

La Segunda Generación del Eurocódigo 7: El futuro Código geotécnico europeo

Second-Generation Eurocode 7: The future European geotechnical code.

Jose Estaire

Laboratorio de Geotecnia, CEDEX, España, Jose.Estaire@cedex.es

María Santana

Laboratorio de Geotecnia, CEDEX, España

ABSTRACT: This paper is a brief guide for the design of geotechnical structures to fulfil the requirements for the safety, serviceability, robustness, and durability of these designs, according to the future Eurocode 0 and Eurocode 7, initially scheduled for 2027. This guide is based on flow charts for each of the five tasks which include the geotechnical structure design: a) Reliability management, b) Ground investigation, c) Design verification, d) Design implementation during execution and e) Reporting. These flowcharts allow to explain the procedures to: a) determine the Geotechnical Category of a geotechnical structure, b) develop the Ground Model and the Geotechnical Design Model, c) verify the ultimate and serviceability limit states, by partial factor method for each Design Case, d) carry out different plans to ensure the safety and the quality of geotechnical structures during its execution and e) prepare different reports during the design and execution of the geotechnical structure.

KEYWORDS: Design, geotechnical structures, Eurocode 7.

1 INTRODUCCIÓN

En noviembre de 2004, el Comité Europeo de Normalización (CEN) publicó, como norma europea EN 1997, el Eurocódigo 7: Proyecto Geotécnico, dentro del conjunto de Eurocódigos. Sólo seis años después, en 2010, la Comisión Europea inicia el proceso de evolución del Sistema de Eurocódigos, incorporando posibles nuevos Eurocódigos y revisando los ya existentes para lo cual: invita al CEN a liderar el proceso; en 2012 emite el Mandato 515 (M/515); y en 2015 aprueba la financiación correspondiente con un importe de 11,5 millones de euros. En la Figura 1 se resumen los puntos clave de este proceso.

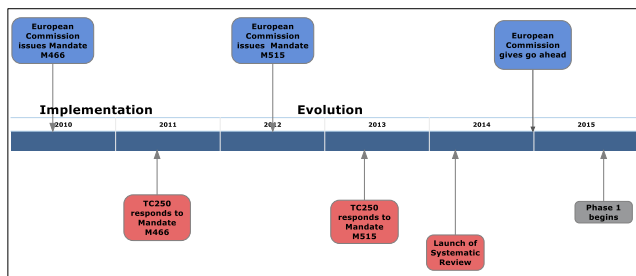


Figura 1. Hitos del proceso de la aprobación de la segunda generación de Eurocódigos (Bond 2017).

La Figura 2 muestra el calendario de actividades seguido a partir de 2015. En las tres primeras fases del M/515 se crearon los seis Equipos Redactores (“Project Teams”, en su terminología inglesa; SC7.Tx, en la figura) responsables de elaboración de las tres partes de las que constará el futuro Eurocódigo 7 (EC7). Estos equipos redactores han ido entregando paulatinamente sus borradores definitivos, siendo Abril de 2021 la fecha de finalización de estas tres primeras fases. A partir de ese momento comenzó la Fase 4 en

la que se han revisado los documentos por parte del subcomité TC250-SC7 (Comité Técnico del CEN responsable del Eurocódigo 7) y de los Organismos Nacionales de Normalización (NSB, en su terminología inglesa) y se procederá a las votaciones correspondientes (ENQ y FV, en la figura).

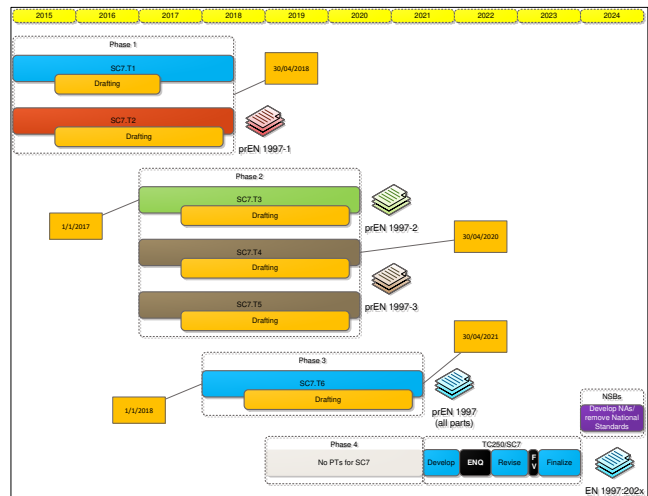


Figura 2. Hitos del proceso de elaboración de la segunda generación de Eurocódigos, Bond 2019)

A pesar de las incertidumbres de futuro inherentes a todo proceso de normalización, se espera que para 2026 la nueva generación de Eurocódigos se haya aprobado formalmente y para 2028 comience la utilización del futuro Eurocódigo 7 como código de proyecto de las estructuras geotécnicas. Esto implica que este

proceso de redacción de los futuros Eurocódigos va a durar algo más de una década.

Dicho proyecto debe hacerse cumpliendo también los requisitos recogidos en el Eurocódigo 0, denominado “Bases del proyecto estructural y geotécnico” ya que establece unas bases de proyecto comunes para todos los Eurocódigos. Es importante resaltar que, como indica el título, por primera vez, se pone a la misma altura conceptual el proyecto de estructuras y el proyecto geotécnico.

A este respecto y en este contexto, una estructura geotécnica es toda estructura que tenga relación con el terreno. Como ejemplos de estructuras geotécnicas cabe citar los desmontes y terraplenes; las cimentaciones superficiales y profundas; las estructuras de contención de tierras; los anclajes y las técnicas de refuerzo y mejora del terreno. El proyecto de cada una de estas estructuras geotécnicas se desarrolla específicamente en los diferentes capítulos de la Parte 3 del futuro Eurocódigo 7 (FprEN 1997-3).

En este texto se dan una serie de pautas y guías para usar adecuadamente y de forma conjunta los Eurocódigos 0 (EN 1990) y 7 (EN 1997) con el objetivo final de cumplir con los requisitos y recomendaciones que sirven para garantizar la seguridad, el nivel de servicio, la robustez y la durabilidad de las estructuras geotécnicas.

2 EL NUEVO EUROCÓDIGO 7

Una parte importante del trabajo de redacción de la segunda generación del Eurocódigo 7 ha sido la reorganización de la estructura del documento para facilitar una clara diferenciación entre requisitos (de obligado cumplimiento), recomendaciones y permisos, así como hacer más fácil el uso del documento.

El contenido de la actual Parte 1 del Eurocódigo 7 (EN 1997-1:2004) “Reglas generales” se ha dividido en tres partes, como se muestra en la Figura 3:

- Las bases del proyecto geotécnico se han trasladado al Eurocódigo 0 (EN 1990:2023);
- las reglas generales que afectan a todo el proyecto geotécnico se mantienen en la Parte 1 del futuro EC7 (FprEN 1997-1:2024) y
- las reglas específicas para las diferentes estructuras geotécnicas se han incluido en la Parte 3 del futuro EC7 (FprEN 1997-3:2024).

Por su parte, el contenido de la Parte 2 del EC7 actual (EN 1997-2:2007) “Reconocimiento y ensayos del terreno” también se ha revisado para que la nueva Parte 2 esté enfocada y estructurada fundamentalmente para la determinación de los parámetros geotécnicos de las distintas unidades geotécnicas a utilizar en el proyecto. Con objeto de incidir en esta idea, el nombre de la nueva Parte 2 se ha transformado a “Propiedades del Terreno”. Los modelos de cálculo existentes en la actual Parte 2 se han trasladado a la nueva Parte 3, donde se desarrollan los requisitos y recomendaciones específicos para distintas estructuras geotécnicas. Además, se debe destacar que en el nuevo EC7, se han introducido conceptos de la Mecánica de Rocas para que el proyecto considere al mismo nivel técnico los suelos y las rocas (Lamas et al., 2023); y los nuevos significados de la “Categoría Geotécnica” (ver 3.2) y del “valor representativo” (ver 4.4). En la Parte 3, hay nuevas secciones dedicadas a grupo de pilotes, losas pilotadas, terreno reforzado, técnicas de mejora del terreno y de impermeabilización.

