

Análisis de flujo transitorio

Programa: MEF – Flujo de Agua

Archivo: Demo_manual_33.gmk

Introducción

Este ejemplo ilustra la aplicación de la GEO5 MEF - Módulo Flujo de agua para analizar la filtración transitoria (dependiente del tiempo) a través de una presa de tierra homogénea. Los parámetros de la geometría y materiales son los mismos que en el Manual de Ingeniería Capítulo N°32. En este caso, sin embargo, buscamos la evolución del nivel freático en el tiempo. El análisis proporciona la ubicación y la forma del nivel freático, la distribución de la presión de poro, la velocidad del flujo del agua y los flujos totales en los límites del modelo en momentos de tiempo casos específicos.

Tarea de entrada

Consideramos la presa de tierra descrita en el Manual de Ingeniería Capítulo N°32. Determinamos la ubicación y la forma del nivel freático en los siguientes casos: 1 hora, 1 día, 7 días, 3 meses y 1 año después de un aumento repentino del nivel freático en el depósito de 2 a 9 m. Determinar el tiempo necesario para alcanzar el flujo de estado estacionario.

Análisis - Ingreso de entrada de datos

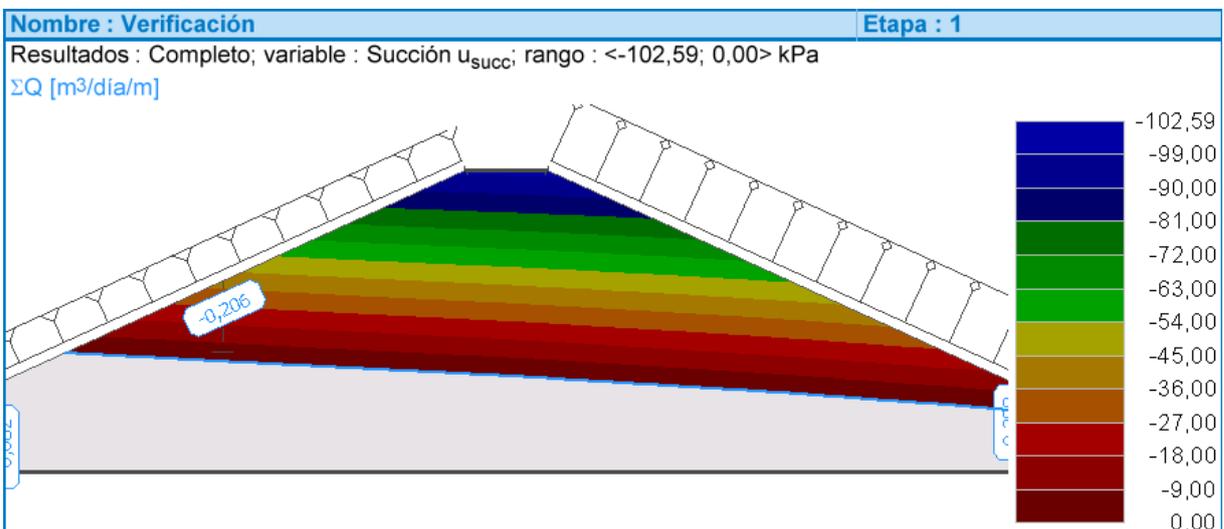
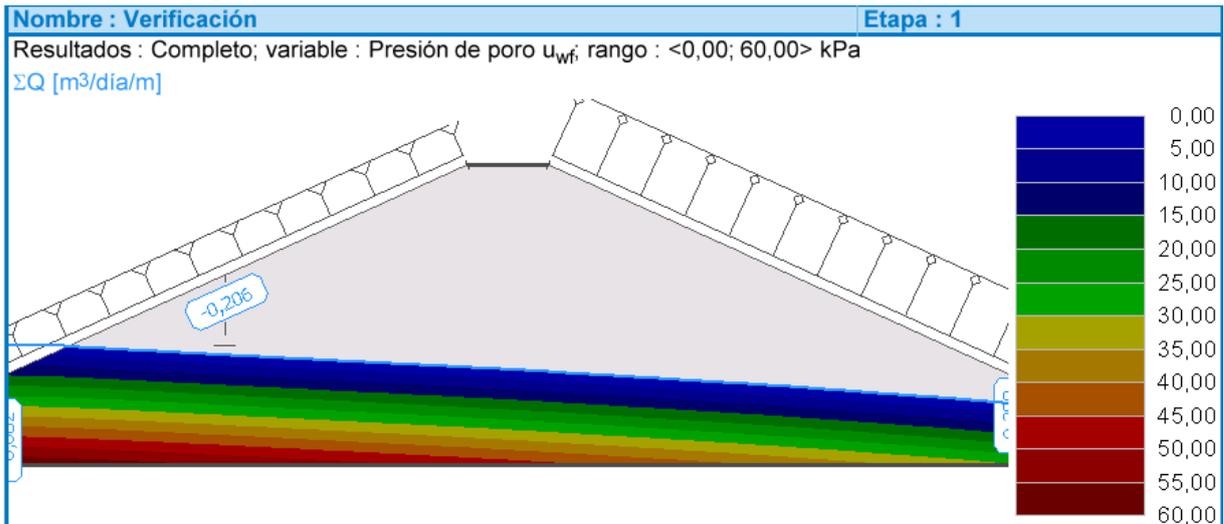
Al definir los parámetros de la geometría y de los materiales continuamos con los pasos del ejemplo Demo_manual_32.gmk y elegimos el análisis de flujo de agua transitorio en el sector Topo> Configuración. También seleccionamos la opción *„Permitir la entrada de agua en la 1ª etapa mediante el análisis de flujo de agua en estado estacionario“*.

