

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 3 - Capítulo 9: ESTRUCTURAS DE SUELO REFORZADO



Ivan Puig Damians
(E-mail: ivan.puig@upc.edu)



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

igs^{Reinforcement}

CIMNE^R
INTERNATIONAL CENTRE
FOR NUMERICAL METHODS
IN ENGINEERING



A member of
Bouygues Construction

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 3 - Capítulo 9: ESTRUCTURAS DE SUELO REFORZADO



Ivan Puig Damians

(E-mail: ivan.puig@upc.edu)

Roberto Jesús Luis Fonseca, Julio Prieto,
Ignacio Diego, Pedro Fernández, Laura
Molano, Juan-Antonio Rodríguez, Marcus
Lindon, Adolfo Rincón, Jorge Ibarra



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

CIMNE[®]
INTERNATIONAL CENTRE
FOR NUMERICAL METHODS
IN ENGINEERING

BIANCHINI INGENIERO
MACCAFERRI **B**

igs



HUESKER
Ideas. Ingenieros. Innovación.



AECOM



BRUGG
Geobrugg

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



Contenido

1. Objeto del Capítulo 9
2. Particularidades del Capítulo 9
3. Estadística de NDPs (tablas- párrafos)
4. NDP 1-profundidad mínima de investigación geotécnica
5. NDP 2-geosintéticos: factores de reducción
6. NDP 3-acero: factor de concentración de la corrosión
7. NDP 4-Estados Límite Últimos: factores parciales
8. NDPs pendientes de desarrollo (NCCI)



