

Jornada

Presentación del borrador del ANEJO NACIONAL Español del EUROCÓDIGO 7 de Segunda Generación

Madrid, 19 y 20 de noviembre 2025



EUROCODES

EN 1997

Geotechnical
design

ENTIDADES ORGANIZADORAS

UNE

Normalización
Española



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CEDEX

Jornada

Presentación del borrador del ANEJO NACIONAL Español del EUROCÓDIGO 7 de Segunda Generación

Parte 1 - Verificaciones de carácter hidráulico



Joaquín Pérez Romero

Laboratorio de Geotecnia

CEDEX

CEDEX



Contenido

1. Objeto de la presentación
2. Niveles piezométricos y presiones neutras / EN 1997-1 § 6
3. Estados límite hidráulicos [HYD ULS] / EN 1997-1 § 8
 1. Flotación [Uplift]
 2. Levantamiento hidráulico [Hydraulic heave]
4. Referencias y conclusiones

Referencias

- **Pérez Romero J (2024)** Hydraulic design – Examples on UPL-HYD. CEN/TC250/SC7 Seminar Design with 2nd Generation Eurocode 7. Guidelines and geotechnical design examples. Paris, October 2024. [PPT](#) / [COMPLETE SEMINAR](#)
- **Schweckendiek T, Estaire J, Bond AJ (2024)** Groundwater statistics in the second-generation Eurocode 7. Proceedings of the XVIII ECSMGE 2024, pp 1958-1963. CRC Press / Balkema - Taylor & Francis Group. [LINK](#)
- **van Seters A (2024)** Hydraulic design – Introduction. CEN/TC250/SC7 Seminar Design with 2nd Generation Eurocode 7. Guidelines and geotechnical design examples. Paris, October 2024. [PPT](#) / [COMPLETE SEMINAR](#)



CEDEX

UNE



1. Objeto de la presentación

En el EC7 2G aparecen aspectos novedosos sobre las verificaciones de carácter hidráulico

El Anejo Nacional no propone modificaciones en los NDP's de carácter hidráulico, pero se ha incluido esta temática en la presente jornada por su singularidad

Temas que tratar: (1) niveles piezométricos y presiones de agua; (2) estados límites hidráulicos, especialmente el levantamiento hidráulico

CEDEX

UNE



Contenido

1. Objeto de la presentación
2. Niveles piezométricos y presiones neutras / **EN 1997-1 § 6**
3. Estados límite hidráulicos [HYD ULS] / EN 1997-1 § 8
 1. Flotación [Uplift]
 2. Levantamiento hidráulico [Hydraulic heave]
4. Referencias y conclusiones



2. Niveles piezométricos y presiones del agua en el terreno

EN 1997-1:2024 (Part 1)

6 Groundwater

6.1 General

6.2 Properties of groundwater

6.3 Measurements

6.4 Representative values of groundwater pressures

6.5 Design values of groundwater pressures

CEDEX

UNE



§ 6.4 Valores representativos de las presiones de agua en el terreno

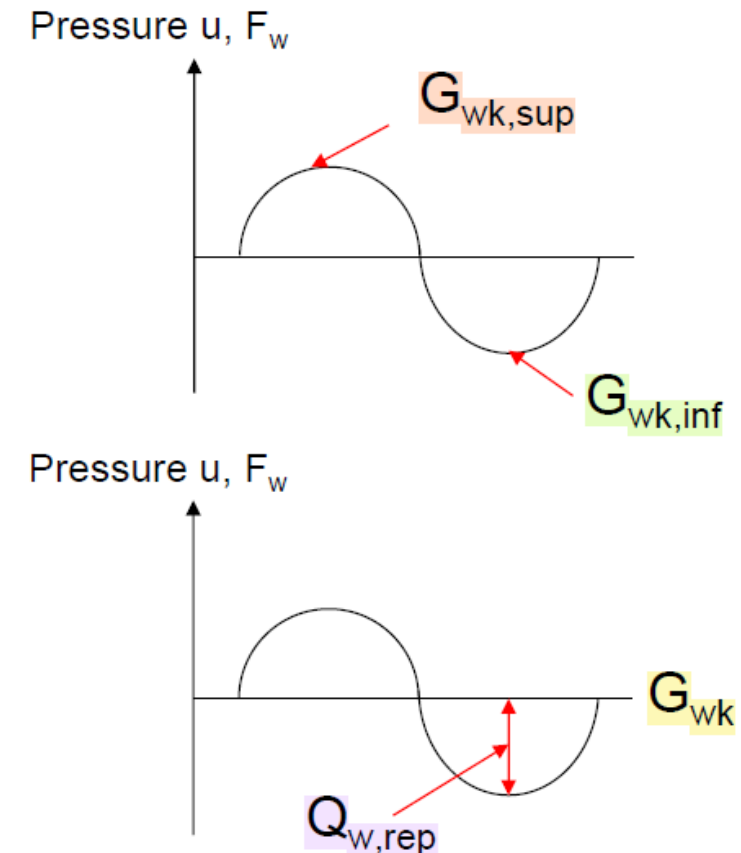
6.4 Representative values of groundwater pressures

- (1) If there is sufficient data to derive its value on the basis of the annual probability of exceedance, the representative value of groundwater pressure $F_{w,rep}$ should be selected as either:
- a single permanent value, equal to the characteristic upper $G_{wk,sup}$ or lower $G_{wk,inf}$ value of groundwater pressure (whichever is more adverse according to the considered limit state); or
 - the combination of:
 - a permanent value G_{wk} equal to the mean value of groundwater pressure, and
 - a variable value, equal to the representative value $Q_{w,rep}$ of the variation in groundwater pressure.

