

Zanjas de infiltración



Mejor Riego para Chile

yo cuidado el agua



Descripción

Las zanjas de infiltración son canales construidos en laderas que tienen el objetivo de captar el escurrimiento de agua, evitar procesos erosivos y conservar el suelo y el agua. Las zanjas son relativamente poco profundas y permiten la infiltración de agua principalmente en el suelo, pero también pueden recargar los acuíferos pocos profundos y no confinados.



Fuente de agua



Agua de lluvia



Desviación de ríos



Escorrentía

Plazos y costos¹

Rápida construcción → Días a semanas

Costo de inversión depende principalmente de ↗ Tipo de terreno
↘ Método de excavación (manual/mecánica)

Costo de excavación mecánica (zona centro-norte y centro-sur) → \$1.683 – \$2.375 CLP/m³ ²

Costos adicionales debidos a ↗ Elevación de camellones con el material retirado
↘ Desecho de los excedentes del terreno

Mínimos gastos operativos ↗ Limpieza periódica del sistema (remover sedimentos finos y/o vegetación excesiva)
↘ Reparación de camellones erosionados

Si la obra está contenida dentro de los límites de la propiedad privada del ejecutor del proyecto, generalmente no se requiere de aprobaciones específicas ni de enfrentar barreras regulatorias para su construcción.

Diseño y construcción

Suelen construirse perpendiculares a la pendiente del terreno, con un trazado paralelo a las curvas de nivel, dejando un pequeño terraplén en un margen construido con el material excavado y normalmente estabilizado mediante la plantación de vegetación.

El espaciamiento entre zanjas debe permitir un control adecuado de la erosión y generalmente tienen un derrame sobre el canal para evitar que se sobrepase la zanja.

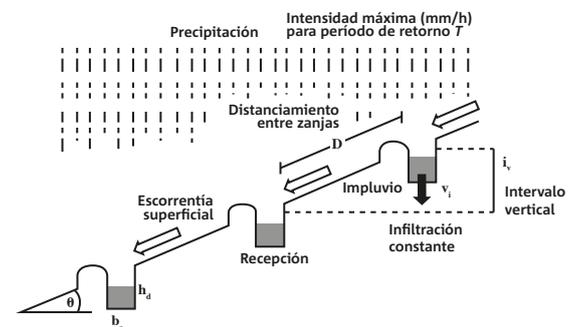
Para un diseño adecuado, se requiere un buen conocimiento de lo siguiente:

- Topografía;
- Características del suelo (potencial de erosión y tasas de infiltración);
- La intensidad y período de retorno de las lluvias;
- El coeficiente de escorrentía; y
- Las características hidrogeológicas del acuífero.

Generalmente se recomienda esta técnica en pendientes de 10% a 40% inclinación. En las laderas con fuertes pendientes las zanjas suelen ser estrechas y profundas, en pendientes leves pueden tener varios metros de ancho. Típicamente las dimensiones son 40 cm de ancho de la base y 40 cm de profundidad.³

Se puede determinar la tasa de infiltración probable a través de la construcción de una zanja piloto a la profundidad de diseño prevista y realizar una prueba de permeabilidad⁴. Los resultados de una o más de estas pruebas guiarán las dimensiones finales de las zanjas y el ejercicio debe repetirse para diferentes lugares (ej. diferentes pendientes, coberturas de vegetación y tipos de suelos). La tasa de infiltración determinará el volumen de agua que se puede recargar.

La siguiente figura supone que la precipitación es uniforme en cada zanja y se utiliza la intensidad máxima de precipitación para un período de retorno adecuado para la zona.⁵



Esquema de zanjas de infiltración en ladera. Fuente: Flores (2011)

1 Para una comparación de costos y tiempos de proyectos en Chile ver: Hans Robert. (2016). Comparación de costos y tiempo de construcción para el uso de zanja de infiltración con distintas alternativas de rellenos en diferentes tipos de suelos. <http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/1052/Hans%20Robert%20Urrutia%20Mart%3%adnez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

2 Gobierno de Chile (s/f). Precios unitarios mínimos y máximos para proyectos de canales (revestimiento y construcción), embalses y obras de arte presentados a la bonificación de la Ley N° 18.450.

3 Para más información sobre su diseño ver: i) Ministerio de Agricultura (2014). Zanjas de infiltración. http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/suelos/2014/zanjas_infiltracion.pdf
ii) Fernández et al., (2016). MARSOL. Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought. MAR design and construction criteria. MARSOL deliverable 13.3, versión 4, 31/10/2016;
iii) Flores-Villanelo, Juan Pablo (2014). Diseño de zanjas de infiltración bajo criterios de ingeniería hidrológica. http://eias.atalca.cl/Docs/pdf/manuales/diseño_zanja.pdf

4 Para información sobre métodos para estimar tasas de infiltración ver: i) Alvarado Batres C. y Barahona-Palomo M. (2017). Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la Cuenca del río Suquiapa, El Salvador. Cuadernos de Investigación UNED (ISSN: 1659-4266) Vol. 9(1): 23-33. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cin-n/v9n1/1659-4266-cinn-9-01-00023.pdf>; o ii) Elhakin A. F. (2016) Estimation of soil permeability. Alexandria Engineering Journal. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.07.034>

5 Flores-Villanelo, Juan Pablo. (2012). Diseño de zanjas de infiltración en zonas no aforadas usando SIG. Tecnología y ciencias del agua, 3(2), 27-39. Recuperado en 13 de julio de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000200002&lng=es&tling=es.

