



ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO MINA EL TESORO, SECTOR SIERRA GORDA, II REGIÓN DE ANTOFAGASTA

Andrea Merino B. *Servicio Nacional de Geología y Minería. amerino@sernageomin.cl*

Marcos Patiño C. *Compañía Minera El Tesoro. mpatino@tesoro.cl*

INTRODUCCIÓN

La zona del presente estudio corresponde a la Compañía Minera El Tesoro y se ubica en la II Región de Antofagasta, al oriente del poblado de Sierra Gorda, entre las coordenadas UTM: 7.461.300N a 7.463.200N y 491.300E a 493.200E.

En este trabajo se realizó un inventario de puntos de agua, analizó la calidad del agua subterránea de la zona, interacción agua subterránea – mina y se hizo el balance hidrogeológico.

MARCO HIDROGEOLÓGICO

El área en estudio es parte de la hoya hidrográfica Los Arrieros ubicándose exactamente en un extremo occidental y en un sector con cotas menores a 2500 ms.n.m. Aunque no hay aflojamientos de agua en el sector, la existencia potencial bajo el perímetro del pit final y a cotas superiores a su piso inferior, pueden afectar negativamente debido a: 1) la presencia de agua en paredes y fondo del rajo creando inconvenientes operativos y condicionando el diseño de los taludes del rajo, 2) sedimentos húmedos dificultando la molienda de los materiales mineralizados

Desde el punto de vista hidrogeológico, en el sector estudiado existen principalmente dos tipos litológicos importantes: un tipo de roca con características impermeables que corresponde a brecha sedimentaria (fuertemente cementada con carbonato de calcio, denominada “Conglomerado Calcáreo”), conglomerado sedimentario (mineralizado y muy compacto denominado “Grava Alta Ley”) y en menor proporción limos, arcillas, arenas limosas y/o arcillosas. Tanto la brecha como el conglomerado se comportan como acuíferos en el caso de estar fracturados. El otro tipo litológico de características más permeables corresponde a rocas que conforman el acuífero y son principalmente gravas (“Grava Marginal”, Grava Estéril”, “Grava Roja”) que están intercaladas con arcillas, limos y arenas limosas y/o arcillosas. Estos finos presentan poco espesor y una distribución espacial heterogénea, provocando el confinamiento de las aguas subterráneas en algunos sectores puntuales.

PIEZOMETRÍA

El nivel de agua fue interceptado en 2025m y 2113m en los extremos noroeste y noreste del pit respectivamente. Es importante destacar que el nivel piezométrico del área de estudio no ha sido afectado por bombeos u otro tipo de descarga y la expansión del rajo no ha interceptado aún el nivel de saturación.

Las isopiezas (Fig. 1) en general muestran espaciamiento regular con un gradiente promedio de 0.05 y un flujo en dirección SE. No obstante, en el sector NW hay un brusco aumento del gradiente cambiando su dirección hacia el W (N75°W) que indicaría una posible profundización brusca del techo saturado, lo que podría indicar que la forma del basamento también sufre este brusco cambio de pendiente. Otro sector que presenta diferencia en las isopiezas es el extremo SSW en que éstas se van espaciando cada vez mas y a diferencia del sector norte hay disminución del gradiente hidráulico (de 0.05 a 0.0128) indicando que el sustrato podría tener una forma similar, es decir, baja pendiente.

La baja oscilación de los niveles a lo largo de un año indica que el sistema es estable y que las operaciones mineras (tronadura, etc.) aún no afectan la estabilidad del acuífero. Es importante destacar que hay pozos que sufrieron una notable diferencia de nivel entre el momento en que se tocó el agua durante la construcción de los pozos y su posterior monitoreo mostrando la existencia de confinamiento del acuífero en algunos sectores del área de estudio.