NOTE 1 The values of $G_{wk,sup}$ and $G_{wk,inf}$ are based on an annual probability of exceedance of 2 % (50 years return period), as given in EN 1990, 6.1.3.2

(2), (6): If not sufficient data

→ nominal values, cautious estimates



van Seters (2024)



§ 6.4 Valores representativos de las presiones de agua en el terreno

(3) The representative value $Q_{w,rep}$ of the amplitude of the variation in groundwater pressure shall be selected as one of the following, depending on the design situation:

- the characteristic value Q_{wk} ; or → 2% de probabilidad de rebasarlo (1/50 años)
- the combination value $Q_{w,comb}$; or → 5-10 % probabilidad de rebasarlo (1/20 o 1/10 años)
- the frequent value $Q_{w,freq}$; or → 1 % del periodo medio de referencia
- the quasi-permanent value $Q_{w,qper}$ → Valor medio

NOTE The values of Q_{wk} , $Q_{w,comb}$, $Q_{w,freq}$ and $Q_{w,qper}$ are based on the probabilities of exceedance given in EN 1990:2023, 6.1.3.2.

-- acción accidental → 0,1 % de probabilidad de rebasarlo (1/1000 años)

Ver también: Schweckendiek, Estaire, Bond, ECSMGE Lisbon, 2024



§ 6.5 Valores de proyecto de las presiones de agua en el terreno

6.5 Design values of groundwater pressures

6.5.1 Design values of groundwater pressures for ultimate limit state design

(1) Design values of groundwater pressures in the ultimate limit states shall be determined by one of the following methods:

- **direct assessment**; or
- applying a **deviation** to the representative **piezometric level** or to the representative **groundwater pressure**; or
- applying a **partial factor** to the representative **groundwater pressures** or to their action effects.

NOTE 1 Methods that involve **direct assessment** or **application of a deviation** are usually suitable in cases where groundwater pressures are used to **calculate shear strength from effective stresses** (e.g. overall stability analyses or retaining wall design). Application of a **partial factor** is usually suitable in cases where groundwater pressures are used to **calculate forces and bending moments on structural elements**.

NOTE 2 The value of the partial factor on actions for verification cases VC1 to VC4 is given in EN 1990:2023, Table A.1.8 (NDP).



Contenido

1. Objeto de la presentación
2. Niveles piezométricos y presiones neutras / EN 1997-1 § 6
3. Estados límite hidráulicos [HYD ULS] / **EN 1997-1 § 8**
 1. Flotación [Uplift]
 2. Levantamiento hidráulico [Hydraulic heave]
4. Referencias y conclusiones



EN 1997-1:2024 (Part 1)

8 Ultimate limit analysis

8.1 Type of ultimate limit states

8.1.1 Failure by rupture

8.1.2 Failure due to excessive deformation of the ground

8.1.3 Failure by loss of static equilibrium of the structure or ground

8.1.3.1 Loss of static equilibrium by rotation (toppling)

8.1.3.2 Loss of vertical equilibrium due to uplift

8.1.4 Hydraulic failure

8.1.4.1 General

8.1.4.2 Hydraulic heave

8.1.4.3 Internal erosion and piping

8.1.5 Failure caused by time-dependent effects

8.1.6 Failure caused by the effect of cyclic actions

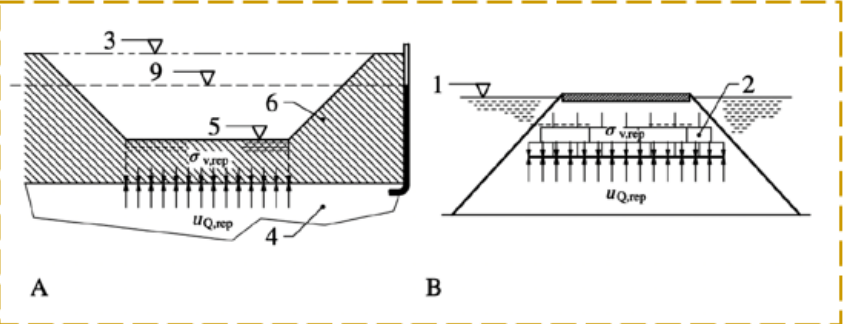
CEDEX

UNE



§ 8.1.3.2 Pérdida de equilibrio vertical por flotación (uplift)

