

# ***Capítulo I***

## ***General***





# *Índice Capítulo I*

## **CAPÍTULO I. GENERAL**

I.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN .....	31
I.2. CONTENIDO .....	31
I.3. CRITERIOS DE SEGURIDAD .....	32
I.4. CONSIDERACIÓN DE LOS EUROCÓDIGOS ESTRUCTURALES .....	32
I.5. DEFINICIONES .....	35
I.6. SISTEMA DE UNIDADES .....	41
I.7. NOTACIONES .....	41
I.8. REFERENCIAS DOCUMENTALES .....	48



## I.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN

El ámbito de aplicación de las Recomendaciones Geotécnicas para el Proyecto de Obras Marítimas y Portuarias (ROM 0.5) se extiende a todas las obras marítimas y portuarias cualquiera que sea su clase o destino, así como los materiales y elementos empleados en su construcción.

A estos efectos, se consideran Obras Marítimas y Portuarias aquellas estructuras, elementos estructurales o movimientos de tierra ubicados en zonas portuarias marítimas o fluviales, o en cualquier otra pertenencia del dominio público marítimo-terrestre, siempre que permanezcan en situación estacionaria en Fase de Servicio, tanto en forma fija como flotante.

Asimismo se considerarán incluidos dentro del ámbito de aplicación de las presentes Recomendaciones aquellos elementos o Fases auxiliares de Construcción que puedan afectar a la seguridad o correcto funcionamiento en Fase de Servicio de estructuras preexistentes que reúnan los requisitos indicados en el párrafo anterior.

## I.2 CONTENIDO

Las presentes Recomendaciones reúnen los criterios necesarios para la definición y realización de los trabajos de investigación geotécnica, la elaboración de la información obtenida con dicha investigación, los métodos de análisis de los diversos aspectos de tipo geotécnico y modo de evaluar los parámetros en cada caso y, finalmente, el estudio de los problemas geotécnicos que presentan cada una de las tipologías estructurales más habituales en las obras marítimas y portuarias.

Para cubrir los aspectos geotécnicos relacionados con obras marítimas y portuarias, esta Recomendación ROM 0.5-05 se estructura en cuatro partes:

- ◆ Parte 1. General. Incluye los aspectos generales necesarios para la correcta aplicación y comprensión de la Recomendación: ámbito de aplicación, resumen general de su contenido, definiciones, unidades utilizadas, notaciones y simbología, y documentación de referencia.
- ◆ Parte 2. Investigación geotécnica. Se establecen las distintas etapas que permitirán llegar a definir los valores de los parámetros geotécnicos a emplear en los cálculos y análisis del Proyecto: recopilación de la información previa, planificación y realización de la campaña de reconocimientos (trabajos de campo y ensayos de laboratorio), y redacción del informe geotécnico.
- ◆ Parte 3. Criterios geotécnicos del Proyecto. Se dan recomendaciones generales sobre los métodos de análisis a emplear para evaluar distintas situaciones típicas, así como sobre los márgenes de seguridad a utilizar en cada caso.
- ◆ Parte 4. Problemas geotécnicos en distintas tipologías de obras marítimas y portuarias. Se establecen las situaciones que deben ser analizadas en cada una de las tipologías más habituales en las obras marítimas y portuarias junto con las recomendaciones específicas sobre el método de análisis de cada una de ellas.

*Comentario: Las distintas partes de esta Recomendación están relacionadas entre sí. Aunque el orden de presentación elegido sigue la secuencia lógica del proyecto geotécnico, es necesario conocer el texto completo de la Recomendación para aplicar cualquiera de las partes. En particular, para programar un reconocimiento adecuado (Parte 2) es necesario conocer previamente el tipo de problemas a cuya solución habrá de contribuir el reconocimiento geotécnico (Parte 4) así como los métodos de análisis a emplear (Parte 3).*

### I.3 CRITERIOS DE SEGURIDAD

El terreno es responsable de buen número de fallos de obras marítimas y portuarias. El proyecto geotécnico debe evitar, con determinadas garantías, la rotura del terreno y, en general, cualquier comportamiento anómalo de la obra causada por éste.

El concepto general de “seguridad” debe dividirse en las tres partes siguientes:

- a. **Fiabilidad.** Debe entenderse como la seguridad frente a fallos graves, que en la ROM 0.0 y en esta ROM 0.5 se denominan “estados límite últimos”. Se define como el valor complementario de la probabilidad conjunta de fallo frente a todos los modos principales adscritos a los Estados Límite Últimos.
- b. **Funcionalidad.** Debe entenderse como la seguridad existente frente a fallos que producen la pérdida de la funcionalidad de la obra de forma reversible o irreversible debido a un fallo estructural, estético, ambiental o por condicionante legal, que dentro del Programa ROM se denominan “estados límite de servicio”. Se define como el valor complementario de la probabilidad conjunta de fallo frente a todos los modos principales adscritos a los Estados Límite de Servicio.
- c. **Operatividad.** Corresponde este concepto a la seguridad frente a posibles paradas operativas o garantía de uso de la obra. Difiere del fallo funcional principalmente por el tipo de causa que genera la pérdida de garantías del uso. Los fallos funcionales se entiende que persisten hasta que el ingeniero decide corregirlos a través de la reparación o reconstrucción de la obra, mientras que los fallos operativos cesan al cesar el agente (generalmente climático) que los provoca. Se define como el valor complementario de la probabilidad de parada frente a todos los modos de parada principales adscritos a los Estados Límite de Parada Operativa.

El nivel o grado de seguridad que debe garantizarse en los proyectos de las distintas obras marítimas y portuarias se indica en el apartado 3.2, en función del “carácter” de la obra.

### I.4 CONSIDERACIÓN DE LOS EUROCÓDIGOS ESTRUCTURALES

La Comisión de la Comunidad Europea ha realizado el esfuerzo de establecer una serie de reglas técnicas denominadas Eurocódigos cuya intención es que sean de aplicación sistemática en los proyectos y construcción de obras de edificación y de ingeniería civil en los países de la Comunidad. Entre otros aspectos, intenta regular el “proyecto geotécnico”.

En relación con esta ROM 0.5, tienen especial importancia el Eurocódigo EC0: Bases del Proyecto Estructural y el Eurocódigo EC7: Proyecto Geotécnico. Parte I. Reglas Generales. Ambos códigos se han considerado el redactar esta versión de la ROM 0.5.

El Eurocódigo EC0 indica que la comprobación de la fiabilidad relacionada con la seguridad, la utilización y la durabilidad de las estructuras debe realizarse según los procedimientos que se indican en cada uno de los eurocódigos específicos. En el Programa ROM, de forma semejante, la ROM 0.0 indica que la fiabilidad, la funcionalidad y la operatividad, que encierran conceptos similares a los definidos en los Eurocódigos, deben realizarse de acuerdo con los distintos documentos específicos del Programa ROM.

Concretamente, el EC0 y los Eurocódigos que le siguen (serie de nueve códigos EC1 a EC9), indican que en caso de utilizarse cálculos de comprobación, estos se ordenen de acuerdo con los conceptos de Estados Límite y se resuelvan mediante métodos de cálculo basados en coeficientes parciales. Como alternativa se puede proyectar con apoyo directo en métodos probabilistas, en aquellos casos aún no bien resueltos en coeficientes parciales. Esto requiere la ayuda de expertos y se sale del alcance de los eurocódigos. En forma similar y compatible con el EC0, la ROM 0.0 indica que, siempre que se realicen cálculos, se utilice el concepto de Estados Límite

y se apliquen coeficientes parciales y además, en ciertos casos, completar el análisis con procedimientos de cálculo probabilistas.

