

ANEXO 3: Determinación vulnerabilidad del acuífero a infiltración Tranque de Riego

La estimación de la vulnerabilidad del acuífero de Putaendo en el sector del proyecto se realiza de acuerdo al “Manual para la Aplicación del Concepto de Vulnerabilidad de Acuíferos Establecido en la Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas. Decreto Supremo N° 46 de 2002” Gobierno de Chile, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas.

La estimación de la vulnerabilidad requiere, según **4.2.3. Cobertura del Suelo más cubierta Litológica (Puntaje Pt)**, calcular el puntaje de efectividad de protección (puntaje Pt) para el suelo entero y la cobertura de roca sobre el acuífero, que es la suma de P_1 y P_2 :

$$Pt = P_1 + P_2 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dada la profundidad a la que se encuentra el nivel freático (unos 100 metros), el valor de P_1 es poco significativo por lo que se considera que el puntaje Pt viene dado solo por P_2 , quedando la ecuación 1 como:

$$Pt = P_2 \quad (\text{Ecuación 2})$$

De acuerdo al punto **4.2.2. Cubierta Litológica en la Zona no Saturada (Puntaje P2)** el valor de P_2 se establece según la ecuación;

$$P_2 = R \times (L_1 \times E_1 + L_2 \times E_2 + \dots + L_m \times E_m) + A \quad (\text{Ecuación 3})$$

El valor de A se considera igual a cero (0) porque el acuífero de Putaendo es libre.

A su vez, de acuerdo a referencia bibliográfica¹ en los primeros 100 metros de profundidad del acuífero hay un solo estrato que corresponde a “... un conjunto de sedimentos de fina granulometría del tipo arenas limosas con una abundante matriz de arcilla que representa más o menos un 50% del volumen total de los depósitos”. Según el manual en su **Tabla 4.3 Equivalencias Litológicas para Descripciones Estratigráficas Comunes de Sondajes y puntajes asociados para la evaluación de Ln**, para el estrato descrito² le corresponde un valor de Ln de 75. Por lo que la ecuación 3 queda como:

$$P_2 = R \times (75 \times E_1) \quad (\text{Ecuación 4})$$

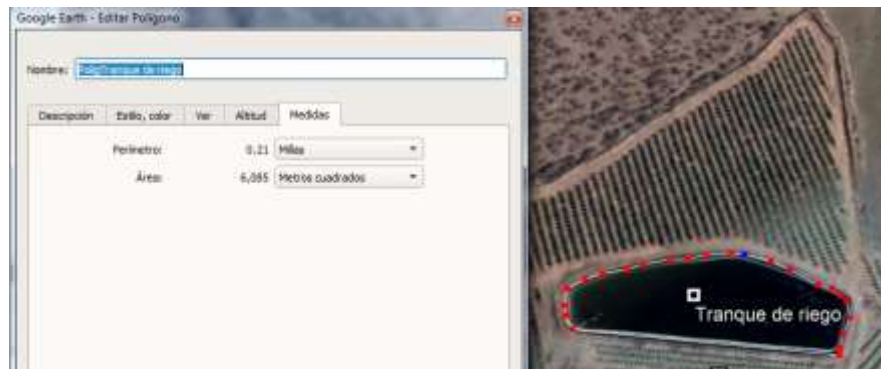
¹ Página 10 y Figura 2.4 Informe Técnico “Evaluación de los recursos subterráneos de la cuenca del río Aconcagua” Julio 2001 DGA-MOP

² Ripio o Grava o Bolones-Arcilla (>20%), Bolones o grava -limo-arcilla

En el punto **4.1.1. En relación con el Suelo y la Recarga** del citado manual se establece que R es el factor de recarga que comprende la Recarga Natural y la Recarga Artificial, que en el caso del Tranque de riego se considera la Recarga Artificial causada por perforaciones a la impermeabilización. La Recarga Natural es cero (0), ya que el área de filtración corresponde al área cubierta por el tranque:

$$R \text{ [mm/a]} = RA \text{ (Ecuación 5)}$$

Para estimar el valor de RA se va a considerar: 1) 10 perforaciones de 1 cm² cada una en la impermeabilización distribuidas homogéneamente en el área proyectada del Tranque de riego que es de 6085 m², como se muestra en la siguiente imagen, 2) Que la velocidad con que el agua filtra el terreno está principalmente controlada por la conductividad del material en contacto con la perforación y 3) que estas 10 perforaciones empapan por flujo lateral toda la superficie proyectada del tranque de riego, constituyéndose en el área de filtración.