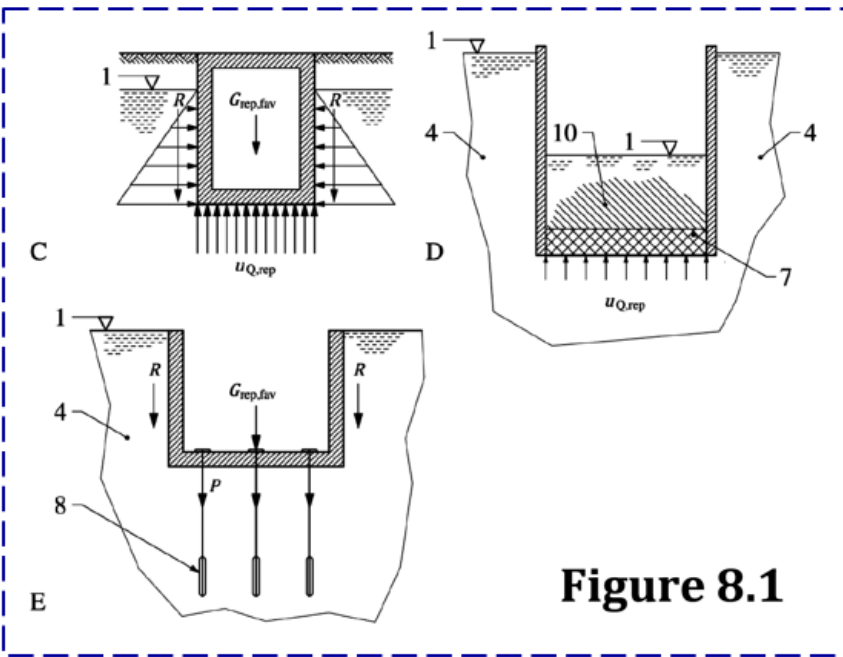
Pérez-Romero J (2024) Hydraulic design examples, Paris, October 2024



Non-rigid body



TC 250 SC7



Rigid body

Loss of vertical equilibrium due to uplift (§ 8.1.3.2)

Examples of design situations where uplift might be critical

Key

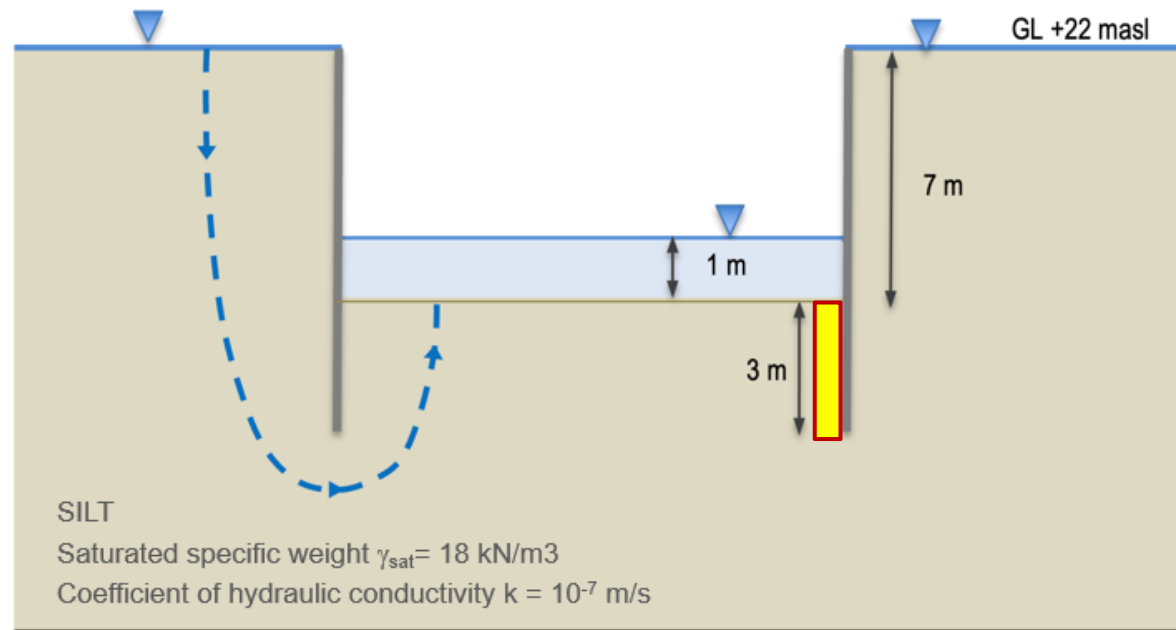
- | | | | |
|---|-----------------------|----|---------------------------------------|
| 1 | groundwater table | 7 | clay |
| 2 | light-weight material | 8 | injected sand |
| 4 | former ground surface | 9 | anchor |
| 5 | soil/sand | 10 | groundwater table in underlaying soil |
| 6 | dewatered level | 11 | sand/soil inside slab |

Figure 8.1



§ 8.1.4.2 Rotura por levantamiento hidráulico (hydraulic heave)

Pérez-Romero J (2024) Hydraulic design examples, Paris, October 2024



Seepage under a diaphragm wall

The example deals with the seepage under a diaphragm wall that has been built for an open excavation in silt. The ground surface is located at 22 masl, and the excavation is 7 m deep. The foot of the wall is at 12 masl, hence the embedment depth of the wall is $z=3 \text{ m}$. In plan the excavation has a rectangular shape 32 m width and 120 m long, thus allowing for a 2D analysis of the seepage of water and the study of heave risk.

