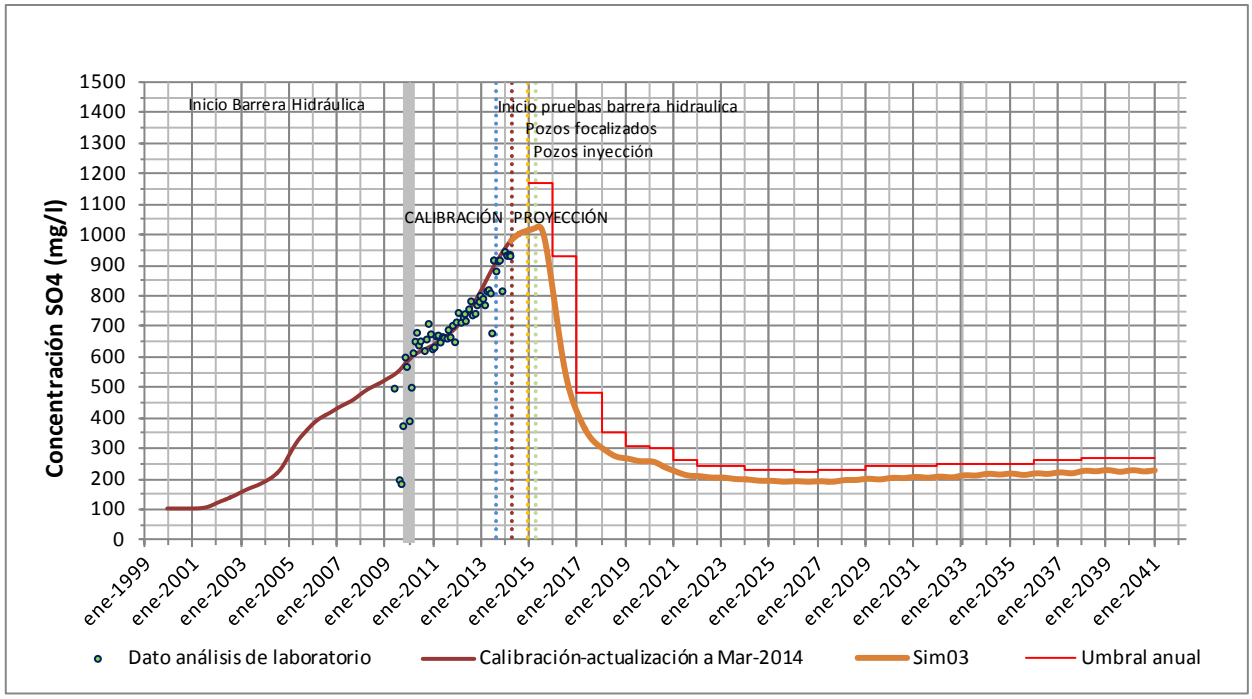


Figura 6
Umbrales de Activación Pozo PB-3

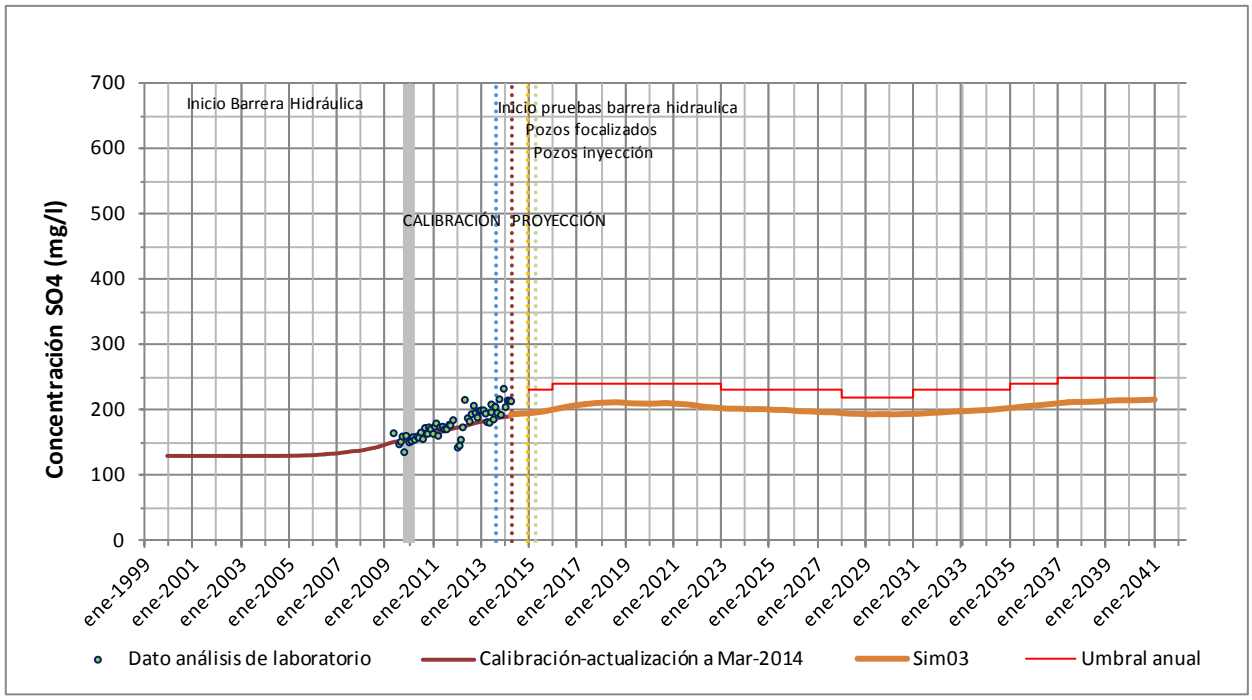
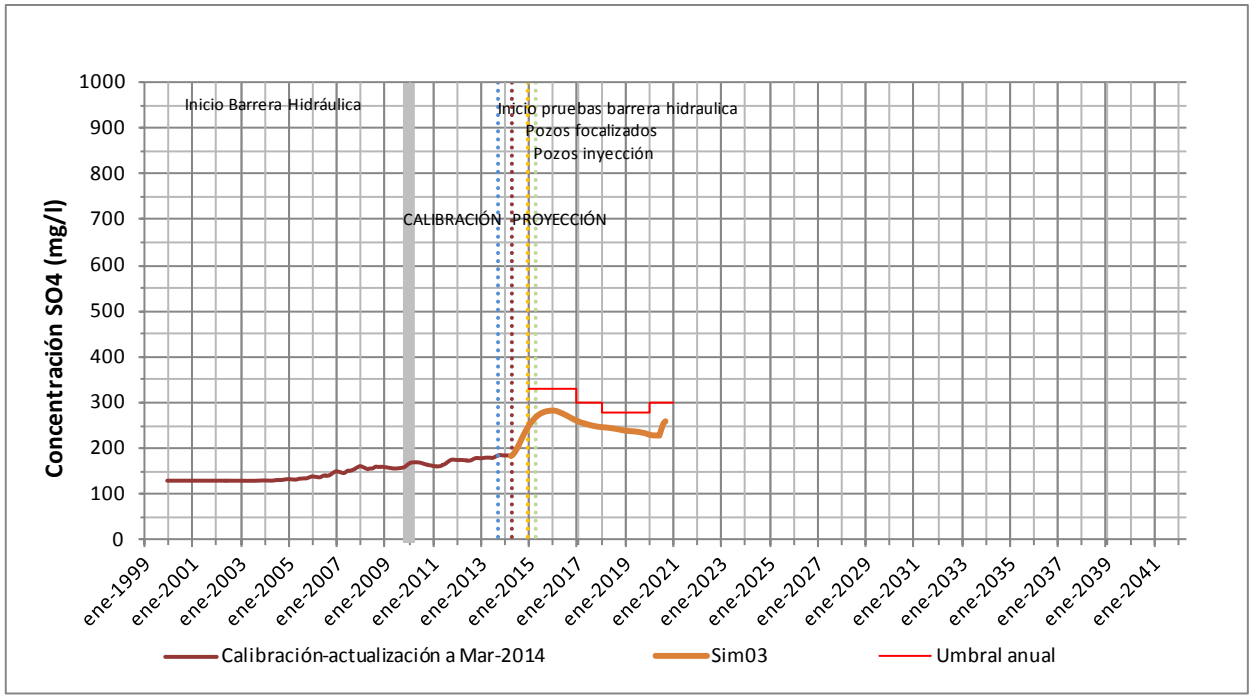
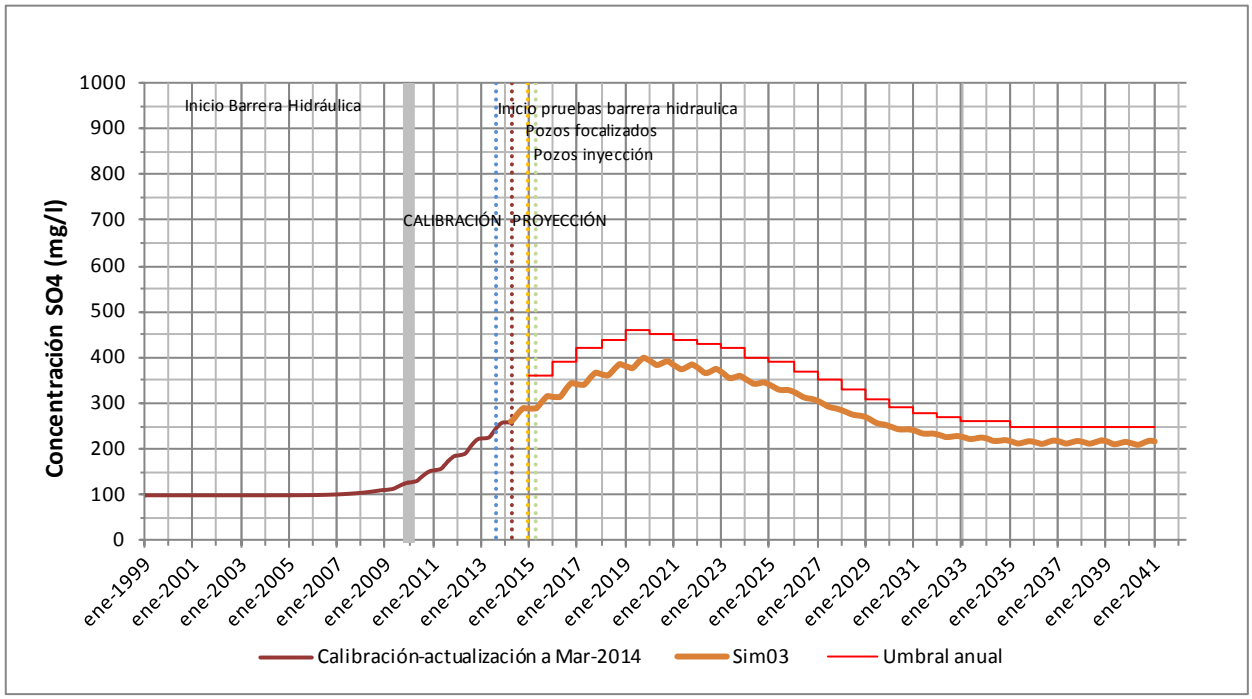


Figura 7
Umbrales de Activación Pozo PES-02



Nota: El modelo numérico da como resultado secamiento de celda en la ubicación de este pozo, el cual se encuentra en una zona en la cual se espera el monitoreo cese en el corto plazo por descenso de la napa.

Figura 8
Umbrales de Activación Pozo PES-03



MURO TRANQUE OVEJERÍA

Zona Barrera Hidráulica

PBID-5, PBH-10, PBH-9, PBH-18, PBH-8, PBH-7, PBH-17, PBH-6, PBH-16, PBH-11, PBH-5, PBH-15, PBH-4, PBH-3, PBH-2, PBH-1, PBH-19, PBH-20, PBH-12, PBH-13, PBH-14, PBH-22, PBH-21

Zona captura focalizada

PBF-1, PBF-2, PBF-3

Zona de inyección

PIN-1, PIN-6, PIN-5, PIN-2, PIN-3, PIN-4

Zona inyección focalizada

PIF-2, PIF-1

Estero Chacabuco

Canal Chacabuco

Co. Chivato

Co. El Pescado

Puntas Las Tórtolas

N

CUADRO DE COORDENADAS WGS84		
MEDIDA DE CONTROL GLOBAL		
Pozos de Bombeo Actual	**Este**	**Norte**
PBH-1	332538	6340103
PBH-2	332434	6340103
PBH-3	332337	6340102
PBH-4	332227	6340106
PBH-5	332114	6340133
PBH-6	331884	6340138
PBH-7	331709	6340165
PBH-8	331538	6340182
PBH-9	331404	6340198
PBH-10	331270	6340212
PBH-11	332022	6340132
PBH-12	331456	6339976
PBH-13	331608	6339968
PBH-14	331797	6339961
PBID-5	331160	6340246
Pozos de Bombeo de Refuerzo Proyectado	**Este**	**Norte**
PBH-15	332171	6340120
PBH-16	331954	6340135
PBH-17	331797	6340152
PBH-18	331471	6340190
PBH-19	331157	6340056
PBH-20	331297	6340037
PBH-21	332087	6339956
PBH-22	331901	6339943
Pozos de Inyección Proyectado	**Este**	**Norte**
PIN-1	331393	6339462
PIN-2	331950	6339504
PIN-3	332096	6339553
PIN-4	332294	6339553
PIN-5	331801	6339459
PIN-6	331595	6339454
MEDIDA DE CONTROL FOCALIZADO		
Pozos de Bombeo Proyectado	**Este**	**Norte**
PBF-1	331545	6339801
PBF-2	331944	6339799
PBF-3	332297	6339797
Pozos de Inyección Proyectado	**Este**	**Norte**
PIF-1	332280	6338444
PIF-2	332099	6338446

OBSERVACIONES

- Plano Base Vuelo Aéreofotogramétrico 1:2000, Año 2010
- Curvas de Nivel Vuelo 2010
- Coordenadas UTM WGS84 USO19

CODELCO ANDINA

CODELCO CHILE - DIVISIÓN ANDINA
GERENCIA DE OPERACIONES
Dirección de Recursos Hídricos y Relaves

DIBUJÓ : DHR
REVISÓ : DEF
APROBÓ : RPL

PLAN DE SEGUIMIENTO y CONTROL DE INFILTRACIONES

Disposición General de Instalaciones. Escenarios de Simulación SIM02-03

FECHA : Sept. 2014
ESCALA : 1 : 4.500
Referencia: Figura 1.1 de Anexo B

SIMBOLOGÍA

MEDIDA DE CONTROL ACTUAL
- Pozos Bombeo

MEDIDA DE CONTROL GLOBAL
- Pozos Bombeo Refuerzo
- Pozos Bombeo Inyección

MEDIDA DE CONTROL FOCALIZADO
- Pozos Inyección
- Pozos Bombeo
- Forestación
- Curvas de Nivel
- Camino Operación

0 50 100 200 300 400 500 Metros

Eduardo Avello Concha
Notario Público
Orrego Luco 0153 - Fono 3342213
carolina@notaria-avello.cl
Providencia

Repertorio N° 210-2014

OT 603443/

Roe: 8624

CONTRATO DE COMPRAVENTA

ALFONSO OVALLE ALDUNATE Y OTROS

A

CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE, Codelco Chile, División Andina

En Santiago de Chile a seis de enero de dos mil catorce, ante mí, EDUARDO AVELLO CONCHA, Notario Público Titular de la Vigésimo Séptima Notaria de Santiago, con oficio en calle Orrego Luco número cero ciento cincuenta y tres, comuna de Providencia, comparecen: don **ALFONSO OVALLE ALDUNATE**, chileno, casado bajo el régimen de sociedad conyugal, ingeniero civil, cédula de identidad número siete millones mil quinientos cincuenta y tres guión seis, con domicilio en

Eduardo Avello Concha
Notario Público
Orrego Luco 0153 - Fono 3342213
carolina@notaria-avello.cl
Providencia

Avenida Camino Real número cuatro mil cuatrocientos setenta y nueve, comuna de Lo Barnechea; doña **MARÍA ANGÉLICA OVALLE ALDUNATE**, chilena, casada y separada de bienes, pedagoga en Inglés, cédula de identidad número cinco millones setecientos nueve mil novecientos tres guión ocho, con domicilio en Camino Las Hualtatas número cuatro mil trescientos noventa y dos, comuna de Lo Barnechea; doña **MARÍA CAROLINA OVALLE ALDUNATE**, chilena, casada y separada de bienes, educadora diferencial, cédula de identidad número diez millones quinientos once mil doscientos noventa guión cuatro, con domicilio en Paseo el Rodano número cuatro mil quinientos cincuenta y uno, comuna de Lo Barnechea y don **JOSÉ TOMÁS OVALLE ALDUNATE**, chileno, casado y separado de bienes, ingeniero comercial cédula de identidad número trece millones doscientos cuarenta y un mil cuatrocientos sesenta y ocho guión ocho, con domicilio en Padre Ted Huard número cuatro mil quinientos cuarenta y siete, casa tres, comuna de Lo Barnechea, todos en adelante denominados indistintamente como la **"Vendedora" o el "Vendedor"**, por una parte; y por la otra, **CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE, Codelco Chile, División Andina**, empresa minera, industrial y comercial del Estado, creada por Decreto Ley número mil trescientos cincuenta del año mil novecientos setenta y seis, Rol Único Tributario número sesenta y un millones setecientos cuatro mil guión K, representada, según se acreditará, por don **RICARDO PALMA CONTESSE**, chileno, casado, Ingeniero civil en minas, cédula nacional de identidad número cinco millones doscientos ocho mil ciento cuarenta y siete guión cinco, ambos domiciliados en Avenida Santa Teresa número quinientos trece, comuna de Los Andes y de paso en ésta, en adelante indistintamente **"Codelco Chile" o la "Compradora" o el "Comprador"**; los comparecientes personas naturales mayores de edad, quienes acreditan su identidad con sus cédulas respectivas y exponen: **PRIMERO: ALFONSO OVALLE ALDUNATE, MARÍA ANGÉLICA OVALLE ALDUNATE, MARÍA CAROLINA OVALLE ALDUNATE y JOSÉ TOMÁS OVALLE**