Los artículos de G. Franzén et al (2019), D. Norbury et al (2019)

y A. Bond et al (2019) analizan, respectivamente, los contenidos de las Partes 1, 2 y 3 del futuro Eurocódigo 7 y comentan los principales cambios introducidos.

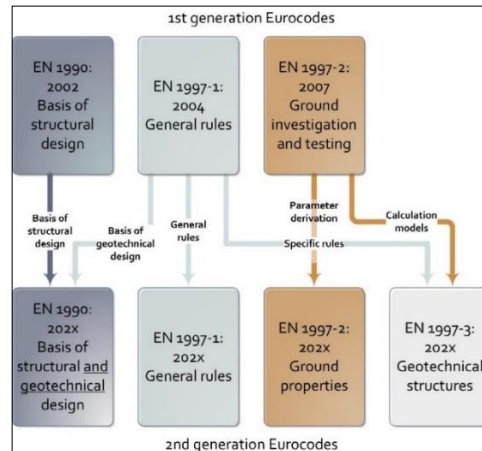


Figura 3. Redistribución de las Partes 1 y 2 del actual Eurocódigo 7 (EN 1997-1:2004 y EN 1997-2:2007) en los nuevos Eurocódigos 0 (EN 1990:2023) y 7(FprEN 1997) [Bond, 2019].

3 PROYECTO DE UNA ESTRUCTURA GEOTÉCNICA

3.1 Esquema general

El proyecto de una estructura geotécnica, teniendo en cuenta lo indicado por el futuro EC7 (FprEN 1997), comprende cinco tareas principales, tal y como se muestra en la Figura 4:

- Procedimientos geotécnicos de fiabilidad: procedimiento para determinar la “Categoría Geotécnica” de la estructura geotécnica en estudio, basado en la combinación de la consecuencia del fallo (mediante la Clase de Consecuencia) y de la complejidad geotécnica del emplazamiento (mediante la Clase de Complejidad Geotécnica).
- Investigación del terreno: cuyo principal resultado es el denominado “Modelo del Terreno” (Ground Model, en su versión inglesa), que es básicamente una representación del terreno y del agua existente en el emplazamiento, junto con los “valores derivados” de los parámetros geotécnicos de las distintas unidades geotécnicas, definidos en el apartado 3.3.
- Verificaciones de proyecto: cubre todos los procedimientos que se deben utilizar para verificar que no se exceden los estados límites de ninguna situación de proyecto a la que pueda estar sometida la estructura durante su vida útil.
- Implementación del proyecto durante la ejecución: en esta fase, mientras se lleven a cabo los trabajos de ejecución de la estructura geotécnica se debe verificar que se cumplen las hipótesis de proyecto mediante el cumplimiento de una serie de planes desarrollados en el propio proyecto (Planes de Supervisión, Inspección, Auscultación y Mantenimiento).
- Realización de informes: todos los trabajos llevados a cabo durante la redacción del proyecto y de la ejecución de las obras se deben documentar mediante la realización de los siguientes informes:
 - Informe de Reconocimiento Geotécnico (GIR – Geotechnical Investigation Report),

- Informe del Proyecto Geotécnico (GDR – Geotechnical Design Report) y
- Registro de la construcción de la estructura geotécnica (GCR – Geotechnical Construction Record).

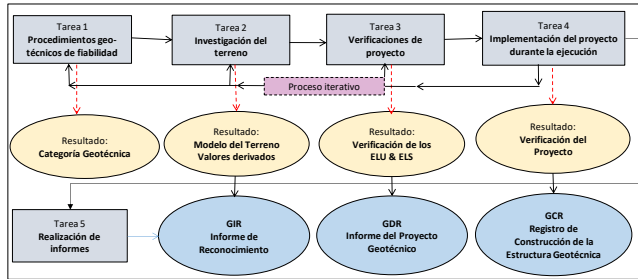


Figura 4. Tareas a realizar en el proyecto de una estructura geotécnica.

3.2 Tarea 1: Procedimientos geotécnicos de fiabilidad

El procedimiento para asegurar la fiabilidad del proyecto desarrollado en el EC7 (FprEN 1997) tiene varios componentes, como se muestra en la Figura 5.

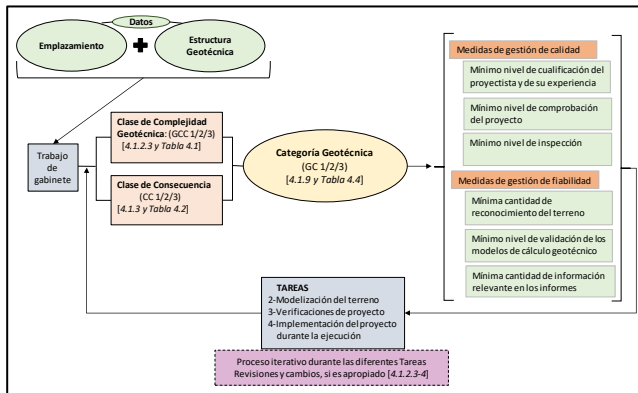


Figura 5. Componentes del procedimiento de fiabilidad.

Una vez conocido el emplazamiento y determinadas las características de la estructura geotécnica, el primer paso es realizar un trabajo de gabinete (Desk study, en su versión inglesa), en el que se recopila y analiza la documentación existente del emplazamiento, con el objetivo de:

- establecer una Clase de Complejidad Geotécnica inicial (GCC) para el terreno, utilizando los criterios indicados en la Tabla 1, tomada del FprEN 1997-1, y
- clasificar las consecuencias del posible fallo de la estructura geotécnica en una de las cinco Clases de Consecuencias (CC) – Muy baja, Baja, Normal, Alta o Muy alta –, de acuerdo con los criterios de la Tabla 2, tomada del EN 1990:2023. Por su parte, la Tabla 3, tomada FprEN 1997-1, recoge ejemplos de posibles estructuras geotécnicas que podrían encuadrarse en las diferentes Clases de Consecuencias (CC).

Es de destacar que estas tres tablas se configuran como “Parámetros de Determinación Nacional” (NDPs, en su

terminología inglesa), lo que significa que su contenido puede ser modificado por cada país en su correspondiente Anejo Nacional. Tabla 1. Selección de la Clase de Complejidad Geotécnica (tomada de FprEN 1997-1:2024 / Table 4.1).

Geotechnical Complexity Class	Complexity	General features
GCC 3	Higher	Any of the following apply: <ul style="list-style-type: none"> • considerable uncertainty regarding ground conditions • highly variable or difficult ground conditions • significant sensitivity to groundwater and surface water conditions • significant complexity of the ground-structure interaction
GCC 2	Normal	GCC2 applies if GCC 1 and GCC3 are not applicable
GCC 1	Lower	All the following conditions apply: <ul style="list-style-type: none"> • negligible uncertainty regarding the ground conditions • uniform ground conditions • low sensitivity to groundwater and surface water conditions, • low complexity of the ground-structure-interaction

NOTE: The terms ‘considerable’, ‘significant’, ‘highly’ etc. are relative to any comparable experience that exists for the particular geotechnical structure, design situation, and ground conditions.