The regional GWL is located at the ground surface, and the water level within the pit is kept 1 m above the bottom of the excavation depth.

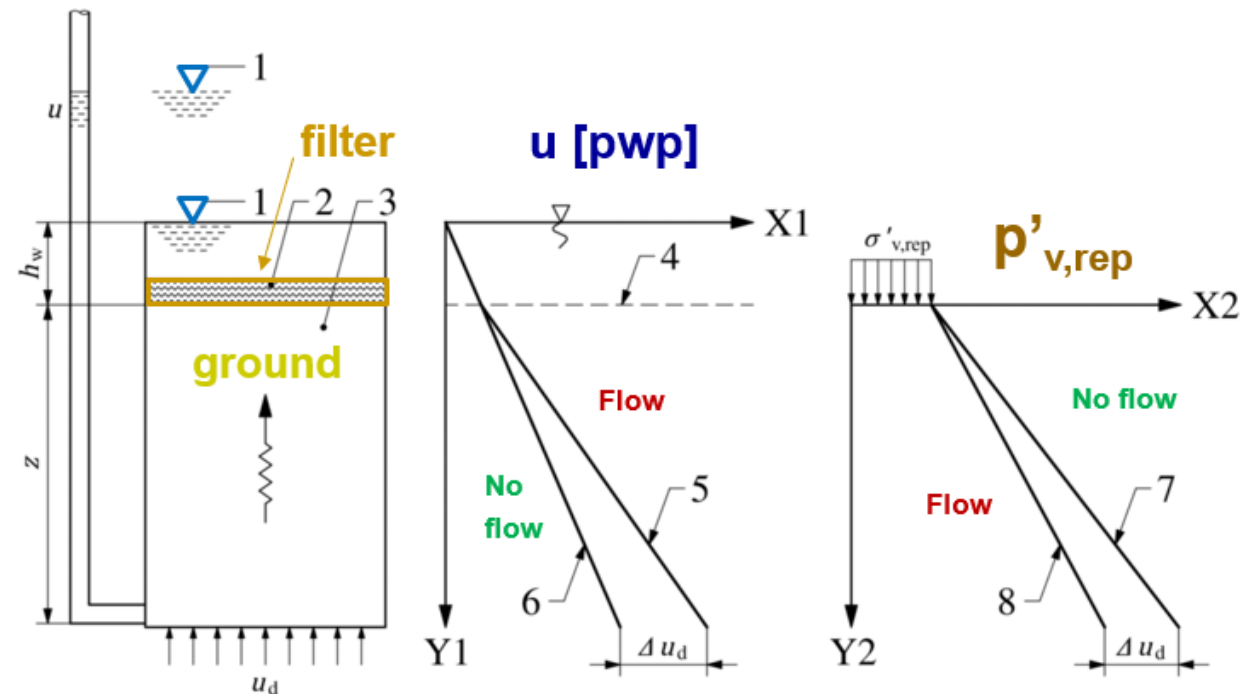


§ 8.1.4.2 Rotura por levantamiento hidráulico (hydraulic heave)

(2) In cases of upward-flowing groundwater, it shall be verified that sufficient effective stress exists in the ground to support the self-weight of the ground and any supported structures, vehicles, and personnel.

Key

- 1 water level
- 2 filter
- 3 ground
- 4 $\gamma_{\text{gw,rep}} h_w$
- 5 u_d (in presence of flow)
- 6 u_0 (in absence of flow)
- 7 $\sigma'_{v,0}$ (in absence of flow)
- 8 $\sigma'_{v,d}$ (in presence of flow)
- 9 h_w vertical distance from the surface water level to the ground
- X1 water pressure u
- Y1 depth below surface water
- X2 effective vertical stress σ'_v
- Y2 depth





§ 8.1.4.2 Rotura por levantamiento hidráulico (hydraulic heave)

(2) In cases of upward-flowing groundwater, it shall be verified that sufficient effective stress exists in the ground to support the self-weight of the ground and any supported structures, vehicles, and personnel.

$$\Delta u_d \leq \gamma_{HYD} (\gamma_{rep} - \gamma_{w,rep})z + \gamma_{pv} p'_{v,rep} \quad (8.3)$$

Δu_d is the design excess groundwater pressure = $u_d - u_0$;

u_d is the design groundwater pressure in the presence of flow;