ALDUNATE son dueños por partes iguales del Lote A, originado de la subdivisión del predio denominado Reserva Cora número Nueve del Proyecto de Parcelación "Santa Ana", comuna de Til Til, Región Metropolitana, Rol de Avalúo número sesenta y seis guión ciento once, que deslinda: al Norte, con Tranque Huechún, con Hacienda Huechún rol sesenta y seis raya diez; al Oriente, con Hacienda Huechún rol sesenta y seis raya diez; al Sur, con parcelas números ochenta y uno, ochenta, y setenta y nueve del Proyecto de Parcelación Santa Ana; exclusión Lote María Teresa de la ex Hacienda Polpaico; y al Poniente, en parte, con exclusión Lote María Teresa de la ex Hacienda Polpaico, con parcelas números treinta y dos, veintinueve y veintiocho del Proyecto de Parcelación Santa Ana, camino de por medio. El dominio del predio Reserva Cora número Nueve del Proyecto de Parcelación "Santa Ana" se encuentra inscrito a fojas noventa y cinco mil trescientos sesenta y dos, número setenta y tres mil ochocientos dos en el Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Santiago correspondiente al año mil novecientos noventa y cinco. Conforme al Oficio número cuatro mil ciento veintitrés, de fecha nueve de septiembre de dos mil trece, complementado por Oficio número cuatro mil seiscientos cuarenta y tres, de fecha nueve de octubre de dos mil trece, ambos emitidos por el Departamento de Desarrollo Urbano e Infraestructura del SEREMI Metropolitano, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, se aprobó la subdivisión del predio antes descrito en tres lotes denominados Lote A, Lote B y Lote C. El Plano de subdivisión del predio se archivó en el Conservador de Bienes Raíces de Santiago bajo el número cuarenta y ocho mil quinientos sesenta y tres con fecha quince de octubre de dos mil trece y según éste, el **Lote A** tiene una superficie de setenta y una coma once hectáreas, y se encuentra enmarcado dentro del polígono A-B-C-H-A y sus deslindes son: Al Norte, en tramo A - H con Tranque Huechún; Al Suroriente, en tramo H - C con Lote B; al Sur, en tramo C - B con Lote María Teresa y; al Surponiente, en tramo B -

A con Ex Hijuela Luz María hoy Otros Propietarios. El **Lote A** recién singularizado será denominado en adelante como el **"Inmueble"**. **SEGUNDO:** Por el presente acto e instrumento la Vendedora, vende, cede y transfiere a la Compradora, para quien compra, acepta y adquiere su representante individualizado en la comparecencia, la totalidad del Inmueble singularizado como Lote A en la cláusula anterior. **TERCERO:** El precio total de la compraventa del Inmueble singularizado como Lote A en la Cláusula Primera es la cantidad de **mil ochocientos veintinueve millones setecientos tres mil cuatrocientos noventa pesos**. El precio se paga al contado y en efectivo en este acto a la Vendedora, dándolo ésta por recibido a su entera conformidad. **CUARTO:** La venta del Inmueble se hace según cabida, con todo lo edificado y plantado en ella, con sus derechos, costumbres, usos y servidumbres activas y pasivas, libre de todo gravamen, prohibición, embargo o litigio pendiente, con sus contribuciones fiscales y municipales y demás servicios al día, respondiendo la Vendedora de la obligación de saneamiento en conformidad a la ley. **QUINTO:** La entrega material del Inmueble se efectuó con anterioridad a este acto, a entera satisfacción de la parte Compradora. **SEXTO:** Las partes declaran íntegramente cumplido cualquier acuerdo, promesa de venta o cierre de negocios, verbal o escrito, que haya existido o se haya celebrado para la enajenación de inmueble vendido, en especial el contrato de promesa de compraventa suscrita entre las partes mediante escritura pública de fecha cuatro de julio de dos mil trece, Repertorio número quince mil cuatrocientos veintinueve guión dos mil trece, otorgada ante don Eduardo Avello Concha, Notario Público titular de la Vigésimo Séptima Notaría de Santiago. En consecuencia, se otorgan mutuamente el más amplio, total y completo finiquito en relación a todas las pretensiones, derechos y obligaciones que se generaron con motivo u ocasión de la celebración de la referida promesa de compraventa, las que están íntegramente cumplidas. **SÉPTIMO:** Los gastos notariales serán pagados por mitades, mientras que todos los gastos de inscripción conservatoria serán pagados exclusivamente por el

Eduardo Avello Concha
Notario Público
Orrego Luco 0153 - Fono 3342213
carolina@notaria-avello.cl
Providencia

Comprador. **OCTAVO:** Los comparecientes en esta escritura otorgan poder irrevocable a los abogados Juan Eduardo Palma Cruzat y Sergio Quesney Swinburn, para que actuando uno cualquiera de ellos en conjunto con cualquiera de los abogados doña Pilar Oyarzún o don Cristián Carrillo, puedan ejecutar los actos y suscribir los instrumentos públicos y privados que fueren necesarios para corregir, aclarar, rectificar, modificar, complementar, esta escritura en todo lo que diga relación con el perfeccionamiento e inscripción conservatoria de la presente compraventa. **NOVENO:** Para todos los efectos legales a que diere lugar, las partes comparecientes fijan su domicilio en la ciudad y comuna de Santiago. Cualquier dificultad o conflicto que se produzca a causa o como consecuencia del otorgamiento del presente contrato, ya sea en cuanto a su aplicación, interpretación, cumplimiento o incumplimiento, será resuelto por un árbitro de derecho, y sin ulterior recurso, salvo de aquellos irrenunciables conforme a la ley. El árbitro será designado por las partes de común acuerdo, y en su defecto lo designará la Cámara de Comercio de Santiago A.G. como árbitro de derecho. Las partes confieren mandato especial irrevocable a la Cámara de Comercio de Santiago AG, para que, a solicitud escrita de cualquiera de ellas, designe el árbitro de derecho entre los integrantes del cuerpo arbitral del Centro de Arbitraje de esa Cámara. **DÉCIMO:** Por este acto el comprador ratifica que el inmueble que adquiere por el presente instrumento, queda sujeto a la prohibición de cambiar su destino en los términos de lo dispuesto por los artículos cincuenta y cinco y cincuenta y seis de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, todo ello además en conformidad a la normativa establecida en el Decreto Ley tres mil quinientos dieciséis de mil novecientos ochenta. **UNDÉCIMO:** De conformidad a lo estipulado en el artículo mil setecientos treinta y tres del Código Civil, y con el expreso ánimo de subrogar, don Alfonso Ovalle Aldunate declara en este acto que procede a vender sus derechos sobre el Inmueble, con el objeto de adquirir con la parte del precio que le corresponda, derechos de propiedad sobre: a.- La parcela número

EDUARDO AVELLO CONCHA NOTARIO PUBLICO NOTARIA N° 27 SANTIAGO

NOTARIO SUPLENTE 27ª NOTARIA SANTIAGO CAROLINA NORIEGA ZAMORANO

cincuenta y siete y de un trece coma cero dos por ciento de derechos en el bien común especial número catorce Pozo, del Proyecto de Parcelación "Santa Ana", comuna de Til Til, Región Metropolitana; b.- Predio rústico denominado Hijuela Norte de la división del Potrero Grande, comuna de Til-Til, Región Metropolitana; c.- Derechos de aprovechamiento de aguas, que consisten en trece coma cero dos por ciento del Pozo tres mil trescientos guión siete mil cuarenta C veinticinco, con que se riega la parcela número cincuenta y siete, del proyecto de Parcelación "Santa Ana", comuna de Til Til, Región Metropolitana. Ambos predios en conjunto con los derechos de aprovechamiento de aguas antes descritos, se encuentran detallados en la escritura de promesa de compraventa suscrita con AGRÍCOLA LA PRADERA POLPAICO LIMITADA EN LIQUIDACION, mediante escritura pública de esta misma notaría con fecha seis de septiembre de dos mil trece. **DUODÉCIMO:** Se faculta al portador de copia autorizada de esta escritura para requerir del Conservador de Bienes Raíces correspondiente las inscripciones, anotaciones, minutas, subinscripciones y demás trámites que fueren procedentes y donde correspondan. **DÉCIMO SEGUNDO: AUTORIZACIÓN.** Comparece en este acto doña Mónica Bañados Lyon, chilena, ingeniero comercial, casada en sociedad conyugal con don Alfonso Ovalle Aldunate, cédula de identidad número seis millones novecientos ochenta y nueve mil ciento nueve guión ocho y domiciliada para éstos efectos en Avenida Camino Real número cuatro mil cuatrocientos setenta y nueve, comuna de Lo Barnechea, la compareciente mayor de edad que acredita su identidad con la cédula citada, viene en autorizar expresamente la venta del Inmueble objeto del presente contrato. **DÉCIMO TERCERO**: La personería de don RICARDO PALMA CONTESSE para representar a la **CORPORACION NACIONAL DEL COBRE, CODELCO CHILE-DIVISIÓN ANDINA,** consta de la escritura pública de fecha veinticinco de junio de dos mil doce otorgada en la Notaría de Santiago de don Osvaldo Pereira González, documento el cual no se inserta por ser conocido de las partes

Eduardo Avello Concha
Notario Público
Orrego Luco 0153 – Fono 3342213
carolina@notaria-avello.cl
Providencia

y del Notario que autoriza. En comprobante y previa lectura del presente instrumento firman los comparecientes con el Notario que autoriza.- SE DA COPIA.- DOY FE.-

ALFONSO OVALLE ALDUNATE

MARÍA ANGÉLICA OVALLE ALDUNATE

CAROLINA OVALLE ALDUNATE

JOSÉ TOMÁS OVALLE ALDUNATE

MÓNICA BAÑADOS LYON

RICARDO PALMA CONTESSE, en representación de CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE, CODELCO-CHILE.

RUT N° 61.704.000-K.

EDUARDO AVELLO CONCHA NOTARIO PUBLICO N° 27 SANTIAGO

NOTARIO SUPLENTE 27ª NOTARIA SANTIAGO

REPERTORIO
N° 210 - 2014

Adi 11

Eduardo Avello Concha
Notario Público
Orrego Luco 0153 – Fono 3342213
carolina@notaria-avello.cl
Providencia

Adicionando a la escritura precedente, se deja constancia en lo pertinente del siguiente documento: a) Certificado de matrimonio.- Servicio de Registro Civil e Identificación Chile.- Circunscripción: Vitacura.- Número de inscripción: 25. Año: 2007. Nombre del marido: José Tomas Ovalle Aldunate. Nombre de la mujer: María Bernardita Fernández Undurraga. Fecha de celebración: 12 de Enero de 2007 a las 09:30 horas.- En el acto del matrimonio los contrayentes pactaron separación total de bienes. b) Certificado de matrimonio.- Servicio de Registro Civil e Identificación.- Circunscripción: Las Condes.- Número de inscripción: 432. Año: 1992. Nombre del marido: Arturo Lorca Vial. Nombre de la mujer: María Carolina Ovalle Aldunate. Fecha de celebración: 6 de Marzo 1992 a las 10:40 horas.- En el acto del matrimonio los contrayentes pactaron separación total de bienes. c) Certificado de matrimonio.- Servicio de Registro Civil e Identificación.- Circunscripción: Las Condes.- Número de inscripción: 599. Año: 1985. Nombre del marido: María Angélica Ovalle Aldunate. Nombre de la mujer: María Angélica Ovalle Aldunate.- Fecha de celebración: 09 de Abril 1985 a las 10:30 horas.- En el acto del matrimonio los contrayentes pactaron separación total de bienes. d) Certificado de matrimonio.- Servicio de Registro Civil e Identificación.- Circunscripción: Vitacura.- Número de inscripción: 29. Año: 1995. Nombre del marido: Alfonso Ovalle Aldunate. Nombre de la mujer: Mónica Bañados Lyon.- Fecha de celebración: 2 de Diciembre 1995 a las 20:40 horas.- e) Tesoreria General de la República. Certificado de deuda. Nombre: Ovalle Lecaros Fernando. Dirección: Cerro de Charcas Huechun. Rol: 080-00066-111.- Comuna Til Til. Este rol (Til Til 080-0066-111) no registra deuda. Conforme.-

EDUARDO AVELLO CONCHA NOTARIO PUBLICO NOTARIA Nº 27 SANTIAGO - CHILE

ESTA COPIA ES TESTIMONIO FIEL DEL ORIGINAL
Santiago, 26 FEB 2014

NOTARIA MARGARITA MORENO ZAMORA 27a NOTARIA SANTIAGO SUPLENTE

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO



REPERTORIO Nº 1.998-2014

O.T. 82.722

Rcs.-

CONTRATO DE COMPRAVENTA

SOCIEDAD AGRÍCOLA FRUTERA POLPAICO LIMITADA

A

CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE, Codelco Chile, División Andina

En Santiago, República de Chile, a dos de abril del año dos mil catorce, ante mí, **VALERIA RONCHERA FLORES**, abogado, Notario Público Titular de la Décima Notaría de Santiago, con oficio en calle Teatinos trescientos setenta y uno, comparecen: **SOCIEDAD AGRÍCOLA FRUTERA POLPAICO LIMITADA**, sociedad del giro de su denominación, Rol Único Tributario número ochenta y ocho

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371 - Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

millones setecientos cincuenta y cuatro mil doscientos guión siete, debidamente representada, según se acreditará, por don **SERGIO RUIZ TAGLE HUMERES**, chileno, casado, agricultor, cédula nacional de identidad número dos millones trescientos cincuenta y ocho mil quinientos cinco guión siete, ambos con domicilio en Avenida Las Condes número once mil cuatrocientos, Piso nueve, comuna de Vitacura, Región Metropolitana, en adelante denominada indistintamente la **"Vendedora",** por una parte; y por la otra, la **CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE, Codelco Chile, División Andina**, empresa minera, industrial y comercial del Estado, creada por Decreto Ley número mil trescientos cincuenta del año mil novecientos setenta y seis, Rol Único Tributario número sesenta y un millones setecientos cuatro mil guión K, representada, según se acreditará, por don **RICARDO PALMA CONTESSE,** chileno, casado, Ingeniero civil en minas, cédula nacional de identidad número cinco millones doscientos ocho mil ciento cuarenta y siete guión cinco, ambos domiciliados en Avenida Santa Teresa número quinientos trece, comuna de Los Andes y de paso en ésta, en adelante indistintamente **"Codelco Chile" o la "Compradora" o el "Comprador"**; los comparecientes mayores de edad, quienes acreditan su identidad con las cédulas respectivas y exponen: **CLAUSULA PRIMERA:** SOCIEDAD AGRÍCOLA FRUTERA POLPAICO LIMITADA, ya individualizada en la comparecencia, es dueña de los siguientes inmuebles: **UNO**.- Lotes resultantes de la subdivisión de las Parcelas veintiocho, veintinueve, treinta, treinta y tres, y treinta

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

y cuatro, del Proyecto de Parcelación Santa Ana, ubicado en Polpaico, Provincia de Chacabuco, comuna de Til Til, Región Metropolitana, conforme al Plano aprobado por el Servicio Agrícola y Ganadero con fecha nueve de Diciembre de mil novecientos noventa y seis, mediante certificado número cuatro mil novecientos noventa y cuatro, emitido por dicho Servicio. El plano citado se archivó en el Conservador de Bienes Raíces de Santiago bajo el número treinta y seis mil ochocientos cuarenta y nueve, con fecha dos de Junio de mil novecientos noventa y siete, conforme al cual las Parcelas referidas se subdividieron dando origen a los siguientes Lotes: I) Lote Uno, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son: al Norte, en cien metros con Lote Dos; Sur, en cien metros con Reserva Lote Luz María; Este, en cincuenta metros con camino interior; Oeste, en cincuenta metros con Lote Ocho.- II) Lote Dos, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son: al Norte, en cien metros con Lote Tres; Sur, en cien metros con Lote Uno; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste: en cincuenta metros con Lote Siete.- III) Lote Tres, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son: al Norte, en cien metros con Lote Cuatro; al Sur, en cien metros con Lote Dos; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote Seis.- IV) Lote Cuatro, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cien metros con camino interior; al Sur, en cien metros con Lote Tres; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

LOTE 5?