En un Anejo del EC0 se indica que los coeficientes parciales que se dan en los Eurocódigos están deducidos con la intención de obtener unos valores mínimos de la fiabilidad necesaria.

A efectos de fijar la fiabilidad mínima exigible en estados límite últimos en los Eurocódigos, se establecen tres clases de proyectos (o estructuras, o componentes estructurales) en función de las consecuencias del fallo y se asigna, a cada una de ellas, un índice de fiabilidad  $\beta$  mínimo exigible. Ver Tabla 1.4.1.

**Tabla 1.4.1. Eurocódigos. Valores mínimos recomendados del índice de fiabilidad  $\beta$  (Estados Límite Últimos)**

	Clase de fiabilidad	Valor mínimo de $\beta$	
		Periodo de referencia 1 año	Periodo de referencia 50 años
Estados Límite Últimos	RC3	5,2	4,3
	RC2	4,7	3,8
	RC1	4,2	3,3

De forma también similar, la ROM 0.0 indica una fiabilidad objetivo para los Estados Límite Últimos que dependen del carácter de la obra.

Para los estados límite de servicio irreversibles, el EC0 indica unos índices de fiabilidad objetivo que son:  $\beta = 2,9$  para el período de referencia de 1 año y  $\beta = 2,3$  para el período de referencia de 50 años. De forma semejante, la ROM 0.0 indica varios índices de fiabilidad mínimos para los Estados Límite de Servicio.

Aunque los campos de aplicación de los Eurocódigos y de los documentos ROM son diferentes, existe un área común (obras portuarias) donde sería deseable que fuesen compatibles. La información actual apunta a que la aplicación del Eurocódigo EC0 en las áreas de competencia común con el Programa ROM será compatible con los documentos que se editen siguiendo las líneas generales indicadas en la ROM 0.0. Serán los distintos documentos de aplicación del Programa ROM los que finalmente permitan concluir si la aplicación de los Eurocódigos es aceptable por el Programa ROM y compatible con él en los casos específicos del conjunto de obras donde los ámbitos de aplicación se solapan.

Esta ROM 0.5 indica, como valores objetivo de los índices de fiabilidad, para los modos de fallo geotécnico asociada a Estados Límite Últimos, los valores  $\beta_1 = 2,3$ ;  $\beta_2 = 3,1$  y  $\beta_3 = 3,7$  dependiendo del carácter de la obra y referidos a la vida útil de la obra. La vida útil de las obras marítimas y portuarias suele quedar en el rango comprendido entre 15 y 50 años. La fiabilidad objetivo en la ROM 0.5 sería similar a la de los Eurocódigos cuando la vida útil es 50 años y cuando se equiparan las obras de ISA bajo con las de Clase RC2 de los Eurocódigos y las obras de ISA alto o muy alto a las de Clase RC2 de los Eurocódigos. La Clase RC3 de los Eurocódigos no tendría una homóloga en la ROM 0.5. Las obras de ISA no significativos de esta ROM 0.5 tampoco tendrían una representación equivalente en los Eurocódigos. Para estos casos y para vidas útiles diferentes de 50 años, sería necesaria cierta adaptación de los valores de los coeficientes parciales. Y esto es posible pues tanto los Eurocódigos como la ROM 0.5 establecen un procedimiento sencillo para ajustar ligeramente los valores de los coeficientes parciales y de esa forma considerar el efecto de la fiabilidad objetivo que se pretende, cuando las diferencias no son muy grandes.

Los coeficientes de seguridad parciales (o sencillamente los coeficientes parciales) que se definen en el EC7 son sólo orientativos; los diversos países de la Comunidad pueden adaptarlos a sus condiciones específicas. Es más, cada país, dentro del EC7, puede elegir varias vías de verificación que difieren en las formas de introducir la seguridad ya sea en las acciones o en los efectos de las acciones, en los parámetros resistentes o en las resistencias. También en los modelos de cálculo. El EC7 indica varias vías posibles. Cada país podrá elegir una de ellas o permitir varias alternativas. Las vías que hoy se indican en el EC7 y los coeficientes de seguridad que hoy incluye a modo orientativo son acordes con la filosofía de esta ROM 0.5.

El Eurocódigo EC7 admite tres posibles vías de comprobación que, en esquema, pueden representarse de forma simbólica como sigue:

#### ◆ Procedimiento de proyecto 1

Comprobación de dos posibles conjuntos combinados de coeficientes parciales:

- Conjunto combinado 1: A1 “+” M1 “+” R1
- Conjunto combinado 2: A2 “+” M2 “+” R1

Para pilotes y anclajes, las combinaciones de coeficientes parciales son:

- Conjunto combinado 1: A1 “+” M1 “+” R1
- Conjunto combinado 2: A2 “+” (M1 ó M2) “+” R4

#### ◆ Procedimiento de proyecto 2

Comprobación con un solo conjunto de coeficientes parciales:

- Conjunto combinado: A1 “+” M1 “+” R2

#### ◆ Procedimiento de proyecto 3

Comprobación con un solo conjunto de coeficientes parciales:

- Conjunto combinado: (A1 ó A2) “+” M2 “+” R3

En esta escritura simbólica se implican los siguientes significados:

- A1: Coeficientes parciales en las acciones, iguales a los del cálculo estructural.
- A2: Coeficientes parciales en las acciones, valores algo menores y específicos para el cálculo geotécnico.
- M1: Coeficientes parciales en parámetros resistentes iguales a la unidad.
- M2: Coeficientes parciales en los parámetros resistentes.
- R1, R2, R3 y R4: Coeficientes parciales en resistencias.
- “+”: Significa combinado con.
- (A1 ó A2): Significa que el conjunto de coeficientes en las acciones estructurales es el A1 y en las acciones geotécnicas es el A2.

Los coeficientes parciales en las acciones pueden aplicarse a los valores de las acciones o a los efectos de las acciones.

En el procedimiento de proyecto 1 se incluyen dos comprobaciones porque con ellas se quiere cubrir el proyecto puramente geotécnico y también el proyecto estructural de los elementos de cimentación.

Es evidente que el entendimiento de todos los detalles de estos tres procedimientos de proyecto requiere el estudio del EC7 en toda su extensión.

Esta ROM 0.5 ha elegido, como procedimiento de proyecto y para comprobaciones exclusivamente geotécnicas el conjunto de coeficientes parciales que podría representarse, de forma simbólica de la forma siguiente:

#### ◆ Procedimiento ROM 0.5

Cálculos geotécnicos: Conjunto de coeficientes parciales A2 “+” M1 “+” F.



De esta forma los cálculos justificativos se hacen siempre con los parámetros del terreno que se creen más representativos y las acciones se mayoran poco. Con ello se enlaza, con cambios menores, con la práctica anterior descrita en la ROM 0.5-94, aunque ahora se calcule con cierta mayoración de acciones.

Esta forma de proceder aunque es similar a las que figuran en el EC7 no coincide con ninguna de ellas exactamente. Los valores de  $F$  que se indican en esta ROM 0.5-05 serían formalmente equiparables a los valores de  $R$  que se indican en el EC7, aunque en general son mayores pues se incluye en ellos mayor parte de la incertidumbre geotécnica.

En esta ROM 0.5, que no considera el proyecto estructural de los elementos de cimentación o de contención (muros), se indica que para el proyecto estructural, además, debe considerarse otro conjunto de coeficientes parciales cuya definición cae fuera de su alcance.

Mientras se redactan los Documentos Nacionales de Aplicación del EC7 y hasta que no sean de aplicación obligatoria, esta ROM 0.5 indica unas formas de cálculo provisionales que se consideran aceptables y compatibles con lo que hoy se puede intuir lo que va a ser el documento nacional de aplicación en España. En el futuro será necesario confirmar este extremo y es posible que sea obligatorio modificar algunos aspectos de esta ROM 0.5-05.

