



DISEÑO DE FILTROS

Prof. Ada Moreno Barrios

Un filtro es un material granular (grava, arena o piedra picada), colocado entre un suelo fino y un suelo grueso, a fin de evitar la tubificación, es decir, a fin de impedir que el material fino sea arrastrado por las fuerzas de filtración a través de los vacíos del material más grueso.

Condiciones que deben cumplir los materiales adyacentes

En el sistema presa-fundación, todo par de materiales adyacentes debe cumplir con las siguientes condiciones.

- 1) Considerando que el material “filtro” se refiere a aquél de granulometría más gruesa, y que el material “base” corresponde al suelo de granulometría más fina, entonces el material filtro debe ser entre 25 y 1600 veces más permeable que el material base:

$$5 \leq \frac{d_{15 \text{ filtro}}}{d_{15 \text{ base}}} \leq 40$$

- 2) El filtro no debe tener más de un 5 % de material más fino que le tamiz N° 200. De esta manera, el material carecerá de cohesión.
- 3) Las partículas más finas del filtro deben ser capaces de retener a las partículas más gruesas del material base:

$$1 \leq \frac{d_{15 \text{ filtro}}}{d_{85 \text{ base}}} \leq 5$$

- 4) La curva granulométrica de los materiales filtro y base deben ser aproximadamente paralelas. Con esta condición, las relaciones establecidas en 1 y 3, se mantienen vigentes para los diámetros restantes.
- 5) El máximo tamaño de partícula a utilizar en un filtro será de 3 pulgadas, para evitar fenómenos de segregación y acuñamiento.
- 6) En los drenes de pie y zanjas de drenaje, se emplean tubos de drenaje que requieren del cumplimiento de una sexta condición:

$$\frac{d_{85 \text{ filtro}}}{a} \geq 2$$

Hidráulica Fluvial

Donde a es la abertura máxima de las perforaciones del tubo de drenaje.

Capacidad de drenaje del filtro

Los espesores de los filtros estarán dados por las siguientes ecuaciones:

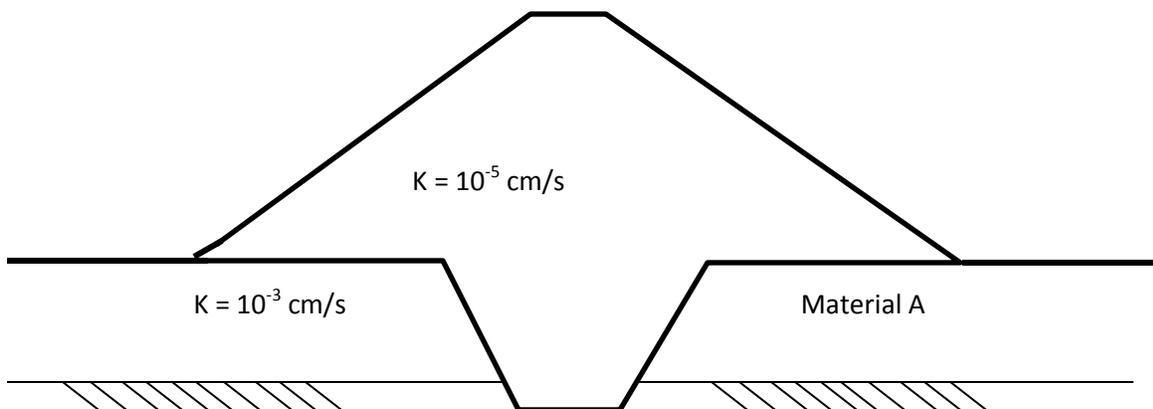
$$d_1 = \frac{q}{K * \text{sen}\phi}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4qL}{K}}$$

Desde el punto de vista constructivo, el espesor mínimo de los filtros será de 1 m.

Ejercicio

Diseñar, en caso de ser necesario, los filtros para el sistema presa-fundación de la figura.



Material	d15 (mm)	d85 (mm)	% Pasante N° 200	T _{máx} (pulgadas)
A	3,2	14,0	0	3,0
B	0,08	1,7	14	2,0
C	0,048	0,21	34	0,5

Considere los siguientes casos: 1) El material de construcción de la presa es B, y 2) El material de construcción de la presa es C.



