Memorandum

Fecha: 21 August 2024
Para: Luisa Cares (Manager Future Developments- CMCC - Pampa Norte- BHP)
De: Carlos Espinoza, Rodrigo Pardo y Sergio Iriarte
Tema: Revisión del informe de Actualización del Modelo Hidrogeológico de Lagunillas 2023

1 Propósito

CMCC requiere contar con una herramienta adecuada y validada respecto de la gestión sustentable de los recursos hídricos y del cumplimiento de compromisos ambientales adquiridos con la autoridad. La revisión de la actualización de esta herramienta que incorpora datos hasta diciembre de 2023.

2 Antecedentes

En el año 2021, ARCADIS realizó una actualización del modelo numérico hidrogeológico de Lagunillas cuya primera versión data del año 2005 y que a lo largo del tiempo se ha ido actualizando en una serie de versiones en donde se han ido incorporando aspectos como topografía actualizada, actualización de los registros de niveles y bombeo, cambios en el código MODFLOW de resolución de las ecuaciones de flujo subterráneo, entre otros (Modelo Hidrogeológico Lagunillas, 2021).

Esta actualización del año 2021 fue aquella utilizada por CMCC dentro del marco del proceso de evaluación ambiental que culminó con la RCA N°13/2022. Los resultados de dicho modelo hidrogeológico se utilizaron para abordar y responder las consultas levantadas por la autoridad en la ADENDA 4 y sectorialmente ante la Dirección General de Aguas. Dicho modelo numérico de flujo de aguas subterráneas implementado por ARCADIS, consideró un período de modelación que va desde diciembre de 1993 hasta agosto de 2021 operado en un régimen mixto permanente (diciembre 1993) y transiente (enero 1994 a agosto 2021).

Luego, HIDROMÁS toma como base este modelo desarrollado por ARCADIS, extendiendo su período de calibración con información proporcionada por CMCC, relacionada principalmente con los datos de extracciones mensuales desde pozos de bombeo de propiedad del Titular, y de los niveles subterráneos medidos en diversos pozos de monitoreo emplazados dentro del área de estudio. El período de tiempo extendido por HIDROMÁS, considera la ventana temporal que va desde septiembre de 2021 hasta diciembre de 2022 (Modelo Hidrogeológico Lagunillas, 2022).

3 Revisión de la actualización 2023 (Modelo Hidrogeológico Lagunillas, 2023)

3.1 Generalidades

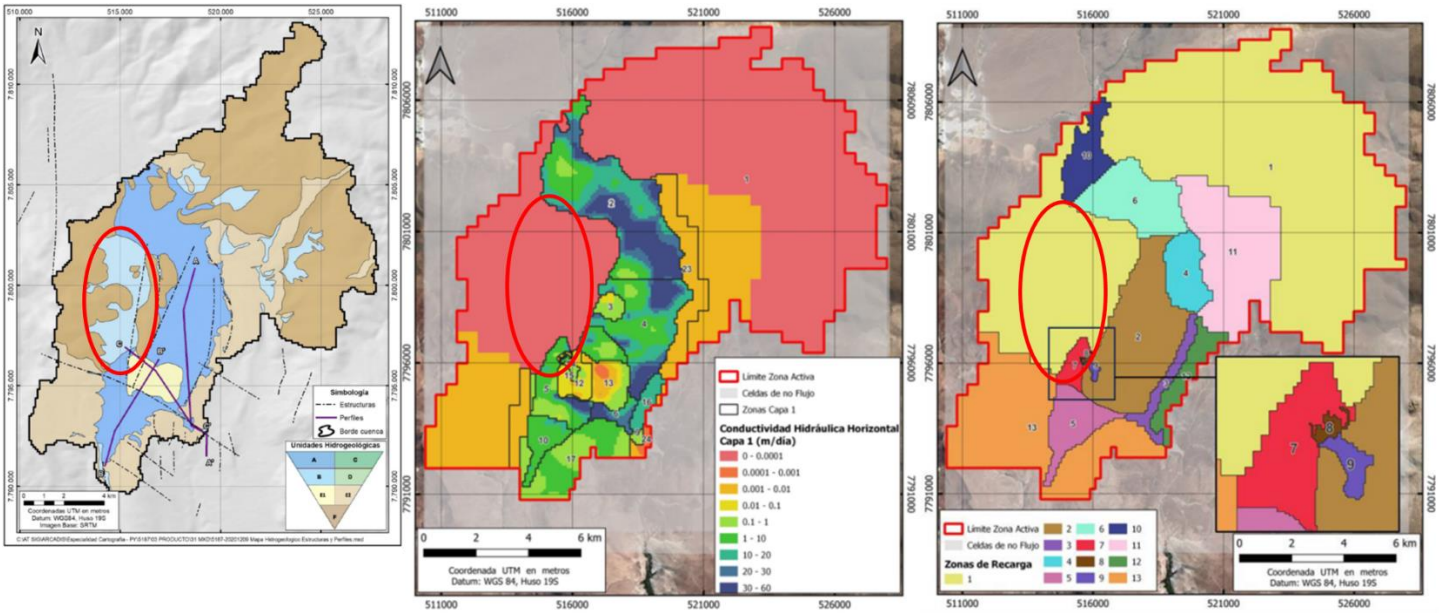
La actualización reportada extiende el período de calibración desde diciembre de 2022 a diciembre de 2023, incorporando los caudales reales de extracción para el año 2023, así como los caudales descargados en el Sistema de Recarga Artificial para este mismo período. Además, se consideran los niveles medidos en los pozos y punteras de control, disponibles hasta fecha 31 de diciembre de 2023. Esta actualización considera los siguientes documentos como base para su análisis:

- HIDROMÁS, 2023. Informe Técnico Actualización Modelo Hidrogeológico Lagunillas a diciembre 2022. Informe REV.0, 28 de junio de 2023, desarrollado por HIDROMÁS para Cerro Colorado.
- ARCADIS, 2021. ACTUALIZACIÓN MODELO HIDROGEOLÓGICO DE LA CUENCA DE LAGUNILLAS, noviembre de 2021, desarrollado por ARCADIS CHILE para BHP en el marco del EIA de Proyecto Continuidad Operacional Cerro Colorado, específicamente como Anexo 2 de la Adenda 4.