Tabla 2. Criterios para determinar la Clase de Consecuencia de las estructuras (Tomada de EN 1990:2023/Table 4.1).

Consequence class	Indicative qualification of consequences	
	Loss of human life or personal injury ^a	Economic, social or environmental consequences ^a
CC4 – Highest	Extreme	Huge
CC3 – Higher	High	Very great
CC2 – Normal	Medium	Considerable
CC1 – Lower	Low	Small
CC0 – Lowest	Very low	Insignificant

^a The consequence class is chosen based on the more severe of these two columns.

Tabla 3. Ejemplos de estructuras geotécnicas en diferentes Clases de Consecuencias (Tomada de FprEN 1997-1:2023/Table 4.3)

Consequence class	Description of consequence	Examples
CC4	Highest	<ul style="list-style-type: none"> – Critical infrastructures; – Geotechnical structures whose integrity is of vital importance for civil protection^b ; – Areas with significant landslide hazards.
CC3	Higher	<ul style="list-style-type: none"> – Retaining walls and foundations supporting public buildings, with high exposure; – Man-made slopes and cuts, retaining structures with high exposure; – Major road/railway embankments, bridge foundations that can cause server interruption of service in emergency situations; – Geotechnical structures with a primary navigational function^b ; – Underground constructions with large occupancy.
CC2	Normal	All geotechnical structures not classified as CC1, CC3, or CC4
CC1	Lower	<ul style="list-style-type: none"> – Retaining walls and foundations supporting buildings with low occupancy; – Man-made slopes and cuts, in areas where a failure will have low impact on the society; – Minor road/railway embankments not vital for the society; – Underground structures with occasional occupancy^c .
CC0	Lowest	Not applicable for geotechnical structures

^b Examples of Geotechnical structures whose integrity is of vital importance for civil protection is road/railway embankments with fundamental role in the event of natural disasters, earth dams connected to aqueducts and energy plants, levees, tailing dams and earth dams with extreme consequences upon failure, foundation of nuclear structures, and major harbour structures.

^b Examples of Geotechnical structures with primary navigational function is marking or protecting entrances of ports.

^c Examples of underground structures with occasional occupancy is culverts not supporting main railway lines or major roads.

El segundo paso es la clasificación de la estructura geotécnica en una de las Categorías Geotécnicas (GC1, GC2 ó GC3) usando las relaciones establecidas en la Tabla 4, tomada del FprEN 1997-1. La Categoría Geotécnica combina las consecuencias de fallo de la estructura, representada por su Clase de Consecuencia (CC), y

la complejidad del terreno, representada por la Clase de Complejidad Geotécnica, (GCC). Hay que destacar que el futuro EC7 (FprEN 1997) obliga a una revisión de la Clase de Complejidad Geotécnica del terreno en cada fase del proceso del proyecto y ejecución y, si se considera apropiado, su modificación.

Tabla 4. Obtención de la Categoría Geotécnica (CG) a partir de la Clase de Consecuencia (CC) y de la Clase de Complejidad Geotécnica (GCC) (Tomada de FprEN 1997-1:2024/Table 4.2)

Consequence Class (CC)	Geotechnical Complexity Class (GCC)		
	Lower (GCC1)	Normal (GCC2)	Higher (GCC3)
Higher (CC3)	GC2	GC3	GC3
Normal (CC2)	GC2	GC2	GC3
Lower (CC1)	GC1	GC2	GC2

La clasificación de la estructura geotécnica en una de las Categorías Geotécnicas permite determinar los siguientes requisitos mínimos para la gestión de la calidad y de la fiabilidad del proyecto:

- Para la gestión de la calidad:
 - Mínimo nivel de la cualificación del proyectista y de su experiencia (DQL);
 - Mínimo nivel de las comprobaciones de proyecto (DCL);
 - Mínimo nivel de inspección (IL).
- Para la gestión de la fiabilidad:
 - Mínima cantidad de reconocimiento del terreno;
 - Mínimo nivel de validación de los modelos de cálculo geotécnico;
 - Mínima cantidad de información relevante que debe incluirse en los informes.

La relación entre la Categoría Geotécnica y las medidas para la gestión de la calidad se muestra en la Tabla 5, tomada del FprEN 1997-1, mientras que en la Tabla 6 se especifican dichas medidas. Por su parte, las medidas para la gestión de la fiabilidad se comentarán posteriormente en los capítulos correspondientes.

Tabla 5. Relación entre las Categorías Geotécnicas y las medidas de la gestión de la calidad (Tomada de FprEN 1997-1:202x/Table 4.4).

Geotechnical Category	Minimum Design Qualification and Experience Level (DQL)	Minimum Design Check Level (DCL)	Minimum Inspection Level (IL)
GC3	DQL3	DCL3	IL3
GC2	DQL2	DCL2	IL2
GC1	DQL1	DCL1	IL1

Tabla 6. Medidas para la gestión de la calidad, dependiendo de la Categoría Geotécnica.

Concepto	Categoría geotécnica (GC)		
	GC1	GC2	GC3
Mínimo nivel de cualificación y experiencia del proyectista (DQL)	DQL1 Permite la realización de proyectos simples	DQL2 Permite la realización de proyectos avanzados	DQL3 Permite la realización de proyectos complejos
Mínimo nivel comprobaciones	DCL1 Auto comprobación	DCL2	DCL3

Concepto	Categoría geotécnica (GC)		
	GC1	GC2	GC3
de proyecto (DCL)		Comprobación independiente normal	Comprobación independiente extendida
Mínimo nivel de inspección (IL)	IL1 Auto inspección	IL2 Inspección de acuerdo con el procedimiento de la propia organización	IL3 Inspección por organización independiente

3.3 Tarea 2: Investigación del terreno

La Parte 2 del futuro EC7 (FprEN 1997-2) desarrolla el reconocimiento geotécnico que se debe realizar para el proyecto de una estructura geotécnica. La norma identifica las siguientes etapas de las que puede constar dicho reconocimiento, tal como se muestra en la Figura 6:

- Trabajos de gabinete;
- Inspección visual del emplazamiento;
- Reconocimiento preliminar;
- Reconocimiento para el proyecto y ejecución, que incluye los ensayos de campo y laboratorio; y
- Auscultación y reconocimientos de conformidad.

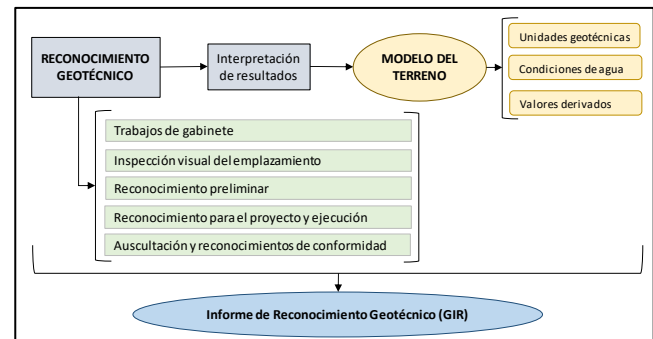


Figura 6. Pasos para la Modelización del Terreno.