Oeste, en cincuenta metros con Lote Cinco.- V) Lote Seis, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son: al Norte, en cien metros con Lote Cinco; al Sur, en cien metros con Lote Siete; al Este, en cincuenta metros con Lote Tres; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior.- VI) Lote Siete, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son: al Norte, en cien metros con Lote Seis; al Sur, en cien metros con Lote Ocho; al Este, en cincuenta metros con Lote Dos; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior.- VII) Lote Ocho, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son: al Norte, en cien metros con Lote Siete; al Sur, en cien metros con Reserva Lote Luz María; al Este, en cincuenta metros con Lote uno; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior.- VIII) Lote Nueve, de una superficie de cinco mil doscientos treinta y cinco metros cuadrados y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con camino interior; al Sur, en cincuenta metros con Reserva Lote Luz María; al Este, en ciento veintidós metros con Reserva Lote Luz María; al Oeste, en ciento cinco metros con Lote Diez.- IX) Lote Diez, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con camino interior; al Sur, en cincuenta metros con Reserva Lote Luz María; al Este, en ciento cinco metros con Lote Nueve; al Oeste, en ciento cinco metros con Lote Once.- X) Lote Once, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con camino interior; al

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

Sur, en cincuenta metros con Reserva Lote Luz María; al Este, en ciento cinco metros con Lote diez; al Oeste, en ciento cinco metros con Lote doce; XI) Lote Doce, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son; al Norte, en cincuenta metros con camino interior; al Sur, en cincuenta metros con Reserva Lote Luz María; al Este, en ciento cinco metros con Lote once; al Oeste, en ciento cinco metros con Lote trece.- XII) Lote Trece, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Reserva Lote Luz María; Este, en ciento cinco metros con Lote Doce; Oeste, en ciento cinco metros con Lote Catorce.- XIII) Lote Catorce, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; al Sur, en cincuenta metros con Reserva Lote Luz María; Este, en ciento cinco metros con Lote Trece; Oeste, en ciento cinco metros con Lote Quince.- xiv) Lote Quince, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metro con Reserva Lote Luz María; Este, en ciento cinco metros con Lote Catorce; Oeste, en ciento cinco metros con Lote Dieciséis.- xv) Lote Dieciséis, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Reserva Lote Luz María; Este, en ciento cinco metros con

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

Lote Quince; Oeste, en ciento cinco metros con Lote Diecisiete.- xvi) Lote Diecisiete, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Reserva Lote Luz María; Este, en ciento cinco metros con Lote Dieciséis; Oeste, en ciento cinco metros con Lote Dieciocho.- xvii) Lote Dieciocho, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Reserva Lote Luz María; Este, en ciento cinco metros con Lote Diecisiete; Oeste, en ciento cinco metros con Lote Diecinueve.- xviii) Lote Diecinueve, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Reserva Lote Luz María; Este, en ciento cinco metros con Lote Dieciocho; Oeste, en ciento cinco metros con Lote Veinte.- xix) Lote Veinte, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Reserva Lote Luz María; Este, en ciento cinco metros con Lote Diecinueve; Oeste, en ciento cinco metros con Lote Veintiuno.- xx) Lote Veintiuno, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Reserva Lote Luz María; Este, en ciento cinco metros con Lote Veinte; Oeste, en ciento cinco metros con Lote

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

Veintidós.- xxi) Lote Veintidós, de una superficie de cinco mil setecientos setenta y cinco metros cuadrados y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta y cinco metros con camino interior; Sur, en cincuenta y cinco metros con Reserva Lote Luz María; Este, con ciento cinco metros con Lote Veintiuno; Oeste, en ciento cinco metros con Lote Ciento Veintiuno.- xxii) Lote Veintitrés, de una superficie de cinco mil doscientos metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en ciento cincuenta metros con Lote Cuarenta y Ocho; Sur, en cincuenta metros con camino interior, Este, en cien metros con Lote Veinticuatro; Oeste, en cien metros con camino interior.- xxiii) Lote Veinticuatro, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con Lote Cuarenta y Siete; Sur, en cincuenta metros con camino interior; Este, en cien metros con Lote Veinticinco; Oeste, en cien metro con Lote Veintitrés.- xxiv) Lote Veinticinco, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con Lote Cuarenta y seis; Sur, en cincuenta metros con camino interior; Este, en cien metros con Lote Veintiséis; Oeste, en cien metros con Lote Veinticuatro.- xxv) Lote Veintiséis, de una superficie de cinco mil trescientos setenta metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con Lote Cuarenta y Cinco; Sur, en cincuenta metros con camino interior; Este, en cien metros con Lote Veintisiete; Oeste, en cien metros con Lote Veinticinco.- xxvi) Lote Veintisiete, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con Lote Cuarenta y Cuatro, Sur, en cincuenta metros con camino interior; Este, en cien metros con Lote Veintiocho; Oeste, en cien metros con Lote Veintiséis.- xxvii) Lote Veintiocho, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con Lote Cuarenta y Tres; Sur, en cincuenta metros con camino interior; Este, en cien metros con Lote Veintinueve; Oeste, en cien metros con Lote Veintisiete.- xxviii) Lote Veintinueve, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con Lote Cuarenta y Dos; Sur, en cincuenta metros con camino interior; Este, en cien metros con Lote Treinta; Oeste, en cien metros con Lote Veintiocho.- xxix) Lote Treinta, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con Lote Cuarenta y Uno; Sur, en cincuenta metros con camino interior; Este, en cien metros con Lote Treinta y Uno; Oeste, en cien metros con Lote Veintinueve.- xxx) Lote Treinta y Uno, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con Lote Cuarenta; Sur, en cincuenta metros con camino interior; Este, en cien metros con Lote Treinta y Dos; Oeste, en cien metros con Lote Treinta.- xxxi) Lote Treinta y Dos, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con Lote Treinta y Nueve; Sur, en cincuenta metros con camino interior, Este, en cien metros con Lote Treinta y Tres; Oeste, en cien metros con Lote Treinta y Uno.- xxxii) Lote

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

Treinta y Tres, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con Lote Treinta y Ocho; Sur, en cincuenta metros con camino interior; Este, en cien metros con Lote Treinta y Cuatro; Oeste, en cien metros con Lote Treinta y Dos.- xxxiii) Lote Treinta y Cuatro, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con Lote Treinta y Siete; Sur, en cincuenta metros con camino interior; Este, en cien metros con Lote Treinta y Cinco; Oeste, en cien metros con Lote Treinta y Tres.- xxxiv) Lote Treinta y Cinco, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte en cincuenta metros con Lote Treinta y Seis; Sur, en cincuenta metros con camino interior; Este, en cien metros con camino interior; Oeste, en cien metros con Lote Treinta y Cuatro.- xxxv) Lote Treinta y Seis, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Lote Treinta y Cinco; Este, en cien metros con camino interior; Oeste, en cien metros con Lote Treinta y Siete.- xxxvi) Lote Treinta y Siete, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Lote treinta y cuatro; al Este, en cien metros con Lote treinta y seis; al Oeste, en cien metros con lote treinta y ocho.- xxxvii) Lote Treinta y Ocho, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Lote

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

Treinta y Tres; Este, en cien metros con Lote Treinta y Siete; Oeste, en cien metros con Lote Treinta y Nueve.- xxxviii) Lote Treinta y Nueve, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Lote Treinta y Dos; Este, en cien metros con Lote Treinta y Ocho; Oeste, en cien metros con Lote Cuarenta.- xxxix) Lote Cuarenta, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Lote Treinta y Uno; Este, en cien metros con Lote Treinta y Nueve; Oeste, en cien metros con Lote Cuarenta y Uno.- xl)Lote Cuarenta y Uno, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Lote Treinta; Este, en cien metros con Lote Cuarenta; Oeste, en cien metros con Lote Cuarenta y Dos.- xli) Lote Cuarenta y Dos, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Lote Veintinueve; Este, en cien metros con Lote Cuarenta y Uno; Oeste, en cien metros con Lote Cuarenta y Tres.- xlii) Lote Cuarenta y Tres, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Lote Veintiocho; Este, en cien metros con Lote Cuarenta y Dos; Oeste, en cien metros con Lote Cuarenta y Cuatro.- xliii) Lote Cuarenta y Cuatro, de una superficie de cinco mil metros cuadrados

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

VALERIA RONCHERA FLORES 10° NOTARIA SANTIAGO-CHILE

y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Lote Veintisiete; Este, en cien metros con Lote Cuarenta y Tres; Oeste, en cien metros con Lote Cuarenta y Cinco.- xliv)Lote Cuarenta y Cinco, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Lote Veintiséis; Este, en cien metros con Lote Cuarenta y Cuatro; Oeste, en cien metros con Lote Cuarenta y Seis.- xlv)Lote Cuarenta y Seis, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Lote Veinticinco; Este, en cien metros con Lote Cuarenta y Cinco; Oeste, en cien metros con Lote Cuarenta y Siete.- xlvi) Lote Cuarenta y Siete, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior; Sur, en cincuenta metros con Lote Veinticuatro; Este, en cien metros con Lote Cuarenta y Seis; Oeste, en cien metros con Lote Cuarenta y Ocho.- xlii) Lote Cuarenta y Ocho, de una superficie de cinco mil metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cincuenta metros con camino interior, Sur, en cincuenta metros con Lote Veintitrés; Este, en cien metros con Lote Cuarenta y Siete; Oeste, en cien metros con camino interior.- xlviii) Lote Cuarenta y Nueve, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en ochenta y cinco metros con camino interior; Sur, en noventa metros con Lote Cincuenta; Este, en sesenta metros con

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

camino interior; Oeste, en sesenta metros con Lote Cincuenta y Ocho.- lIix) Lote Cincuenta, de una superficie de cinco mil trescientos diecinueve metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en noventa metros con Lote Cuarenta y Nueve; Sur, en noventa y cinco metros con Lote Cincuenta y Uno; Este, en sesenta metros con camino interior; Oeste, en cincuenta y cinco metros con Lote Cincuenta y Siete.- l) Lote Cincuenta y Uno, de una superficie de cinco mil setecientos noventa y seis metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en noventa y cinco metros con Lote Cincuenta; Sur, en noventa metros con Lote Cincuenta y Dos; Este, en sesenta y ocho metros con camino interior; Oeste, en cincuenta y cinco metros con Lote Cincuenta y Seis y Cincuenta y Siete.- li) Lote Cincuenta y Dos, de una superficie de cinco mil novecientos trece metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en noventa metros con Lote Cincuenta y Uno; Sur, en setenta y dos metros con Lote Cincuenta y Tres; Este, en ochenta y cinco metros con camino interior; Oeste, en setenta metros con Lote Cincuenta y Cinco y Cincuenta y Seis.- lii) Lote Cincuenta y Tres, de una superficie de seis mil ochocientos ochenta y ocho metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en setenta y dos metros con Lote Cincuenta y Dos; Sur, con camino interior; Este, con camino interior; Oeste, en ciento veinte metros con Lote Cincuenta y Cuatro y Cincuenta y Cinco.- liii) Lote Cincuenta y Cuatro, de una superficie de cinco mil cuarenta metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en setenta y cinco metros con Lote Cincuenta y Cinco; Sur, con camino

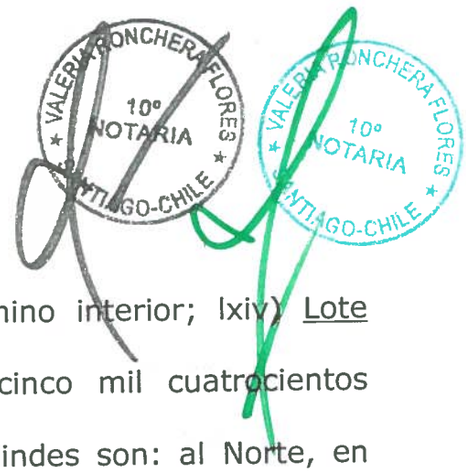
VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

interior; Este, en ciento ocho metros con Lote Cincuenta y Tres; Oeste, con camino interior.- liv) Lote Cincuenta y Cinco, de una superficie de cinco mil doscientos ochenta metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en ochenta y cinco metros con Lote Cincuenta y Seis; Sur, en setenta y cinco metros con Lote Cincuenta y Cuatro; Este, en sesenta metros con Lote Cincuenta y Dos y Cincuenta y Tres; Oeste, en sesenta y cinco metros con camino interior. -lv) Lote Cincuenta y Seis, de una superficie de cinco mil ciento sesenta y dos metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en noventa metros con Lote Cincuenta y Siete; Sur, en ochenta y cinco metros con Lote Cincuenta y Cinco; Este, en sesenta y tres metros con Lote Cincuenta y Uno y Cincuenta y Dos; Oeste, en cincuenta y cinco metros con camino interior.- lvi) Lote Cincuenta y Siete, de una superficie de cinco mil ciento dieciocho metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en ochenta y ocho metros con Lote Cincuenta y Ocho; Sur, en noventa metros con Lote Cincuenta y Seis; Este, en sesenta metros con Lote Cincuenta y Cincuenta y Uno; Oeste, en cincuenta y cinco metros con camino interior.- lvii) Lote Cincuenta y Ocho, de una superficie de cinco mil cuatrocientos metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en noventa metros con camino interior; Sur, en noventa metros con Lotes Cincuenta y Siete y Cincuenta; Este, en sesenta metros con Lote Cuarenta y Nueve; Oeste, en sesenta metros con camino interior.- lviii) Lote Cincuenta y Nueve, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta y seis metros cuadrados y cuyos deslindes

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

son:- al Norte, en sesenta y cinco metros con Lote Sesenta; Sur, en ochenta metros con camino interior; Este, en setenta y cinco metros con Lote Sesenta y Tres; Oeste, en setenta metros con camino interior.- lix) Lote Sesenta, de una superficie de cinco mil trescientos noventa metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cuarenta y cinco metros con Lote Sesenta y Uno; Sur, en sesenta y cinco metros con Lote Cincuenta y Nueve; Este, en cien metros con Lote Sesenta y Dos; Oeste, en cien metros con camino interior.- lx) Lote Sesenta y Uno, de una superficie de seis mil cincuenta metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, con camino interior; Sur, en noventa y tres metros con Lote Sesenta y Sesenta y Dos; Este, con camino interior; Oeste, con camino interior.- lxi) Lote Sesenta y Dos, de una superficie de cinco mil quinientos treinta y siete metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en cuarenta y ocho metros con Lote Sesenta y Uno; Sur, en sesenta y cinco metros con Lote Sesenta y Tres; Este, en cien con camino interior; Oeste, en cien metros con Lote Sesenta.- lxii) Lote Sesenta y Tres, de una superficie de cinco mil seiscientos veinte metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en sesenta y cinco metros con Lote Sesenta y Dos; Sur, en ochenta metros con camino interior; Este, en ochenta metros con camino interior; Oeste, en setenta y cinco metros con Lote Cincuenta y Nueve.- lxiii) Lote Sesenta y Cuatro, de una superficie de cinco mil cincuenta metros cuadrados y cuyos deslindes son:- al Norte, en setenta metros con Lote Sesenta y Cinco; Sur, con camino interior; Este, en cien metros

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO



con Lote Ochenta y Uno; Oeste, con camino interior; lxiv) Lote Sesenta y cinco, de una superficie de cinco mil cuatrocientos veinticinco metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en noventa metros con Lote Sesenta y seis; al Sur, en sesenta y cinco metros con Lote sesenta y cuatro; al Este, en setenta metros con Lote setenta y nueve y Lote ochenta; al Oeste, con camino interior; lxv) Lote Sesenta y Seis, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento ocho metros con Lote sesenta y siete; al Sur, en noventa metros con Lote sesenta y cinco; al Este, en cincuenta metros con Lote setenta y ocho y Lote setenta y nueve; al Oeste, con camino interior; lxvi) Lote Sesenta y Siete, de una superficie de cinco mil seiscientos veinticinco metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento quince metros con Lote sesenta y ocho; al Sur, en ciento ocho metros con Lote sesenta y seis; al Este, en cincuenta metros con Lote setenta y siete y Lote setenta y ocho; al Oeste, con camino interior; lxvii) Lote Sesenta y Ocho, de una superficie de cinco mil ochocientos setenta y cinco metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento veinte metros con Lote sesenta y nueve; al Sur, en ciento quince metros con Lote sesenta y siete; al Este, en cincuenta metros con Lote setenta y seis y Lote setenta y siete; al Oeste, con camino interior; lxviii) Lote Sesenta y Nueve, de una superficie de cinco mil setecientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento diez metros con Lote setenta; al Sur, en ciento veinte metros con Lote sesenta y ocho; al

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

Este, en cincuenta metros con Lote setenta y cinco y Lote setenta y seis; al Oeste, con camino interior; lxix) Lote Setenta, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en noventa y seis metros con Lote setenta y uno; al Sur, en ciento diez metros con Lote sesenta y nueve; al Este, en cincuenta metros con Lote setenta y cuatro y Lote setenta y cinco; al Oeste, con camino interior; lxx) Lote Setenta y Uno, de una superficie de cinco mil cuatrocientos setenta y cinco metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, con camino interior; al Sur, en noventa y seis metros con Lote setenta; al Este, en cien metros con Lote setenta y dos, setenta y tres y setenta y cuatro; al Oeste, con camino interior; lxxi) Lote Setenta y Dos, de una superficie de cinco mil ciento treinta metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, con camino interior; al Sur, en ciento cinco metros con Lote setenta y tres; al Este, en sesenta y cinco metros con camino interior; al Oeste, en veinte metros con Lote setenta y uno; lxxii) Lote Setenta y Tres, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, ciento cinco metros con Lote setenta y dos; al Sur, en ciento cinco metros con Lote setenta y cuatro; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote setenta y uno; lxxiii) Lote Setenta y Cuatro, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento cinco metros con Lote setenta y tres; al Sur, en ciento cinco metros con Lote setenta y cinco; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