1. Objeto del Capítulo 9

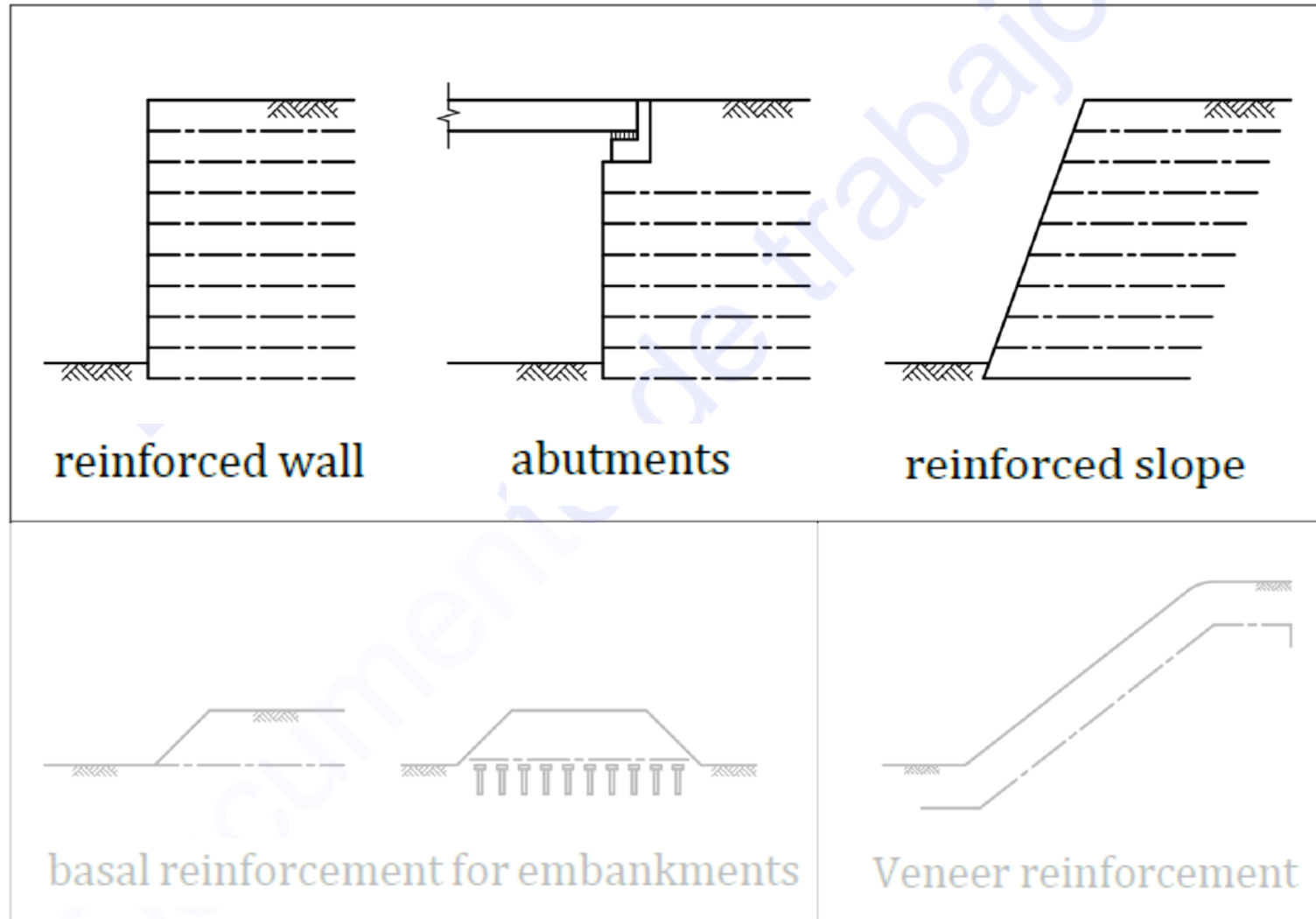
Estructuras de suelo reforzado

9	Reinforced fill structures.....	145
9.1	Scope and field of application	145
9.2	Basis of design	146
9.3	Materials	150
9.4	Groundwater	158
9.5	Geotechnical analysis.....	158
9.6	Ultimate limit states	165
9.7	Serviceability limit states	171
9.8	Implementation of design.....	171
9.9	Testing	172
9.10	Reporting.....	172
Annex F (informative) Reinforced fill structures.....		316
F.1	Use of this annex	316
F.2	Scope and field of application	316
F.3	Calculation models for reinforced fill structures.....	316
F.4	Calculation models for basal reinforced of embankment on weak soil.....	319
F.5	Calculation models for overbridging systems.....	320
F.6	Veneer reinforcement.....	320
F.7	Typical grades of steel used for soil reinforcement elements	321

1. Objeto del Capítulo 9

Estructuras de suelo reforzado

Figure 9.1 — Reinforced fill structures within the scope of Clause 9



2. Particularidades del Capítulo 9

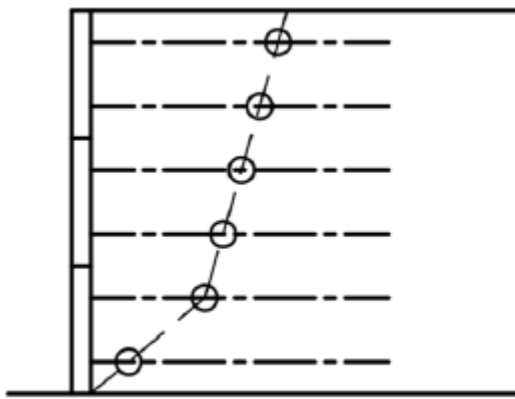
- ▶ Capítulo nuevo (inexistente en la 1ª generación del Eurocódigo → temario no explícitamente integrado en el de estructuras de contención ¿?).
- ▶ Temática muy ligada a la industria con sistemas de suelo reforzado comerciales registrados/patentados...; tanto en términos de producto entero como en sus componentes y equipos/accesorios...
- ▶ Consistencia requerida con otros eurocódigos según la definición particular de un sistema de suelo reforzado dado (tipo de paramento, refuerzo, conexiones, etc.).
- ▶ Valores de diseño por defecto (conservadores) inexistentes y necesarios en la versatilidad de diseño de las estructuras de suelo reforzado → SC7 con fuerte énfasis experimental para la obtención de –todos los– valores paramétricos.
- ▶ Verificación de estabilidades externa, interna, y combinada/mixta (¿≠global?) → diferentes métodos (¿compatibles?).
- ▶ Métodos numéricos como herramienta de diseño → existen ciertas particularidades en los sistemas de suelo reforzado (interfaces suelo-estructura, refuerzos discretos, apoyos, sistemas paramento, procesos constructivos, suelo de cimentación, etc.).



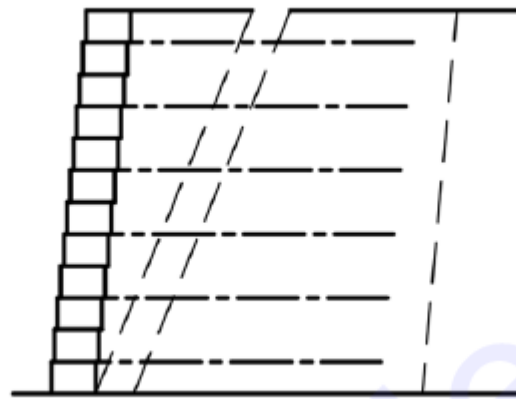
2. Particularidades del Capítulo 9

Estados límite últimos (ELU)