Cuando el EC7 sea de obligado cumplimiento se recomienda que los proyectos de las obras marítimas y portuarias que pudieran desarrollarse a su amparo se evalúen también con los criterios del Programa ROM. De esta forma se adquirirá experiencia para valorar las posibles diferencias.

## 1.5 DEFINICIONES

Únicamente se recogen en este apartado las definiciones de los términos más habituales en el tratamiento específico de problemas de tipo geotécnico. Para cualquier otro término no incluido en la siguiente relación, se remite a las restantes Recomendaciones del Programa ROM.

- ◆ **ACCIÓN O CARGA:** Toda causa o agente actuante capaz de generar cambios tensionales o deformaciones tanto en las estructuras como en el terreno.
- ◆ **ALTURA DE OLA:** Distancia vertical entre una cresta y el seno precedente.
- ◆ **ANCLAJE:** Elemento que, trabajando a tracción, permite aplicar una carga puntual en una estructura de contención.
- ◆ **ANCLAJE ACTIVO:** Anclaje al que se aplica una tensión previa al finalizar su instalación.
- ◆ **ANCLAJE PASIVO:** Anclaje que es colocado sin aplicarle tensión (o aplicando una tensión mínima) durante la instalación, tomando posteriormente carga a lo largo de las sucesivas Fases de la obra.
- ◆ **APUNTALAMIENTO:** Elemento que, trabajando a compresión, permite aplicar una carga sobre una estructura de contención. También puede denominarse codal.
- ◆ **ARCILLA:** Fracción de suelo cuyas partículas tienen un tamaño aparente menor de 0,002 mm (aprox.), en ensayos granulométricos por sedimentación.
- ◆ **ARENA:** Fracción de suelo cuyas partículas tienen un tamaño comprendido entre 0,08 mm y 2 mm (aprox.). Fina hasta 0,2 mm; media hasta 0,6 mm; gruesa por encima de 0,6 mm.
- ◆ **CALICATA:** Excavación de pequeña profundidad realizada manualmente o con máquina para investigar el terreno.

- ◆ **CARGA ACCIDENTAL:** Carga de carácter fortuito o anormal que puede presentarse como resultado de un accidente, mal uso, error humano, funcionamiento deficiente de algún elemento, condiciones medioambientales o de trabajo excepcionales, etc.
- ◆ **CARGA DINÁMICA:** Carga cuya actuación genera aceleraciones significativas en el terreno o en las estructuras.
- ◆ **CARGA ESTÁTICA:** Carga cuya actuación no genera aceleraciones significativas ni en el terreno ni en las estructuras.
- ◆ **CARGA PERMANENTE:** Carga que actúa de modo continuo durante la Fase de proyecto que se analiza.
- ◆ **CARGA VARIABLE:** Carga cuya magnitud o posición pueden sufrir alteraciones durante la Fase de proyecto que se analiza.
- ◆ **CODAL:** Véase “apuntalamiento”.
- ◆ **COEFICIENTE DE MAYORACIÓN DE CARGAS:** Factor multiplicativo de los valores representativos de las acciones para obtener los valores a utilizar en el cálculo.
- ◆ **COEFICIENTE DE MINORACIÓN DE RESISTENCIAS DEL TERRENO:** Coeficiente por el que se divide el valor estimado de la resistencia del terreno para obtener el valor de diseño a utilizar en los cálculos.
- ◆ **COEFICIENTE DE SEGURIDAD:** Cociente de dos magnitudes homólogas. Una representativa de la resistencia del terreno (numerador) y otra representativa del efecto de las acciones (denominador).
- ◆ **COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD:** Relación  $D_{60}/D_{10}$  de una muestra de suelo.
- ◆ **COLAPSO:** Disminución de volumen que experimentan algunos suelos al aumentar su humedad sin variar la presión aplicada.
- ◆ **CONSOLIDACIÓN:** Período transitorio en el que un suelo saturado expulsa agua hasta alcanzar una situación estable.
- ◆ **CONTRAEMPUJE:** Empuje que es necesario movilizar en el extremo inferior de una pantalla para obtener un equilibrio de las fuerzas actuantes sobre la misma.
- ◆ **COMPACTACIÓN DINÁMICA:** Tratamiento del terreno consistente en la aplicación de energía en la superficie del mismo mediante el impacto producido por la caída de una gran masa desde una altura elevada.
- ◆ **DENSIDAD APARENTE:** Masa real de una muestra (partículas sólidas + agua) dividida entre el volumen total de la misma.
- ◆ **DENSIDAD SATURADA:** Densidad correspondiente a una muestra saturada, con todos sus poros llenos de agua.
- ◆ **DENSIDAD SECA:** Masa de las partículas sólidas dividida por el volumen total de la muestra.
- ◆ **DENSIDAD SUMERGIDA:** Densidad virtual que el material saturado tendría al estar sumergido en agua.
- ◆ **DIACLASA:** Superficie de discontinuidad de un macizo rocoso originada por las tensiones experimentadas a lo largo de su historia geológica.
- ◆ **DUQUE DE ALBA:** Estructura exenta diseñada para soportar esfuerzos horizontales de amarre o atraque, o servir de protección a otras estructuras (para evitar el impacto directo de embarcaciones contra ellas).

- ◆ **EFFECTO SILO:** Fenómeno físico que reduce las compresiones verticales en un material ensilado como consecuencia del rozamiento con las paredes del silo.
- ◆ **EMPOTRAMIENTO:** Zona de la estructura que queda por debajo de la superficie del terreno.
- ◆ **EMPUJE ACTIVO:** Empuje sobre una estructura de contención cuando ésta experimenta un desplazamiento suficientemente amplio alejándose de la carga.
- ◆ **EMPUJE AL REPOSO:** Empuje que corresponde a la situación ideal de desplazamiento nulo de una estructura de contención.
- ◆ **EMPUJE PASIVO:** Empuje sobre una estructura de contención cuando ésta experimenta un desplazamiento suficientemente amplio contra el terreno.
- ◆ **ENSAYO PENETROMÉTRICO:** Ensayo consistente en hincar en el terreno un varillaje, con dimensiones y puntaza tipificadas, midiéndose la resistencia opuesta a la hincia. La hincia puede efectuarse mediante golpeo (ensayo de penetración dinámico) o por aplicación de una presión (ensayo de penetración estático).
- ◆ **ENTIBACIÓN:** Estructura de contención de una excavación que va siendo colocada simultáneamente con la propia ejecución de la excavación.
- ◆ **ESTADOS LÍMITE:** Estados de proyecto en los cuales, la obra en su conjunto, o en alguno de sus tramos o elementos, queda fuera de uso o servicio por incumplimiento de los requisitos de seguridad, de servicio y de explotación especificados en el proyecto.
- ◆ **ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO:** Situaciones que suponen que una obra, estructura o elemento, deja de cumplir los requisitos de calidad (por razones funcionales, estéticas, de durabilidad, etc) establecidos en el proyecto, aunque ello no implique la ruina o puesta fuera de servicio de modo inmediato.
- ◆ **ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS:** Situaciones que suponen la puesta fuera de servicio de una determinada obra, estructura o elemento, como consecuencia de rotura, hundimiento, pérdida de estabilidad o cualquier otra forma de fallo.
- ◆ **FANGO:** Suelo constituido por partículas finas, depositado en medio acuático, con densidad y consistencia bajas.
- ◆ **FINOS:** Partículas de tamaño inferior al tamiz 200 ASTM (0,076 mm) o 0,080 UNE (0,08 mm). En escollos, suele aplicarse a los fragmentos inferiores a 1'' ó 25 mm.
- ◆ **GRADIENTE HIDRÁULICO:** Cociente de la diferencia del nivel piezométrico entre dos puntos dividida por la distancia.
- ◆ **GRADO DE CONSOLIDACIÓN:** Porcentaje disipado de las sobrepresiones intersticiales generadas como consecuencia de la aplicación de una carga sobre un suelo con abundante proporción de finos y saturado.
- ◆ **GRADO DE SATURACIÓN:** Porcentaje de poros que están ocupados por el agua.
- ◆ **GRAVA:** Fracción de suelo cuyas partículas tienen un tamaño comprendido entre 2 mm y 60 mm (aprox.). Fina hasta 6 mm; media hasta 20 mm; gruesa por encima de 20 mm.
- ◆ **HINCHAMIENTO:** Incremento de volumen que experimentan algunos suelos al aumentar su humedad.
- ◆ **HINCHAMIENTO LIBRE:** Cambio porcentual de volumen que experimenta un suelo al saturarlo con presiones efectivas bajas.