Como se ve en la figura anterior, los resultados e interpretación de dichos trabajos de reconocimiento tienen como objetivo establecer un “Modelo del Terreno” (Ground Model, en su versión inglesa) que incluye:

- Un esquema de las distintas “unidades geotécnicas” que componen el terreno en la zona de estudio. En este contexto, se entiende por unidad geotécnica “...una capa de terreno que está identificada como un material único...” por tanto con propiedades únicas para toda la unidad.
- Un análisis de las condiciones del agua en la zona de estudio.
- Los denominados “valores derivados” de los diferentes parámetros geotécnicos de las distintas unidades geotécnicas que componen el “Modelo del Terreno”. Los “valores derivados” son valores de las propiedades geotécnicas obtenidas mediante la aplicación de teorías o

correlaciones empíricas a los resultados de ensayos de campo o laboratorio o a las medidas de auscultación, de acuerdo con la definición dada en FprEN 1997-1. Fundamentalmente, los “valores derivados” proceden de la interpretación de los ensayos de campo y laboratorio, aunque también pueden obtenerse del análisis de la documentación previa y de la auscultación de la estructura geotécnica durante su ejecución, vida útil e incluso en su caso, en las etapas posteriores a su fallo. El conjunto de “valores derivados” de un parámetro geotécnico de una unidad geotécnica será utilizado posteriormente en otra fase del estudio para la determinación del “valor representativo” a utilizar en los cálculos (como se desarrolla en 4.4 de este texto).

Por último, se debe indicar que todos los trabajos del reconocimiento geotécnico se deben recopilar en el “Informe de Reconocimiento Geotécnico” (GIR, acrónimo de Ground Investigation Report).

Por otra parte, como se decía anteriormente, la gestión de la fiabilidad en el marco del EC7 implica un mínimo de reconocimientos del terreno en función de la Categoría Geotécnica de la estructura geotécnica. La Tabla 7, tomada del FprEN 1997-1, da unas pautas generales para cumplir dichos requisitos de fiabilidad, aunque en el Anejo H de la Parte 3 del futuro EC7 (FprEN 1997-3) se incluye una recomendación sobre el máximo espaciamiento y el número mínimo de puntos de investigación para diferentes estructuras (recogida en la Tabla 8).

Tabla 7. Indicaciones sobre mínima cantidad de reconocimiento del terreno en función de la Categoría Geotécnica (Tomada de FprEN 1997-2:2024 / Tabla 5.1).

Geotechnical Category	Minimum amount of ground investigation
GC3	All items given below for GC2 and, in addition: – sufficient investigations to capture the variability of the ground; – sufficient investigations to capture the relevant properties for all geotechnical units using more than one ground investigation method; – sufficient investigations to capture the scatter of the properties of each geotechnical unit
GC2	All items given below for GC1 and, in addition: – sufficient investigations to identify all geotechnical units in the zone of influence; – determination of relevant ground properties by field and laboratory testing and by monitoring.
GC1	All items given below: – desk study of the site, review of comparable experience; – site inspection.

Tabla 8. Máximo espaciamiento y número mínimo de puntos de investigación (Tomada de FprEN 1997-2:2024 / Tabla H.1).

Structures	Maximum spacing X_{max}	Minimum number N_{min}
Low-rise structures	30 m	3
High-rise structures	4-10 storeys	25 m
	11-20 storeys	20 m
	> 20 storeys	15 m
Estate roads, parking areas and pavements	40 m	2
Silos and tanks	15 m	3
Bridges piers and abutments	1 per pier/base	
Power lines	1 per pylon	
Wind turbines	2 per turbine	
Retaining structures	150 m	- ^a
Slopes and cuttings	< 3 m high	100 m
	≥ 3 m high	50 m
Embankments and reinforced fill structures	< 3 m high	200 m
	≥ 3 m high	100 m
Excavations in urban areas > 5 m deep from ground surface	25 m	3

^a Where no spacing or number of locations is given, it is assessed on a project-specific basis.
^b Underlined numbers are more appropriate for complex structures

3.4 Tarea 3: Verificaciones de los Estados Límite en el proyecto

El primer paso en la verificación de proyecto, como se muestra en la Figura 7, es el análisis conjunto del Modelo del Terreno, previamente definido, y de las condiciones bajo las cuales la estructura tiene que cumplir sus requisitos de proyecto. Los objetivos de esta etapa son:

- Definir las Situaciones de Proyecto (“Design situation”, en su versión inglesa) que describen “las condiciones físicas que podrían ocurrir durante un cierto periodo de tiempo para el cual se debe demostrar, con la suficiente fiabilidad, que no se supera ningún estado límite”. Es de destacar que existen documentos normativos que ya utilizan este concepto, entendiéndolo como representación simplificada de la realidad de la obra que sea susceptible de análisis, por lo que debe incluir datos geométricos, tanto del terreno como de la estructura geotécnica, las características del terreno y las acciones actuantes.
- Desarrollar un Modelo de Proyecto Geotécnico (“Geotechnical Design Model”, en su versión inglesa) a partir del “Modelo del Terreno” que debe contener toda la información necesaria para verificar un estado límite particular de una situación de proyecto determinada. Es de destacar que el Modelo de Proyecto Geotécnico debe incluir los valores representativos (ver 4.4) de las diferentes unidades geotécnicas identificadas. Conceptualmente, se puede decir que habría tantos Modelos de Proyecto Geotécnico como estados límite a verificar, aunque obviamente, en la práctica habitual, muchos de ellos coincidirán por lo que normalmente con un único modelo será suficiente.

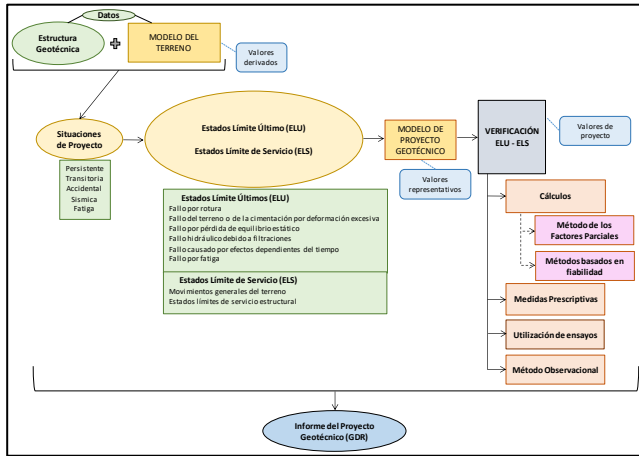


Figura 7. Procedimiento para las verificaciones de proyecto.

Las Situaciones de Proyecto se clasifican como persistentes, transitorias, accidentales, sísmicas y de fatiga. Para cada situación de proyecto se deben identificar los estados límites últimos (ELU) y de servicio (ELS) que deben verificarse. A este respecto, en la Parte 1 del futuro EC7 (FprEN 1997-1) se especifican los siguientes tipos de ELU: fallo por rotura, fallo del terreno o de la cimentación por deformación excesiva, fallo por pérdida de equilibrio estático, fallo por cálculo debido a filtraciones, fallo causado por efectos dependientes del tiempo, fallo por fatiga y fallo por cualquier efecto inducido por acciones sísmicas. Los diferentes tipos de ELS se refieren a movimientos generales del terreno y estados límites de servicio estructural.

La verificación de que los estados límites no son superados por las estructuras geotécnicas puede realizarse por alguno de los siguientes métodos:

- Cálculo, mediante la aplicación del Método de los Factores Parciales o mediante métodos probabilísticos de fiabilidad,
- Aplicación de medidas prescriptivas, entendidas como reglas de proyecto, de carácter conservador, basadas en la experiencia y generalmente prescritas por la Autoridad Nacional, en algún documento normativo, o por la propiedad del proyecto, en el pliego de prescripciones del propio proyecto.
- Utilización de ensayos, como suele ser el caso en el proyecto de anclajes y pilotes.
- Aplicación del Método Observacional.

Por último, toda la documentación generada durante el proceso de verificación y proyecto se debe recopilar en un Informe de Proyecto Geotécnico (GDR, acrónimo de Geotechnical Design Report).