Hidráulica Fluvial

Solución Caso 1:

En primer lugar, se procede a realizar el análisis de la necesidad de filtro. Esto se efectúa comprobando las condiciones que deben cumplir los materiales adyacentes enumeradas anteriormente. Si todas las condiciones se cumplen, la conclusión será que no existe la necesidad de colocar un filtro en la zona de contacto entre la presa y la fundación.

a) Análisis de necesidad de filtro en el contacto Presa-fundación:

El material que conforma el cuerpo de presa (Caso 1) es B, mientras que la fundación está representada por el material A. En este caso, el material filtro es la fundación (A) por ser de granulometría más gruesa, y el material base es el cuerpo de presa (B) por ser más fino que A.

Condición a cumplir	Cálculo de comprobación
1) Considerando que el material "filtro" se refiere a aquél de granulometría más gruesa, y que el material "base" corresponde al suelo de granulometría más fina, entonces el material filtro debe ser entre 25 y 1600 veces más permeable que el material base: $5 \leq \frac{d_{15 \text{ filtro}}}{d_{15 \text{ base}}} \leq 40$	$5 \leq \frac{3,2 \text{ mm}}{0,08 \text{ mm}} \leq 40$ $5 \leq 40 \leq 40 \text{ OK!}$
1) El filtro no debe tener más de un 5 % de material más fino que le tamiz N° 200. De esta manera, el material carecerá de cohesión.	$\% \text{ Pasante N}^\circ 200 = 0 \% \leq 5 \% \text{ OK!}$
2) Las partículas más finas del filtro deben ser capaces de retener a las partículas más gruesas del material base: $1 \leq \frac{d_{15 \text{ filtro}}}{d_{85 \text{ base}}} \leq 5$	$1 \leq \frac{3,2 \text{ mm}}{1,7 \text{ mm}} \leq 5$ $1 \leq 1,9 \leq 5 \text{ OK!}$
1) La curva granulométrica de los materiales filtro y base deben ser aproximadamente paralelas. Con esta condición, las relaciones establecidas en 1 y 3, se mantienen vigentes para los diámetros restantes.	Si las curvas se grafican, se observa que son aproximadamente paralelas entre sí.
2) El máximo tamaño de partícula a utilizar en un filtro será de 3 pulgadas, para evitar fenómenos de segregación y acuñamiento.	$T_{\text{máx}} = 3,0 \text{ pulgadas OK!}$
3) En los drenes de pie y zanjas de drenaje, se emplean tubos de drenaje que requieren del cumplimiento de una sexta condición:	$\frac{1,7 \text{ mm}}{a} \geq 2$ $a \leq 0,85 \text{ mm}$



Hidráulica Fluvial

$\frac{d_{85 \text{ filtro}}}{a} \geq 2$ <p>Donde a es la abertura máxima de las perforaciones del tubo de drenaje.</p>	
--	--

En función de los cálculos presentados en la tabla anterior, **se concluye que no existe la necesidad de colocar un filtro entre la presa y la fundación**, debido a que ambos materiales pueden encontrarse adyacentes, sin presentar problemas de tubificación.

Solución Caso 2:

En este caso, el material que conforma la presa es C, y la fundación sigue estando representada por el material A.

a) Análisis de necesidad de filtro en el contacto Presa-fundación:

El material que conforma el cuerpo de presa (Caso 2) es C, mientras que la fundación está representada por el material A. En este caso, el material filtro es la fundación (A) por ser de granulometría más gruesa, y el material base es el cuerpo de presa (C) por ser más fino que A.

Condición a cumplir	Cálculo de comprobación
<p>2) Considerando que el material "filtro" se refiere a aquél de granulometría más gruesa, y que el material "base" corresponde al suelo de granulometría más fina, entonces el material filtro debe ser entre 25 y 1600 veces más permeable que el material base:</p> $5 \leq \frac{d_{15 \text{ filtro}}}{d_{15 \text{ base}}} \leq 40$	$5 \leq \frac{3,2 \text{ mm}}{0,048 \text{ mm}} \leq 40$ <p style="text-align: center;">$5 \leq 66,7$ OK!</p> <p style="text-align: center;">$66,7 > 40$ NO!</p> <p style="text-align: center;">No cumple esta condición, por lo tanto, existe necesidad de colocar un filtro para el contacto presa-fundación.</p>
<p>3) El filtro no debe tener más de un 5 % de material más fino que le tamiz N° 200. De esta manera, el material carecerá de cohesión.</p>	<p style="text-align: center;">% Pasante N° 200 = 0 % ≤ 5 % OK!</p>
<p>4) Las partículas más finas del filtro deben ser capaces de retener a las partículas más gruesas del material base:</p> $1 \leq \frac{d_{15 \text{ filtro}}}{d_{85 \text{ base}}} \leq 5$	$1 \leq \frac{3,2 \text{ mm}}{0,21 \text{ mm}} \leq 5$ <p style="text-align: center;">$1 \leq 15$ OK!</p> <p style="text-align: center;">$15 > 5$ NO!</p> <p style="text-align: center;">No cumple esta condición, se corrobora la necesidad de colocar un filtro para el contacto presa-fundación.</p>