Etapa de cálculo N°1 – Nivel freático inicial a 2m por encima del fondo del embalse

A diferencia del análisis del flujo de agua en estado estacionario, estamos interesados en la evolución de una determinada variable en el tiempo a partir de un estado inicial dado. Este estado se debe definir primero antes de ejecutar el análisis transitorio actual. La elección de la opción *„Permitir la entrada de agua en la 1ª etapa mediante el análisis de flujo de agua en estado estacionario“* nos proporciona la distribución de la presión de poros inicial obtenida mediante el análisis de flujo de agua estándar en estado estacionario en la 1ª etapa de cálculo tanto por debajo (presión de poro) como por encima (succión) del nivel freático actual.

Condiciones límite – Etapa de cálculo N° 1 – Análisis de flujo en estado estacionario

Las condiciones límite, y los resultados del análisis en la primera etapa de cálculo son las mismas que en la primera etapa de cálculo del ejemplo Demo_manual_32.gmk. La distribución inicial de la presión de poro y la succión se representan en las dos figuras siguientes.



Distribución de presión de poros y succión (presión de poro por encima del nivel freático) en la primera etapa de cálculo - estado estacionario inicial

Etapa de cálculo N°2 – Nivel freático a 9m por encima del fondo del embalse

En la segunda etapa de cálculo consideramos un aumento repentino del nivel freático en el depósito de hasta 9m. Los tipos de condiciones límite siguen siendo los mismos. Sólo ajustar la altura del nivel freático en las líneas correspondientes a la cara superior de agua de 2m inicial a 9m final.