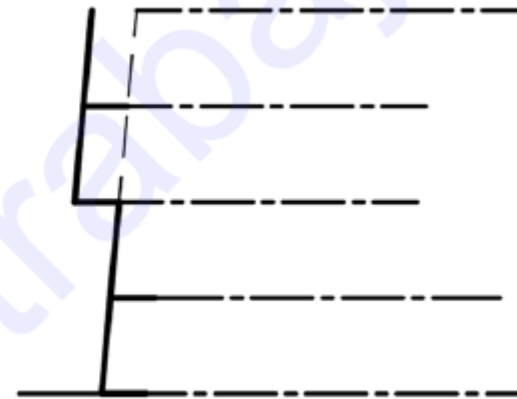
...para mecanismos de rotura internos:



tensile failure,



pull-out of reinforcing elements,



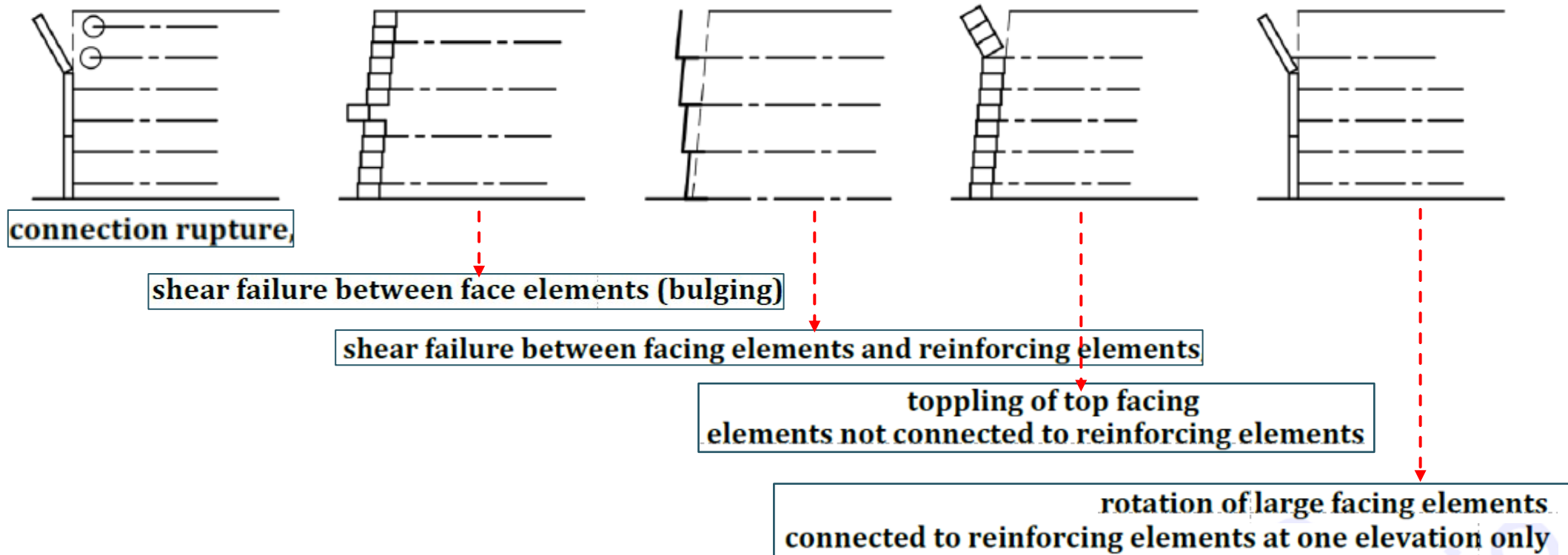
sliding along the
interface between fill
and reinforcing elements.



2. Particularidades del Capítulo 9

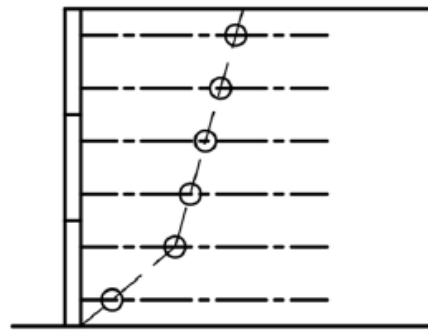
Estados límite últimos (ELU)

...para los sistemas de paramento y conexiones:

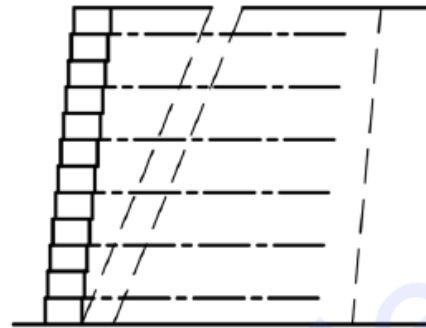


2. Particularidades del Capítulo 9

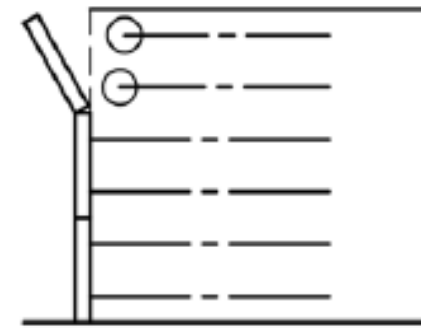
ELU → verificación de la estabilidad interna:



tensile failure,



pull-out of reinforcing elements,



connection rupture,

9.5.2.1 Reinforced slopes, walls, and bridge abutments

(1) Internal failure mechanisms in reinforced slopes, walls, and bridge abutments should be verified using one or more of the following:

- coherent gravity method;
- multiple wedge method; or
- tie-back wedge method;
- slope stability methods.

(2) As an alternative to (1), a **numerical method** may be used provided it has been calibrated for the specific reinforced fill system and validated for the specific design situation.

(3) **Methods other than those given in (1)** may be used, provided they have been validated in accordance with EN 1997-1:2024, 7.1.1.



2. Particularidades del Capítulo 9

Estados límite de servicio (ELS)...



(1) In addition to EN 1997-1:2024, Clause 9, the following potential serviceability limit states **shall** be verified for all reinforced structures:

- deformations of the reinforced fill structure itself;
- differential settlement along the facing due to subsoil deformation;
- differential movement between facing and reinforcing element;
- deformation of the reinforced fill structure, which can cause serviceability limit states of nearby structures or services that rely on it;
- bulging and deformation of the face; and
- cracking or spalling of precast facing elements due to differential settlement or movement.

¿?



CEDEX

UNE

3. Estadística de NDPs

- Párrafos (y tablas vinculadas) a tratar en el Anejo Nacional:

9.2.7.2(1)	9.3.3(6)	9.3.4(16) – 2 choices	9.3.7(1)
9.6.2.1(1)	9.6.2.3(1)	9.6.7(1) – 2 choices	
Annex F (informative)			

9.2.7 Ground investigation

9.2.7.2 Minimum extent of field investigation

9.3 Materials

9.3.3 Geosynthetics

9.3.4 Steel

9.3.7 Other materials

9.6.2 Tensile resistance

9.6.2.1 Geosynthetics

9.6.2.3 Polymeric coated steel woven wire mesh

9.6.7 Partial factors





Contenido

1. Objeto del Capítulo 9
2. Particularidades del Capítulo 9
3. Estadística de NDPs (tablas- párrafos)
4. **NDP 1-profundidad mínima de investigación geotécnica**
5. **NDP 2-geosintéticos: factores de reducción**
6. **NDP 3-acero: factor de concentración de la corrosión**
7. **NDP 4-Estados Límite Últimos: factores parciales**
8. NDPs pendientes de desarrollo (NCCI)

4. NDP 1—prof. mínima de investigación geotécnica

9.2.7.2 Minimum extent of field investigation

Table 9.1 (NDP) — Minimum depth of field investigation for reinforced fill structures

Application	Minimum depth
Vertical or near vertical reinforced fill structures and abutments	As given in 7.2.7.2 for gravity walls
Reinforced slope, basal reinforcement, and reinforced embankments	As given in 4.2.7.2

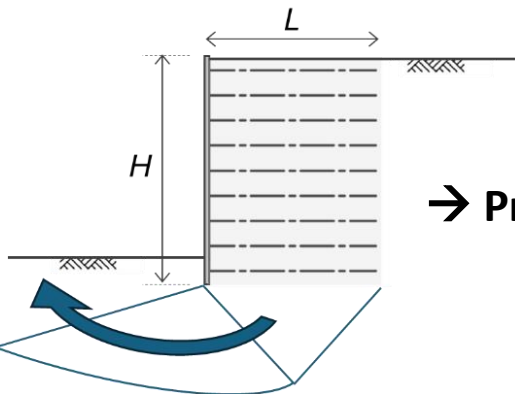
Table 7.1 (NDP) Minimum depth of field investigation for retaining structures^a

Application	Minimum depth	Illustration
Gravity walls	$d_{\min} = \max\{H_{\text{ret}}; 6 \text{ m}\}$ from foundation level Depending on the foundation type, see also sub-clauses 5.2.7.2 or 6.2.7.2	

Table 4.1 (NDP) — Minimum depth of field investigation of slopes, cuttings, and embankments

Application	Minimum depth	Illustration
Cuttings	$d_{\min} = 1,4 h$	
Embankments ^a	$d_{\min} = \max\{1,2 h; h_{\text{com}} + 2 \text{ m}\}$	

^a h_{com} is the depth to the bottom of a compressible soil layer or of the zone of influence. h_{com} is measured from the same position as $d_{\min}$.