El método de cálculo basado en la aplicación del Método de los Factores Parciales es el más utilizado por lo que se desarrolla pormenorizadamente en el Apartado 4 de este texto.

3.5 Tarea 4: Implementación del proyecto durante la ejecución de los trabajos

Con objeto de que el proyecto, la ejecución y el mantenimiento de la estructura geotécnica durante su vida útil posterior sean parte de un mismo proceso y que haya una continuidad en su desarrollo, el

futuro EC7 (FprEN 1997-1) indica que se deben cumplir, durante la ejecución de los trabajos, los planes indicados en la Figura 8, los cuales deben estar contenidos en el propio proyecto.

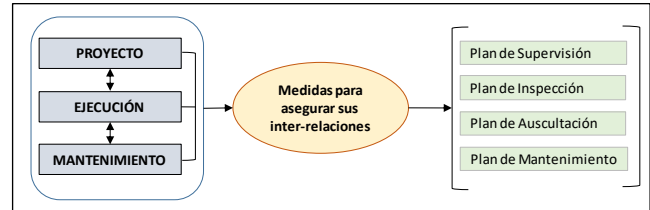


Figura 8. Planes por cumplir durante la ejecución de los trabajos.

- Plan de Supervisión: el objetivo es a) comprobar la validez de las hipótesis de proyecto teniendo en cuenta las condiciones reales encontradas en el emplazamiento, b) verificar las condiciones del terreno y del agua del terreno, c) comprobar la idoneidad de los procedimientos de ejecución adoptados en el proyecto y d) comparar el comportamiento real de la estructura con el esperado en el proyecto.
- Plan de Inspección: el objetivo es comprobar que la ejecución se realiza de acuerdo con el proyecto y, complementariamente, asegurar un entorno seguro de trabajo y un impacto medioambiental limitado.
- Plan de Auscultación: el objetivo es comprobar la validez del Modelo de Proyecto Geotécnico y de las predicciones de comportamiento de la estructura realizadas durante el proyecto, de tal manera que se compruebe que dicha estructura continuará funcionando como se requiere tras la finalización de las obras.
- Plan de Mantenimiento: el objetivo es describir las tareas de mantenimiento necesarias para asegurar la seguridad y el nivel de servicio de la estructura durante su vida útil proyectada.

Es de destacar que el nivel de complejidad y detalle de estos planes está relacionado con la Categoría Geotécnica de la estructura. Este nivel de complejidad se traduce en un determinado número de actuaciones de supervisión e inspección; una determinada cantidad de medidas y ensayos a realizar en el emplazamiento; y en el conjunto de tareas de mantenimiento necesarias.

3.6 Tarea 5: Realización de informes

Todos los trabajos llevados a cabo durante la redacción del proyecto y de la ejecución de las obras se deben documentar mediante la realización de los siguientes informes, como se ha ido indicando en la descripción de las tareas previas:

- Informe de Reconocimiento Geotécnico (GIR - Geotechnical Investigation Report),
- Informe del Proyecto Geotécnico (GDR - Geotechnical Design Report) y
- Registro de la construcción de la estructura geotécnica (GCR - Geotechnical Construction Record).

Los requisitos y recomendaciones para la elaboración de estos informes se recogen en el Anejo G de la Parte 1 del futuro EC7 (FprEN 1997-1), el cual tiene carácter normativo. El contenido de

dichos informes está relacionado con la Categoría Geotécnica de la estructura geotécnica en estudio.

4 VERIFICACIÓN DE ELU MEDIANTE EL MÉTODO DE LOS FACTORES PARCIALES

4.1 Ideas generales

El Método de los Factores Parciales es el método más habitual para la verificación de los estados límites últimos (ELU). Es un método semi-probabilístico en el que básicamente se mayoran las acciones y se minoran las resistencias, mediante la aplicación de unos factores parciales, cuyo valor se ha calibrado para que el proyecto final tenga una determinada probabilidad de fallo.

La verificación de los ELU por el Método de los Factores Parciales, que es el método más habitual, implica cumplir la siguiente desigualdad:

$$E_d \leq R_d \quad (1)$$

donde:

- E_d es el valor de proyecto del efecto de las acciones (desarrollado en 4.2) y
- R_d es el valor de proyecto de la resistencia correspondiente, (desarrollado en 4.3), en cuyo cálculo entra en juego el valor de proyecto de las propiedades geotécnicas de los materiales (X_d), (desarrollado en 4.4).

Teniendo en cuenta la desigualdad (1), para cada ELU, deben identificarse y determinarse los valores de proyecto de las acciones, de las resistencias y de las propiedades geotécnicas de los materiales, como se muestra en la Figura 9.

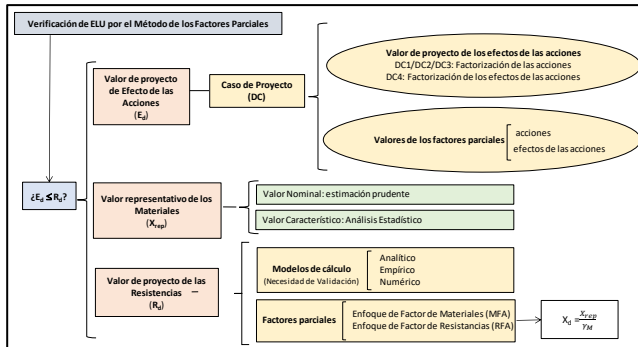


Figura 9. Verificación por el Método de los Factores Parciales.

4.2 Valor de proyecto de los efectos de las acciones (E_d)

El primer paso en la determinación de los valores de proyecto de los efectos de las acciones (E_d) es seleccionar el correspondiente Caso de Verificación (Verification Case, en su versión inglesa) como se muestra en la Tabla 9. Esta selección es función del estado límite que se esté verificando y del Enfoque de Factor que se vaya a utilizar en la determinación del valor de proyecto de la resistencia. Este concepto de “Enfoque de Factor” que aparece por primera vez aquí en este texto se desarrolla pormenorizadamente en el siguiente apartado.

Tabla 9. Selección de los Casos de Proyecto en función del tipo de ELU y del Enfoque de Factor

Estado límite Último (ELU)	Enfoque de Factor de ⁽¹⁾	
	Material (MFA)	Resistencias (RFA)
Aplicables a estructuras geotécnicas específicas		
Estabilidad global (todas las estructuras geotécnicas)	VC3	No se usa
Capacidad portante (cimentaciones superficiales)	(VC1 y VC3) ó VC1	VC1
Resistencia al deslizamiento (cimentaciones superficiales)	(VC1 y VC3) ó VC1	VC1
Resistencia axial a compresión (pilote individual)	No se usa	VC1
Resistencia axial a tracción (pilote individual)	No se usa	VC1
Resistencia transversal (pilote individual)	(VC1 ó VC4) y VC3	VC1
Resistencia axial a compresión (grupo de pilotes y losas pilotadas)	VC4 y VC3	VC1
Resistencia transversal (grupo de pilotes y losas pilotadas)	(VC1 ó VC4) y VC3	No se usa
Resistencia rotacional y capacidad portante (pantallas)	VC4 y VC3	VC1 ó VC4
Mecanismos internos de fallo de estructuras de suelo reforzado	VC3	VC1
Resistencia axial a compresión (mejoras del terreno “discretas”)	(VC1 ó VC4) y VC3	VC1 ó VC4

Nota ⁽¹⁾: El Anejo Nacional especificará para cada estado límite el Enfoque de Factor a utilizar (MFA o RFA). Además, cuando existan alternativas en cada Enfoque de Factor, el Anejo Nacional también especificará cuál de ellas utilizar

La selección del Caso de Proyecto permite determinar:

- El método de cálculo de E_d , mediante la mayoración, en este caso, del valor característico de las acciones o de los efectos de las acciones, como se muestra en la Tabla 10, a través de los factores parciales (γ_F ó γ_E). Hay que indicar que el valor de la acción que se mayoran es el valor característico que puede ser un valor medio, un valor superior o inferior, o un valor nominal. A este respecto, como indica el Eurocódigo 0, el valor nominal es un valor que no se ha obtenido mediante un método estadístico, por lo que puede determinarse directamente por el proyectista en base a su experiencia o al conocimiento de las condiciones físicas del caso en estudio.
- Un conjunto de valores de los factores parciales a aplicar, como se detalla en la Tabla 11, tomada del Eurocódigo 0 (EN 1990:2023), en la que el factor parcial γ_F indicado anteriormente se desdobra en los factores γ_G , γ_Q , y γ_P , según los casos.