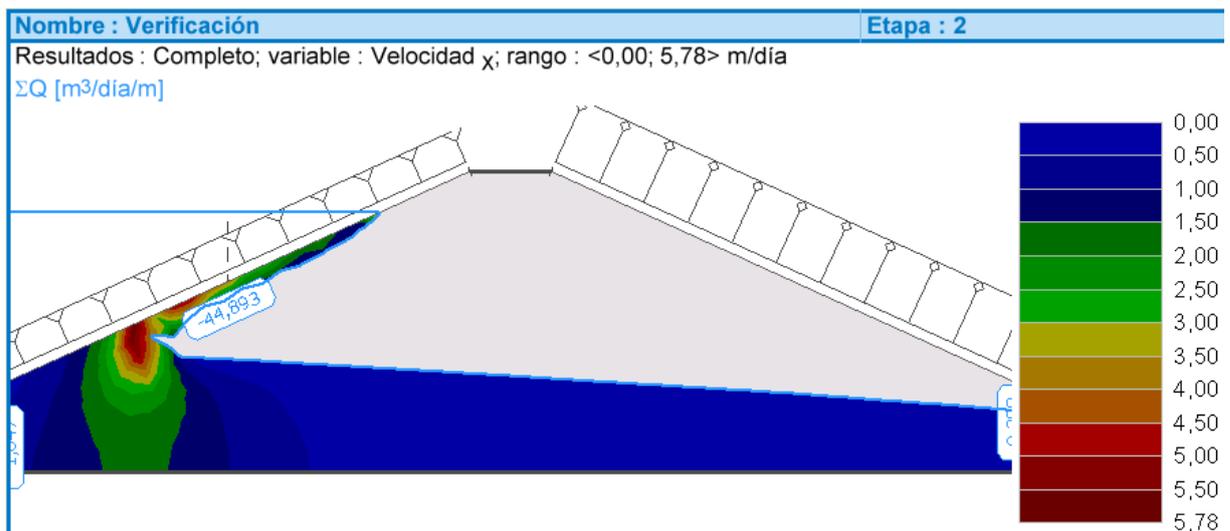
Ajuste de paso del tiempo

Antes de ejecutar el análisis de flujo transitorio es necesario especificar el tiempo de duración de la etapa y de la forma en que las condiciones límite de flujo de agua se deben introducir en el análisis. Para el presente análisis nos fijamos el paso del tiempo inicial $t = 1$ hora = 0,04167 día (véase Análisis-Configuración). Las condiciones límite se introducen al comienzo de la etapa.

Nota: El programa GEO5 MEF - Flujo de agua permite la introducción de las condiciones límite ya sea instantáneamente al principio de la etapa o se puede aumentar linealmente durante el curso del análisis de una etapa dado. En este ejemplo hemos adoptado la primera opción que corresponde a un aumento repentino de la napa freática en el depósito.