Oeste, en cincuenta metros con Lote setenta y setenta y uno; lxxiv) Lote Setenta y Cinco, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, ciento cinco metros con Lote setenta y cuatro; al Sur, en ciento cinco metros con Lote setenta y seis; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote sesenta y nueve y setenta; lxxv) Lote Setenta y Seis, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento cinco metros con Lote setenta y cinco; al Sur, en ciento cinco metros con Lote setenta y siete; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote sesenta y ocho y sesenta y nueve; lxxvi) Lote Setenta y Siete, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento cinco metros con Lote setenta y seis; al Sur, en ciento cinco metros con Lote setenta y ocho; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote sesenta y siete y setenta y ocho; lxxvii) Lote Setenta y Ocho, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento cinco metros con Lote setenta y siete; al Sur, en ciento cinco metros con Lote setenta y nueve; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote sesenta y seis y sesenta y siete; lxxviii) Lote Setenta y Nueve, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento cinco metros con Lote

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

setenta y ocho; al Sur, en ciento cinco metros con Lote ochenta; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote sesenta y cinco y sesenta y seis; lxxix) Lote Ochenta, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento cinco metros con Lote setenta y nueve; al Sur, en ciento cinco metros con Lote ochenta y uno y ochenta y dos; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote sesenta y cinco; lxxx) Lote Ochenta y Uno, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con Lote ochenta; al Sur, en cincuenta metros con camino interior; al Este, en cien metros con Lote ochenta y dos; al Oeste, en cien metros con Lote sesenta y cuatro; lxxxi) Lote Ochenta y Dos, de una superficie de cinco mil quinientos metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta y cinco metros con Lote ochenta; al Sur, en cincuenta y cinco metros con camino interior; al Este, en cien metros con camino interior; al Oeste, en cien metros con Lote ochenta y uno; lxxxii) Lote Ochenta y Tres, de una superficie de cinco mil noventa y seis metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, con camino interior; al Sur, en cien metros con Lote ochenta y cuatro; al Este, en veinte metros con Lote noventa y cuatro; al oeste, en sesenta y cuatro metros con camino interior; lxxxiii) Lote Ochenta y Cuatro, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cien metros con Lote ochenta y tres; al Sur, en cien metros con Lote

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

ochenta y cinco; al Este, en cincuenta metros con Lote noventa y cuatro; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior; lxxxiv) Lote Ochenta y Cinco, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cien metros con Lote ochenta y cuatro; al Sur, en cien metros con Lote ochenta y seis; al Este, en cincuenta metros con Lote noventa y cuatro; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior; lxxxv) Lote Ochenta y Seis, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cien metros con lote ochenta y cinco; al Sur, en cien metros con Lote ochenta y siete; al Este, en cincuenta metros con Lote noventa y cinco; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior; lxxxvi) Lote Ochenta y Siete, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son; al Norte, en cien metros con Lote ochenta y seis; al Sur, en cien metros con Lote ochenta y ocho; al Este, en cincuenta metros con Lote noventa y seis; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior; lxxxvii) Lote Ochenta y Ocho, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cien metros con Lote ochenta y siete; al Sur, en cien metros con Lote ochenta y nueve; al Este, en cincuenta metros con Lote noventa y siete; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior; lxxxviii) Lote Ochenta y Nueve, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cien metros con Lote ochenta y ocho; al Sur, en cien metros con Lote noventa; al Este, en cincuenta metros con Lote noventa y ocho; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior;

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

lxxxix)Lote Noventa, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son; al Norte, en cien metros con Lote ochenta y nueve; al Sur, en cien metros con Lote noventa y uno; al Este, en cincuenta metros con lote noventa y nueve; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior; xc) Lote Noventa y Uno, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cien metros con Lote noventa; al Sur, en cien metros con Lote noventa y dos; al Este, en cincuenta metros con Lote cien; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior; xci) Lote Noventa y Dos, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son; al Norte, en cien metros con Lote noventa y uno; al Sur, en cien metros con Lote noventa y tres; al Este, en cincuenta metros con Lote ciento uno; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior; xcii) Lote Noventa y Tres, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son; al Norte, en cien metros con Lote noventa y dos; al Sur, en cien metros con camino interior; al Este, en cincuenta metros con Lote ciento dos; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior; xciii) Lote Noventa y Cuatro, de una superficie de seis mil setecientos veinte metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, con camino interior; al Sur, en ciento cinco metros con Lote noventa y cinco; al Este, con camino interior; al Oeste, en ciento veinte metros con Lotes ochenta y tres, ochenta y cuatro y ochenta y cinco; xciv) Lote Noventa y Cinco, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, u cuyos deslindes son; al Norte, en ciento cinco metros

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO



con Lote noventa y cuatro; al Sur, en ciento cinco metros con lote noventa y seis; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote ochenta y seis; xcv) Lote Noventa y Seis, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son; al Norte, en ciento cinco metros con lote noventa y cinco; al Sur, en ciento cinco metros con lote noventa y siete; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote ochenta y siete; xcvi) Lote Noventa y Siete, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento cinco metros con Lote noventa y seis; al Sur, en ciento cinco metros con Lote noventa y ocho; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote ochenta y ocho; xcvii) Lote Noventa y Ocho, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento cinco metros con Lote noventa y siete; al Sur, en ciento cinco metros con Lote noventa y nueve; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote ochenta nueve; xcviii) Lote Noventa y Nueve, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, al Norte, en ciento cinco metros con Lote noventa y ocho; al Sur, en ciento cinco metros con Lote cien; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote noventa; xcix) Lote Cien, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento cinco metros

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, 6 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

con Lote noventa y nueve; al Sur, en ciento cinco metros con Lote ciento uno; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote noventa y uno; c) Lote Ciento Uno, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento cinco metros con Lote cien; al Sur, en ciento cinco metros con Lote ciento dos; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote noventa y dos; ci) Lote Ciento Dos, de una superficie de cinco mil doscientos cincuenta metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento cinco metros con Lote ciento uno; al Sur, en ciento cinco metros con camino interior; al Este, en cincuenta metros con camino interior; al Oeste, en cincuenta metros con Lote noventa y tres; cii) Lote Ciento Tres, de una superficie de seis mil trescientos veinticinco metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, con Lote ciento veinte; al Sur, en ciento diez metros con Lote ciento cuatro; al Este, en cincuenta metros con Parcela treinta y dos; al Oeste, en setenta metros con camino interior; ciii) Lote Ciento Cuatro, de una superficie de cinco mil quinientos metros cuadrados, y cuyos deslindes son; al Norte, en ciento diez metros con Lote ciento tres; al Sur, en ciento diez metros con Lote ciento cinco; al Este, en cincuenta metros con Parcela treinta y dos; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior; civ) Lote Ciento Cinco, de una superficie de cinco mil quinientos metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento diez metros con Lote ciento cuatro; al Sur, en ciento diez metros con Lote ciento seis; al Este, en

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

cincuenta metros con Parcela treinta y dos; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior; cv) Lote Ciento Seis, de una superficie de cinco mil quinientos metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento diez metros con Lote ciento cinco; al Sur, en ciento diez metros con Lote ciento siete; al Este, en cincuenta metros con Parcela treinta y dos; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior; cvi) Lote Ciento Siete, de una superficie de cinco mil quinientos metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento diez metros con Lote ciento seis; al Sur, en ciento diez metros con Lote ciento ocho; al Este, en cincuenta metros con Parcela treinta y dos; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior; cvii) Lote Ciento Ocho, de una superficie de cinco mil quinientos metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en ciento diez metros con Lote ciento siete; al Sur, en ciento diez metros con Lotes ciento nueve, ciento diez y ciento once; al Este, en cincuenta metros con Parcela treinta y dos; al Oeste, en cincuenta metros con camino interior; cviii) Lote Ciento Nueve, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son; al Norte, en cincuenta metros con Lote ciento ocho; al Sur, en cincuenta metros con camino interior; al Este, en cien metros con Lote ciento diez; al Oeste, en cien metros con camino interior; cix) Lote Ciento Diez, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con Lote ciento ocho; al Sur, en cincuenta metros con camino interior; al Este, en cien metros con Lote ciento once; en cien metros con lote ciento nueve; cx) Lote

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

Ciento Once, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con Lote ciento ocho y Parcela treinta y dos; al Sur, en cincuenta metros con camino interior; al Este, en cien metros con Lote ciento doce; al Oeste, en cien metros con lote ciento diez; cxi) Lote Ciento Doce, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con Parcela treinta y dos; al Sur, en cincuenta metros con camino interior; al Este, en cien metros con Lote ciento trece; al Oeste, en cien metros con Lote ciento once; cxii) Lote Ciento Trece, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con Parcela treinta y dos; al Sur, en cincuenta metros con camino interior; al Este, en cien metros con lote ciento catorce; al Oeste, en cien metros con lote ciento doce; cxiii) Lote Ciento Catorce, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con Parcela treinta y dos; al Sur, en cincuenta metros con camino interior; al Este, en cien metros con Lote ciento quince; al Oeste, en cien metros con Lote ciento trece; cxiv) Lote Ciento Quince, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con Parcela treinta y dos; al Sur, en cincuenta metros con camino interior; al Este, en cien metros con Lote ciento dieciséis; al Oeste, en cien metros con Lote ciento catorce; cxv) Lote Ciento Dieciséis, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con Parcela treinta y dos; al Sur,

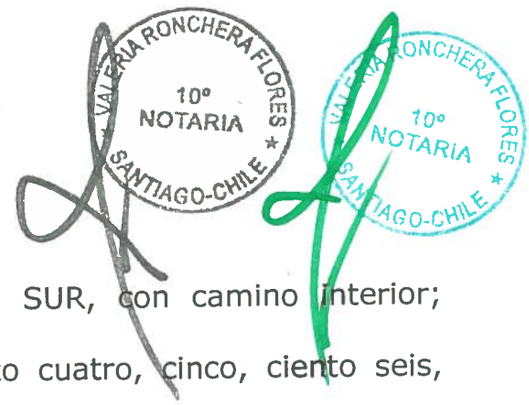
VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

en cincuenta metros con camino interior; al Este, en cien metros con Lote ciento diecisiete; al Oeste, en cien metros con Lote ciento quince; cxvi) Lote Ciento Diecisiete, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con Parcela treinta y dos; al Sur, en cincuenta metros con camino interior; al Este, en cien metros con Lote ciento dieciocho; al Oeste, en cien metros con Lote ciento dieciséis; cxvii) Lote Ciento Dieciocho, de una superficie de cinco mil metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, en cincuenta metros con Parcela treinta y dos; al Sur, en cincuenta metros con camino interior; al Este, en cien metros con camino interior; al Oeste, en cien metros con Lote ciento diecisiete; cxviii) Lote Ciento Diecinueve, de una superficie de cuarenta mil cuatrocientos ochenta y cinco metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, con Reserva Ganadera Huechún; al Sur, con camino interior; al Este, con Lote ciento veinte; al Oeste, con Reserva Ganadera Huechún; cxix) Lote Ciento Veinte, de una superficie de cuarenta y nueve mil setecientos setenta y cinco metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, con Reserva Ganadera Huechún; al Sur, con camino interior y Lote ciento tres; al Este, con Parcela treinta y uno; al Oeste, con Lote ciento diecinueve; cxx) Lote Ciento Veintiuno, de una superficie de ciento treinta y dos mil setecientos noventa metros cuadrados, y cuyos deslindes son: al Norte, con camino interior; al Sur, con Parcela veintisiete; al Este, con Reserva Lote Luz María; al Oeste, con Reserva Ganadera Huechún; cxxi) Lote Camino: El lote completo tiene superficie total

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

de noventa y cuatro mil cuatrocientos treinta y cinco metros cuadrados, y está compuesto por: **a.** Camino que va de Oriente a Poniente, desde Camino Interior hasta Reserva Ganadera Huechún, cuyos deslindes son: NORTE, en parte con Lotes ciento dieciocho, ciento diecisiete, ciento dieciséis, ciento quince, ciento catorce, ciento trece, ciento doce, ciento once, ciento diez, ciento nueve, ciento dos, noventa y tres, ochenta y dos, ochenta y uno, sesenta y cuatro, ciento diecinueve, sesenta y tres, cincuenta y nueve, y en parte con caminos interiores; SUR, en parte con Lotes cuatro, cinco, treinta y seis, treinta y siete, treinta y ocho, treinta y nueve, cuarenta, cuarenta y uno, cuarenta y dos, cuarenta y tres, cuarenta y cuatro, cuarenta y cinco, cuarenta y seis, cuarenta y siete, cuarenta y ocho, ciento veintiuno, cuarenta y nueve, cincuenta y ocho, y en parte con caminos interiores; ORIENTE, con camino interior; y PONIENTE, con Reserva Ganadera Huechún; **b.** Camino que va de Oriente a Poniente, desde Reserva Lote Luz María al Lote ciento veintiuno, cuyos deslindes especiales son: NORTE, en parte con Lotes ocho, treinta y cinco, treinta y cuatro, treinta y tres, treinta y dos, treinta y uno, treinta, veintinueve, veintiocho, veintisiete, veintiséis, veinticinco, veinticuatro, veintitrés, y en parte con caminos interiores; SUR, con Lotes nueve, diez, once, doce, trece, catorce, quince, dieciséis, diecisiete, dieciocho, diecinueve, veinte, veintiuno y veintidós; ORIENTE, con Reserva Lote Luz María; y PONIENTE, con Lote ciento veintiuno; **c.** Camino que va de Norte a Sur, desde el Lote ciento veinte a camino interior, cuyos deslindes

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO



son: NORTE, con Lote ciento veinte; SUR, con camino interior; ORIENTE, con Lotes ciento tres, ciento cuatro, cinco, ciento seis, ciento siete, ciento ocho y ciento nueve; y PONIENTE, con Lotes noventa y cuatro, noventa y cinco, noventa y seis, noventa y siete, noventa y ocho, noventa y nueve, cien, ciento uno y ciento dos; **d.** Camino que va de Norte a Sur, desde el Lote ciento diecinueve a camino interior, cuyos deslindes son: NORTE, con Lote ciento diecinueve, camino interior de por medio; SUR, con camino interior; ORIENTE, con Lotes ochenta y tres, ochenta y cuatro, ochenta y cinco, ochenta y seis, ochenta y siete, ochenta y ocho, ochenta y nueve, noventa, noventa y uno, noventa y dos y noventa y tres; y PONIENTE, con Lotes setenta y dos, setenta y tres, setenta y cuatro, setenta y cinco, setenta y seis, setenta y siete, setenta y ocho, setenta y nueve, ochenta y ochenta y dos; **e.** Camino que va de Norte a Sur, desde camino interior a Lote nueve, cuyos deslindes son: NORTE, con camino interior; SUR, con Lote nueve; ORIENTE, con Lotes cinco, seis, siete y ocho; y PONIENTE, con Lotes treinta y seis y treinta y cinco; **f.** Camino que va de Norte a Sur, desde camino interior a Lote veintidós, cuyos deslindes son: NORTE, con camino interior; SUR, con Lote veintidós; ORIENTE, con Lotes cuarenta y ocho y veintitrés; y PONIENTE, con Lote ciento veintiuno; **g.** Camino interior que bordea los Lotes noventa y cuatro, ochenta y tres, setenta y dos, setenta y uno, setenta, sesenta y nueve, sesenta y ocho, sesenta y siete, sesenta y siete, sesenta y seis, sesenta y cinco y sesenta y cuatro, cuyos deslindes son: NORTE, en

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

parte con Lote ciento diecinueve y en parte con Lote ciento veinte; SUR, en parte con lotes noventa y cuatro, ochenta y tres, setenta y dos, setenta y uno1 y con caminos interiores; ORIENTE, con Lote ciento veinte; y PONIENTE, con Lote ciento diecinueve; **h.** Camino interior que bordea los Lotes sesenta y tres, sesenta y dos, sesenta y uno, sesenta y cincuenta y nueve, cuyos deslindes son: NORTE, con Lote ciento diecinueve; SUR, con camino interior; ORIENTE, con Lote ciento diecinueve; y PONIENTE, con Reserva Ganadera Huechún; **i.** Camino interior que bordea los Lotes cuarenta y nueve, cincuenta, cincuenta y uno, cincuenta y dos, cincuenta y tres, cincuenta y cuatro, cincuenta y cinco, cincuenta y seis, cincuenta y siete y cincuenta y ocho, cuyos deslindes son: NORTE, con camino interior; SUR, con Lote ciento veintiuno; ORIENTE, con Lote ciento veintiuno; y PONIENTE, con Reserva Ganadera Huechún. El dominio de los bienes singularizados precedentemente fue adquirido por la vendedora, en parte por compra a doña María Inés Farías Parada, según escritura otorgada en la Notaría de Santiago de don Juan Ricardo San Martín Urrejola con fecha veintiuno de abril de mil novecientos ochenta y seis, inscrita a fojas trece mil doscientos veintisiete número catorce mil novecientos veinticinco del Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Santiago correspondiente al año mil novecientos ochenta y seis, y en parte mediante aporte que le hicieron don Sergio Ruiz Tagle Humeres y don Sergio Ruiz Tagle Correa, según escritura otorgada con fecha quince de Diciembre de mil novecientos ochenta y uno en la Notaria