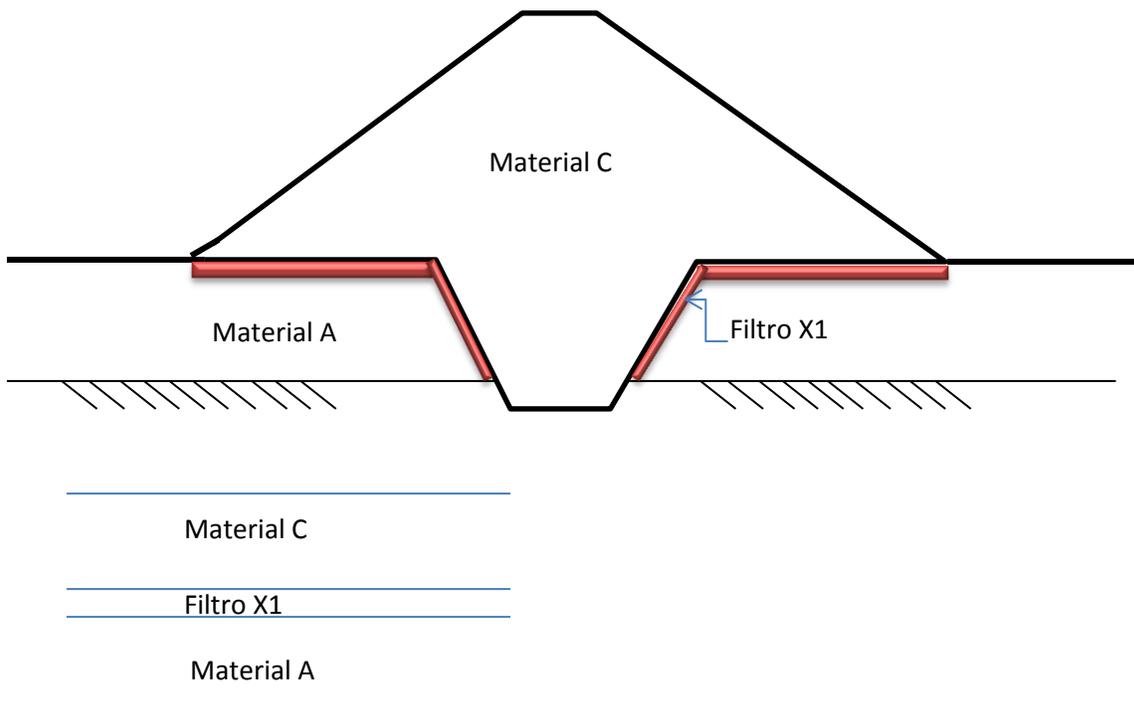
Hidráulica Fluvial

4) La curva granulométrica de los materiales filtro y base deben ser aproximadamente paralelas. Con esta condición, las relaciones establecidas en 1 y 3, se mantienen vigentes para los diámetros restantes.	Si las curvas se grafican, se observa que son aproximadamente paralelas entre sí.
5) El máximo tamaño de partícula a utilizar en un filtro será de 3 pulgadas, para evitar fenómenos de segregación y acuñamiento.	$T_{m\acute{a}x} = 3,0$ pulgadas OK!

En función de los cálculos presentados en la tabla anterior, **se concluye que existe la necesidad de colocar un filtro entre la presa y la fundación**, debido a que ambos materiales no pueden encontrarse adyacentes, ya que tienden a presentarse problemas de tubificación.

b) Diseño de filtro X1

El filtro X1 a diseñar deberá cumplir las condiciones de materiales adyacentes tanto para la presa, como para la fundación:



b.1) Contacto Presa - Filtro:

La presa representa el material base, y el material X1 es el filtro.