- ◆ **HUMEDAD:** Cociente entre el peso de agua contenido en una determinada muestra y el peso del terreno seco.
- ◆ **HUMEDAD DE SATURACIÓN:** Humedad de una muestra en la cual todos los poros están llenos de agua.
- ◆ **ÍNDICE DE POROS:** Relación entre el volumen ocupado por los poros y el volumen ocupado por las partículas sólidas.
- ◆ **INTRADÓS:** Superficie exterior de una estructura de contención.
- ◆ **INYECCIÓN POR IMPREGNACIÓN:** Tratamiento consistente en forzar la entrada de lechadas de cemento y agua (con o sin aditivos), o de otros productos, a través de los poros del suelo. La similitud de la técnica de ejecución hace que se pueda aplicar esta designación cuando el objetivo es rellenar fracturas o pequeños huecos en la roca.
- ◆ **INYECCIONES DE ALTA PRESIÓN (JET GROUTING):** Tratamiento del terreno en el cual se produce una mezcla del terreno (disgregado como consecuencia de la aplicación de fluidos a velocidades muy altas -jets-, a través de toberas de pequeño diámetro) con el cemento de la lechada de inyección.
- ◆ **INYECCIONES DE COMPACTACIÓN:** Tratamiento consistente en inyectar un mortero espeso, de cemento y arena, en el fondo de un taladro, produciendo con ello un desplazamiento del terreno.
- ◆ **INYECCIONES DE FRACTURACIÓN:** Tratamiento consistente en la introducción en el terreno de una lechada de cemento a elevada presión, dando lugar a la formación de lajas de inyección como consecuencia de haberse producido la hidrofracturación del suelo.
- ◆ **LICUEFACCIÓN:** Anulación de la capacidad para resistir esfuerzos de corte en un suelo granular fino con densidad relativa baja y saturado, como consecuencia del aumento de la presión intersticial originado por las vibraciones.
- ◆ **LIMO:** Fracción de suelo cuyas partículas tienen un tamaño comprendido entre 0,002 mm y 0,08 mm (aprox.).
- ◆ **MICROPILOTE:** Pilote perforado in situ de pequeño diámetro (normalmente inferior a 300 mm), ejecutado mediante perforación, provisto en general de armaduras (redondos o tubular) y rellenado con mortero inyectado aplicando una presión en la embocadura.
- ◆ **MÓDULO DE BALASTO:** Resultado de dividir la compresión aplicada sobre una superficie de terreno entre el desplazamiento producido en la dirección de dicha compresión. Designado asimismo como módulo de reacción o módulo de Winkler.
- ◆ **NIVEL PIEZOMÉTRICO:** Nivel que alcanza el agua en un tubo piezométrico al colocarlo en un punto.
- ◆ **NÚMERO DE ESTABILIDAD:** Parámetro adimensional (peso específico del suelo multiplicado por altura y dividido por cohesión) utilizado en el análisis de estabilidad, empuje sobre entibaciones, etc.
- ◆ **PENETRÓMETRO:** Equipo para realizar ensayos penetrométricos; en ocasiones, se utiliza este término para designar el ensayo propiamente dicho.
- ◆ **PESO ESPECÍFICO APARENTE:** Peso real de una muestra (partículas sólidas + agua) dividido entre volumen total de la misma.
- ◆ **PESO ESPECÍFICO SATURADO:** Peso específico correspondiente a una muestra saturada, con todos sus poros llenos de agua.
- ◆ **PESO ESPECÍFICO SECO:** Peso de las partículas sólidas, dividido por el volumen total de la muestra.

- ◆ PESO ESPECÍFICO SUMERGIDO: Peso específico virtual que el material saturado tendría al estar sumergido en agua.
- ◆ PIEZOCONO: Equipo consistente en un penetrómetro estático que lleva incorporado un piezómetro en la punta.
- ◆ PILOTE: Elemento estructural esbelto utilizado como cimentación profunda.
- ◆ POROSIDAD: Relación entre el volumen ocupado por los poros y el volumen total de la muestra (partículas sólidas + poros).
- ◆ PRECARGA: Tratamiento del terreno consistente en la aplicación al terreno de una carga temporal (de tierras, generalmente) previa a la actuación de las cargas definitivas, con objeto de acelerar la consolidación y mejorar la resistencia y la deformabilidad.
- ◆ PRESIÓN EFECTIVA: Presión intergranular transmitida a través de los contactos entre las partículas de los suelos.
- ◆ PRESIÓN DE HINCHAMIENTO: Presión que evita la expansión de un suelo durante su saturación.
- ◆ PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN: Máxima presión efectiva que ha soportado un suelo en el pasado.
- ◆ PUNTAL: Véase “apuntalamiento”.
- ◆ RAZÓN DE SOBRECONSOLIDACIÓN: Cociente entre la presión de preconsolidación y la presión efectiva actual.
- ◆ RELLENO: Depósito artificial realizado con materiales naturales, piezas artificiales o productos de desecho.
- ◆ RELLENO DE ESCOMBROS (ANTRÓPICO): Relleno efectuado con productos de desecho humano (escombros, ladrillos, etc), de carácter heterogéneo.
- ◆ RELLENO ESTRUCTURAL: Relleno situado próximo a una estructura y cuyas características desempeñan un papel importante en la estabilidad o deformación del conjunto.
- ◆ RELLENO GENERAL: Relleno situado en zonas alejadas de las estructuras y/o sin misión estructural.
- ◆ RELLENO GRANULAR: Relleno efectuado con materiales con un bajo contenido de finos (limos y arcillas).
- ◆ RELLENO HIDRÁULICO: Relleno depositado mediante un proceso de sedimentación de partículas sólidas contenidas en un efluente (procedente, en general, de un dragado).
- ◆ REPTACIÓN: Deslizamiento de un suelo sobre un sustrato rocoso a lo largo de una superficie sensiblemente paralela al talud.
- ◆ RESISTENCIA DE PICO: Máxima resistencia al corte de un determinado suelo.
- ◆ RESISTENCIA RESIDUAL: Resistencia al corte de un determinado suelo para grandes deformaciones; mucho mayores que la correspondiente a la resistencia de pico.
- ◆ RETRACCIÓN: Disminución de volumen que experimentan algunos suelos al disminuir su humedad.
- ◆ ROCA: Agregado natural de uno o más minerales que no sufre modificaciones sensibles en presencia de agua.