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

de Santiago de don Raúl Undurraga Laso, inscrita a fojas tres mil setecientos cincuenta y dos número cuatro mil trescientos dos del Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Santiago correspondiente al año mil novecientos ochenta y dos. **DOS**.- Asimismo, la Vendedora es dueña de los siguientes inmuebles: cxxii) Parcela Treinta y Cinco del Proyecto de Parcelación Santa Ana, ubicado en la comuna de Til Til, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana, de una superficie de diez hectáreas, cuyos deslindes son: al Norte, en parte con Reserva Lote luz María y en otra con camino interior; al Oriente, en un pequeño sector con Reserva Lote Luz María, en parte con camino interior y en otra parte con parcela número treinta y seis; al Sur, en parte con parcela número treinta y seis y en otra con Reserva Lote Luz María; al Poniente, con Reserva Lote Luz María.- y cxxiii) Parcela Treinta y Seis del Proyecto de Parcelación Santa Ana, ubicado en la comuna de Til Til, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana, de una superficie de diez hectáreas, cuyos deslindes son: al Norte, en parte con parcela número treinta y cinco y en otra con camino interior; al Oriente, en parte con camino interior y en otra con parcela número treinta y siete; al Sur, en parte con parcela número treinta y siete y en otra con Reserva Lote luz María; al Poniente, en parte con Reserva Lote luz María y en otra con parcela número treinta y cinco.- cxxiv) Sitio Veintitrés del Proyecto de Parcelación Santa Ana, ubicado en la comuna de Til Til, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana, de una superficie aproximada de cero coma nueve hectáreas, cuyos

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

deslindes son: al Norte, en parte con camino interior y en otra con sitios números veinticuatro y veinticuatro guión A; al Oriente, en parte con sitios números veinticuatro y veintinueve guión A, y en otra con sitios números cuarenta y cuarenta y tres; al Sur, con sitios números cuarenta y tres y cuarenta y cinco en parte y en otra con sitio número veintidós; al Poniente, en parte con camino interior y en otra con sitio número veintidós.- cxxv) Cinco veintinueveavos del Bien Común Especial número Siete -bodega- del Proyecto de Parcelación Santa Ana, ubicado en la comuna de Til Til, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana, de una superficie de cero coma ocho hectáreas, cuyos deslindes son: al Norte, con camino interior que lo separa de la Reserva Lote María Teresa; al Sur, con camino público a Quilapilún en parte y en otra con parcela número treinta y nueve; al Oriente, en parte con camino interior y en otra con camino público a Quilapilun; al Poniente, con parcela número treinta y nueve del mismo proyecto.- cxxvi) Cuarenta enteros veinticuatro centésimos por ciento del Bien Común Especial número ocho –pozo-, que se encuentra ubicado en la Parcela número treinta y ocho del Proyecto de Parcelación Santa Ana, ubicado en la comuna de Til Til, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana.- cxxvi) Una veintinueve ava parte, y un entero sesenta y dos centésimos por ciento, del Bien Común Especial número quince -pozo-, el que se encuentra ubicado en la parcela número cincuenta del Proyecto de Parcelación Santa Ana, ubicado en la comuna de Til Til, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana.- El dominio de los bienes

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

singularizados precedentemente, fue adquirido por la Vendedora por aporte que le hicieron don Sergio Ruiz Tagle Humeres y don Sergio Ruiz Tagle Correa, según escritura otorgada con fecha quince de Diciembre de mil novecientos ochenta y uno, en la Notaria de Santiago de don Raúl Undurraga Laso, cuya inscripción rola a fojas tres mil setecientos cincuenta y dos número cuatro mil trescientos dos del Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Santiago correspondiente al año mil novecientos ochenta y dos.- **CLAUSULA SEGUNDA:** Asimismo, la SOCIEDAD AGRICOLA FRUTERA POLPAICO LIMITADA es propietaria de los siguientes derechos de aprovechamiento de aguas: **UNO.-** Derechos de aprovechamiento consuntivo de aguas subterráneas, de ejercicio permanente y continuo, ascendentes a un caudal de **ciento cincuenta y cinco litros por segundo**, cuya captación procede mediante elevación mecánica desde dos pozos, el primero de ellos de una profundidad de cincuenta y ocho metros, ubicado a dos mil doscientos metros al Norte del camino Quilapilun Polpaico y a trescientos noventa metros al poniente del denominado camino Coquimbito, de un rendimiento de cincuenta y cinco litros por segundo y una depresión de veintidós coma veintinueve metros; y el segundo de una profundidad de cincuenta metros, ubicado a dos mil quinientos diez metros al Norte del camino Quilapilún Polpaico y a trescientos ochenta y siete metros al poniente del denominado camino Coquimbito, de un rendimiento de cien litros por segundo, con una depresión de diecisiete coma cero ocho metros. Los

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

derechos de aprovechamiento referidos fueron adquiridos por la vendedora en virtud de la resolución de la Dirección General de Aguas número doscientos setenta y tres, de fecha trece de julio de mil novecientos ochenta y nueve, reducida a escritura pública con fecha con fecha diecisiete de enero de dos mil trece, ante el Notario Público Titular de la séptima Notaria de Santiago de doña María Soledad Santos Muñoz, Repertorio número mil trescientos seis guión dos mil trece, e inscrita a fojas noventa número ciento cuarenta y nueve del Registro de Propiedad de Agua del Conservador de Bienes Raíces de Santiago correspondiente al año dos mil trece.- **DOS.** Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, de carácter consuntivo, de ejercicio permanente y continuos, que consisten en **once coma noventa y cuatro litros por segundo**, de las aguas subterráneas, que se extraen del pozo profundo de coordenadas tres mil trescientos guión siete mil cuarenta C guión treinta y uno, aguas que riegan la parcela número treinta y cinco del Proyecto de Parcelación "Santa Ana", comuna de Til Til, Región Metropolitana, ya individualizada, inscritos a nombre de la Vendedora a fojas cincuenta y cinco número setenta y tres del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Santiago correspondiente al año dos mil catorce. Los referidos derechos fueron adquiridos por aporte que le hicieron don Sergio Ruiz Tagle Humeres y don Sergio Ruiz Tagle Correa, según inscripción de fojas tres mil setecientos cincuenta y dos número cuatro mil trescientos dos del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Santiago

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO



correspondiente al año mil novecientos ochenta y dos, habiéndola a su vez adquirido don Sergio Ruiz Tagle Correa por compra a don Agustín Jeria Morales Figueroa, adjudicatario este último del título de dominio otorgado por la Corporación de la Reforma Agraria, según documento otorgado con fecha dieciséis de septiembre de mil novecientos ochenta, inscrito a fojas seis mil trescientos treinta y cinco número siete mil seiscientos quince del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Santiago correspondiente al año mil novecientos ochenta y uno. Se deja constancia que la inscripción conservatoria a nombre de la Vendedora fue practicada en virtud de lo dispuesto en el artículo quinto de las disposiciones transitorias del Código de Aguas y de la Resolución exenta número seiscientos setenta y ocho y noventa y ocho del Servicio Agrícola y Ganadero, de fecha veintidós de mayo y veintisiete de enero de mil novecientos ochenta y seis, respectivamente, y Resolución dos mil seiscientos setenta y ocho del referido Servicio de fecha veintinueve de octubre del año dos mil uno.- **TRES.** Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, de carácter consuntivo, de ejercicio permanente y continuos, que consisten en **once coma noventa y cuatro litros por segundo**, que se extraen del pozo profundo de coordenadas tres mil trescientos guión siete mil cuarenta C guión treinta y uno, aguas que riegan la parcela número treinta y seis del Proyecto de Parcelación "Santa Ana", comuna de Til Til, Región Metropolitana, ya individualizada en la cláusula precedente, inscritos a nombre de la

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

Vendedora a fojas cincuenta y seis número setenta y cuatro del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Santiago correspondiente al año dos mil catorce. Los referidos derechos fueron adquiridos por aporte que le hicieron don Sergio Ruiz Tagle Humeres y don Sergio Ruiz Tagle Correa, según inscripción de fojas tres mil setecientos cincuenta y dos número cuatro mil trescientos dos del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Santiago correspondiente al año mil novecientos ochenta y dos, habiéndola a su vez adquirido don Sergio Ruiz Tagle Correa por compra a don Domingo Isaías Álamos Figueroa, adjudicatario este último del título de dominio otorgado por la Corporación de la Reforma Agraria, según documento otorgado con fecha dieciséis de septiembre de mil novecientos ochenta, inscrito a fojas cinco mil novecientos veintitrés número siete mil quinientos quince del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Santiago correspondiente al año mil novecientos ochenta y uno. Se deja constancia que la inscripción conservatoria a nombre de la Vendedora fue practicada en virtud de lo dispuesto en el artículo quinto de las disposiciones transitorias del Código de Aguas y de la Resolución exenta número seiscientos setenta y ocho y noventa y ocho del Servicio Agrícola y Ganadero, de fecha veintidós de mayo y veintisiete de enero de mil novecientos ochenta y seis, respectivamente, ambas agregadas al final de los Registros de Aguas del año mil novecientos ochenta y seis, con el número quince y dos mil seiscientos setenta y ocho del Servicio

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

VALERIA RONCHERA FLORES 10° NOTARIA SANTIAGO-CHILE

VALERIA RONCHERA FLORES 10° NOTARIA SANTIAGO-CHILE

Agrícola y Ganadero, de fecha veintinueve de Octubre del año dos mil uno, agregado al final del Registro de Aguas del año dos mil dos, con el número diez.- **CUATRO**. Derechos de aprovechamiento consuntivo de aguas superficiales, de ejercicio eventual, ascendentes a un total de **seis coma cero cuarenta y siete acciones** del Canal Chacabuco – Polpaico, con los cuales se cultivan diversas parcelas del Proyecto de Parcelación Santa Ana, ubicadas en Polpaico, comuna de Til-Til, Región Metropolitana, conforme al siguiente detalle: **a)** Una coma ciento noventa y ocho acciones del Canal Chacabuco Polpaico, que riega la parcela número veintiocho; **b)** Una coma ciento noventa y ocho acciones del Canal Chacabuco Polpaico, que riega la parcela número veintinueve; **c)** Una coma ciento noventa y ocho acciones del Canal Chacabuco Polpaico, que riega la parcela número treinta y cuatro; **d)** Una coma ciento noventa y ocho acciones del Canal Chacabuco Polpaico, y cero coma cero cincuenta y siete acciones del mismo canal, que riegan la parcela número treinta y sitio número veintitrés, respectivamente; y **e)** Una coma ciento noventa y ocho acciones del Canal Chacabuco Polpaico, que riega la parcela número treinta y tres. La totalidad de las parcelas citadas se encuentran debidamente individualizadas en la cláusula primera de este instrumento, y conforme a ella los comparecientes dieron cuenta de la subdivisión de las parcelas veintiocho, veintinueve, treinta, treinta y tres y treinta y cuatro. La propietaria adquirió los referidos derechos en parte mediante aporte que le hicieron los señores Sergio Ruiz Tagle Correa y don Sergio

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

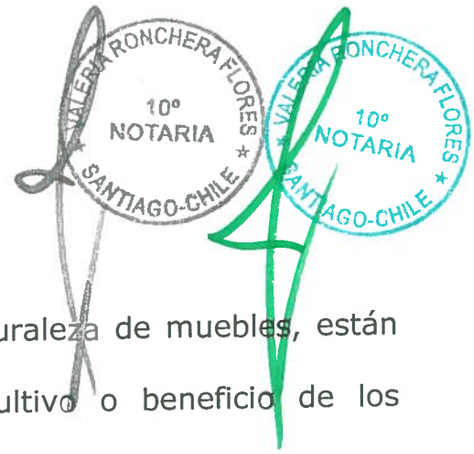
Aguas 212 236 1987

Ruiz Tagle Humeres, según escritura pública de fecha quince de diciembre de mil novecientos ochenta y uno, otorgada en la Notaría de Santiago de don Raúl Undurraga Laso, inscrita a fojas doscientos doce Número doscientos treinta y seis del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Los Andes correspondiente al año mil novecientos ochenta y siete, y en parte, mediante compra a doña María Inés Farías Parada, según escritura otorgada en la Notaría de Santiago de don Juan Ricardo San Martín Urrejola con fecha veintiuno de abril de mil novecientos ochenta y seis,, inscrita a fojas doscientos catorce vuelta Número doscientos treinta y siete del año mil novecientos ochenta y siete, correspondiente al mismo Registro y Conservador referido.-

Aguas 214v. 237 1987

CLÁUSULA TERCERA: Por el presente acto e instrumento la Vendedora, debidamente representada del modo indicado en la comparecencia, vende, cede y transfiere a la Compradora, para quien compra, acepta y adquiere su representante individualizado en la comparecencia, todos y cada uno de los bienes singularizados en la cláusulas primera y segunda del presente instrumento. De esta manera, se incluyen todas y cada una de las parcelas y sitios singularizados en la cláusula primera, así como también todos y cada uno de los derechos de aprovechamiento de aguas que han sido singularizados en los apartados UNO, DOS, TRES y CUATRO de la cláusula segunda de este instrumento. Asimismo, deben entenderse comprendidos en la presente compraventa tanto los Inmuebles por naturaleza, los que adhieren permanentemente a

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO



ellos y los que sin perjuicio de tener naturaleza de muebles, están permanentemente destinados al uso, cultivo o beneficio de los respectivos inmuebles, existentes al momento de la compraventa en conformidad a los artículos quinientos sesenta y ocho y siguientes del Código Civil, y, en general, todo aquello que tenga la naturaleza anteriormente referida y que exista a la fecha de celebración del presente contrato, todo esto sin perjuicio del inventario a que se obligan las partes y a que se refiere la cláusula quinta de presente instrumento, con la única excepción de las plantaciones, estructuras y sistemas de riego, conforme señala la cláusula SÉPTIMA de este instrumento.- **CLAUSULA CUARTA: UNO)** El precio total de la compraventa de todos y cada uno de los bienes incorporados en el presente contrato, y que han sido singularizados en las cláusulas primera y segunda del presente instrumento, asciende a la cantidad total de **cinco mil quinientos cuarenta y siete millones ochocientos cincuenta y dos mil doscientos siete pesos**, suma que se paga de la siguiente forma: **i) cinco mil doscientos sesenta y seis millones seiscientos dos mil cuatrocientos setenta y ocho pesos,** que se pagan en este acto, al contado y en dinero en efectivo a la Vendedora, dándolo ésta por recibido a su entera conformidad, sin tener reclamación alguna que formular al respecto; ii) El saldo, correspondiente a **doscientos ochenta y un millones doscientos cuarenta y nueve mil setecientos veintinueve pesos,** se da por íntegramente pagado mediante la compensación, que por igual monto, corresponde a la renta de

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

arrendamiento, a la que se encuentra obligada la parte Vendedora, en virtud del contrato de arrendamiento celebrado entre las mismas partes comparecientes, con esta misma fecha y ante este mismo Notario, declarando la Vendedora no tener reclamación alguna que efectuar a este respecto.- De esta manera, el precio total de la presente compraventa se da por íntegramente pagado, otorgándose las partes el más amplio finiquito al respecto, renunciando desde ya a las acciones resolutorias que pudieran emanar al respecto. **DOS)** Para todos los efectos a que tenga lugar, el precio de compraventa anteriormente señalado se desglosa de la siguiente manera: **a)** El precio asignado a la compraventa de la totalidad de los lotes que han sido singularizados en el número UNO.- de la cláusula primera del presente contrato corresponde a la cantidad de **tres mil setecientos cuarenta y un millones ciento ochenta y dos mil ochenta y un pesos,** cuyo detalle es el siguiente: i) Lote número Uno, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos ; ii) Lote número Dos, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos ; iii) Lote número Tres, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; iv) Lote número Cuatro, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; v) Lote número Seis, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos ; vi) Lote

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

número Siete, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos ; vii) Lote número Ocho, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos ; viii) Lote número Nueve, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; ix) Lote número Diez, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; x) Lote número Once, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xi) Lote número Doce, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xii) Lote número Trece, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xiii) Lote número Catorce, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xiv) Lote número Quince, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xv) Lote número Dieciséis, cuyo precio de compraventa asciende veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xvi) Lote número Diecisiete, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xvii) Lote número Dieciocho, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xviii) Lote número Diecinueve, cuyo precio de

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xix) Lote número Veinte, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xx) Lote número Veintiuno, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xxi) Lote número Veintidós, cuyo precio de compraventa asciende a veintitrés millones doscientos ochenta y un mil seiscientos un pesos; xxii) Lote número Veintitrés, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xxiii) Lote número Veinticuatro, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xiv) Lote número Veinticinco, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos ; xv) Lote número Veintiséis, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos ; xvi) Lote número Veintisiete, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xvii) Lote número Veintiocho, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xxviii) Lote número Veintinueve, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xxix) Lote número Treinta, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xxx) Lote número Treinta y

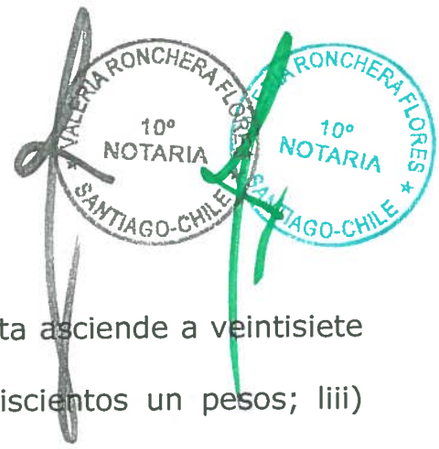
VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