Hidráulica Fluvial

Se deben cumplir las condiciones para este contacto:

Condición a cumplir	Cálculo de comprobación
3) Considerando que el material "filtro" se refiere a aquél de granulometría más gruesa, y que el material "base" corresponde al suelo de granulometría más fina, entonces el material filtro debe ser entre 25 y 1600 veces más permeable que el material base: $5 \leq \frac{d_{15 \text{ filtro}}}{d_{15 \text{ base}}} \leq 40$	$5 \leq \frac{d_{15 X1}}{0,048 \text{ mm}} \leq 40$ $0,24 \text{ mm} \leq d_{15 X1} \leq 1,92 \text{ mm} \quad (1)$
5) El filtro no debe tener más de un 5 % de material más fino que le tamiz N° 200. De esta manera, el material carecerá de cohesión.	% Máximo Pasante N° 200 X1= 5 %
6) Las partículas más finas del filtro deben ser capaces de retener a las partículas más gruesas del material base: $1 \leq \frac{d_{15 \text{ filtro}}}{d_{85 \text{ base}}} \leq 5$	$1 \leq \frac{d_{15 X1}}{0,21 \text{ mm}} \leq 5$ $0,21 \text{ mm} \leq d_{15 X1} \leq 1,05 \text{ mm} \quad (2)$
6) La curva granulométrica de los materiales filtro y base deben ser aproximadamente paralelas. Con esta condición, las relaciones establecidas en 1 y 3, se mantienen vigentes para los diámetros restantes.	Si las curvas se grafican, se observa que son aproximadamente paralelas entre sí.
7) El máximo tamaño de partícula a utilizar en un filtro será de 3 pulgadas, para evitar fenómenos de segregación y acuñamiento.	T _{máx} = 3,0 pulgadas

b.2) Contacto Fundación - Filtro:

La fundación representa el material filtro, y el material X1 es la base.

De igual manera se deben cumplir las condiciones de materiales adyacentes, para este contacto:

Condición a cumplir	Cálculo de comprobación
4) Considerando que el material "filtro" se refiere a aquél de granulometría más gruesa, y que el material "base" corresponde al suelo de granulometría más fina, entonces el material filtro debe ser entre 25 y 1600 veces más permeable que el material base: $5 \leq \frac{d_{15 \text{ filtro}}}{d_{15 \text{ base}}} \leq 40$	$5 \leq \frac{3,2 \text{ mm}}{d_{15 X1}} \leq 40$ $0,08 \text{ mm} \leq d_{15 X1} \leq 0,64 \text{ mm} \quad (3)$



Hidráulica Fluvial

7) El filtro no debe tener más de un 5 % de material más fino que le tamiz N° 200. De esta manera, el material carecerá de cohesión.	% Máximo Pasante N° 200 = 0 %
8) Las partículas más finas del filtro deben ser capaces de retener a las partículas más gruesas del material base: $1 \leq \frac{d_{15 \text{ filtro}}}{d_{85 \text{ base}}} \leq 5$	$1 \leq \frac{3,2 \text{ mm}}{d_{85 \text{ X1}}} \leq 5$ $0,64 \text{ mm} \leq d_{85 \text{ X1}} \leq 3,2 \text{ mm} \quad (4)$
8) La curva granulométrica de los materiales filtro y base deben ser aproximadamente paralelas. Con esta condición, las relaciones establecidas en 1 y 3, se mantienen vigentes para los diámetros restantes.	Si las curvas se grafican, se observa que son aproximadamente paralelas entre sí.
9) El máximo tamaño de partícula a utilizar en un filtro será de 3 pulgadas, para evitar fenómenos de segregación y acuñamiento.	T _{máx} = 3,0 pulgadas

Realizando la intersección de los grupos (1), (2) y (3) que definen el d_{15} del material X1, se tiene lo siguiente:

$$0,24 \text{ mm} \leq d_{15 \text{ X1}} \leq 1,92 \text{ mm}$$

$$0,21 \text{ mm} \leq d_{15 \text{ X1}} \leq 1,05 \text{ mm}$$

$$0,08 \text{ mm} \leq d_{15 \text{ X1}} \leq 0,64 \text{ mm}$$

El rango que define los valores máximo y mínimo del d_{15} recomendado para el material X1 es:

$$0,24 \text{ mm} \leq d_{15 \text{ X1}} \leq 0,64 \text{ mm}$$

Mientras que el d_{85} del material X1 está dado, de forma directa, por el siguiente rango:

$$0,64 \text{ mm} \leq d_{85 \text{ X1}} \leq 3,2 \text{ mm}$$