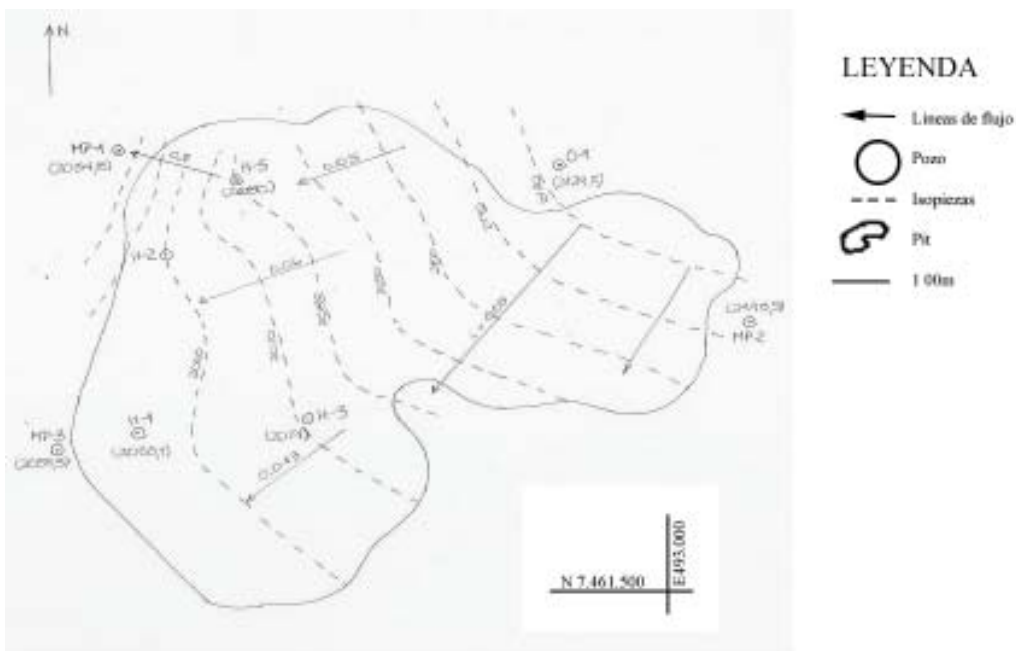


Figura 1. -Isopiezas del área de estudio

HIDROQUÍMICA

Debido a que sólo se dispone de dos análisis químicos, se ha incluido el análisis de una muestra de agua subterránea obtenida en un sector ubicado al noreste de la ciudad de Calama con el objetivo de hacer una comparación con las muestras del sector. El estudio hidrogeoquímico da como resultado que ambas muestras de la mina El Tesoro (H-3 y H-5) pertenecen al mismo acuífero y la PO es de otro acuífero, sin embargo, las tres muestras analizadas son de origen continental.

Las aguas del sector son sulfatadas-cloruradas-sódicas con bajo contenido en Mg^{2+} y HCO^- lo que podría indicar que la roca pertenece a un paleorelieve en el cual existió un clima árido en que predominaba la formación de costras salinas y minerales como yeso, anhidrita, halita, sulfatos, evaporitas, sylvita, etc. que al entrar en contacto con el agua subterránea la han enriquecido en estos iones. En cambio la muestra PO es clorurada - sódica indicando que las rocas por las que circulan estas aguas se formaron en un ambiente en que predomina la halita, es decir, un ambiente árido con alto porcentaje de evaporación, sin embargo, tiene bajo sulfato lo cual se debe a la reducción del mismo. El Ca^{2+} en la muestra del sector de Calama es bajo a diferencia de las muestras H lo que podría deberse a la precipitación de este ión lo cual es concordante con la litología rica en carbonato del sector a la que pertenece esta muestra.