Uno, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xxxi) Lote número Treinta y Dos, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xxxii) Lote número Treinta y Tres, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xxxiii) Lote número Treinta y Cuatro, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xxxiv) Lote número Treinta y cinco, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xxxv) Lote número Treinta y Seis, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xxxvi) Lote número Treinta y Siete, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xxxvii) Lote número Treinta y Ocho, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xxxviii) Lote número Treinta y Nueve, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xxxix) Lote número Cuarenta, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xl) Lote número Cuarenta y Uno, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xli) Lote número

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

Cuarenta y Dos, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xlii) Lote número Cuarenta y Tres, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xliii) Lote número Cuarenta y Cuatro, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xliv) Lote número Cuarenta y Cinco, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xlv) Lote número Cuarenta y Seis, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xlvi) Lote número Cuarenta y Siete, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xlvii) Lote número Cuarenta y Ocho, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xlviii) Lote número Cuarenta y Nueve, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xlix) Lote número Cincuenta, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones cuatrocientos cuarenta y tres mil doscientos sesenta y dos pesos; l) Lote número Cincuenta y Uno, cuyo precio de compraventa asciende a veintitrés millones trescientos sesenta y seis mil doscientos sesenta y dos pesos; li) Lote número Cincuenta y Dos, cuyo precio de compraventa asciende a veintitrés millones ochocientos treinta y siete mil novecientos cuarenta y un pesos; lii) Lote número

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

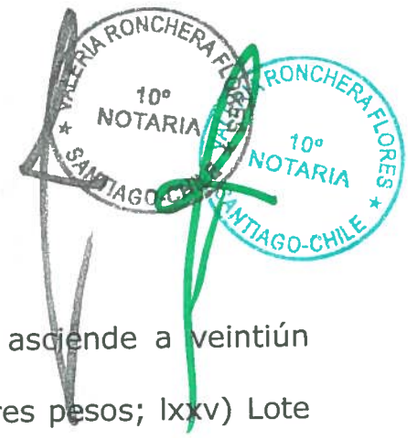


Cincuenta y Tres, cuyo precio de compraventa asciende a veintisiete millones setecientos sesenta y ocho mil seiscientos un pesos; liii) Lote número Cincuenta y Cuatro, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones trescientos dieciocho mil cuatrocientos ochenta y ocho pesos; liv) Lote número Cincuenta y Cinco, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones doscientos ochenta y seis mil treinta y seis pesos; lv) Lote número Cincuenta y Seis, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ochocientos diez mil trescientos veinticinco pesos; lvi) Lote número Cincuenta y Siete, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones seiscientos treinta y dos mil novecientos cuarenta y un pesos; lvii) Lote número Cincuenta y Ocho, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones setecientos sesenta y nueve mil ochocientos diez pesos; lviii) Lote número Cincuenta y Nueve, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento ochenta y nueve mil doscientos ochenta y un pesos; lix) Lote número Sesenta, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones setecientos veintinueve mil cuatrocientos noventa y cinco pesos; lx) Lote número Sesenta y Uno, cuyo precio de compraventa asciende a veinticuatro millones trescientos noventa mil doscientos cuarenta y nueve pesos; lxi) Lote número Sesenta y Dos, cuyo precio de compraventa asciende a veintidós millones trescientos veintidós mil ciento dieciocho pesos; lxii) Lote número Sesenta y Tres, cuyo precio de compraventa asciende a veintidós millones seiscientos cincuenta y seis mil setecientos veintiocho pesos; lxiii)

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

Lote número Sesenta y Cuatro, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones trescientos cincuenta y ocho mil ochocientos tres pesos; lxiv) Lote número Sesenta y Cinco, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ochocientos setenta mil quinientos noventa y cinco pesos; lxv) Lote número Sesenta y Seis, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; lxvi) Lote número Sesenta y Siete, cuyo precio de compraventa asciende a veintidós millones seiscientos setenta y seis mil ochocientos ochenta y cinco pesos; lxvii) Lote número Sesenta y Ocho, cuyo precio de compraventa asciende a veintitrés millones seiscientos ochenta y cuatro mil setecientos cuarenta y seis pesos; lxviii) Lote número Sesenta y Nueve, cuyo precio de compraventa asciende a veintitrés millones ciento ochenta mil ochocientos quince pesos; lxix) Lote número Setenta, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; lxx) Lote número Setenta y Uno, cuyo precio de compraventa asciende a veintidós millones setenta y dos mil ciento sesenta y ocho pesos; lxxi) Lote número Setenta y Dos, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones seiscientos ochenta y un mil trescientos diecinueve pesos; lxxii) Lote número Setenta y Tres, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; lxxiii) Lote número Setenta y Cuatro, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; lxxiv) Lote número

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

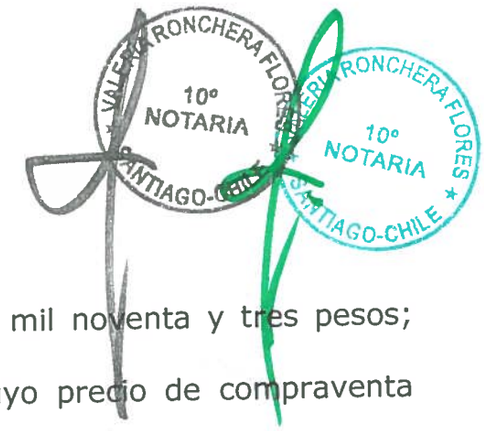


Setenta y Cinco, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; lxxv) Lote número Setenta y Seis, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; lxxvi) Lote número Setenta y Siete, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; lxxvii) Lote número Setenta y Ocho, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; lxxviii) Lote número Setenta y Nueve, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; lxix) Lote número Ochenta, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; lxxx) Lote número Ochenta y Uno, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; lxxxi) Lote número Ochenta y Dos, cuyo precio de compraventa asciende a veintidós millones ciento setenta y dos mil novecientos cincuenta y cuatro pesos; lxxxii) Lote número Ochenta y Tres, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones quinientos cuarenta y cuatro mil doscientos cuarenta y nueve pesos; lxxxiii) Lote número Ochenta y Cuatro, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; lxxxiv) Lote número Ochenta y Cinco, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; lxxxv) Lote número Ochenta y Seis, cuyo precio de

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; lxxxvi) Lote número Ochenta y Siete, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; lxxxvii) Lote número Ochenta y Ocho, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; lxxxviii) Lote número Ochenta y Nueve, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; lxxxix) Lote número Noventa, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xc) Lote número Noventa y Uno, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xci) Lote número Noventa y Dos, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xcii) Lote número Noventa y Tres, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; xciii) Lote número Noventa y Cuatro, cuyo precio de compraventa asciende a veintisiete millones noventa y un mil trescientos dieciocho pesos; xciv) Lote número Noventa y Cinco, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xcv) Lote número Noventa y Seis, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xcvi) Lote número Noventa y Siete, cuyo precio de compraventa asciende a

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO



veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xcvii) Lote número Noventa y Ocho, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xcviii) Lote número Noventa y Nueve, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; xcix) Lote número Cien, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; c) Lote número Ciento Uno, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; ci) Lote número Ciento Dos, cuyo precio de compraventa asciende a veintiún millones ciento sesenta y cinco mil noventa y tres pesos; cii) Lote número Ciento Tres, cuyo precio de compraventa asciende a veinticinco millones cuatrocientos noventa y ocho mil ochocientos noventa y siete pesos; ciii) Lote número Ciento Cuatro, cuyo precio de compraventa asciende a veintidós millones ciento setenta y dos mil novecientos cincuenta y cuatro pesos; civ) Lote número Ciento Cinco, cuyo precio de compraventa asciende a veintidós millones ciento setenta y dos mil novecientos cincuenta y cuatro pesos; cv) Lote número Ciento Seis, cuyo precio de compraventa asciende a veintidós millones ciento setenta y dos mil novecientos cincuenta y cuatro pesos; cvi) Lote número Ciento Siete, cuyo precio de compraventa asciende a veintidós millones ciento setenta y dos mil novecientos cincuenta y cuatro pesos; cvii) Lote número Ciento Ocho, cuyo precio de compraventa asciende a veintidós millones ciento setenta y dos mil novecientos cincuenta y

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

cuatro pesos; cviii) Lote número Ciento Nueve, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; cix) Lote número Ciento Diez, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; cx) Lote número Ciento Once, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; cxi) Lote número Ciento Doce, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; cxii) Lote número Ciento Trece, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; cxiii) Lote número Ciento Catorce, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; cxiv) Lote número Ciento Quince, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; cxv) Lote número Ciento Dieciséis, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; cxvi) Lote número Ciento Diecisiete, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; cxvii) Lote número Ciento Dieciocho, cuyo precio de compraventa asciende a veinte millones ciento cincuenta y siete mil doscientos treinta y un pesos; cxviii) Lote número Ciento Diecinueve, cuyo precio de compraventa asciende a ciento sesenta y tres millones doscientos trece mil noventa y nueve pesos; cxix) Lote

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO



número Ciento Veinte, cuyo precio de compraventa asciende a doscientos millones seiscientos sesenta y cinco mil doscientos treinta y cinco pesos; cxx) Lote número Ciento Veintiuno, cuyo precio de compraventa asciende a quinientos treinta y cinco millones trescientos treinta y cinco mil setecientos cuarenta y dos pesos; y cxxi) Lote Camino, cuyo precio de venta asciende a trescientos ochenta millones setecientos nueve mil seiscientos veintidós pesos. **b)** El precio asignado a la compraventa de la totalidad de los lotes que han sido singularizados en el número DOS.- de la cláusula primera del presente contrato corresponde a la cantidad de **ochocientos cincuenta y siete millones trescientos siete mil setecientos sesenta y seis pesos**, cuyo detalle es el siguiente: cxxii) Parcela Treinta y Cinco del Proyecto de Parcelación Santa Ana, cuyo precio de compraventa asciende a cuatrocientos veinticuatro millones novecientos ochenta y un mil quinientos diez pesos; cxxiii) Parcela Treinta y Seis del Proyecto de Parcelación Santa Ana, cuyo precio de compraventa asciende a cuatrocientos veinte millones quinientos veintiséis mil doscientos cincuenta y seis pesos; cxxiv) Sitio Veintitrés del Proyecto de Parcelación Santa Ana, cuyo precio de compraventa asciende a un millón ochocientos mil pesos; cxxv) Cinco veintinueveavos del Bien Común Especial número Siete -bodega- del Proyecto de Parcelación Santa Ana, cuyo precio de compraventa asciende a cuatro millones de pesos; cxxvi) Cuarenta enteros veinticuatro centésimos por ciento del Bien Común Especial número ocho –pozo- del Proyecto de Parcelación Santa Ana, cuyo

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

precio de compraventa asciende a un cinco millones de pesos; cxxvii) Una veintinueve ava parte, y un entero sesenta y dos centésimos por ciento, del Bien Común Especial número quince -pozo-, cuyo precio de compraventa asciende a un millón de pesos. **c)** A su vez, el precio asignado a la compraventa de la totalidad de los derechos de aprovechamiento de aguas que han sido singularizados en la cláusula segunda del presente contrato corresponde a la cantidad de **novecientos cuarenta y nueve millones trescientos sesenta y dos mil trescientos sesenta pesos**, cuyo detalle es el siguiente: i) Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas ascendentes a ciento cincuenta y cinco litros por segundo, singularizadas en el apartado UNO de la cláusula segunda, cuyo precio de compraventa corresponde a **seiscientos noventa y siete millones quinientos mil pesos**; ii) Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas ascendentes a once coma noventa y cuatro litros por segundo, singularizadas en el apartado DOS de la cláusula segunda, cuyo precio de compraventa corresponde a **cincuenta y tres millones setecientos treinta mil pesos**; iii) Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas ascendentes a once coma noventa y cuatro litros por segundo, singularizadas en el apartado TRES de la cláusula segunda, cuyo precio de compraventa corresponde a **cincuenta y tres millones setecientos treinta mil pesos**; y iv) Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales ascendentes a seis coma cero cuarenta y siete acciones en el Canal Chacabuco Polpaico, singularizadas en el

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

apartado CUATRO de la cláusula segunda, cuyo precio de compraventa corresponde a **ciento cuarenta y cuatro millones cuatrocientos dos mil trescientos sesenta pesos**.- **CLAUSULA QUINTA:** Sin perjuicio de lo señalado en las cláusulas anteriores, para todos los efectos, las partes se obligan a, dentro del plazo de treinta días contados desde la fecha del presente contrato, confeccionar un inventario detallado de los bienes inmuebles que se entenderán incorporados en la transferencia, documento que se entenderá formar parte del presente contrato para todos los efectos a que tenga lugar.- **CLÁUSULA SEXTA:** La venta de los inmuebles singularizados en la cláusula primera se hace como especie o cuerpo cierto, con todo lo edificado y plantado en ellos, a excepción de lo señalado en la cláusula siguiente de la presente escritura, con sus derechos, costumbres, usos y servidumbres activas y pasivas, libres de toda prohibición, embargo o litigio pendiente, con sus contribuciones fiscales y municipales y demás servicios al día, respondiendo la Vendedora de la obligación de saneamiento en conformidad a la ley.- Asimismo, los derechos de aprovechamiento de aguas que se indican en la cláusula segunda del presente instrumento se venden como cuerpos ciertos, con todas sus características especiales, libres de todo gravamen, hipoteca, prohibición, embargo, deuda, litigio, condición resolutoria, usufructo o cualquiera otra limitación al dominio, como asimismo, libres de otros derechos de terceros, u otra medida legal, judicial o voluntaria que afecte, perturbe, embarace o limite su libre disposición, uso,

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

goce o enajenación, y con el pago de sus patentes por no uso de las aguas al día, debiendo responder la Vendedora del saneamiento de conformidad a la ley. Sin perjuicio de lo anterior, la parte compradora declara expresamente que conoce y acepta el estado material, jurídico y administrativo en que se encuentran actualmente las propiedades y derechos de aprovechamiento de aguas objetos de la presente compraventa. En este sentido, se deja constancia que es y ha sido responsabilidad exclusiva de la parte compradora comprobar si el inmueble cumple y/o cuenta con los permisos o autorizaciones ambientales, sanitarias, municipales, de usos de suelo, recepciones finales, coeficientes de constructibilidad, etcétera. La parte compradora libera a la vendedora, de toda responsabilidad precontractual y extracontractual derivada de los defectos que pudieren existir en lo que se vende por el presente contrato, como asimismo de su superficie y cabida, deslindes, declarando haberse hecho asesorar debidamente respecto de las condiciones y estado de lo que se vende, renunciando expresamente a cualquier reclamo y acción legal que pudiere entablar en contra de la Vendedora, por tales conceptos, declarando que ha tenido a la vista los títulos de las propiedades, los que se han encontrado conforme.- **CLAUSULA SÉPTIMA:** Quedan completamente excluidas de la presente compraventa, y por lo tanto constituyen una excepción a la cláusula precedente, la totalidad de las plantaciones, sus estructuras y sistemas de riego, estos últimos conforme al detalle expresado en el documento "Sistemas de Riego excluidos de la Compraventa", el que

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

se protocoliza junto con esta escritura bajo el mismo número de Repertorio, **y con excepción de los sistemas de bombeo, izamiento desde el pozo e infraestructura eléctrica y de apoyo existente en el lugar**, correspondiente a los Cuarteles Seis, Siete, Ocho, Doce, Trece, Catorce, Quince, Dieciséis y Diecisiete, ubicados en parte de los predios individualizados en el número UNO.- de la cláusula primera de esta escritura, las que abarcan una superficie total de cuarenta y seis hectáreas, conforme al plano de levantamiento topográfico que debidamente firmado por las partes se protocoliza junto con la presente escritura, respecto de las cuales el Vendedor se reserva el dominio y se obliga, dentro de un plazo de seis meses a contar de la fecha de la presente escritura pública, a proceder al retiro y trasplante de las referidas plantaciones a otro predio, correspondiendo todos los gastos de mantención, extracción, traslado y trasplantación de manera única y exclusiva a la parte Vendedora, y no teniendo derecho la Compradora a indemnización de ninguna especie por este concepto. La Compradora desde ya queda liberada de toda responsabilidad por cualquier daño o perjuicio, cualquier fuere su causa, a menos que tuviera directa responsabilidad, que sufrieren las plantaciones en el tiempo que medie entre la celebración del presente contrato y la ejecución del trasplante referido anteriormente. En cualquier caso, la parte Vendedora se obliga a dejar los terrenos hoy ocupados por las referidas plantaciones, limpios, libres de todo material y/o escombro, una vez ejecutado el

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

trasplante de los bienes anteriormente señalados.- **CLAUSULA OCTAVA:** La entrega material de los todos y cada uno de los bienes comprendidos en la presente compraventa se hace en este acto, a entera satisfacción de la parte compradora, Codelco Chile.- **CLAUSULA NOVENA:** De cualquier forma, las partes hacen constar expresamente que el comprador no responderá por deuda anterior alguna del vendedor, debiendo este último entregar los bienes comprendidos en la presente compraventa saneados de toda deuda, por cualquier concepto, cualquiera fuere su naturaleza. En caso de resultar obligado el comprador por cualquiera clase de obligaciones del vendedor originadas antes del día de otorgamiento del presente instrumento, tendrá acción para repetir lo pagado en contra del vendedor, debidamente reajustado al día del pago efectivo por parte de este ultimo.- **CLAUSULA DÉCIMA: Cláusula de Alzamiento de Hipotecas y Prohibición del Banco de Chile**. Presente a este acto, doña **Carmen Gloria Opitz Arancibia**, chilena, casada, abogada, cédula nacional de identidad número ocho millones ciento setenta y nueve mil doscientos tres guión ocho, **en representación, según se acreditará, del Banco de Chile como tal, y además en su calidad de continuador legal del Banco de A. Edwards**, sociedad anónima bancaria, ambos con domicilio en calle Paseo Ahumada número doscientos cincuenta y uno de la ciudad y comuna de Santiago, la compareciente mayor de edad, quien acredita su identidad con la cédula mencionada y expone: **Uno)** Que en la representación en que comparece, viene por el