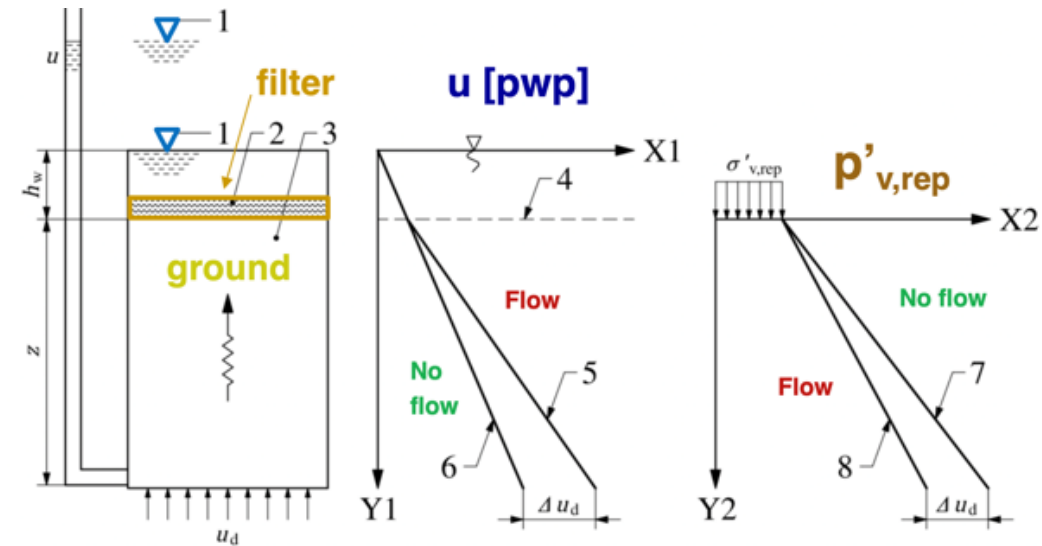
u_0 is the groundwater pressure in the absence of flow (hydrostatic) = $\gamma_{w,rep}(z + h_w)$;

$\gamma_{w,rep}$ is the representative weight density of the groundwater;

z is the vertical distance of the point in the ground below the ground surface (not including any overlying fill);

γ_{rep} is the representative weight density of the ground;

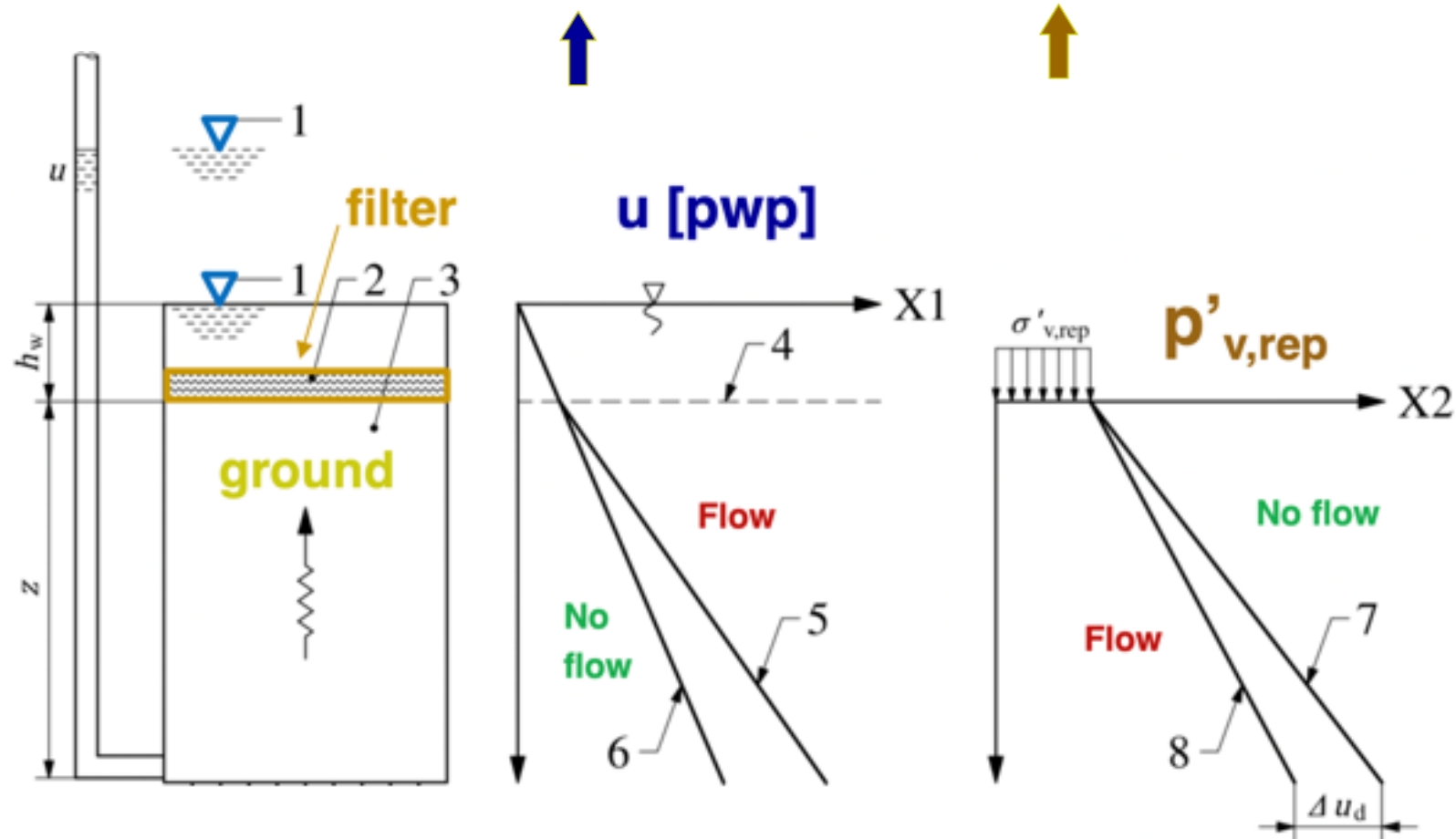
$p'_{v,rep}$ is the representative value of any effective overburden pressure at the ground surface;