Resultados – Etapa de cálculo N° 2

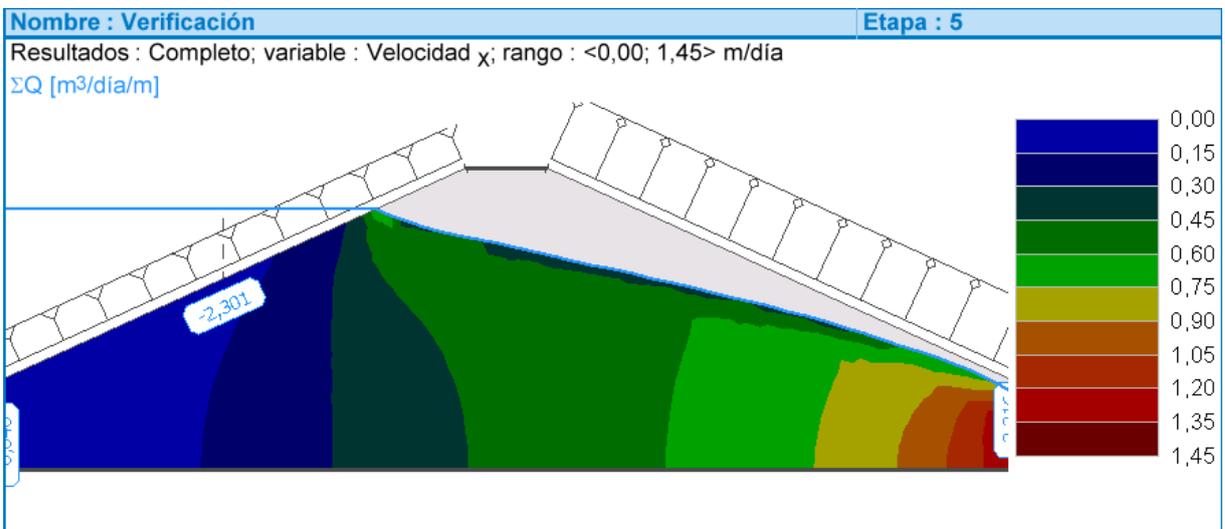
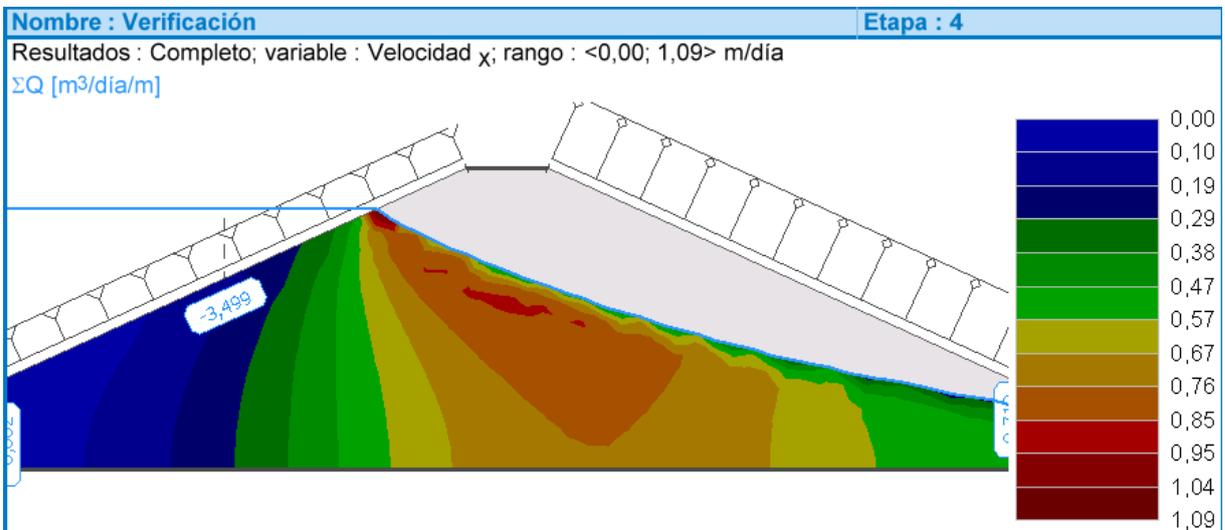
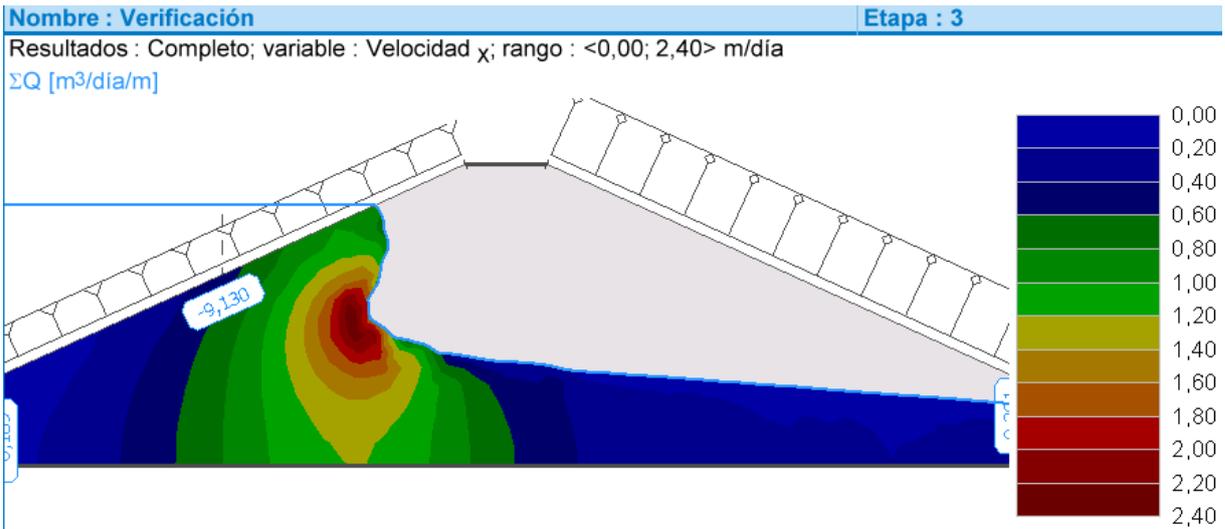
En la siguiente figura se evidencia que durante un tiempo tan corto de análisis no se ha alcanzado todavía el estado constante del flujo. En su lugar, el frente de agua, identificado por el nivel freática actual, ha progresado sólo 1m dentro el dominio. La diferencia entre el flujo de entrada ($1.05 + 44.89 \text{ m}^3/\text{den}/\text{m}$) y de salida ($0.29 \text{ m}^3/\text{den}/\text{m}$) sugiere una alta tasa de infiltración.

