



Euskadiko Geologoen Elkargo Ofiziala – EGEO

Ilustre Colegio Oficial de Geólogos del País Vasco



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

FEBRERO 2012

ÍNDICE

3	Introducción
4	¿Qué es el CTE y dónde se exigen los estudios geotécnicos?
5	¿Qué es un Estudio Geotécnico de Edificación?
7	¿Cuándo es necesario un Estudio Geotécnico?
8	¿Por qué es necesario el Informe Geotécnico?
9	¿Qué referencias a otras normativas se incluyen en los Estudios Geotécnicos?
11	¿En qué afecta el CTE a los Estudios Geotécnicos?
12	¿Qué información necesita el redactor del Estudio Geotécnico?
13	¿Cuáles son los tipos de edificación?
14	¿Cómo se clasifica el terreno?
16	¿Qué investigación debe realizarse?
18	¿Qué consecuencias puede tener la no realización de un Estudio Geotécnico?
19	¿Qué ámbito debe cubrir un Estudio Geotécnico?
20	¿Qué criterios se aplican para la elección de las técnicas de investigación?
21	¿Qué debe contener un Estudio Geotécnico?
22	Un caso concreto: Estudios de viviendas unifamiliares
23	¿Por qué son necesarias las modificaciones y adendas? Adaptación del Estudio Geotécnico



Introducción

Desde la entrada en vigor de la **Ley de Ordenación de Edificación (LOE)** y su posterior desarrollo reglamentario, que entre otras cuestiones se ocupa de los estudios geotécnicos (DB SE-C del Código Técnico de Edificación o CTE), se han producido notables cambios en el proceso de edificación y en cómo se afrontan las **responsabilidades** de las diferentes partes implicadas en él. Sólo un estudio geológico-geotécnico adecuadamente realizado, es **garantía del cumplimiento de la nueva normativa**.



La necesidad del informe geotécnico es independiente de la importancia que se atribuya al edificio. Desde pequeñas instalaciones como puede ser la ampliación de un establo pasando por la reforma estructural de una vivienda unifamiliar, la edificación de un gran supermercado, la construcción de aparcamientos subterráneos o rehabilitación de edificios de carácter monumental, requieren un estudio geotécnico cuyo objetivo debe ser siempre el mismo: garantizar la seguridad y funcionalidad de la estructura.

En este proceso participan **en el País Vasco más de trescientos geólogos** profesionales, que son autores de miles de informes cada año.



La labor de los geólogos se basa en la realización de decenas de miles de **ensayos de laboratorio**, la perforación de decenas de kilómetros de **sondeos**, la excavación de miles de **calicatas**, la realización de miles de **penetrómetros** y en el levantamiento de decenas de miles de metros cuadrados de **cartografía geológica**. Toda esta información en manos del geólogo, es analizada, interpretada y reflejada en un **informe geotécnico** que proporcionará los datos precisos para el Proyecto del edificio.

Esta guía pretende dar respuesta a algunas de las cuestiones más habituales a las que, desde la entrada en vigor del CTE, nos hemos enfrentado en el Colegio de Geólogos del País Vasco. Este colegio regula con el visado el cumplimiento de esta normativa, dentro de sus principales atribuciones.

¿Qué es el CTE y dónde se exigen los estudios geotécnicos?

El CTE (RD 314/2006 de 17 de marzo), **Código Técnico de Edificación**, constituye el desarrollo normativo de la LOE (38/1999 de 5 de noviembre), Ley de Ordenación de la Edificación.

La realización por parte del geólogo, como técnico competente, del estudio geotécnico que acompaña a cualquier proyecto de edificación se basa en la aplicación de los preceptos básicos legales requeridos para definir el comportamiento (deformación total admisible, distorsiones angulares, agresividad, carga de hundimiento,...etc)

del terreno ante las cargas proyectadas y la naturaleza (tipología, dimensiones y distribución) de la solución de cimentación.

Los datos del estudio geotécnico también permiten definir los apartados de cimentaciones superficiales, cimentaciones profundas, así como los elementos de contención, acondicionamiento del propio terreno, necesidades de mejora del terreno y anclajes.