§ 8.1.4.2 Rotura por levantamiento hidráulico (hydraulic heave)

$$\Delta u_d \leq \gamma_{HYD} (\gamma_{rep} - \gamma_{w,rep}) Z + \gamma_{pv} p'_{v,rep}$$





§ 8.1.4.2 Rotura por levantamiento hidráulico (hydraulic heave)

$$\Delta u_d \leq \gamma_{HYD} (\gamma_{rep} - \gamma_{w,rep})z + \gamma_{pv} p'_{v,rep}$$

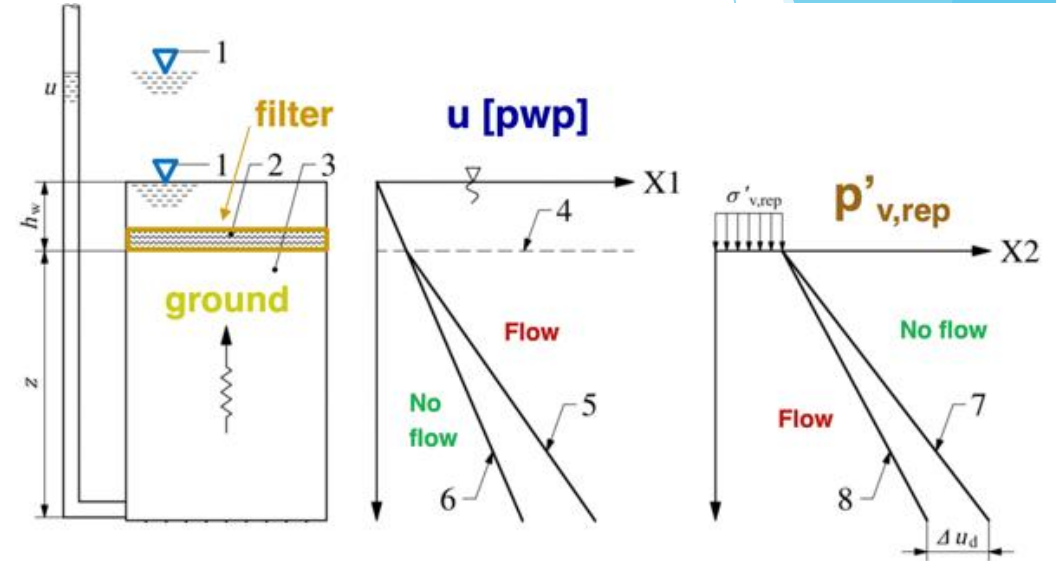


γ_{HYD} is a partial factor for hydraulic heave;

γ_{pv} is a partial factor on the effective overburden pressure.

NOTE 1 The purpose of the factor γ_{HYD} is to ensure that the effective stress in the ground remains positive and to allow for local variations of stresses at a granular scale, relevant to hydraulic failures.

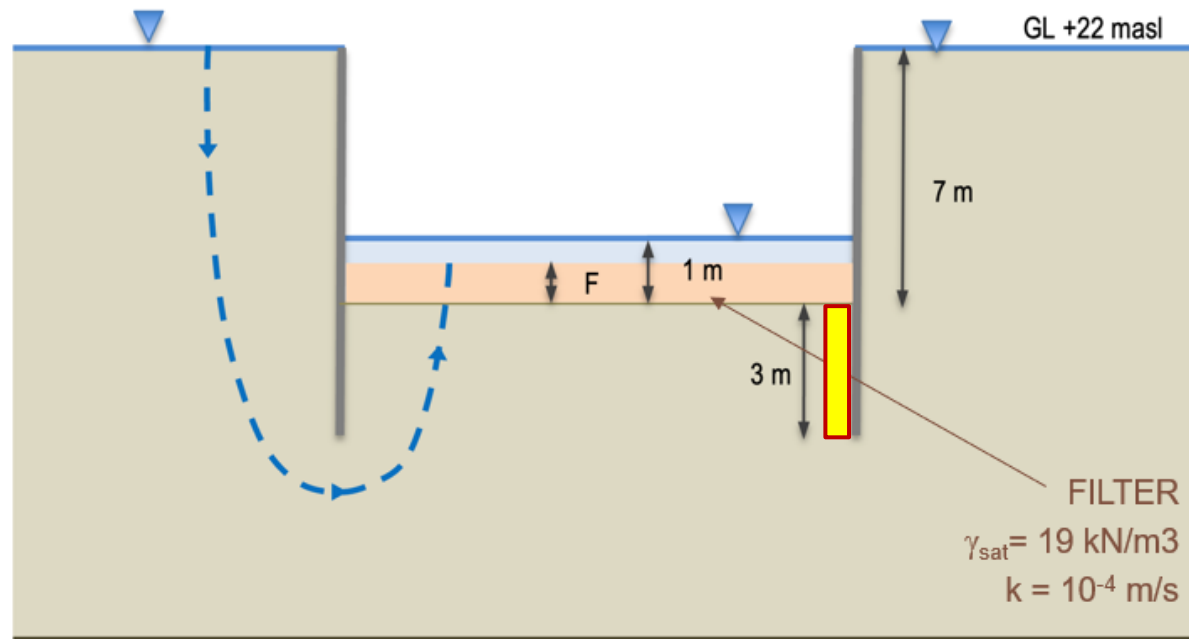
NOTE 2 The values of γ_{HYD} and γ_{pv} are both 0,67 unless the National Annex gives different values.