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

De los ensayos tipo Slug se obtuvieron valores aproximados de conductividad hidráulica del orden de 10^{-2} a 10^{-3} m/día, indicando un acuífero de tipo semipermeable y con características de acuitardo. Hay que destacar que las gravas son buenos acuíferos, con conductividad hidráulica generalmente mayores a 1 (Custodio y Llamas, 1983). Sin embargo, en el área de estudio esto no se cumple ya que los valores de conductividad hidráulica son bajos y esto se explica por el contenido de limos y/o arcillas que tienen en su matriz, minerales que se depositan en los poros disminuyendo su permeabilidad. También hay que considerar que estas gravas están intercaladas con depósitos tal como limos, arcillas, arenisca limosas y/o arcillosas y rocas consolidadas (brecha y conglomerado).

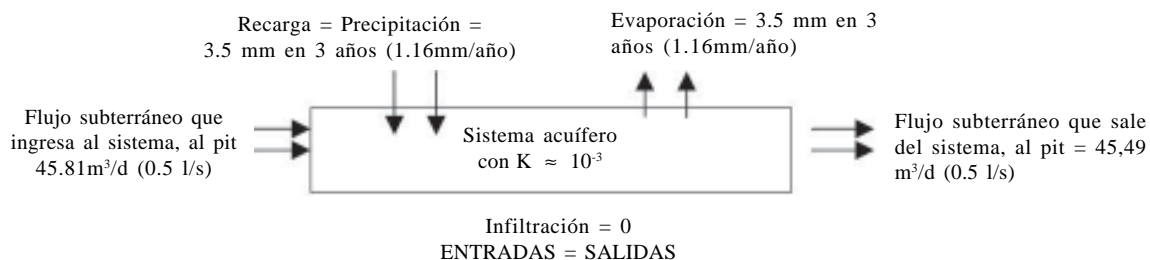
Los valores de trasmisividad varían entre 0.2 - 1.68 y con respecto al coeficiente de almacenamiento y porosidad eficaz se tiene que al ser principalmente acuífero libre y debido a que no hay más datos puede aproximarse $S = me$ valor que según Custodio y Llamas (1983) varía entre

23% y 25%, sin embargo, debido al contenido de arcillas y limos en la matriz de las rocas del área de estudio y los bajos valores de conductividad hidráulica el valor que se propone para el área es < 23% indicando un coeficiente de almacenamiento < 0.23.

BALANCE Y MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

El sector se caracteriza por presentar escasas, cortas e intensas precipitaciones que generan escorrentías ocasionales con la consecuente recarga de acuíferos sólo durante la ocurrencia de éstas. A través del balance de suelo se obtuvo que la recarga al acuífero es casi nula por lo que el agua del acuífero corresponde al flujo subterráneo que circula a través del área de estudio.

Debido a que no existen barreras geológicas en el sector de estudio, se delimitó un polígono según la isopiezas, es decir, un área limitada por dos isopiezas y por dos líneas de flujo perpendiculares a las isopiezas, el espesor saturado se considera en 70 m (ya que el pit final llegará hasta los 2000 m se consideró este valor para la cota base saturada y como techo saturado se tomó el promedio de acuerdo a los datos de los niveles medidos en cada pozo). Los cálculos realizados a través de la ecuación de Darcy dieron un flujo entrante de 45.81 m³/día y flujo saliente de 45.49 m³/día, es decir, alrededor de 0,5 l/s.



BIBLIOGRAFÍA

- Bouwer y Rice, 1976. A slug test method for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells. *Water Resources Research*, Vol. 12, N°3, pp 423 – 428. Arizona, USA.
- CPH Consultores, 1998. Caracterización hidrogeológica sector Sierra Gorda – El Tesoro. Inédito. Antofagasta, Chile.
- Custodio, E. y Llamas, M.R. 1983. Hidrogeología subterránea. Ediciones Omega. Barcelona, España.
- Ferraris, F. 1978. Mapas geológicos preliminares de Chile. Hoja Tocopilla. Región de Antofagasta. Escala 1:250.000. Instituto de Investigaciones Geológicas. Santiago, Chile.
- Villanueva, M; Iglesias, A. 1984. Pozos y acuíferos, técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, España.