Por otra parte, los valores de proyecto de las acciones accidentales (A) y las sísmicas (AE) se determinan directamente por el proyectista, sin la necesidad de aplicar factores parciales a sus valores característicos.

Tabla 10. Determinación del valor de proyecto del efecto de las acciones (E_d), dependiendo del Caso de Proyecto

Caso de Verificación (VC)	Factores aplicados a	Expresiones para E_d
VC1, VC2(a), VC2(b) & VC3	Acciones	$E \left\{ \sum (\gamma_F \psi F_k); a_d; X_{Rd} \right\}$
VC4	Efecto de las acciones	$\gamma_E E \left\{ \sum (\psi F_k); a_d; X_{rep} \right\}$

E_d : valor de proyecto de las acciones o del efecto de las acciones
 $E \{ \dots \}$ significa el efecto combinado de las variables incluidas en $\{ \}$;
 $\Sigma(\dots)$ significa la combinación de acciones;
 γ_F es un factor parcial aplicable a las acciones;
 γ_E es un factor parcial aplicable a los efectos de las acciones;
 ψ son factores de combinación para acciones permanentes y variables, definidos en EN 1990:2023;
 F_k es el valor característico de una acción;
 a_d son los valores de proyecto de los parámetros geométricos;
 X_{Rd} son los valores de las propiedades geotécnicas de los materiales usados para determinar R_d .

Tabla 11. Factores parciales aplicables a las acciones o a los efectos de las acciones para situaciones de proyecto persistentes y transitorias (Tomada de EN 1990:2023)

Table A.1.8 (NDP) — Partial factors on actions and effects for verification cases VC1 to VC4 for persistent and transient (fundamental) design situations

Action or effect				Partial factors γ_F and γ_E for verification cases				
Type	Group	Symbol	Resulting effect	Structural resistance ^a	Static equilibrium and uplift ^b		Geotechnical design	
Verification case				VC1 ^a	VC2(a) ^b	VC2(b) ^b	VC3 ^c	VC4 ^d
Permanent action (G_k)	All ^f	γ_G	unfavourable /destabilizing	1,35 k_F	1,35 k_F	1,0	1,0	G_k is not factored
	Water ^l	γ_{Gw}		1,2 k_F	1,2 k_F	1,0	1,0	
	All ^f	$\gamma_{G,stb}$	stabilizing ^g	not used	1,0	1,0	not used	
	Water ^l	$\gamma_{Gw,stb}$			1,0	1,0		
Prestressing (P_k)	All ^f	$\gamma_{P,k}$						
	Water ^l	γ_{Pw}						
Variable action (Q_k)	All ^f	γ_Q	unfavourable	1,35 k_F	1,5 k_F	1,5 k_F	1,3	$\gamma_{Q,red}$ ^j
	Water ^l	γ_{Qw}		1,35 k_F	1,35 k_F	1,35 k_F	1,15	1,0
	All	$\gamma_{Q,fav}$	favourable			0		
Effects of actions (E)	All ^f	γ_E	unfavourable		γ_E is not applied			1,35 k_F
	Water ^l	$\gamma_{E,w}$	favourable					1,0

^a Verification case VC1 is used both for structural and geotechnical design. Formula (8.4) is used for VC1.
^b Verification case VC2 is used for the combined verification of strength and static equilibrium, when the structure is sensitive to variations in permanent action arising from a single source. Values of γ_F are taken from VC2(a) or VC2(b), whichever gives the less favourable outcome. See 8.3.3.1(5). Formula (8.4) is used for VC2.
^c Verification case VC3 is typically used for the design of slopes and embankments, spread foundations, and gravity retaining structures. See the relevant part of EN 1997 for details. Formula (8.4) is used for VC3.
^d Verification case VC4 is typically used for the design of transversally loaded piles and embedded retaining walls and (in some countries) gravity retaining structures. See EN 1997 (all parts) for details. Formula (8.5) is used for VC4.
^e The values of $\gamma_{G,stb} = 1,45$ and $1,9$ are based on $\gamma_{G,inf} = 1,35 \rho$ and $1,2 \rho$ with $\rho = 0,85$.
^f Applied to all actions except water actions.
^g Applied to the stabilizing part of an action originating from a single source.
^h Applied to actions whose entire effect is favourable and independent of the unfavourable action.
ⁱ $\gamma_{Q,red} = \gamma_{Q,1} / \gamma_{Gw}$ where $\gamma_{Q,1}$ = corresponding value of γ_Q from VC1 and $\gamma_{G,1}$ = corresponding value of γ_G from VC1.
^j For the definition of γ_P where γ_P is materially dependent, see other relevant Eurocodes.
^k For water actions induced by waves and currents, see Clause A.6.

4.3 Valor de Proyecto de la Resistencia (R_d)

El valor de proyecto de la resistencia geotécnica (R_d) debería calcularse usando modelos de cálculo, ya sean éstos analíticos o

empíricos. Dichos modelos se proporcionan en la Parte 3 del futuro EC7 (FprEN 1997-3). Hay que tener en cuenta que, para asegurar la fiabilidad del proyecto, los modelos que se usen deberían ser validados usando uno de los procedimientos indicados en la Tabla 12, tomada del FprEN 1997-1, seleccionado en función de la Categoría Geotécnica de la estructura geotécnica. El futuro EC7 también permite el uso de modelos numéricos para verificar los estados límites, aunque con estos modelos los procedimientos de cálculo son diferentes de los descritos en este documento, como se indica en A. Lees (2019).

Tabla 12. Procedimientos para la validación de los modelos de cálculo usados en el proyecto geotécnico [Tomada de FprEN 1997-1/Tabla 7.1]

Geotechnical Category	Level of validation	Measures
GC3	High	All the measures given below for GC2 and, in addition: <ul style="list-style-type: none"> calibrate the calculation model for all relevant design situations against another suitable calculation model or site observations.
GC2	Normal	All the measures given below: <ul style="list-style-type: none"> confirm that the assumptions underlying the calculation model are relevant for all relevant design situations; document the assumptions made in the calculation model; document literature reference that the calculation model has been used for comparable design situations; and confirm that any calculation model used falls within the limits of application stated in prEN 1997-3:2022.
GC1	Low	All the measures given below: <ul style="list-style-type: none"> confirm that comparable experience exists showing that the calculation model is suitable for the local conditions; confirm that any calculation model used falls within the limits of application stated in prEN 1997-3:2022.