- ◆ **ROZAMIENTO NEGATIVO:** Incremento de carga en un pilote producido como consecuencia del asentamiento del terreno que lo rodea.
- ◆ **SIFONAMIENTO:** Arrastre de partículas que produce erosión interna en el terreno natural o en rellenos artificiales a causa del flujo del agua. En ocasiones se llama «sifonamiento» al levantamiento del fondo de excavaciones ocasionados por un fuerte gradiente de presiones intersticiales que llega a anular la tensión efectiva.
- ◆ **SITUACIÓN DE PROYECTO:** Esquema simplificado de un problema real, que incluye, para el plazo de tiempo asociado, una definición de la geometría, las características de los materiales y las acciones, todo lo cual sirve de base para la realización de los cálculos correspondientes.
- ◆ **SOCAVACIÓN:** Erosión superficial del terreno causada por el movimiento del agua.
- ◆ **SONDEO:** Perforación profunda de pequeño diámetro, con extracción de testigo.
- ◆ **SUBPRESIÓN:** Fuerza ascendente producida por el agua sobre una estructura, elemento de contención o de cimentación sumergido.
- ◆ **SUBSIDENCIA:** Asiento generalizado de la superficie del terreno debido a un cambio tensional importante en su interior. Es típica la causada por rebajamiento del nivel freático en suelos blandos.
- ◆ **SUELO:** Parte de la corteza terrestre formada por materiales fragmentados o sueltos, pudiendo ser fácilmente separado en partículas individuales.
- ◆ **SUELO METAESTABLE:** Suelo susceptible de experimentar cambios volumétricos importantes al variar su humedad.
- ◆ **SUELO NORMALMENTE CONSOLIDADO:** Suelo cuya presión efectiva actual es igual a su presión de preconsolidación.
- ◆ **SUELO PRECONSOLIDADO:** Suelo cuya presión efectiva actual es inferior a su presión de preconsolidación.
- ◆ **SUSCEPTIBILIDAD TIXOTRÓPICA (TIXOTROPÍA):** Relación entre la resistencia al corte de un material arcilloso en estado natural y la correspondiente al mismo material después de remoldeado con la misma densidad y humedad.
- ◆ **TAMAÑO MÁXIMO:** Abertura del tamiz más pequeño que deja pasar la totalidad de una determinada muestra de suelo.
- ◆ **TRASDÓS:** Superficie interior (en contacto con el terreno retenido) de una estructura de contención.
- ◆ **TRASDÓS VIRTUAL:** Trasdós equivalente sobre el que se consideran actuando los empujes al analizar determinados problemas relativos a estructuras de contención.
- ◆ **TOPE ESTRUCTURAL:** Capacidad resistente de un elemento de cimentación o contención.
- ◆ **VIBROCOMPACTACIÓN:** Tratamiento de un terreno granular consistente en la densificación mediante la introducción en el mismo de un torpedo vibratorio.
- ◆ **VIBROFLOTACIÓN:** Tratamiento de vibrocompactación sin aportación de material.
- ◆ **VIBROSUSTITUCIÓN:** Tratamiento de vibrocompactación con aportación de material granular grueso.

## 1.6 SISTEMA DE UNIDADES

El sistema de unidades usado en estas Recomendaciones corresponde al Sistema Legal de Unidades de Medida obligatorio en España, denominado Sistema Internacional de Unidades (SI).

Las unidades básicas del Sistema Internacional más comúnmente utilizadas en el campo de la geotecnia son las siguientes:

- ◆ Longitud : Metro (m).
- ◆ Masa : Kilogramo (kg) o su múltiplo la tonelada (1 t = 1000 kg).
- ◆ Tiempo : Segundo (s).
- ◆ Fuerza : Newton (N) o su múltiplo el kilonewton (1 kN = 1000 N).

Para la tensión o presión (fuerza por unidad de superficie) se empleará el Pascal ( $\text{Pa} = \text{N/m}^2$ ). Se emplearán como múltiplos el kilopascal ( $\text{kPa} = \text{kN/m}^2$ ) y el megapascal (1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10<sup>3</sup> kN/m<sup>2</sup> = 10<sup>6</sup> N/m<sup>2</sup>). También se empleará otro múltiplo, el «bar», que equivale a 10<sup>5</sup> Pa = 100 kPa.

*Comentario: La correspondencia entre las unidades del Sistema Internacional S.I. y las del sistema Metro-Kilopondio-Segundo es la siguiente:*

*Newton – kilopondio: 1 N = 0,102 kp e inversamente 1 kp = 9,81 N*

*Newton por milímetro cuadrado – kilopondio por centímetro cuadrado: 1 N/mm<sup>2</sup> = 10,2 kp/cm<sup>2</sup> e inversamente 1 kp/cm<sup>2</sup> = 0,0981 N/mm<sup>2</sup>*

Las unidades preferentes para definir los parámetros geotécnicos principales se indican en la Tabla 2.14.1.

## 1.7 NOTACIONES

En la Tabla 1.7.1 se incluyen las notaciones, abreviaturas y símbolos convencionales referidos a aspectos geotécnicos y empleados de modo específico en esta Recomendación ROM 0.5.

**Tabla 1.7.1. Notaciones, abreviaturas y símbolos convencionales fundamentales utilizados en estas Recomendaciones**

Símbolo	Definición	Unidades
<b>I. MAYÚSCULAS LATINAS</b>		
A	Área	m <sup>2</sup>
A,B	Coeficientes de presión intersticial	*
A <sub>f</sub>	Área del fuste de un pilote	m <sup>2</sup>
A <sub>p</sub>	Área de la punta de un pilote	m <sup>2</sup>
B	Anchura o dimensión menor en planta de una cimentación	m
B	Anchura de un recinto excavado	m
B*, L*	Dimensiones equivalentes de una cimentación directa	m
C	Perímetro de la sección transversal en un pilote	m
C <sub>c</sub>	Índice de compresión	*
C <sub>s</sub>	Índice de entumecimiento	*
C <sub>u</sub>	Coeficiente de uniformidad	*

(Continúa)

**Tabla 1.7.1. Notaciones, abreviaturas y símbolos convencionales fundamentales utilizados en estas Recomendaciones (Continuación)**

Símbolo	Definición	Unidades
<b>I. MAYÚSCULAS LATINAS</b>		
D	Profundidad (de una cimentación superficial, espesor de un estrato, etc), anchura, diámetro, etc.	m
D	Amortiguamiento relativo	%
D <sub>máx</sub>	Tamaño máximo de las partículas de una muestra	mm
D <sub>r</sub>	Densidad relativa	%
D <sub>x</sub>	Tamaño del tamiz que deja pasar el x por ciento de una determinada muestra de suelo	mm
E	Módulo de elasticidad	MN/m <sup>2</sup>
E	Empuje sobre una estructura de contención	kN ó kN/m
E <sub>a</sub>	Empuje activo	kN ó kN/m
E <sub>ap</sub>	Módulo de elasticidad aparente (tensiones totales)	MN/m <sup>2</sup>
E <sub>h</sub> , E <sub>v</sub>	Componentes del empuje de tierras sobre un muro	kN ó kN/m
E <sub>m</sub>	Módulo edométrico	MN/m <sup>2</sup>
E <sub>o</sub>	Empuje al reposo	kN ó kN/m
E <sub>p</sub>	Empuje pasivo	kN ó kN/m
E <sub>w</sub>	Empuje producido por el agua	kN ó kN/m
F	Designación general de los coeficientes de seguridad	*
F <sub>A</sub>	Fuerza horizontal, debida al empuje activo, sobre los pilotes de una determinada alineación (A) situada en las proximidades del trasdós de un muro	kN
F <sub>d</sub>	Coeficiente de seguridad frente al deslizamiento a lo largo de una superficie plana	*
F <sub>h</sub>	Coeficiente de seguridad frente al hundimiento	*
F <sub>v</sub>	Coeficiente de seguridad al vuelco	*
G	Peso específico relativo de las partículas sólidas	*
G	Módulo de rigidez transversal	MN/m <sup>2</sup>
G <sub>o</sub>	Módulo de rigidez transversal para pequeñas deformaciones	MN/m <sup>2</sup>
H	Carga horizontal	MN
H	Altura de un muro	m
H	Longitud de drenaje en problemas de consolidación	m
H	Altura, en general	m
H	Profundidad, en general	m
H <sub>rot</sub>	Carga horizontal sobre un pilote que produce la rotura del terreno	kN
H <sub>d</sub>	Altura de la ola de cálculo	m
I	Gradiente hidráulico	*
IC	Índice de consistencia	*
IF	Índice de fluidez	*
IP	Índice de plasticidad	*
I <sub>v</sub>	Gradiente vertical del flujo de agua	*
J	Coeficiente de resistencia viscosa utilizado en el estudio dinámico de la hincas de pilotes	*
K	Módulo de balasto	kN/m <sup>3</sup>
K	Factor de cuña	*
K <sub>a</sub>	Coeficiente de empuje activo	*
K <sub>ac</sub>	Coeficiente de empuje activo para calcular el efecto de la cohesión	*
K <sub>ah</sub>	Coeficiente de empuje activo horizontal	*
K <sub>av</sub>	Coeficiente de empuje activo vertical	*