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

presente acto, en alzar y cancelar respecto de las parcelas singularizadas en la cláusula primera del presente contrato, que se enajenan por el presente instrumento, las hipotecas y prohibición constituidas a favor del Banco de A. Edwards y del Banco de Chile, inscritas a fojas doce mil ochocientos sesenta y cuatro número doce mil ciento doce del año dos mil del Registro de Hipotecas y Gravámenes, ampliada a fojas ocho mil setecientos veinte número cinco mil trescientos sesenta y cuatro del año dos mil tres del Registro de Hipotecas y Gravámenes, e hipotecas inscritas a fojas ocho mil setecientos veinte número cinco mil trescientos sesenta y cinco del año dos mil tres, y a fojas dieciséis mil quinientos cincuenta y tres número quince mil uno del año dos mil, ampliada a fojas ocho mil setecientos veinte número cinco mil trescientos sesenta y cuatro del año dos mil tres, todas del Registro de Hipotecas y Gravámenes; y prohibiciones inscritas a fojas nueve mil novecientos cuarenta y dos, número diez mil novecientos treinta y uno, del año dos mil, y a fojas trece mil ciento uno, número trece mil novecientos diecisiete, del año dos mil, ambas del Registro del Registro de Prohibiciones e Interdicciones de Enajenar, y todas del Conservador de Bienes Raíces de Santiago. Este alzamiento se otorga sujeto a la condición suspensiva de que se inscriba el dominio a nombre de la parte compradora, libre de cualquier otro gravamen, prohibición y/o embargo, salvo las servidumbres constituidas con anterioridad a este acto y el arrendamiento suscrito entre la Vendedora y el Comprador con esta misma fecha. El Banco de Chile no asume

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

responsabilidad alguna ante eventuales gravámenes, prohibiciones o embargos que pudieran registrar los inmuebles, distintos a los que por el presente instrumento se alzan. Si dentro del plazo de ciento veinte días a contar de esta fecha no se inscribiere el dominio a nombre del Comprador en las condiciones señaladas, se entenderá fallida para todos los efectos legales la referida condición suspensiva, sin necesidad de declaración judicial alguna, quedando plenamente vigentes en favor del Banco de Chile las garantías y prohibiciones que por el presente instrumento se alzan. **Dos)** Asimismo, viene por el presente acto en alzar y cancelar, única y exclusivamente, respecto a los derechos de aprovechamiento singularizados en el apartado Cuatro de la clausula segunda del presente contrato, que se enajenan por este instrumento, las hipotecas a favor del Banco de Chile y Banco de A. Edwards inscritas a fojas ciento veinte vuelta Número ciento treinta del año dos mil cuatro y a fojas dieciocho Número quince del año dos mil, respectivamente, ambas correspondientes al Registro de Hipotecas y Gravámenes de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Los Andes, así como también la prohibición a favor del Banco A. Edwards inscrita a fojas catorce Número veinticuatro del año dos mil, del Registro de Interdicciones y Prohibiciones de Enajenar del referido Conservador. Este alzamiento se otorga sujeto a la condición suspensiva de que se inscriba el dominio a nombre de la parte compradora, libre de cualquier otro gravamen, prohibición y/o embargo. Asimismo, se deja constancia que el alzamiento afecta única y exclusivamente a los bienes objeto

Alz-O

Hip.
120 v.
130
2004

Hip.
18
15
2000

Prohib.
14
24
2000

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

de la presente escritura de compraventa, quedando vigentes las hipotecas y prohibiciones, respecto de todos los demás derechos de aprovechamiento de aguas gravados. El Banco de Chile no asume responsabilidad alguna ante eventuales gravámenes, prohibiciones o embargos que pudieran registrar los derechos de aprovechamiento de aguas, distintos a los que por el presente instrumento se alzan. Si dentro del plazo de ciento veinte días a contar de esta fecha no se inscribiere el dominio a nombre del comprador en las condiciones señaladas, se entenderá fallida para todos los efectos legales la referida condición suspensiva, sin necesidad de declaración judicial alguna, quedando plenamente vigentes en favor del Banco de Chile y Banco A. Edwards las garantías y prohibiciones que por el presente instrumento se alzan; **Tres)** Para efectos del alzamiento de las hipotecas anteriormente referidas, doña Carmen Gloria Opitz Arancibia, ya individualizada en la primera parte de la presente cláusula, actúa en representación tanto del Banco de Chile como del Banco A. Edwards, considerando que el primero corresponde a la continuadora legal del segundo. En efecto, se deja constancia, que las Juntas Extraordinarias de Accionistas del Banco de Chile y del Banco de A. Edwards, celebradas respectivamente con fecha 6 de Diciembre de dos mil uno y dieciocho de Diciembre de dos mil uno, acordaron la fusión de ambos bancos, mediante la incorporación del segundo al primero. Las actas de esas juntas se redujeron a escritura pública el siete de diciembre de dos mil uno, en la Notaría de Santiago de don René Benavente Cash, la del Banco de Chile y el

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

diecinueve de diciembre de dos mil uno en la Notaría de Santiago de don Andrés Rubio Flores, la del Banco de A. Edwards. Los acuerdos antes referidos fueron aprobados por la Resolución número ciento cuarenta y siete y su respectivo Certificado de Reforma de Estatutos de fecha veintiuno de Diciembre de dos mil uno de la Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras, los cuales fueron publicados en el Diario Oficial número treinta y siete mil ciento cuarenta y cuatro de fecha veintiséis de Diciembre de dos mil uno e inscritos a fojas treinta y tres mil ciento ochenta y ocho número veintisiete mil sesenta y cuatro y a fojas treinta y tres mil ciento ochenta y nueve número veintisiete mil sesenta y cinco, ambas del Registro de Comercio del Conservador de Bienes Raíces de Santiago, correspondiente al año dos mil uno, todo lo cual consta en la protocolización efectuada en la Notaría de Santiago de don René Benavente Cash con fecha veintiséis de Diciembre dos mil uno. En virtud de la fusión antes señalada, el Banco de A. Edwards fue disuelto anticipadamente, siendo el Banco de Chile su sucesor o continuador legal; **Cuatro)** Se faculta al portador de copia autorizada de la presente escritura, para requerir del Conservador de Bienes Raíces respectivo, las anotaciones, inscripciones, subinscripciones y demás actuaciones que procedan.- **CLAUSULA UNDECIMA:** Los gastos notariales a que de lugar el presente contrato serán pagados por mitades, mientras que todos los gastos de inscripción conservatoria serán pagados exclusivamente por la Compradora.- **CLAUSULA DECIMA SEGUNDA:** Para todos los

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

efectos legales a que diere lugar, las partes comparecientes fijan su domicilio convencional en la ciudad y comuna de Santiago, y se someten a la jurisdicción de los tribunales ordinarios de justicia.- **CLAUSULA DECIMO TERCERA**: Se faculta al portador de copia autorizada de la presente escritura pública para requerir del Conservador de Bienes Raíces competente, las inscripciones, subinscripciones, anotaciones, minutas, alzamientos y cancelaciones que procedan, y en general para efectuar todos los trámites que sean necesarios para la correcta inscripción del dominio de los bienes objeto de la presente compraventa a nombre de la parte compradora. El otorgamiento de esta facultad es, desde luego, irrevocable, y persistirá aunque sobrevenga la muerte o incapacidad de cualquiera de los contratantes o de todos ellos.- **CLAUSULA DECIMO CUARTA**: Los comparecientes otorgan poder irrevocable a los abogados doña Pilar Oyarzún González, cédula nacional de identidad número seis millones trescientos ochenta y ocho mil quinientos seis guión uno, y don Cristian Carrillo Gajardo, cédula nacional de identidad número dieciséis millones diecinueve mil cuarenta y tres guión cuatro, para que uno cualquiera de ellos conjuntamente con don Sebastián Alejandro Leiva Astorga, cédula nacional de identidad número trece millones cuatrocientos treinta y tres mil ciento diecisiete guión ocho, o con doña Carolina Barros Soto, cédula nacional de identidad quince millones doscientos noventa y seis cuatrocientos veintinueve guión tres, aclaren o complementen los puntos dudoso u oscuros, salven las omisiones y

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

rectifiquen parcial y/o completamente la presente escritura, únicamente en cuanto a errores de copia, de referencia o de cálculos numéricos que aparezcan de manifiesto en la presente escritura, de citas, inscripciones, nombres, deslindes, y cualquier otra materia que no sea de aquellas esenciales del presente contrato. Los mandatarios quedan especialmente facultados para suscribir toda clase de solicitudes, declaraciones, minutas, instrumentos privados y públicos necesarias para el cumplimiento de su cometido, pudiendo solicitar las anotaciones, inscripciones y subinscripciones a que hubiere lugar, en la matriz de la misma y en los Registros Públicos pertinentes para realizar las inscripciones respectivas en el Conservador de Bienes Raíces correspondiente.- **CLAUSULA DÉCIMO QUINTA:** Personerías: (i) La personería de don RICARDO PALMA CONTESSE para representar a la **CORPORACION NACIONAL DEL COBRE, CODELCO CHILE-DIVISIÓN ANDINA**, consta de la escritura pública de fecha veinticinco de junio de dos mil doce otorgada en la Notaría de Santiago de don Osvaldo Pereira González; (ii) La personería de don SERGIO RUIZ TAGLE HUMERES para representar a **SOCIEDAD AGRICOLA FRUTERA POLPAICO LIMITADA** consta de la escritura pública de fecha diecinueve de diciembre de mil novecientos noventa, otorgada en la Notaria de don Raúl Undurraga Laso, Repertorio número quinientos seis; (iii) La personería de doña **Carmen Gloria Opitz Arancibia** para representar al **BANCO DE CHILE** consta de escritura pública de fecha dieciséis de marzo de dos mil once, otorgada en

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

la Notaría de Santiago de don René Benavente Cash. Todos los documentos anteriormente señalados no se insertan por ser conocido de las partes y del Notario que autoriza. En comprobante y previa lectura del presente instrumento firman los comparecientes con el Notario que autoriza.- Se da copia. Doy fe.-

4c

SERGIO RUIZ TAGLE HUMERES

C.I. Nº 23585057

en representación de SOCIEDAD AGRÍCOLA FRUTERA POLPAICO LIMITADA

RUT: 88.754.200-7

RICARDO PALMA CONTESSE

C.I. Nº

en representación de CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE, CODELCO-CHILE

RUT Nº 61.704.000-K

RAUL SALINAS AGUIRRE
Abogado

CARMEN GLORIA OPITZ ARANCIBIA

C.I. Nº C.I. Nº 06.179.203-8

P.P. BANCO DE CHILE

RUT: 8.179.203-8

REPERTORIO Nº
1.998-2014

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público Titular de la Décima Notaría
de Santiago

Se//

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

//deja constancia de los siguientes documentos: **A) CERTIFICADO DE ASIGNACIÓN DE ROLES DE AVALÚO EN TRÁMITE:** "F. 2893. Solicitud Nº 1632305. Nombre de Comuna: Til-Til. Código de Comuna 14203. Total Unidades Vendibles: 121. CERTIFICADO Nº 606003. Asignación de Roles de Avalúo en Trámite. –Válido por 6 meses a contar de la fecha: 05/03/2014. Nombre del Prop. Soc. Agrícola Frutera Polpaico Ltda. RUT. PROP. 88754200-7. La XIX Dirección Regional Santiago Norte certifica que los siguientes Números de Roles Matrices: 80-36, 80-39, 80-40, 80-82, 90-83. Con acceso principal ubicado en LOS MAITENES PC 30 ST 2. Darán origen a los nuevos roles de avalúo que a continuación se detallan: STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 1 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-245. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 2 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-246. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 3 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-247. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 4 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-248. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 5 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-249. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 6 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-250. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 7 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-251. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 8 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-252. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 9 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-253. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 10 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-254. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 11 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-255. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 12 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-256. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 13 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-257. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 14 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-258. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 15 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-259. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 16 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-260. STA. ANA PC 28, 29, 30,

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

33, 34 LT 17 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-261. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 18 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-262. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 19 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-263. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 20 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-264. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 21 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-265. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 22 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-266. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 23 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-267. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 24 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-268. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 25 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-269. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 26 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-270. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 27 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-271. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 28 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-272. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 29 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-273. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 30 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-274. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 31 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-275. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 32 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-276. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 33 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-277. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 34 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-278. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 35 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-279. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 36 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-280. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 37 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-281. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 38 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-282. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 39 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-283. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 40 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-284. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 41 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-285. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 42 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-286. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

LT 43 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-287. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 44 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-288. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 45 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-289. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 46 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-290. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 47 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-291. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 48 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-292. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 49 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-293. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 50 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-294. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 51 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-295. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 52 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-296. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 53 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-297. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 54 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-298. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 55 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-299. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 56 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-300. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 57 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-301. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 58 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-302. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 59 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-303. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 60 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-304. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 61 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-305. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 62 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-306. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 63 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-307. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 64 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-308. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 65 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-309.STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 66 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-310. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 67 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-311. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 68 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-312. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, I, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

LT 70 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-313. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 71 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-314. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 72 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-315. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 73 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-316. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 74 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-317. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 75 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-318. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 76 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-319. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 77 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-321. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 78 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-322. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 79 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-323. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 80 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-324. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 81 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-325. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 82 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-326. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 83 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-327. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 84 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-328. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 85 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-329. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 86 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-330. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 87 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-331. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 88 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-332. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 89 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-333. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 90 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-334. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 91 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-335. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 92 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-336. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 93 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-337. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 94 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-338. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 95 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-339. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 96

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

POLPAICO Rol de Avalúo: 80-340. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 97 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-341. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 98 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-342. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 99 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-343. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 100 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-344. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 101 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-345. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 102 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-346. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 103 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-347. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 104 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-348. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 105 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-349.STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 106 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-350. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 107 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-351. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 108 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-352. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 109 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-353. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 110 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-354. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 111 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-355. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 112 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-356. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 113 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-357. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 114 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-358. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 115 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-359. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 116 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-360. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 117 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-361. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 118 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-362. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 119 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-363. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 120 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-364. STA. ANA PC 28, 29, 30, 33, 34 LT 121 POLPAICO Rol de Avalúo: 80-365. Se extiende el presente

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

Certificado para ser presentado en la Notaría y/o Conservador de Bienes Raíces según corresponda. Hay firma y timbre, Servicio de Impuestos Internos".- Conforme.- **B) Certificado de Deuda de Bienes Raíces Roles Matrices:** "Tesorería General de la República. Certificado de Deuda. Nombre: Soc. Agrícola Frutera Polpaico Ltda. Dirección: Los Maitenes PC treinta ST dos. Comuna: Til-Til. Rol: cero ochenta – CERO CERO CERO OCHENTA – CERO TREINTA Y SEIS. Total Deuda No Vencida Liquidada: doscientos sesenta y ocho mil quinientos veinte pesos. Fecha de Emisión del Certificado: cero uno – cero cuatro – dos mil catorce".- Conforme.- "Tesorería General de la República. Certificado de Deuda. Nombre: Soc. Agrícola Frutera Polpaico Ltda. Dirección: Los Maitenes Parcela treinta y tres Til Til. Comuna: Til-Til. Rol: cero ochenta – CERO CERO CERO OCHENTA – CERO TREINTA Y NUEVE. Total Deuda No Vencida Liquidada: ciento setenta y cuatro mil ciento ochenta y seis pesos. Fecha de Emisión del Certificado: cero uno – cero cuatro – dos mil catorce".- Conforme.- "Tesorería General de la República. Certificado de Deuda. Nombre: Soc. Agrícola Frutera Polpaico Ltda. Dirección: Los Maitenes Parc treinta y cuatro Til Til. Comuna: Til-Til. Rol: cero ochenta – CERO CERO CERO OCHENTA – CERO CUARENTA. Total Deuda No Vencida Liquidada: ciento sesenta y tres mil novecientos treinta pesos. Fecha de Emisión del Certificado: cero uno – cero cuatro – dos mil catorce".- Conforme.- "Tesorería General de la República. Certificado de Deuda. Nombre: Soc. Agrícola Frutera Polpaico Ltda. Dirección: Los Maitenes Parcela veintiocho Til Til. Comuna: Til-Til. Rol: cero ochenta – CERO CERO CERO OCHENTA – CERO OCHENTA Y DOS. Total Deuda No Vencida Liquidada: ciento noventa y tres mil cuatrocientos cincuenta pesos. Fecha de Emisión del Certificado: cero uno – cero cuatro – dos mil catorce".-

VALERIA RONCHERA FLORES
Notario Público 10ª Notaría de Santiago
Teatinos 371- Local 113
Teléfonos (56-2) 8650420 y 421-422-423
(56-2) 698.68.41 - 696.61.73 (Axo. 0, 1, 2, ó 3)
FAX (56-2) 698.69.27
SANTIAGO