3.2 Revisión Síntesis Modelo Numérico Previo año 2022

En el modelo hidrogeológico que se actualiza llama la atención que la Unidad B que se ubica inmediatamente al norte y aguas arriba de la zona del bofedal esta incorporada en el modelo como una zona de permeabilidad extremadamente baja ($<10^{-3}$ m/d) y sin recarga por precipitaciones. Esto tiene una gran implicancia ya que este es el aporte más directo a las vertientes naturales. De esta manera, en este modelo se estaría subestimando la recarga desde el sector norte del bofedal.

Adicionalmente, de acuerdo a los antecedentes que actualmente se disponen en este modelo hidrogeológico la recarga al bofedal viene dada por un porcentaje del aporte desde el Sistema de Riego Artificial o SRA (10% del total del SRA, asociada a la Zona de Recarga No. 8), siendo que la ocurrencia de una potente secuencia de arcillas en el sector de las vertientes hace difícil la infiltración de este monto de agua, el que se manifiesta principalmente en forma de un escurrimiento superficial.



Respecto de la condición Inicial del modelo, se establece que esta corresponde al promedio de los niveles subterráneos históricos desde 1982 a 1993, sin embargo, no se muestran los pozos que dan cuenta de dicho nivel y cuales es la piezometría a ese periodo. Esto es importante para establecer adecuadamente las condiciones iniciales.

En términos generales, el modelo tiende a reproducir adecuadamente las tendencias de los niveles de agua subterránea medidos, así como los niveles mismos.

3.3 Revisión Actualización Modelo Hidrogeológico Numérico de Flujo Año 2023

La actualización considera cuatro aspectos principales:

- Extensión temporal del período de simulación desde enero de 2023 hasta diciembre de 2023, recordando que la versión previa del modelo de HIDROMÁS consideraba una ventana temporal que iba desde diciembre de 1993 hasta diciembre de 2022.
- Ingreso de las últimas series de bombeo reales de CMCC desde enero a diciembre de 2023.
- Ingreso de las últimas series de niveles observados desde enero a diciembre de 2023, en los mismos 33 puntos de observación que definió HIDROMÁS en la versión previa del modelo numérico, la cual incluía pozos de monitoreo, pozos de bombeo y piezómetros. Se hace mención que la versión previa del modelo de HIDROMÁS consideraba niveles piezométricos observados solo hasta diciembre de 2022.
- Ingreso de las últimas series de recarga del SRA hacia el sistema acuífero desde enero a diciembre de 2023.

Esta actualización no modificó nada respecto de la discretización espacial (geometría, grilla en planta y estratos o layers en vertical), código de modelación ni propiedades hidrogeológicas (permeabilidad y almacenamiento).

La actualización incrementa el periodo de simulación hasta diciembre de 2023, se incorporan 12 nuevos periodos de stress (enero a diciembre de 2023), las condiciones de borde asociadas a las extracciones de bombeo con datos medidos y recarga por precipitación y riego SRA fueron modificadas solo respecto a la extensión del periodo (hasta diciembre de 2023) y se incorporaron los datos correspondientes a las mediciones de los mismo 33 puntos de monitoreo de niveles.

Los resultados de la actualización mostraron estadígrafos muy similares a los obtenidos en las actualizaciones pasadas, alcanzando un NMAE de 4,5%, el grafico de dispersión es similar a lo identificado en las versiones anteriores, mientras que los gráficos de ajuste de niveles a los puntos de observación se mantienen similares. El modelo responde a la reducción del bombeo experimentados desde 2020 y al cambio al bombeo al pozo PR. Respecto del Balance se verifican los principales cambios en la reducción del bombeo (de 73 l/s a 36 l/s).

4 Conclusiones

Con base en los aspectos anteriormente expuestos, es posible indicar que el informe de actualización del Modelo Hidrogeológico Lagunillas (2023) presenta adecuadamente lo que considera la herramienta numérica a ser actualizado, entregando una síntesis de sus principales componentes y supuestos.

Llama la atención que en el Modelo Hidrogeológico Lagunillas de 2021 no se incorpore el acuífero aluvial, inmediatamente al norte de los bofedales, considerándolo un área con muy baja permeabilidad y si con una recarga proveniente de aportes del SRA. Este sector, tan importante debido a la proximidad y relación directa con la ocurrencia de la descarga por las vertientes naturales, debiera contar con una mejor conceptualización y de más detalle. LO anterior debiera considerarse en una futura actualización del Modelo Hidrogeológico Lagunillas.

No obstante lo anterior, la actualización presentada cumple adecuadamente con la incorporación de la nueva información recopilada durante 2023, la que es considerada en la herramienta que fue revisada. Los resultados de la actualización mantienen un nivel adecuado de calibración y ajuste de tendencias en los niveles.