→ Propuesta: $d_{\min} = \max\{H_{\text{ret}}; 1.25L_{\text{reinf}}; 6 \text{ m}\}$

Nota: L_{reinf} → longitud media del tercio inferior de la altura del muro



5. NDP 2—Geosintéticos: factores de reducción



9.3.3 Geosynthetics

- (4) The representative tensile resistance $R_{t,el,rep}$ of a geosynthetic reinforcing element shall be determined from:

$$R_{t,el,rep} = \eta_{gs} T_k \quad (9.1)$$

T_k is the characteristic tensile strength of the reinforcing element see (2); and

η_{gs} is a reduction factor accounting for anticipated loss of strength with time and other influences.


$$\eta_{gs} = \eta_{cr} \cdot \eta_{dmg} \cdot \eta_w \cdot \eta_{ch} \cdot \eta_{dyn} \cdot \eta_{js} \quad (9.2)$$

- | | | |
|--|--------------|--|
|  | η_{cr} | is a conversion factor accounting for the adverse effect of tensile creep due to sustained static load over the design service life of the structure at the design temperature; |
| | η_{dmg} | is a conversion factor accounting for the adverse effects of mechanical damage during transportation, installation and execution; |
| | η_w | is a conversion factor accounting for the adverse effects of weathering; |
| | η_{ch} | is a conversion factor accounting for the adverse effects of chemical and biological degradation of the reinforcing element over the design service life of the structure at the design temperature; |
| | η_{dyn} | Is a conversion factor accounting for the adverse effects of intense and repeated loading over the design service life of the structure (fatigue); and |
| | η_{js} | is a conversion factor accounting for the adverse effects of joints and seams between reinforcing elements. |

5. NDP 2—Geosintéticos: factores de reducción

9.3.3 Geosynthetics

$$\eta_{gs} = \eta_{cr} \cdot \eta_{dmg} \cdot \eta_w \cdot \eta_{ch} \cdot \eta_{dyn} \cdot \eta_{js} \quad (9.2)$$

NOTE 4 Guidance for the determination of values of η_{cr} , η_{dmg} , η_w , and η_{ch} are given in ISO/TS 20432 and values of η_{dyn} are given in EB GEO, unless the National Annex gives different values.

9.6.2 Tensile resistance

9.6.2.1 Geosynthetics

(1) The design tensile resistance ($R_{t,el,d}$) of a geosynthetic reinforcing element shall be determined from:

$$R_{t,el,d} = \frac{R_{t,el,rep}}{\gamma_{Rd,gs} \gamma_{M,gs}} \quad (9.17)$$

$R_{t,el,rep}$ is the representative tensile resistance of the reinforcing element;

$\gamma_{M,gs}$ is a partial factor, given in 9.6.7; and → ...Tabla 9.4 (NDP)

$\gamma_{Rd,gs}$ is a model factor.

NOTE The value of $\gamma_{Rd,gs}$ is equal to the value of f_s given in ISO/TS 20432 unless the National Annex gives a different value.

In addition to the reduction factors, a factor of safety, f_s , takes into account the statistical variation in the reduction factors calculated (see 6.1). It does not consider the uncertainties related to the soil structure and the calculation of loads.



5. NDP 2—Geosintéticos: factores de reducción

9.3.3 Geosynthetics

$$\eta_{gs} = \eta_{cr} \cdot \eta_{dmg} \cdot \eta_w \cdot \eta_{ch} \cdot \eta_{dyn} \cdot \eta_{js}$$

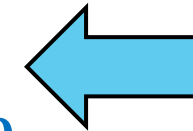
$\gamma_{Rd,gs}$

(9.2)

(9.17)

		η_{gs}
Daños en la instalación, η_{dmg}		1 / 1.50 (fomentar el ensayo)
Fluencia, η_{cr}	Aramida, Poliamida, Poliéster, Polivinilo alcohol	1 / 2.00
	Polietileno	1 / 3.50
	Polipropileno	1 / 4.00
Degradación química, η_{ch}		1 / 1.30
Meteorización/desgaste, η_w		1 / 1.15
Efectos dinámicos, η_{dyn}		¿ 1.0 ?
Juntas y solapes, η_{js}		¿ 1.0 ?
...variación estadística, $\gamma_{Rd,gs} \rightarrow f_s$		1.10