§ 8.1.4.2 Rotura por levantamiento hidráulico (hydraulic heave)

Pérez-Romero J (2024) Hydraulic design examples, Paris, October 2024



Seepage under a diaphragm wall – with a granular filter

The properties of the natural ground remain the same, and the properties of the filter are [$\gamma_{\text{sat}} = 19 \text{ kN/m}^3$; $k = 1.10^{-4} \text{ m/s}$]. For simplicity, it is considered that the specific weight of the filter does not change regardless its saturation ratio



Levantamiento hidráulico - comparación EC7 vigente / EC7 2Gen

Pérez-Romero J (2024) Hydraulic design examples, Paris, October 2024

Comparación entre el EC7 vigente y el EC7 2 Generación

En el código actual, la verificación del ELU de levantamiento hidráulico puede realizarse de dos maneras diferentes: (1) comparando, para cada columna de suelo relevante, que el valor de diseño de la presión intersticial desestabilizadora en la parte inferior de la columna sea menor o igual que el valor de diseño de la tensión vertical total [eq 2.9a], o (2) comparando que el valor de diseño de la fuerza de filtración en la columna sea menor o igual que el peso sumergido de la misma columna.

$$u_{dst;d} \leq \sigma_{stb;d} \quad (2.9a)$$

$$S_{dst;d} \leq G'_{stb;d} \quad (2.9b)$$

En el nuevo EC7 ya no se hace referencia a las fuerzas de filtración ni a los pesos sumergidos. En su lugar, se adopta un enfoque más racional y general que garantiza que la tensión efectiva en el terreno se mantenga positiva.

En lo que respecta a los factores parciales, el código actual indica un valor de 1,35 para las acciones permanentes desfavorables y un valor de 0,90 para las acciones permanentes favorables. En el nuevo EC7, deben utilizarse dos factores [g_{HYD} , g_{PV}] y su valor es equivalente al indicado en el código actual ($0,67 = 0,90 / 1,35$), por lo que no hay diferencia en la práctica. El valor indicado para este factor [$g_{HYD} = 0,67$] también permite variaciones locales de tensiones a escala granular, relevantes para fallos hidráulicos.



Estados límites hidráulicos - enfoque en otras guías y normas españolas

- ROM 0.5-05
- CTE-DB-SE-C



Estados límites hidráulicos - enfoque en guías y normas españolas

TIPO DE ELU	ROM 0.5-05
Flotación	Apartado 4.6.3.1 Verificación de la seguridad frente al levantamiento del dique debido a las subpresiones Se considera un ELU tipo UPL (fallos debidos al exceso de presión de agua); coeficientes parciales según tabla 3.3.2 $F_1 \geq 1,3$ para combinaciones cuasi-permanentes. $F_2 \geq 1,2$ para combinaciones fundamentales. $F_3 \geq 1,1$ para combinaciones accidentales y sísmicas.



Estados límites hidráulicos - enfoque en guías y normas españolas

TIPO DE ELU	ROM 0.5-05 Apartado 3.4 Filtraciones y Consolidación								
Levantamiento hidráulico	Apartado 3.4.6 El problema del levantamiento de fondo El nivel de seguridad se expresa comparando el gradiente hidráulico ascendente y el peso específico sumergido del terreno. Se considera un ELU tipo GEO y no HYD por lo que mayoran por 1,3 las acciones variables. [los niveles de agua se consideran permanentes y no se mayoran] Tabla 3.4.2. Coeficientes de seguridad mínimos frente al levantamiento de fondo. ISA bajo (5 a 19) <table><tr><th>Tipo de combinación de acciones</th><th>Coeficiente F</th></tr><tr><td>Cuasi-permanentes, F1</td><td>1,5</td></tr><tr><td>Fundamentales, F2</td><td>1,3</td></tr><tr><td>Accidentales o Sísmicas, F3</td><td>1,1</td></tr></table>	Tipo de combinación de acciones	Coeficiente F	Cuasi-permanentes, F1	1,5	Fundamentales, F2	1,3	Accidentales o Sísmicas, F3	1,1
Tipo de combinación de acciones	Coeficiente F								
Cuasi-permanentes, F1	1,5								
Fundamentales, F2	1,3								
Accidentales o Sísmicas, F3	1,1								



Estados límites hidráulicos - enfoque en guías y normas españolas

TIPO DE ELU	ROM 0.5-05 Apartado 3.3.6 Coeficientes de ponderación parciales de las acciones (en las ROM la resistencia del terreno no se minora)
-------------	---

Tabla 3.3.2. Coeficientes de ponderación parciales* de las acciones para la verificación de modos de fallo adscritos a Estados Límite Últimos (ELU). Combinaciones fundamentales.