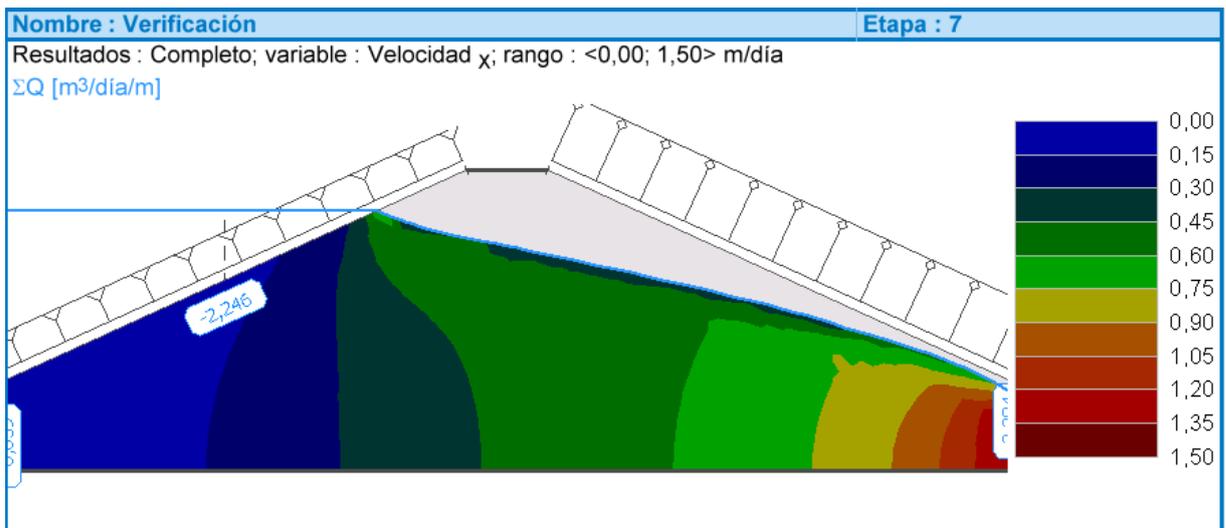
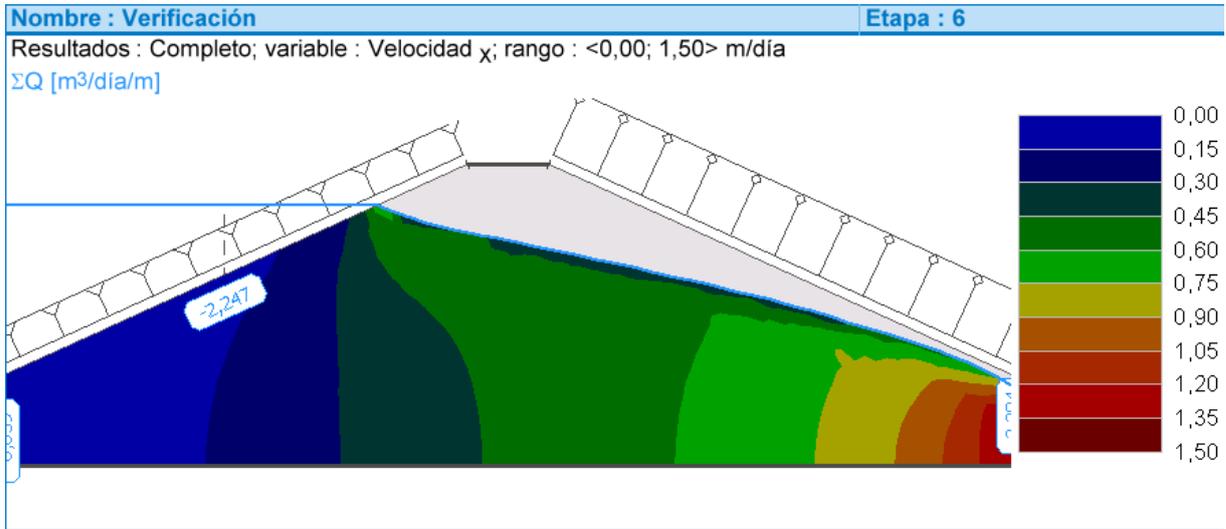