→ Factor de reducción global (por defecto): $1/5 < \eta_{gs} < 1/10$
(η_{gs} (sin el creep) = 1/2.5)



CEDEX

UNE

6. NDP 3—Acero: coeficiente de concentración de la corrosión



(10) The design tensile resistance of steel reinforcing elements in reinforced fill structures $R_{t,el,d}$ shall be determined from:

$$R_{t,el,d} = A_r f_{yd} \quad (9.3)$$

where

f_{yd} is the design yield strength of the steel:
for structural steel complying with EN 10025 (all parts), $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$, where f_y is the yield strength of the steel and γ_{M0} is a partial factor; and
for reinforcing steel complying with EN 10080, $f_{yd} = f_{0.2k} / \gamma_s$ where $f_{0.2k}$ is the characteristic proof strength at 0,2 % strain of the steel and γ_s is a partial factor;

A_r is the reduced gross cross-sectional area of the reinforcing element at the weakest section, allowing for the effects of potential corrosion.

NOTE Values of γ_{M0} and γ_s are given in 9.6.7.

6. NDP 3—Acero: coeficiente de concentración de la corrosión

(16) For soils and fills that comply with the electro-chemical properties of Table B.1 of EN 14475:2006, the value of Δe shall be determined from:

$$\Delta e = k_{cc} \max\{A \cdot T^n - e_z; 0\}$$

where

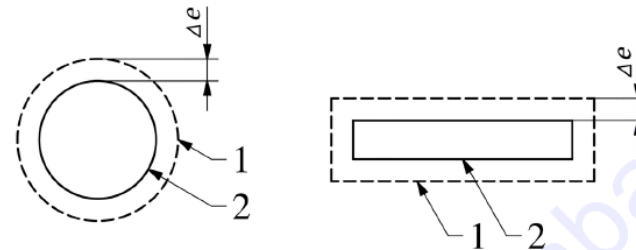
A is the loss of metal (i

T is the design service

n is an exponent accou

e_z is the initial local zin

k_{cc} is a corrosion conce
depending on the ste



(9.5)

Table 9.3 (NDP) — Corrosion concentration factor, k_{cc}

Steel	Strip thickness ^a (mm)	Bar diameter (mm)	Corrosion concentration factor $k_{cc}^{b,c}$ For steel reinforcing elements (depending on the strength distribution across its section)	
			Uniform strength distribution	Non-uniform (or unknown) strength distribution
Galvanized	4-6	6-18	1,7	2,0
	> 12	> 40	1,0	1,0
Non-galvanized	4-6	6-18	2,5	3,0
	> 12	> 40	1,0	1,0

^a For strips 6 mm to 12 mm thick and bars 18 mm to 40 mm in diameter, interpolate between the values given.

^b Some manufacturing methods result in steel properties varying across the section with higher strengths towards the outer surface. This can affect tensile resistance disproportionately.

^c See Annex F.7

F.7 Typical grades of steel used for soil reinforcement elements



CEDEX

UNE

7. NDP 4—Est. Límite Últimos: factores parciales



Table 9.4 (NDP) — Partial factors for the verification of resistance of reinforced fill structures for fundamental (persistent and transient) design situations

Verification of	Partial factor on		Symbol	Material Factor Approach	Resistance Factor Approach
Overall and compound failure mechanisms	Enfoque del Factor de Resistencias (RFA)				
Bearing resistance and sliding					
Overturning	See Clause 7				
Internal failure mechanisms	Actions, Effect of actions		γ_R, γ_E	VC3 ^a	VC1 ^a
	Ground properties		γ_M	M2 ^b	Not factored
Pull-out and direct shear	Pull-out resistance of reinforcing elements		$\gamma_{R,p}$	Not factored	1,25
	Resistance to direct shear along interface		$\gamma_{R,i}$	Not factored	1,25
Rupture of reinforcing elements	Tensile resistance of	geosynthetic reinforcing elements	$\gamma_{R,g}$	1,15 / 1,25	
		structural steel per EN 10025-2 or EN 10025-4	$\gamma_{R,s}$	(1,0)	
			$\gamma_{R,s}$	(1,25)	
		reinforcing steel per EN 10080	γ_R	(1,15)	
			γ_R	1,25	
		polymeric coated steel wire mesh reinforcing elements	$\gamma_{R,pms}$	1,25	
Rupture of connections to facing	Tensile resistance at connection	Reinforcing elements	$\gamma_{R,con,el}$	As specified above for rupture of reinforcing elements	
		Connectors	$\gamma_{R,con,c}$	As specified in the relevant material Eurocode	
		Facing elements	$\gamma_{R,con,f}$	As specified in the relevant material Eurocode	