Respecto del material en contacto con la impermeabilización según lo que se informó en Anexo 4 **Informe Técnico de Sondas** de la Adenda 3, del proceso de obtención de la RCA N° 7/2014, corresponde a “..de los 0 metros a 3,5 metros de profundidad es de textura homogénea de franco arcillosa (arcilla al 28%), ..”.

Del documento de referencia (Anexo A), se tiene que la conductividad para este material es de 1 – 3 m/día, empleándose en el cálculo de Recarga Artificial el valor de 3 m/día y la fracción de tiempo con agua es de 1, ya que el Tranque de Riego se considera siempre con agua

Se tiene la siguiente ecuación para calcular RA:

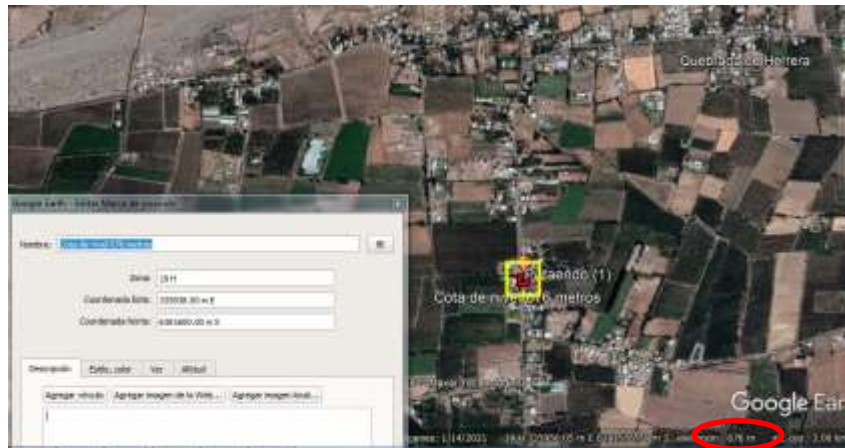
$$RA = A_{\text{perforada}} (m^2) \times K \left(\frac{m}{\text{día}} \right) \times 365 \frac{(\text{día/año})}{\text{Area filtración} (m^2)} \times 1000 \left(\frac{mm}{m} \right) \times \text{Fracción tiempo con agua}$$

$$RA = \frac{0,001 \times 3 \times 365 \times 1000 \times 1}{6085} = 0,18 \text{ mm/año}$$

De la **Tabla 4.2 Valoración de la Recarga (Factor R)** se tiene que para $R < 99$ mm/año el valor de R es de 1,5. Por lo tanto la ecuación 4 queda como:

$$P_2 = 1,5 \times 75 \times E1 \text{ (Ecuación 6)}$$

De los registros disponibles en el sitio www.dga.cl³, se tiene que en pozo denominado Putaendo (1), cuya ubicación se muestra en la siguiente imagen, el nivel freático del acuífero al 25 de enero de 2022 está a 88,9 metros de profundidad y a una cota de nivel de 676 metros.



De Googleearth se tiene que la base del Tranque de Riego, desde donde se podría producir una filtración, está en un terreno con cota de nivel de 693 metros, como se muestra en la siguiente imagen.



³ <https://dga.mop.gob.cl/Paginas/hidrolineasatel.aspx>

Esto da una diferencia de 17 metros de mayor espesor del acuífero no saturado en el sector del Tranque de Riego, respecto a la profundidad del pozo Putaendo (1) proyectado aguas arriba, totalizando un espesor 106 metros. Por lo tanto de la ecuación 6 se tiene que el Pt es:

$$Pt= P2 = 1,5 \times (75 \times 106) = \mathbf{11.925}$$

De acuerdo a la **Tabla N° 4.5 Clases de Efectividad Generalizada de Protección y Vulnerabilidad asociada**, un Pt mayor 4.000 implica:

- Una efectividad generalizada de protección **“muy alta”** (clasificación máxima)
- Una vulnerabilidad asociada, estimada, del acuífero ante emisiones es **“baja”**.
- El tiempo de residencia aproximado en el suelo y subsuelo sobre el acuífero es **“mayor a 25 años”**.