Conforme.- "Tesorería General de la República. Certificado de Deuda. Nombre: Soc. Agrícola Frutera Polpaico Ltda. Dirección: Los Maitenes Parcela veintinueve Til Til. Comuna: Til-Til. Rol: cero ochenta – CERO CERO CERO OCHENTA – CERO OCHENTA Y TRES. Total Deuda No Vencida Liquidada: ciento ochenta mil trescientos treinta pesos. Fecha de Emisión del Certificado: cero uno – cero cuatro – dos mil catorce".- Conforme.- **C) Certificado de Deuda de Contribuciones de Bienes Raíces de la PARCELA TREINTA Y CINCO y PARCELA TREINTA Y SEIS:** "Tesorería General de la República. Certificado de Deuda. Nombre: Soc. Agrícola Frutera Polpaico Ltda. Dirección: Los Maitenes Parcela treinta y cinco Til Til. Comuna: Til-Til. Rol: cero ochenta – CERO CERO CERO OCHENTA – CERO CUARENTA Y UNO. Total Deuda No Vencida Liquidada: ciento cincuenta y cuatro mil dieciocho pesos. Fecha de Emisión del Certificado: cero uno – cero cuatro – dos mil catorce".- Conforme.- "Tesorería General de la República. Certificado de Deuda. Nombre: Soc. Agrícola Frutera Polpaico Ltda. Dirección: Los Maitenes Parcela treinta y seis Til Til. Comuna: Til-Til. Rol: cero ochenta – CERO CERO CERO OCHENTA – CERO CUARENTA Y DOS. Total Deuda No Vencida Liquidada: ciento cincuenta y cuatro mil dieciocho pesos. Fecha de Emisión del Certificado: cero uno – cero cuatro – dos mil catorce".- Conforme.- Doy fe.-

VALERIA RONCHERA FLORES * 10° NOTARIA * SANTIAGO-CHILE *

Certifico que la presente corresponde a la última hoja de la escritura pública de compraventa "SOCIEDAD AGRICOLA FRUTERA POLPAICO LIMITADA a CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE, Codelco Chile, División Andina, de fecha 2 de abril de 2014, Repertorio Nº 10.985-2014. Santiago, 30 de abril de 2014.-

LA PRESENTE COPIA ES TESTIMONIO FIEL DE SU ORIGINAL
06 MAY 2014
VALERIA RONCHERA FLORES
NOTARIO PUBLICO SANTIAGO

VALERIA RONCHERA FLORES * 10° NOTARIA * SANTIAGO-CHILE *

VALERIA RONCHERA FLORES * 10° NOTARIA * SANTIAGO-CHILE *

JORGE BARRIENTOS DIAZ
CONSERVADOR BIENES RAICES Y COMERCIO
CALLE RANCAGUA Nº 205
LOS ANDES

INSCRIPCION DE ESCRITURA DE COMPRAVENTA Y ALZAMIENTOS

*
*
*

CORPORACION NACIONAL DEL COBRE, CODELCO - CHILE, DIVISION ANDINA

A

SOCIEDAD AGRICOLA FRUTERA POLPAICO LIMITADA

*
*
*

Anotado en el Repertorio con el **Nº 1.324** e inscrito en el **REGISTRO DE PROPIEDAD DE AGUAS a Fjs. 77 vta. Nº 110**, con esta fecha.- **LOS ANDES, TRECE DE MAYO DEL AÑO DOS MIL CATORCE.-**

JORGE BARRIENTOS DIAZ
Conservador de Bienes Raíces y Archivero Judicial
LOS ANDES

Se tomó razón del **alzamiento que precede, sólo respecto de los derechos de aguas de las letras a); b); c); y d)**, al margen de la inscripción de **Fjs. 120 vta. Nº 130** del **REGISTRO DE HIPOTECAS DE AGUAS DEL AÑO 2.004**, a mi cargo.- **LOS ANDES, TRECE DE MAYO DEL AÑO DOS MIL CATORCE.-**

JORGE BARRIENTOS DIAZ
Conservador de Bienes Raíces y Archivero Judicial
LOS ANDES

Se tomó razón de los **alzamientos que preceden, sólo respecto de los derechos de aguas de las letras a); b); c); y d)**, al margen de las inscripciones de **Fjs. 18 Nº 15**; y de **Fjs. 14 Nº 24**, de los **REGISTRO DE HIPOTECAS DE AGUAS y PROHIBICIONES DE AGUAS, AMBOS DEL AÑO 2.000**, a mi cargo.- **LOS ANDES, TRECE DE MAYO DEL AÑO DOS MIL CATORCE.-**

JORGE BARRIENTOS DIAZ
Conservador de Bienes Raíces y Archivero Judicial
LOS ANDES

CBRS
Conservador de Bienes Raíces
de Santiago

Morandé 440 Teléfono: 2390 0800 www.conservador.cl
Santiago Fax: 2695 3807 info@conservador.cl

Certificación de Inscripción de Escritura Pública

El Conservador de Bienes Raíces de Santiago que suscribe, certifica que la escritura pública otorgada en la Notaría de Valeria Ronchera Flores con fecha 2 de abril de 2014, repertorio número 1998, fue presentada para inscripción a este Conservador, anotándose en el libro de repertorio bajo el número 52501 del año 2014.

Asimismo, certifica que en relación a la señalada escritura se practicaron las siguientes inscripciones:

Registro de Propiedad	**Derechos**
Fojas 39.740 número 59.896 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.740 número 59.897 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.741 número 59.898 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.741 número 59.899 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.742 número 59.900 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.742 número 59.901 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.743 número 59.902 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.743 número 59.903 del año 2014	$ 45.630
Fojas 39.744 número 59.904 del año 2014	$ 45.630
Fojas 39.744 número 59.905 del año 2014	$ 45.630
Fojas 39.745 número 59.906 del año 2014	$ 45.630
Fojas 39.745 número 59.907 del año 2014	$ 45.630
Fojas 39.746 número 59.908 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.746 número 59.909 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.747 número 59.910 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.747 número 59.911 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.748 número 59.912 del año 2014	$ 45.930

Carátula 8528610
acespedes

Código de Verificación: ctr3eee6101
http://www.conservador.cl

Documento incorpora firma electrónica avanzada conforme a Ley N°19.799. La vigencia de la firma electrónica en el documento, al igual que la integridad y autenticidad del mismo, deben ser verificados en www.conservador.cl, donde estará disponible por 90 días contados desde la fecha de su emisión. Documento impreso es sólo una copia del documento original.

Fojas 39.748 número 59.913 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.749 número 59.914 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.749 número 59.915 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.750 número 59.916 del año 2014	$ 50.160
Fojas 39.750 número 59.917 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.751 número 59.918 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.751 número 59.919 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.752 número 59.920 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.752 número 59.921 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.753 número 59.922 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.754 número 59.923 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.754 número 59.924 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.755 número 59.925 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.755 número 59.926 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.756 número 59.927 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.756 número 59.928 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.757 número 59.929 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.757 número 59.930 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.758 número 59.931 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.758 número 59.932 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.759 número 59.933 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.759 número 59.934 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.760 número 59.935 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.760 número 59.936 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.761 número 59.937 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.761 número 59.938 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.762 número 59.939 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.762 número 59.940 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.763 número 59.941 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.763 número 59.942 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.764 número 59.943 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.764 número 59.944 del año 2014	$ 46.490
Fojas 39.765 número 59.945 del año 2014	$ 50.330
Fojas 39.765 número 59.946 del año 2014	$ 51.280

Carátula 8528610
acespedes

Código de Verificación: ctr3eee6101
http://www.conservador.cl

Documento incorpora firma electrónica avanzada conforme a Ley N°19.799. La vigencia de la firma electrónica en el documento, al igual que la integridad y autenticidad del mismo, deben ser verificados en www.conservador.cl, donde estará disponible por 90 días contados desde la fecha de su emisión. Documento impreso es sólo una copia del documento original.

Fojas 39.766 número 59.947 del año 2014	$ 59.140
Fojas 39.766 número 59.948 del año 2014	$ 44.240
Fojas 39.767 número 59.949 del año 2014	$ 46.170
Fojas 39.767 número 59.950 del año 2014	$ 45.220
Fojas 39.768 número 59.951 del año 2014	$ 44.870
Fojas 39.769 número 59.952 del año 2014	$ 47.140
Fojas 39.769 número 59.953 del año 2014	$ 45.980
Fojas 39.770 número 59.954 del año 2014	$ 47.060
Fojas 39.770 número 59.955 del año 2014	$ 52.380
Fojas 39.771 número 59.956 del año 2014	$ 48.240
Fojas 39.771 número 59.957 del año 2014	$ 48.910
Fojas 39.772 número 59.958 del año 2014	$ 44.320
Fojas 39.772 número 59.959 del año 2014	$ 47.340
Fojas 39.773 número 59.960 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.773 número 59.961 del año 2014	$ 48.950
Fojas 39.774 número 59.962 del año 2014	$ 50.970
Fojas 39.775 número 59.963 del año 2014	$ 49.960
Fojas 39.775 número 59.964 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.776 número 59.965 del año 2014	$ 47.740
Fojas 39.776 número 59.966 del año 2014	$ 44.960
Fojas 39.777 número 59.967 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.777 número 59.968 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.778 número 59.969 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.778 número 59.970 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.779 número 59.971 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.779 número 59.972 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.780 número 59.973 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.780 número 59.974 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.781 número 59.975 del año 2014	$ 43.610
Fojas 39.782 número 59.976 del año 2014	$ 47.950
Fojas 39.782 número 59.977 del año 2014	$ 44.690
Fojas 39.783 número 59.978 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.783 número 59.979 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.784 número 59.980 del año 2014	$ 43.910

Carátula 8528610
acespedes

Código de Verificación: ctr3eee6101
http://www.conservador.cl

Documento incorpora firma electrónica avanzada conforme a Ley N°19.799. La vigencia de la firma electrónica en el documento, al igual que la integridad y autenticidad del mismo, deben ser verificados en www.conservador.cl, donde estará disponible por 90 días contados desde la fecha de su emisión. Documento impreso es sólo una copia del documento original.

Fojas 39.784 número 59.981 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.785 número 59.982 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.785 número 59.983 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.786 número 59.984 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.786 número 59.985 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.787 número 59.986 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.787 número 59.987 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.788 número 59.988 del año 2014	$ 57.780
Fojas 39.788 número 59.989 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.789 número 59.990 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.790 número 59.991 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.790 número 59.992 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.791 número 59.993 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.791 número 59.994 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.792 número 59.995 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.792 número 59.996 del año 2014	$ 45.930
Fojas 39.793 número 59.997 del año 2014	$ 54.600
Fojas 39.793 número 59.998 del año 2014	$ 47.950
Fojas 39.794 número 59.999 del año 2014	$ 47.950
Fojas 39.794 número 60.000 del año 2014	$ 47.950
Fojas 39.795 número 60.001 del año 2014	$ 47.950
Fojas 39.796 número 60.002 del año 2014	$ 47.950
Fojas 39.796 número 60.003 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.797 número 60.004 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.797 número 60.005 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.798 número 60.006 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.798 número 60.007 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.799 número 60.008 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.799 número 60.009 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.800 número 60.010 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.800 número 60.011 del año 2014	$ 43.910
Fojas 39.801 número 60.012 del año 2014	$ 259.600
Fojas 39.801 número 60.013 del año 2014	$ 259.600
Fojas 39.802 número 60.014 del año 2014	

Carátula 8528610
acespedes

Código de Verificación: ctr3eee6101
http://www.conservador.cl

Documento incorpora firma electrónica avanzada conforme a Ley N°19.799. La vigencia de la firma electrónica en el documento, al igual que la integridad y autenticidad del mismo, deben ser verificados en www.conservador.cl, donde estará disponible por 90 días contados desde la fecha de su emisión. Documento impreso es sólo una copia del documento original.

Fojas 39.802 número 60.015 del año 2014	$ 259.600
Fojas 39.803 número 60.016 del año 2014	$ 260.500
Fojas 39.805 número 60.017 del año 2014	$ 259.600
Fojas 39.805 número 60.018 del año 2014	$ 259.600
Fojas 39.806 número 60.019 del año 2014	$ 7.200
Fojas 39.806 número 60.020 del año 2014	$ 11.600
Fojas 39.807 número 60.021 del año 2014	$ 13.600
Fojas 39.807 número 60.022 del año 2014	$ 5.300

Las inscripciones fueron practicadas con fecha 6 de junio de 2014.

Copia de Inscripciones	**Derechos**
Copia de las 127 inscripciones solicitadas se adjuntan a la presente, certificando el Conservador de Bienes Raíces que ellas están conforme con su original.	$ 580.300

Santiago, 6 de junio de 2014.

LUIS MALDONADO CROQUEVIELLE
CONSERVADOR DE BIENES RAICES Y COMERCIO
SANTIAGO - CHILE

Carátula 8528610
acespedes

Código de Verificación: ctr3eee6101
http://www.conservador.cl

Documento incorpora firma electrónica avanzada conforme a Ley N°19.799. La vigencia de la firma electrónica en el documento, al igual que la integridad y autenticidad del mismo, deben ser verificados en www.conservador.cl, donde estará disponible por 90 días contados desde la fecha de su emisión. Documento impreso es sólo una copia del documento original.

CBRS
Conservador de Bienes Raíces
de Santiago

Morandé 440 Teléfono: 2390 0800 www.conservador.cl
Santiago Fax: 2695 3807 info@conservador.cl

Certificación de Inscripción de Escritura Pública

El Conservador de Bienes Raíces de Santiago que suscribe, certifica que la escritura pública otorgada en la Notaría de Eduardo Avello Concha con fecha 6 de enero de 2014, repertorio número 210, fue presentada para inscripción a este Conservador, anotándose en el libro de repertorio bajo el número 3726 del año 2014.

Asimismo, certifica que en relación a la señalada escritura se practicó la siguiente inscripción:

Registro de Propiedad	**Derechos**
Fojas 6.210 número 9.394 del año 2014	$ 259.600
La inscripción fue practicada con fecha 28 de enero de 2014.	

Copia de Inscripciones	**Derechos**
Copia de la inscripción solicitada se adjunta a la presente, certificando el Conservador de Bienes Raíces que está conforme con su original.	$ 4.600

Santiago, 29 de enero de 2014.

LUIS MALDONADO CROQUEVIELLE CONSERVADOR DE BIENES RAICES Y COMERCIO SANTIAGO - CHILE

Carátula 8150978
toshea

Código de Verificación: ctr2ea85001
http://www.conservador.cl

Documento incorpora firma electrónica avanzada conforme a Ley N°19.799. La vigencia de la firma electrónica en el documento, al igual que la integridad y autenticidad del mismo, deben ser verificados en www.conservador.cl, donde estará disponible por 90 días contados desde la fecha de su emisión. Documento impreso es sólo una copia del documento original.

N°9394
RD/AF/MC
C: 8150978
COMPRAVENTA
ALFONSO OVALLE ALDUNATE Y OTROS
A
CORPORACION NACIONAL DEL COBRE, CODELCO CHILE, DIVISION ANDINA
REP: 3726
B: 1573891
F:

Santiago, veintiocho de enero del año dos mil catorce.- La CORPORACION NACIONAL DEL COBRE, CODELCO CHILE, DIVISION ANDINA, RUT. 61.704.000-K, con domicilio en la comuna de Los Andes, es dueña del Lote A, originado de la subdivisión del predio denominado Reserva Cora número Nueve del Proyecto de Parcelación "Santa Ana", Comuna de Til Til, Región Metropolitana, que se encuentra enmarcado dentro del polígono A-B-C-H-A, que deslinda: NORTE, en tramo A-H con Tranque Huechún; SURORIENTE, en tramo H-C con lote B; SUR, en tramo C-B con lote María Teresa; SURPONIENTE, en tramo B-A con Ex Hijuela Luz María hoy otros propietarios.- Lo adquirió por compra a don ALFONSO OVALLE ALDUNATE, a doña MARIA CAROLINA OVALLE ALDUNATE, a don JOSE TOMAS OVALLE ALDUNATE y a doña MARIA ANGELICA OVALLE ALDUNATE, todos de este domicilio, según escritura de fecha seis de enero del año dos mil catorce, otorgada en la notaría de esta ciudad, de don Eduardo Avello Concha, Repertorio Número 210, por el precio de MIL OCHOCIENTOS VEINTINUEVE MILLONES SETECIENTOS TRES MIL CUATROCIENTOS NOVENTA PESOS, ($1.829.703.490), pagado al contado.- El título anterior está a Fojas 95362 Número 73802 del Registro de Propiedad correspondiente al año 1995.- Rol de avalúo Número 66-111, Comuna de Til Til.- Requirió la presente inscripción: Jorge Cornejo L.- LUIS MALDONADO C

CERTIFICO QUE LA PRESENTE COPIA ESTA CONFORME CON SU ORIGINAL DEL REGISTRO DE PROPIEDAD Y QUE LA INSCRIPCION QUE CONSTA EN ELLA SE ENCUENTRA

Documento incorpora Firma Electrónica Avanzada
Código de Verificación: ctr2ea85001 -Carátula 8150978
http://www.conservador.cl
ctr2ea85001

VIGENTE AL 28 de ENERO del año 2014.-

Santiago, 28 de ENERO del año 2014.-

Fin del Texto

Documento incorpora Firma Electrónica Avanzada
Código de Verificación: ctr2ea85001 -Carátula 8150978
http://www.conservador.cl



ctr2ea85001