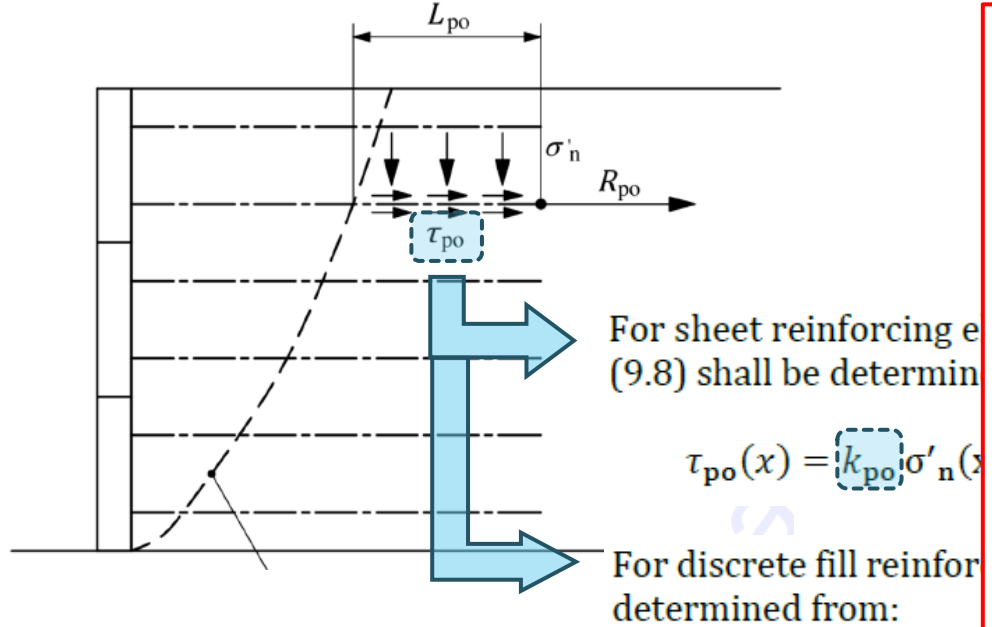




Contenido

1. Objeto del Capítulo 9
2. Particularidades del Capítulo 9
3. Estadística de NDPs (tablas- párrafos)
4. NDP 1-profundidad mínima de investigación geotécnica
5. NDP 2-geosintéticos: factores de reducción
6. NDP 3-acero: factor de concentración de la corrosión
7. NDP 4-Estados Límite Últimos: factores parciales
8. **NDPs pendientes de desarrollo (NCCI)**