El uso de los modelos de cálculo, analíticos o empíricos, debería realizarse siguiendo uno de los enfoques mostrados en la Tabla 13:

- “Enfoque de Factor de Material” (MFA, acrónimo de Material Factor Approach), en el cual el valor de proyecto de la resistencia geotécnica se calcula a partir de los valores de proyecto de los parámetros geotécnicos de los materiales (X_d), obtenidos aplicando factores parciales de materiales (γ_M) a los valores representativos de dichos parámetros, como se indica en 4.4.
- “Enfoque de Factor de Resistencia” (RFA, acrónimo de Resistance Factor Approach), en el cual el valor de proyecto de la resistencia geotécnica se calcula a partir de los valores representativos de los parámetros geotécnicos de los materiales (X_{rep}) y aplicando factores parciales de resistencia (γ_R) a la resistencia así calculada.

Tabla 13. Determinación del valor de proyecto de la resistencia, dependiente del enfoque de cálculo.

	Factores aplicados a Materiales	Factores aplicados a Resistencias
Enfoque	Factor de Material	Factor de Resistencia
Expresión	$R_d = R \{ X_d; a_d; \Sigma F_{Ed} \}$	$R_d = \frac{R \{ X_{rep}; a_d; \Sigma F_{Ed} \}}{\gamma_R}$
R_d : es el valor de proyecto de una resistencia geotécnica; $R \{ \dots \}$: significa el resultado del modelo de cálculo de resistencia; X_d : es el valor de proyecto de una propiedad geotécnica de un material (véase 4.4); a_d : significa el conjunto de valores de proyecto de los parámetros geométricos; Σ_{FED} : significa el conjunto de valores de proyecto de las acciones usadas en la determinación de E_d ; X_{rep} : es el valor representativo de una propiedad geotécnica del terreno (véase 4.4); γ_R : es un factor parcial de resistencias		

Los valores de los factores parciales de resistencia (γ_R) propuestos en la Parte 3 del futuro EC7 (FprEN 1997-3) se muestran en la Tabla 14, para los distintos ELU correspondientes a cada estructura geotécnica. Se debe indicar que estos valores pueden ser modificados en el Anejo Nacional de cada país.

Tabla 14. Valores de los factores parciales de resistencias para diferentes Estados Límite Últimos (ELU), propuestos en FprEN 1997-3

Estado límite Último (ELU)	Factor parcial de resistencias (γ_R)
Estabilidad global (todas las estructuras geotécnicas)	Calculado por MFA
Capacidad portante (cimentaciones superficiales)	1,4
Resistencia al deslizamiento (cimentaciones superficiales)	1,1
Resistencia axial a compresión (pilote individual)	1,1 a 1,4 ⁽²⁾
Resistencia axial a tracción (pilote individual)	1,2 a 1,5 ⁽²⁾
Resistencia transversal (pilote individual)	Calculado por MFA
Resistencia axial a compresión (grupo de pilotes y losas pilotadas)	1,4
Resistencia transversal (grupo de pilotes y losas pilotadas)	Calculado por MFA
Resistencia rotacional (empuje pasivo) y capacidad portante (pantallas)	1,4
Resistencia en la interfaz entre el terreno y el elemento de refuerzo	1,25
Resistencia axial a compresión y transversal (mejoras del terreno "difusas")	1,5
Resistencia axial a compresión y transversal (inclusiones rígidas discretas)	1,4
Nota ⁽¹⁾: Los valores de los factores parciales de resistencias recogidos en la tabla son los que aparecen en la Parte 3 del EC7. El Anejo Nacional establecerá los valores a aplicar en cada país.	
Nota ⁽²⁾: El valor depende del tipo de pilote	

Como se puede ver en las expresiones de la Tabla 13, en la determinación de las resistencias geotécnicas (R_d) aparecen los valores representativos (X_{rep}) y de proyecto (X_d) de las propiedades geotécnicas de los materiales, conceptos que se desarrollan en el apartado siguiente.

4.4 Valor representativo (X_{rep}) y de proyecto (X_d) de las propiedades geotécnicas de los materiales

El valor de proyecto X_d de una propiedad geotécnica de un material debería calcularse mediante la Ecuación 2, que aparece en EN 1990:2023:

$$X_d = \frac{X_{rep}}{\gamma_M} \quad (2)$$

donde:

- X_d es el valor de proyecto de una propiedad geotécnica de un material,
- X_{rep} es el valor representativo de una propiedad geotécnica de un material,
- γ_M es un factor parcial aplicable a una propiedad geotécnica de un material,

Por su parte, el valor representativo de una propiedad geotécnica de un material (X_{rep}) puede determinarse a partir de los "valores derivados", por dos procedimientos.

- Seleccionando directamente el valor, basándose en el conocimiento del emplazamiento y la experiencia del proyectista en casos similares,
- Calculando matemáticamente el valor, usando la estadística como herramienta de cálculo.

Cuando el valor se selecciona basándose en el conocimiento del emplazamiento y la experiencia del proyectista en casos similares, el valor obtenido se denominará "valor nominal" (X_{nom}). En estos casos el proyectista realizará "una estimación prudente del valor de la propiedad geotécnica del material terreno", teniendo en cuenta los siguientes aspectos al seleccionar ese valor prudente:

- Los datos pre-existentes, incluidos en la información geológica y los datos de proyectos previos;
- la incertidumbre debida a la cantidad y calidad de los datos del emplazamiento;
- la incertidumbre debida a la variabilidad espacial de la propiedad medida; y
- la zona del terreno que se ve afectada por el estado límite considerado.

Cuando se determine el valor por métodos estadísticos, el valor se denominará "valor característico" (X_k), con dos objetivos: a) distinguirlo del "valor nominal", dado que se obtiene mediante un procedimiento diferente, y b) para alinearse más adecuadamente con la definición dada en el Eurocódigo 0 que relaciona el valor característico con un procedimiento estadístico para su determinación.

El valor característico (X_k) se puede determinar mediante la ecuación (3), cuando se suponga que los valores derivados de la propiedad geotécnica siguen una distribución normal. Las ecuaciones correspondientes a otras distribuciones se recogen en un Anejo de la Parte 1 del futuro EC7 (FprEN 1997-1), donde también se indican las expresiones para evaluar los diferentes términos de la Ecuación 3.

$$X_k = X_{mean} [1 \pm k_n V_x] = X_{mean} \left[1 \pm \frac{k_n \sigma_x}{X_{mean}} \right] \quad (3)$$

donde:

- X_{mean} es el valor medio de una propiedad geotécnica de un material (X) obtenido a partir de un número (n) de valores derivados,
- V_x es el coeficiente de variación de una propiedad geotécnica del material X ,
- k_n es un coeficiente que depende del número de valores utilizados para obtener X_{mean} ,
- \mp implica que $k_n V_x$ se debe restar cuando un valor inferior de X_k es crítico y se debe sumar cuando un valor superior es crítico,
- σ_x es la desviación estándar de X .

El último paso de este procedimiento es obtener el valor representativo (X_{rep}). De acuerdo con FprEN 1997-1, cuando el proyectista considere que hay suficientes datos para utilizar métodos estadísticos, el valor representativo debería ser el valor característico; en caso contrario, el valor representativo será el valor nominal.

Más información sobre la determinación de los valores característicos puede encontrarse en Estaire y Schweckendiek (2021) y en la guía publicada por JRC (2024).

Por último, en la Tabla 15 se recogen los valores del factor parcial de materiales (γ_M) para las situaciones de proyecto persistentes, transitorias y accidentales.