**Tabla 1.7.1. Notaciones, abreviaturas y símbolos convencionales fundamentales utilizados en estas Recomendaciones (Continuación)**

Símbolo	Definición	Unidades
<b>I. MAYÚSCULAS LATINAS</b>		
$K_o$	Coeficiente de empuje al reposo	*
$K_p$	Coeficiente de empuje pasivo	*
$K_{ph}$	Coeficiente de empuje pasivo horizontal	*
$K_{pv}$	Coeficiente de empuje pasivo vertical	*
$K_R$	Constante de muelle en el estudio de pantallas	kN/m <sup>2</sup>
$K_v, K_h$	Constantes de resorte para el estudio de desplazamientos de cimentaciones	kN/m
$K_\theta$	Constante de resorte para el estudio de giros de cimentaciones	kN·m
$L$	Longitud de un pilote	m
$L$	Espesor de una capa compresible	m
$LL$	Límite líquido	*
$LP$	Límite plástico	*
$M$	Momento flector	kN·m
$M$	Carga total actuante, por metro lineal, en una cimentación alargada menos el peso de las tierras excavadas para su construcción	kN/m
$M$	Masa de la maza en los tratamientos de consolidación dinámica y en los estudios de hincas de pilotes	kg
$N$	Índice del ensayo SPT: número de golpes para la hincas de los 30 cm centrales	*
$N$	Carga total actuante sobre una cimentación menos el peso de las tierras excavadas para su construcción (carga neta)	kN
$N'$	Compresión efectiva normal sobre un plano	kN
$N_B$	Índice del ensayo Borro: número de golpes para avanzar la hincas 20 cm	*
$N_c, N_q, N_\gamma$	Coeficientes de capacidad de carga para estimar la carga de hundimiento de una cimentación superficial	*
$N_f$	Número total de tubos de flujo de una red de filtración	*
$N_k$	Factor adimensional para la interpretación de los resultados de los ensayos de penetración estática	*
$N_o$	Número de estabilidad (peso específico por altura y dividido por cohesión)	*
$N_p$	Número total de saltos de potencial en una red de filtración	*
$P$	Perímetro	m
$Q$	Caudal	m <sup>3</sup> /s
$Q$	Carga vertical que actúa sobre un pilote	kN
$Q$	Esfuerzo cortante	kN
$Q_f$	Carga máxima que puede transmitir un pilote a lo largo de su fuste	kN
$Q_h$	Carga de hundimiento de un pilote	kN
$Q_L$	Sobrecarga lineal	kN/m
$Q_p$	Carga máxima que puede soportar la punta de un pilote	kN
$Q_p$	Sobrecarga puntual	kN
$R$	Radio de influencia de un pozo	m
$R$	Radio de una cimentación circular	m
$R_h$	Resultante de fuerzas horizontales	kN
$R_p$	Resistencia por la punta de un pilote	kN
$S$	Esfuerzo cortante	kN
$S, S_w$	Subpresión	kN
$T$	Resistencia a la extracción de un pilote	kN

(Continúa)

**Tabla 1.7.1. Notaciones, abreviaturas y símbolos convencionales fundamentales utilizados en estas Recomendaciones (Continuación)**

Símbolo	Definición	Unidades
<b>I. MAYÚSCULAS LATINAS</b>		
T	Longitud elástica de un pilote	m
T	Fuerza horizontal, de carácter externo, actuante sobre una estructura de contención	kN
T	Fuerza a que está sometido un elemento de anclaje	kN
T	Esfuerzo total de corte actuando sobre una superficie	kN
T	Esfuerzo a tracción en un elemento	kN
T <sub>a</sub> , T <sub>p</sub>	Componentes tangenciales del empuje sobre una estructura de contención (zona de empuje activo o pasivo, respectivamente)	kN ó kN/m
T <sub>h</sub> , T <sub>v</sub>	Período fundamental de vibración en modo horizontal, vertical	s
T <sub>v</sub>	Factor de tiempo	*
T <sub>θ</sub>	Período fundamental de vibración en modo de giro	s
U	Grado de consolidación	*
UL	Unidad Lugeon	*
V	Carga vertical sobre una cimentación	kN
V	Resultante de fuerzas verticales	kN
W	Peso	kN
X,Y	Coordenadas en planta	m
X <sub>d</sub>	Valor de diseño de un factor de proyecto	*
X <sub>k</sub>	Valor característico de un factor de proyecto	*
X <sub>m</sub>	Valor medio o mejor estimación de un factor de proyecto	*
Z	Cota de un punto	m
Z	Impedancia de un pilote utilizada en el estudio dinámico de la hınca	kN·s/m
<b>II. MINÚSCULAS LATINAS</b>		
a	Adhesión terreno-estructura	N/m <sup>2</sup>
a	Aceleración sísmica	m/s <sup>2</sup>
a <sub>h</sub>	Aceleración sísmica horizontal	m/s <sup>2</sup>
a <sub>v</sub>	Aceleración sísmica vertical	m/s <sup>2</sup>
c	Cohesión	N/m <sup>2</sup>
c	Velocidad (o celeridad) de las ondas de compresión, de un pilote	m/s
c <sub>ap</sub>	Cohesión en condiciones no saturadas	N/m <sup>2</sup>
c <sub>u</sub>	Cohesión en condiciones sin drenaje	N/m <sup>2</sup>
c <sub>v</sub>	Coeficiente de consolidación	m <sup>2</sup> /s
d	Distancia	m
d <sub>x</sub>	Tamaño del tamiz que deja pasar el x por ciento en una determinada muestra de suelo	mm
e	Índice de poros	*
e	Excentricidad de la carga aplicada sobre una cimentación	m
e	Empuje unitario	kN/m <sup>2</sup>
e <sub>a</sub>	Empuje activo (unitario)	kN/m <sup>2</sup>
e <sub>p</sub>	Empuje pasivo (unitario)	kN/m <sup>2</sup>
e <sub>o</sub>	Empuje al reposo (unitario)	kN/m <sup>2</sup>
e <sub>o</sub>	Índice de poros inicial del terreno	*
f <sub>g</sub>	Factor de corrección, en general	*
g	Aceleración de la gravedad	m/s <sup>2</sup>

**Tabla 1.7.1. Notaciones, abreviaturas y símbolos convencionales fundamentales utilizados en estas Recomendaciones (Continuación)**