Distribución de la componente horizontal velocidad luego de 1 hr. a partir de un aumento repentino de la napa freática en el depósito

Etapas de cálculo posteriores

En las siguientes etapas de cálculo mantenemos las condiciones límite sin cambios. En las etapas 3 - 7 deseamos obtener los resultados en 1 día, 7 días, 28 días, 90 días y 365 días. El tiempo al final de una etapa dada corresponde a la suma de intervalos de tiempo asignados a todas las etapas anteriores. De este modo, el tiempo de duración de la tercera etapa de se establece igual a 0.9583 días, 4ª etapa de 6 días, 5ª etapa de 21 días, 6ª etapa de 62 días. La última etapa N° 7 dura 275 días. Las variaciones de los niveles freáticos al final de las etapas individuales aparecen en las siguientes figuras.





Forma del nivel freático y distribución de velocidad horizontal en las etapas 3 - 7

Se ve claramente que hay una evolución esencial del nivel freático que se lleva a cabo durante las últimas tres etapas de cálculo y que su localización y forma prácticamente corresponden a las condiciones de estado estacionario. Esto está apoyado también por comparación de la cantidad de agua que entra y que sale del dominio. La siguiente tabla muestra que durante las etapas iniciales de cálculo la infiltración del agua es relativamente rápida y que el equilibrio entre la entrada y la salida (las condiciones de estado estacionario) se logra en el intervalo de 28 a 90 días después de elevar el nivel freático en el depósito.

Cantidad de agua que entra y sale del dominio por un período particular de infiltración

Tiempo	Entrada de agua [m ³ /dia/m]	Salida de agua [m ³ /dia/m]	Diferencia [m ³ /day/m]
1 hora	45.94	0.288	45.652
1 día	9.319	0.291	9.028
7 días	3.561	0.719	2.842
28 días	2.341	2.216	0.125
90 días	2.286	2.284	0.002
365 días	2.285	2.284	0.001

Nota: Los resultados correspondientes a las dos últimas etapas de cálculo se puede suponer que representan las condiciones de estado estacionario y como tales son idénticos a los resultados obtenidos en el Manual de ingeniería Capítulo N° 32. En este caso, el flujo total en el dominio es igual a 2.284 m³/day/m y es exactamente el mismo que el flujo total de dominio.

Conclusión

Las condiciones de equilibrio se alcanzan después de 90 días de infiltración. Desde el punto de vista práctico ya se alcanzan tales condiciones después de 28 días, porque después el lugar y la forma del nivel freático cambian sólo marginalmente.