Condiciones relevantes

- **Calidad del agua.** Se mantendrán tasas de infiltración más altas (y por más tiempo) cuando la escorrentía es baja en sólidos suspendidos. La presencia de vegetación, surcos u otras prácticas de manejo de suelo y agua, particularmente en laderas más empinadas, mejorará la calidad de la escorrentía.
- **Características del acuífero.** El suelo y el acuífero no confinado deben ser capaces de recibir y almacenar agua adicional. Si las tasas de infiltración son demasiado bajas o el suelo no saturado o el espesor del acuífero son insuficientes para el almacenamiento en el momento de la recarga prevista, las tasas de infiltración disminuirán a cero y las zanjas se llenarán y se derramarán.
- **Características del suelo.** El suelo es un factor crítico que influye en la capacidad de infiltración, que varía dependiendo de su estructura, textura, contenido de arcilla, materia orgánica, etc. Así, cuanto más grueso sea el suelo, mayor será la tasa de infiltración y menor la distancia que se requiere entre las zanjas.⁶
- **Tasas de infiltración.** La mantención debe realizarse permanentemente y en especial cuando la zanja se haya llenado de agua (y probablemente de tierra y restos de plantas) luego de un evento de lluvias intensas, para así asegurar su capacidad de captación de agua.

Monitoreo

Al igual que en otros proyectos de primera escala⁷, generalmente no se gestiona la cantidad y calidad de agua infiltrada en las zanjas de infiltración.

Sin embargo, el monitoreo del desempeño de las **tasas de infiltración** es muy útil si se desea cuantificar los beneficios y optimizar el rendimiento. Una reducción marcada en las tasas indicará la necesidad de realizar un mantenimiento al sistema.

También se necesita al menos un **pozo de monitoreo** dentro de la zona de influencia de la recarga para medir su impacto en el nivel freático. Es importante recopilar datos de línea base para separar las fluctuaciones naturales del nivel freático de las operaciones de recarga.

A su vez, es importante comprender la **calidad de la fuente de agua**, en particular la turbidez o el nivel de Sólidos Suspendidos Totales (SST), para el buen diseño de los esquemas, incluyendo el pretratamiento de agua para reducir los agentes de obstrucción. La calidad del agua aceptable varía de un sitio a otro, generalmente dependiendo de condiciones locales del acuífero. En Australia se aplica un valor guía máximo de 10 mg/l para sólidos suspendidos totales, carbono orgánico total y nitrógeno total para la fuente de agua a recargar, esto para evaluar los riesgos de colmatación en las fases tempranas de la investigación.⁸

Cuando se implementan numerosos esquemas en una cuenca se recomienda que la autoridad local (ej. la DGA⁹) monitoree los niveles freáticos regionales para asegurar que los riesgos acumulativos asociados (ej. las inundaciones y anegamiento) no se eleven más allá de los niveles aceptables.

Caso de aplicación: Determinación de estándares de ingeniería, Chile

A partir del año 2002 la Sociedad EIAS Ltda. ejecuta el proyecto FDI - CORFO "Determinación de estándares de ingeniería en obras de conservación y aprovechamiento de aguas y suelos para la mantención e incremento de la productividad silvícola". Zanjas de infiltración: Pumanque VI Región, Hidango VI Región, Parrón VII Región, Botacura VII Región, Llohué VIII Región, Manzanares VIII Región.¹⁰



Zanjas de infiltración: Pumanque VI Región. Fuente: Pizarro (2004)

Caso de aplicación: Estimación de efecto de zanjas de infiltración, Perú

En la cuenca del río Shullcas, en Perú, se estimó que las zanjas de infiltración aumentaban la recarga en un 3,5%, lo que podría contribuir a la provisión de agua para más de 800 personas adicionales durante la estación seca.¹¹



Zanjas de infiltración en Perú: a) Construcción de zanjas. Foto: Comunidad Andina; b) Zanja de infiltración con agua. Foto: Lauren Somers.

⁶ Fernández et al., (2016). MARSOL. Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought. MAR design and construction criteria. MARSOL deliverable 13.3, versión 4, 31/10/2016.

⁷ Proyectos que son más sencillos (técnica y económicamente) o son de menor riesgo y solo requerían una orientación menor por parte de la Guía. Ya están implementados en Chile, pero generalmente no son gestionados.

⁸ NRMCC-EPHC-NHMRC (2009). Australian Guidelines for Water Recycling (Phase 2): Managed Aquifer Recharge. (Natural Resource Ministerial Management Council, Environment Protection and Heritage Council and National Health and Medical Research Council), Canberra.

<https://www.waterquality.gov.au/guidelines/recycled-water#augmentation-of-drinking-water-supplies-phase-2>

⁹ Dirección General de Aguas

¹⁰ Pizarro, R; Flores, J; Sangüesa, C; Martínez, E; García, J (2004). Diseño de obras para la conservación de aguas y suelos.

http://ctha.atalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/libros/diseño_de_obras_para_la_conservación_de_aguas_y_suelos.pdf

¹¹ Somers, L.D., McKenzie, J.M., Zipper, S.C., Mark, B.G., Lagos, P., Baraet, M. (2017). Does hillslope trenching enhance groundwater recharge and baseflow in the Peruvian Andes? Hydrological Processes, 32, 3, 318-331.