Tabla 15. Valores del factor parcial γ_M para situaciones de proyecto persistentes y transitorias (tomada de FprEN 1997-1 / Table 4.8)

Ground property	Symbol	M1 ^a	M2 ^a
Soil and fill			
Shear strength in effective stress analysis ^b (τ)	γ_{τ}	1,0	1,25 k_M
Coefficient of peak friction ($\tan \phi'_p$) ^d	$\gamma_{\tan \phi'_p}$	1,0	1,25 k_M
Peak effective cohesion (c'_p)	$\gamma_{c'_p}$	1,0	1,25 k_M
Coefficient of friction at critical state ($\tan \phi'_{cs}$) ^d	$\gamma_{\tan \phi'_{cs}}$	1,0	1,1 k_M
Coefficient of residual friction ($\tan \phi'_r$) ^d	$\gamma_{\tan \phi'_r}$	1,0	1,1 k_M
Residual effective cohesion (c'_r)	$\gamma_{c'_r}$	1,0	1,1 k_M
Shear strength in total stress analysis ^b (c_u)	γ_{c_u}	1,0	1,4 k_M
Unconfined compressive strength (q_u)	γ_{q_u}	Same as γ_{c_u}	
Rock material and rock mass^f			
Shear strength (τ_r)	γ_{τ_r}	1,0	1,25 k_M
Unconfined compressive strength ^c (q_{ur})	$\gamma_{q_{ur}}$	1,0	1,4 k_M
Rock discontinuities			
Shear strength ^a	$\gamma_{\tau_{dis}}$	1,0	1,25 k_M
Coefficient of residual friction ^f ($\tan \phi'_{dis}$)	$\gamma_{\tan \phi'_{dis}}$	1,0	1,1 k_M
Interface			
Coefficient of ground/structure interface friction ($\tan \delta$)	$\gamma_{\tan \delta}$	1,0	1,25 k_M

^a M1 and M2 are alternative sets of material factors. prEN 1997-3:2022 specifies which set to use for specific geotechnical structures.
^b Intended to be used for numerical models.
^c Used for foundation purposes only.
^d Partial factor is applied to $\tan \phi$
^e Used when roughness component is neglected.
^f Values of partial factors shown for soil and fill can be used for weak, highly fractured rock masses, in cases when soil mechanics concepts are found to apply.

El análisis de la tabla permite indicar que los valores de γ_M para las situaciones accidentales son alrededor de un 15% menores (ratio 1,25/1,10 y ratio 1,40/1,20) que los correspondientes valores para las situaciones persistentes y transitorias.

Adicionalmente, como se indica en la Tabla 14, los valores de γ_M se pueden ajustar de acuerdo con las consecuencias de fallo, evaluadas a través de la Clase de Consecuencia (CC), usando el factor de consecuencia K_M , cuyos valores se dan en la Tabla 16, tomada del FprEN 1997-1.

Tabla 16. Valores del factor de consecuencia K_M para estructuras geotécnicas, dependiendo de la Clase de Consecuencia (Tomada de FprEN 1997-1:2024/Table 4.7).

Consequence class (CC)	Description of consequences	Consequence factor K_M and K_R
CC3	Higher	1,1
CC2	Normal	1,0
CC1	Lower	0,9

5 ANEJO NACIONAL

El Anejo Nacional es un documento que recoge los valores de los factores parciales que se deben usar en el proyecto geotécnico. Dichos valores se deben calibrar para que el dimensionamiento que se realice con el futuro EC7 sea muy similar al que se realiza actualmente y conseguir así que su uso no suponga grandes cambios en la práctica actual

7 RESUMEN

Este artículo muestra cómo se combinan tres nuevos conceptos – ‘Casos de Proyecto (introducido en Eurocódigo 0), el ‘Modelo de Proyecto Geotécnico (Eurocódigo 7-Parte 1) y el ‘Modelo del Terreno’ (Eurocódigo 7-Parte 2) para proporcionar un conjunto de reglas completas y flexibles para el proyecto específico de estructuras geotécnicas. El artículo presenta diagramas de flujo divididos entre: a) Procedimientos de fiabilidad, b) Modelización del terreno, c) Verificaciones de proyecto, d) Implementación del proyecto durante la ejecución y e) Realización de informes, que permiten el uso conjunto de los Eurocódigos 0 y 7.

8 AGRADECIMIENTOS

El autor quiere agradecer a los miembros y colegas de trabajo del Equipo de Proyecto SC7-TC6 (Sébastien Burlon, Gunilla Franzén, Guido Nuijten, Guiseppe Scarpelli, Adriaan van Seters & Andrew Bond) así como a Marcos Arroyo los comentarios críticos recibidos durante la elaboración de este texto.

9 REFERENCIAS

Bond, A. (2017). CEN-TC250-SC7 N1063 Chairman’s presentation 32nd Meeting of Oslo

Bond, A. (2018). Chairman’s opening remarks WGs Naples, 2018.

Bond, A., Formichi, P., Spehl, P. and Van Seyeres, A.J. (2019). Tomorrow’s geotechnical toolbox: EN 1990:202x. Basis of structural and geotechnical design. *XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Reykjavik (Iceland).

Bond, A., Jenner, C. and Moormann, C. (2019). Tomorrow’s geotechnical toolbox: EN 1997-3:202x. Geotechnical structures. *XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Reykjavik (Iceland).

Estaire, J. and Schweckendiek, T. (2021). Valores representativos para su uso en las verificaciones de estados límite en el marco del futuro Eurocódigo 7. *Revista Geotecnica*, n° 152 – Julio 2021 (pp. 465-480).

Franzén, G., Arroyo, M., Lees, A., Kavvadas, M., Van Seters, A., Walter, H. and Bond, A. (2019). Tomorrow’s geotechnical toolbox: EN 1997-1:202x. General rules. *XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Reykjavik (Iceland).

Lamas, L., Burbaum, U., Estaire, J., Harrison J., Nuijten, G. and Pereira, R. (2023). Rock engineering design in tomorrow’s geotechnical toolbox: Eurocode and the basis of structural and geotechnical design (the second generation of EN 1990 and EN 1997). *Geomechanics and Tunnelling*, Vol.16 October 2023, ISSN 1865-7363

Lees, A. (2019). Tomorrow’s geotechnical toolbox: EN 1997-1:202x. Numerical models. *XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Reykjavik (Iceland).

JRC (2024) Guideline document: Determination of representative values from derived values for verification of limit states with EN 1997. Report drafted by CEN TC250/SC7/TGC1, published by JRC, Joint Research Centre of the European Commission.

Norbury, D., Arroyo, M., Foti, S., Garin, H., Reiffsteck, P. and Bond, A. (2019). Tomorrow’s geotechnical toolbox: EN 1997-2:202x. Ground investigation. *XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Reykjavik (Iceland).

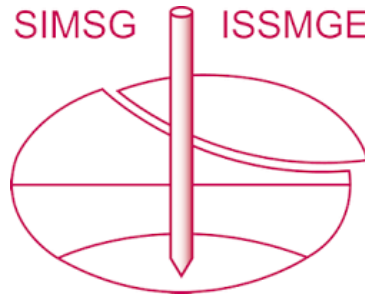
EN 1990:2023, Eurocode – Basis of structural and geotechnical design, CEN

FprEN 1997-1:2024, Eurocode 7 – Geotechnical design – Part 1: General rules, CEN

FprEN 1997-2:2024, Eurocode 7 – Geotechnical design – Part 2: Ground properties, CEN

FprEN 1997-3:2024, Eurocode 7 – Geotechnical design – Part 3: Geotechnical structures, CEN

INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



This paper was downloaded from the Online Library of the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). The library is available here:

<https://www.issmge.org/publications/online-library>

This is an open-access database that archives thousands of papers published under the Auspices of the ISSMGE and maintained by the Innovation and Development Committee of ISSMGE.

The paper was published in the proceedings of the 17th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (XVII PCSMGE) and was edited by Gonzalo Montalva, Daniel Pollak, Claudio Roman and Luis Valenzuela. The conference was held from November 12th to November 16th 2024 in Chile.