Símbolo	Definición	Unidades
<b>II. MINÚSCULAS LATINAS</b>		
$h$	Diferencia de nivel del agua entre ambos lados de un elemento impermeable	m
$h$	Espesor de un estrato, altura de un elemento, etc	m
$i_c, i_q, i_\gamma$	Coefficientes de inclinación de la estimación de la carga de hundimiento de una cimentación superficial	*
$k$	Coefficiente de permeabilidad	m/s
$k_h$	Coefficiente de permeabilidad horizontal	m/s
$k_v$	Coefficiente de permeabilidad vertical	m/s
$m, n$	Factores geométricos en estudios elásticos de distribución de tensiones o de asientos	*
$n$	Porosidad	*
$n$	Coefficiente de forma empleado en el estudio de problemas de permeabilidad	m ó *
$n_h$	Constante de proporcionalidad que expresa el crecimiento del módulo de balasto con la profundidad	kN/m <sup>3</sup>
$p$	Presión transmitida por una cimentación superficial	N/m <sup>2</sup>
$p_a$	Incremento del empuje activo unitario producido por la existencia de una sobrecarga	kN/m <sup>2</sup>
$p_{ah}$	Incremento del empuje activo unitario horizontal producido por la existencia de una sobrecarga	kN/m <sup>2</sup>
$p_{v, comp}$	Presión vertical de comparación	kN/m <sup>2</sup>
$p_{v, adm}$	Tensión admisible del terreno	kN/m <sup>2</sup>
$q$	Presión efectiva a nivel de la profundidad de apoyo de una cimentación superficial	N/m <sup>2</sup>
$q$	Sobrecarga superficial	N/m <sup>2</sup>
$q_c$	Resistencia a la penetración estática	N/m <sup>2</sup>
$q_p$	Resistencia unitaria por la punta de un pilote	N/m <sup>2</sup>
$q_u$	Resistencia a compresión simple	N/m <sup>2</sup>
$s$	Asiento	m
$s$	Separación entre centros de pilotes de un grupo de pilotes	m
$s$	Avance por golpe al final de la hincada de un pilote	mm
$s_c, s_q, s_\gamma$	Coefficientes de forma en la estimación de la carga de hundimiento de una cimentación superficial	*
$s_f$	Asiento al final de una prueba de carga	m
$s_t$	Susceptibilidad tixotrópica	*
$s_u$	Resistencia al corte sin drenaje en suelos arcillosos saturados	N/m <sup>2</sup>
$s_\infty$	Asiento teórico que corresponde a un tiempo infinito	m
$t$	Profundidad o empotramiento de tablestacas y pantallas, por debajo del fondo de excavación	m
$t$	Tiempo para alcanzar un determinado grado de consolidación	s
$t_{\min}$	Empotramiento mínimo de una pantalla deducido tras la consideración de los Estados Límite Últimos controlados por la resistencia del terreno	m
$u$	Presión intersticial	N/m <sup>2</sup>
$v$	Velocidad	m/s
$v_p$	Velocidad de las ondas de compresión	m/s
$v_s$	Velocidad de las ondas de corte	m/s
$w$	Humedad	%
$w_{sat}$	Humedad de saturación	%
$z$	Profundidad bajo un nivel de referencia (superficie del terreno, nivel de cimentación, etc)	m
$z_{\min}$	Valor mínimo de la profundidad	m

(Continúa)

**Tabla 1.7.1. Notaciones, abreviaturas y símbolos convencionales fundamentales utilizados en estas Recomendaciones (Continuación)**

Símbolo	Definición	Unidades
<b>III. GRIEGAS</b>		
$\alpha$	Parámetro adimensional empleado en diversas fórmulas	*
$\alpha$	Ángulo que forma el trasdós virtual de un muro con la vertical	grados ó rd
$\alpha$	Ángulo que forma con la horizontal la parte inferior de una rebanada en un cálculo de estabilidad	grados ó rd
$\alpha$	Semiángulo del diedro de una cuña de roca	grados ó rd
$\beta$	Parámetro adimensional utilizado en diversas fórmulas (longitud de sondeos, etc)	*
$\beta$	Factor de corrección de la presión vertical admisible en una cimentación directa sobre un suelo granular cuando existe un flujo ascendente	*
$\beta$	Ángulo que forma la superficie del terreno situado en el trasdós del muro con la horizontal	grados ó rd
$\beta$	Pendiente de la arista de una cuña de roca	grados ó rd
$\beta$	Índice de fiabilidad	*
$\gamma$	Peso específico	kN/m <sup>3</sup>
$\gamma$	Deformación angular	%
$\gamma'$	Peso específico sumergido	kN/m <sup>3</sup>
$\gamma_A$	Coefficiente de mayoración de acciones accidentales	*
$\gamma_{ap}$	Peso específico aparente	kN/m <sup>3</sup>
$\gamma_d$	Peso específico seco	kN/m <sup>3</sup>
$\gamma_G$	Coefficiente de mayoración de acciones permanentes	*
$\gamma_Q$	Coefficiente de mayoración de acciones variables	*
$\gamma_s$	Peso específico de partículas sólidas	kN/m <sup>3</sup>
$\gamma_{sat}$	Peso específico saturado	kN/m <sup>3</sup>
$\gamma_w$	Peso específico del agua	kN/m <sup>3</sup>
$\Delta$	Descenso del nivel piezométrico en un punto exterior a un pozo de bombeo	m
$\Delta$	Incremento de longitud de una pantalla para movilizar el contraempuje	m
$\Delta_m$	Máximo rebajamiento del nivel piezométrico producido mediante un pozo de bombeo	m
$\delta$	Inclinación de la resultante aplicada sobre una cimentación	grados ó rd
$\delta$	Desplazamiento horizontal	m
$\delta$	Inclinación del empuje (activo o pasivo) respecto a la normal al paramento del trasdós, real o virtual, de un muro ("ángulo de rozamiento tierras-muro")	grados ó rd
$\varepsilon$	Ángulo formado por el plano bisector de una cuña de roca y el plano vertical que pasa por la arista	grados ó rd
$\zeta$	Inclinación de la línea de rotura del terreno en el estudio de empujes sobre muros. También otros significados	grados ó rd
$\theta$	Inclinación del empuje total (empuje de tierras + empuje de agua) respecto a la normal al paramento del trasdós de un muro	grados ó rd
$\lambda$	Factor de corrección de la presión vertical admisible en una cimentación directa sobre un suelo granular por la profundidad de un nivel freático permanente. También otros significados	*
$\mu$	Coefficiente para caracterizar la distribución de drenes artificiales	*
$\nu$	Módulo de Poisson	*
$\nu_{ap}$	Módulo de Poisson aparente (tensiones totales)	*
$\xi$	Coefficiente de dispersión para obtener el valor característico de un parámetro a partir del valor medio	*
$\rho$	Densidad	kg/m <sup>3</sup>
$\rho$	Radio polar de una espiral logarítmica (en análisis de problemas de rotura del suelo)	m

**Tabla 1.7.1. Notaciones, abreviaturas y símbolos convencionales fundamentales utilizados en estas Recomendaciones (Continuación)**