8a. NDPs pendientes (NCCI): factor interacción

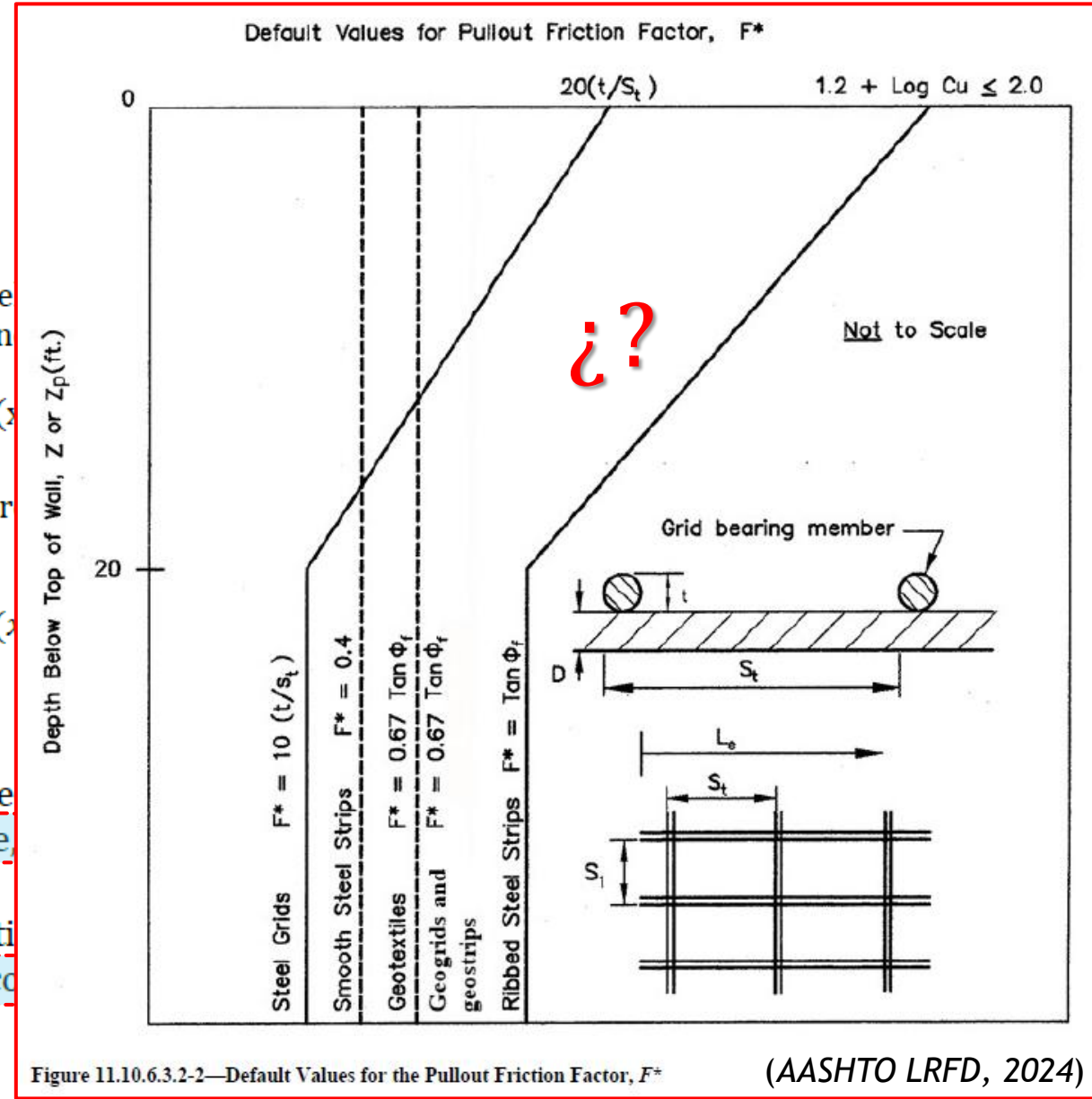


$$\tau_{po}(x) = k_{po} \sigma'_n(x)$$

$$\tau_{po}(x) = \mu_{po} \sigma'_n(x)$$

k_{po} is a pull-out factor determine from comparable experience

μ_{po} is the coefficient of interaction conditions, from field tests or co



8b. NDPs pendientes (**NCCI**): métodos numéricos

¿Hay aspectos particulares a considerar en la modelización numérica de **estructuras de suelo reforzado**?

- ¿Metodología numérica particular? ¿MEF? ¿MDF? ¿Se permiten otras estrategias más recientes? (p.ej., MED, MPM, etc.) ¿Representación 2D vs. 3D?
- ...sobre los modelos constitutivos del **suelo**: ¿Elástico-lineal? ¿Elástico-plástico lineal? ¿Se requiere modelos avanzados (p.ej., con endurecimiento/reblandecimiento)?
→ Parámetros rígido-resistentes...¿deformación plana vs. triaxial?
- ...sobre los modelos constitutivos de los **refuerzos**: ¿Elástico-lineal con un valor T_{max}^* ? ¿Hiperbólico? ¿Se requiere un término viscoso para los materiales geosintéticos?
- ¿Justificación particular relativa al proceso de CALIBRACIÓN y VERIFICACIÓN del modelo utilizado?
- ¿Modelización numérica también para la respuesta mecánica en servicio de un diseño propuesto? ¿Comportamiento del proceso constructivo o sólo después de la construcción? ¿Requerimiento de modelización explícita de la compactación?



Jornada

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

Parte 3 - Capítulo 9: ESTRUCTURAS DE SUELO REFORZADO



Ivan Puig Damians

(E-mail: ivan.puig@upc.edu)

Roberto Jesús Luis Fonseca, Julio Prieto,
Ignacio Diego, Pedro Fernández, Laura
Molano, Juan-Antonio Rodríguez, Marcus
Lindon, Adolfo Rincón, Jorge Ibarra



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

CIMNE[®]
INTERNATIONAL CENTRE
FOR NUMERICAL METHODS
IN ENGINEERING

BIANCHINI INGENIERO
MACCAFERRI **B**

igs



HUESKER
Ideas. Ingenieros. Innovación.



AECOM



BRUGG
Geobrugg

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