Acción	Símbolo	Tipo de modo de fallo				
		EQU	STR	GEO	UPL	HYD
Permanente						
Desfavorable	γ_g	1,10	1,35	1,00	1,00	1,35
Favorable		0,90	1,00	1,00	0,90	0,90
Variable						
Desfavorable	γ_q	1,50	1,50	1,30	1,50	1,50
Favorable		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

(*) Estos coeficientes no son de aplicación en aquellas obras en que por criterios de optimización económica no puedan admitirse probabilidades de ocurrencia de los modos de fallo geotécnicos similares a las consideradas con carácter general en esta ROM (p.e. en los diques de abrigo). Ver comentario del apartado 3.3.5.3



Estados límites hidráulicos - enfoque en guías y normas españolas

TIPO DE ELU	CTE-DB-SE-C Apartado 7.4 Gestión del agua
Flotación o subpresión	Se denomina rotura por subpresión $E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$ $E_{d,dst} = G_{d,dst} + Q_{d,dst}$$E_{d,stb} = G_{d,stb}$ Coeficientes de ponderación: Acciones desestabilizadoras [1.0] permanentes [1.5] variables Acciones estabilizadoras [0.9] permanentes [0.0] variables Resistencia del terreno [1.25] drenada [1.40] no drenada



Estados límites hidráulicos - enfoque en guías y normas españolas

TIPO DE ELU	CTE-DB-SE-C Apartado 6.3 Pantallas Apartado 6.3.2.2.2 Estabilidad del fondo de la excavación
Levantamiento hidráulico	Se denomina seguridad frente al sifonamiento (6.3.2.2.3.8) Se asocia a un excesivo valor del gradiente hidráulico, pero la condición para limitarlo consiste, precisamente, en que no anule la presión vertical efectiva La seguridad frente al sifonamiento se estudiará minorando el gradiente crítico del terreno, i_{cr}, por un factor, $\gamma_M = 2$. $i_r \leq i_{cr} / \gamma_M \tag{6.15}$ siendo i_r el gradiente real en sentido vertical, en un determinado punto; i_{cr} el gradiente que anula la tensión efectiva vertical en dicho punto.



ELU hidráulicos - posible correspondencia de términos inglés / español

ENGLISH	ESPAÑOL
Failure by uplift	Rotura por flotación o subpresión
Failure by hydraulic heave	Rotura por levantamiento hidráulico
Failure by internal erosion or piping	Rotura por erosión interna o tubificación

Referencias

- Pérez Romero J (2024) Hydraulic design – Examples on UPL-HYD. CEN/TC250/SC7 Seminar Design with 2nd Generation Eurocode 7. Guidelines and geotechnical design examples. Paris, October 2024. [PPT](#) / [COMPLETE SEMINAR](#)
- Schweckendiek T, Estaire J, Bond AJ (2024) Groundwater statistics in the second-generation Eurocode 7. Proceedings of the XVIII ECSMGE 2024, pp 1958-1963. CRC Press / Balkema - Taylor & Francis Group. [LINK](#)
- van Seters A (2024) Hydraulic design – Introduction. CEN/TC250/SC7 Seminar Design with 2nd Generation Eurocode 7. Guidelines and geotechnical design examples. Paris, October 2024. [PPT](#) / [COMPLETE SEMINAR](#)



CEDEX

UNE



Conclusiones - Verificaciones de carácter hidráulico

- No se han encontrado motivos que justifiquen la adopción de NDPs en el Anejo Nacional diferentes a los considerados en el EC7 2Gen
- En el nuevo EC7 se indica el modo para determinar los niveles piezométricos y las presiones intersticiales (o neutras), tanto en sus valores representativos como de proyecto
- En particular, el enfoque que propone el EC7 2Gen sobre el levantamiento hidráulico [hydraulic heave] incorpora novedades relevantes respecto del EC7 vigente:
 - ✓ Se impone como condición **mantener las presiones efectivas positivas** (con cierto margen de seguridad)
 - ✓ Desaparecen las referencias a fuerzas de filtración o pesos sumergidos
 - ✓ Se menciona la posible presencia de un filtro granular
- Se han revisado los enfoques en otras guías y normas españolas
- Se muestran posibles correspondencias entre términos en inglés y castellano

Gracias por su atención



CEDEX

UNE

Jornada

Presentación del borrador del
ANEJO NACIONAL Español del
EUROCÓDIGO 7 de Segunda Generación

Parte 1 - Verificaciones de carácter hidráulico



Joaquín Pérez Romero

Laboratorio de Geotecnia

joaquin.perez@cedex.es

CEDEX