Símbolo	Definición	Unidades
<b>III. GRIEGAS</b>		
$\sigma$	Tensión normal sobre un plano	kN/m <sup>2</sup>
$\sigma'$	Tensión efectiva normal sobre un plano	kN/m <sup>2</sup>
$\sigma_v$	Tensión normal vertical (actuante sobre un plano horizontal)	kN/m <sup>2</sup>
$\sigma'_v$	Tensión efectiva vertical	kN/m <sup>2</sup>
$\sigma_{vo}, \sigma'_{vo}$	Tensión vertical (total o efectiva) antes de realizar la obra	kN/m <sup>2</sup>
$\sigma'_{vp}$	Presión vertical efectiva a nivel de la punta de un pilote	kN/m <sup>2</sup>
$\tau$	Tensión de corte sobre un plano	kN/m <sup>2</sup>
$\tau_f$	Resistencia unitaria por el fuste en un pilote	kN/m <sup>2</sup>
$\phi$	Diámetro	m
$\phi$	Ángulo de rozamiento interno	grados ó rd
$\phi$	Potencial o carga hidráulica	m
$\phi_{ap}$	Ángulo de rozamiento interno en condiciones no saturadas	grados ó rd
$\phi_c$	Ángulo de rozamiento en el contacto terreno-estructura	grados ó rd
$\phi_d$	Diámetro equivalente de un dren	m
$\phi_{equivalente}$	Ángulo de rozamiento interno ficticio para el cálculo en terrenos heterogéneos	grados ó rd
$\phi_u$	Ángulo de rozamiento interno en condiciones sin drenaje	grados ó rd
$\phi_1, \phi_2$	Funciones de Steinbrenner para el cálculo de asentos	*
$\Psi, \Omega$	Ángulos auxiliares utilizados en las fórmulas de cálculo de empujes	grados ó rd

Nota: \* indica un valor adimensional

Abreviatura	Significado
<b>IV. ABREVIATURAS</b>	
AIPCN (PIANC)	International Navigation Association
AGS	Estado Límite de Servicio debido a deformaciones excesivas del terreno
ASCE	American Society of Civil Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
BSI	British Standards Institute
CBR	California Bearing Ratio
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas
CIRIA	Construction Industry Research and Information Association (U.K.)
CPT	Cone Penetration Test
CPTU	Cone Penetration Test with Pore Pressure
DEX	Estado Límite de Servicio debido a alteraciones geométricas significativas
DIN	Deutsches Institut für Normung
DPH	Dynamic Probing Heavy
DPSH	Dynamic Probing Super-heavy
EHE	Instrucción de Hormigón Estructural
ELS	Estado Límite de Servicio
ELU	Estado Límite Último
EQU	Estado Límite Último debido a la pérdida de equilibrio estático
EST	Estado Límite de Servicio debido a razones estéticas
FIL	Estado Límite de Servicio debido a filtraciones excesivas

(Continúa)

**Tabla 1.7.1. Notaciones, abreviaturas y símbolos convencionales fundamentales utilizados en estas Recomendaciones (Continuación)**

Abreviatura	Significado
<b>IV. ABREVIATURAS</b>	
GEO	Estado Límite Último debido a rotura del terreno
HYD	Estado Límite Último debido a filtraciones dentro del terreno
ICSMFE	International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering
IRE	Índice de Repercusión Económica
ISA	Índice de Repercusión Social y Ambiental
ISOPT	International Symposium on Penetration Testing
ISRM	International Society for Rock Mechanics
ITGE	Instituto Tecnológico y Geominero de España
MSK	Escala de Intensidad Sísmica (Medvedev, Sponheuer y Karnik)
NAVFAC	Naval Facilities Engineering Command (U.S.A.)
NLT	Normas de Laboratorio del Transporte
OCR (RSC)	Razón de sobreconsolidación
PSA	Property Services Agency (U.K.)
ROM	Recomendaciones para Obras Marítimas
RQD	Rock Quality Designation
SPT	Standard Penetration Test
STR	Estado Límite Último debido a agotamiento de capacidad estructural
UNE	Normas Españolas
UPL	Estado Límite Último debido a exceso de subpresión

## I.8 REFERENCIAS DOCUMENTALES

Para la preparación de esta ROM se han consultado varias publicaciones técnicas, principalmente aquellas dedicadas a objetivos similares (normativas, documentos publicados por comités especializados, etc.). Estos documentos de referencia son los que se indican a continuación. El ingeniero puede encontrar en ellos aclaraciones complementarias.

De los numerosos libros y artículos publicados que tengan relación con este tema únicamente se referencian aquellos que, por su difusión en España o por su directa aplicación a la geotecnia de las obras marítimas, se han creído de mayor interés.

En esta ROM se recomiendan, para cada tema concreto, soluciones o procedimientos de análisis que son debidos a otros autores. Cuando es así, se hace una referencia puntual de manera que se conozca la procedencia de la idea y se pueda ampliar en sus orígenes.

- ◆ **Acciones en el Proyecto. Recomendaciones para Obras Marítimas y Portuarias (ROM 0.2-90).** Dirección General de Puertos y Costas. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (Abril 1990).
- ◆ **British Standard Code of Practice for Maritime Structures.** BS 6349. BSI.
- ◆ **Canadian Foundation Engineering Manual.** Canadian Geotechnical Society (1992).
- ◆ **Classification of Soils and Rocks to be Dredged.** Boletín nº 47. PIANC. (1984).
- ◆ **Code of Practice for Site Investigations.** BS 5930. BSI. (1999).

- ◆ **EAU. Recommendations of the Committee for Waterfront Structures, Harbours and Waterways.** Sociedad de Ingeniería Portuaria y Alemana de Mecánica del Suelo e Ingeniería de Cimentaciones (2004).
- ◆ **Eurocódigo 7. Parte 1.** Proyecto Geotécnico. Reglas Generales. (2004).
- ◆ **Eurocódigo 8. Parte 5.** Estructuras en Zonas Sísmicas. Proyecto de Cimentaciones. Estructuras de Contención y Aspectos Geotécnicos (1998).
- ◆ **Final Report of the International Commission for the Study of Locks.** Boletín nº 55. AIPCN (1986).
- ◆ **Geotecnia y Cimientos I. Propiedades de los suelos y de las rocas.** Jiménez Salas y otros. Editorial Rueda (1975).
- ◆ **Geotecnia y Cimientos II. Mecánica del suelo y de las rocas.** Jiménez Salas y otros. Editorial Rueda (1981).
- ◆ **Geotecnia y Cimientos III. Cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la geotecnia.** Jiménez Salas y otros. Editorial Rueda (1980).
- ◆ **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).** Ministerio de Fomento. (Diciembre 1998).
- ◆ **Manual de Cálculo de Tablestacas (Hoesch).** Traducción publicada por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (1991).
- ◆ **Manual on the Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering.** Part 5.2. Geotechnical Interactions. Publicación especial nº 83. CIRIA (1991).
- ◆ **Marine Geotechnics.** H. G. Poulos. Editorial Unwin Hyman Ltd. Londres (1988).
- ◆ **NCSE-02 Norma de construcción sismorresistente.** Parte General y Edificación (Septiembre 2002).
- ◆ **Procedimiento General y Bases de Cálculo en el Proyecto de Obras Marítimas y Portuarias (ROM 0.0).** Puertos del Estado. Ministerio de Fomento. (Diciembre 2001).
- ◆ **Rules for the Design, Construction and Inspection of Offshore Structures.** Det Norske Veritas (1978).
- ◆ **Site Investigation Manual.** Guía técnica de ingeniería civil nº 35 del P.S.A. y Publicación especial nº 25 del CIRIA (1983).
- ◆ **Soil Investigation and Geotechnical Design for Maritime Structures.** NS 3481. Norma Noruega (Feb. 1989).
- ◆ **Soil Mechanics Design Manual 7.1.** NAVFAC DM 7-1 (1982)
- ◆ **Soil Mechanics in Engineering Practice.** Terzaghi, Peck and Mesri. John Wiley and Sons, Inc. (1996).
- ◆ **Supervision and Control of Long Lateral Embankments.** Boletín nº 69. PIANC (1990).
- ◆ **Tables de Poussée et de Butée des Terres.** Kerisel et Absi. Presses de l'école nationale de Ponts et Chaussées. Francia (2003).
- ◆ **Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan.** The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan, English version 2002.