El CTE consta de una serie de documentos:

Capítulo	Documento básico	Apartados DB-SE-C Cimientos
Exigencias básicas de seguridad estructural (SE): comportamiento estructural adecuado frente a acciones e influencias previsibles durante su construcción y uso previsto	DB SE Seguridad estructural*	1. Generalidades
	DB-SE-AE: Acciones en la edificación	
	DB-SE-C: Cimientos	2. Bases de cálculo
	DB-SE-A: Acero	3. Estudio geotécnico
	DB-SE-F: Fábrica	4. Cimentaciones directas
	DB-SE-M: Madera	5. Cimentaciones profundas
Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio (SI)	DB-SI: Seguridad en caso de incendio	6. Elementos de contención
Exigencias básicas de seguridad de utilización (SU)	DB-SU: Seguridad de utilización	7. Acondicionamiento del terreno
Exigencias básicas de salubridad (HS): Higiene, salud y protección del medio ambiente	DB-HS: Salubridad	8. Mejora o refuerzo del terreno
Exigencias básicas de protección frente al ruido (HR)	DB-HR: Protección frente al Ruido	9. Anclajes al terreno
	DB-HE: Ahorro de Energía	

* Las estructuras de hormigón están reguladas por la instrucción de Hormigón estructural vigente (EHE).

¿Qué es un Estudio Geotécnico de Edificación?

En el Código Técnico de la Edificación se define el estudio geotécnico como el compendio **de información cuantificada en cuanto a las características del terreno en relación con el tipo de edificio previsto y el entorno donde se ubica**, que es necesaria para proceder al análisis y dimensionado de las cimentaciones de éste u otras obras. En esta definición se incluyen dos conceptos fundamentales: información cuantificada, relación con el tipo de edificio previsto y el entorno donde se ubica.

En un informe geotécnico es **necesario cuantificar la información**, no son admisibles afirmaciones del tipo “el edificio sufrirá asentos”, “el suelo es blando” o “existe un gran espesor de suelos”; si no que se deberá calcular la magnitud de los asentos, se darán los parámetros resistentes del suelo blando o se especificará el espesor de los suelos.



El informe geotécnico se debe adaptar al edificio, no es lo mismo estudiar un aparcamiento en suelos blandos que un

edificio de numerosas alturas sobre un afloramiento de roca; y al entorno donde se ubica, las recomendaciones deben tener en cuenta si es posible afectar a otros edificios o a infraestructuras.

El estudio geotécnico es el proceso de estudio y la justificación técnica del comportamiento del terreno en relación con un proyecto de edificación específico. Su expresión se concreta en un documento, el informe geotécnico, que contiene:

- Las conclusiones de una investigación geológico-geotécnica (definición de los parámetros de cálculo a emplear en el dimensionamiento de los elementos estructurales en contacto con el terreno, así como las previsiones del comportamiento del terreno ante las nuevas condiciones, definición de estabilidad de desmontes y terraplenes, estabilidad de las propias laderas, recomendaciones de cimentación, recomendaciones para la ejecución de las obras, etc.).
- La documentación gráfica y escrita para la definición de las condiciones del terreno (plantas, perfiles, memoria descriptiva)
- Los datos recogidos durante la investigación (registros de sondeos y calicatas, geofísica, ensayos de laboratorio, levantamientos geomecánicos, cartografías geológicas, croquis, etc).

Contenido de un informe geotécnico	
1.- Antecedentes	1.1.- Encuadre geológico
	1.2.- Geomorfología/ tectónica/ sismicidad/ estratigrafía/ hidrogeología
2.- Obra proyectada y estado del solar	2.1.- Estado de la zona/ solar en estudio
	2.2.- Edificación proyectada
3.- Campaña geotécnica	3.1.- Justificación de la definición de la campaña
	3.2.- Descripción de la campaña realizada
4.- Perfil litológico y definición de unidades geotécnicas	4.1.- Perfiles interpretados
	4.2.- Definición de unidades geotécnicas.
5.- Análisis de la solución de cimentación	5.1.- Tipología/s y cota de cimentación
	5.2.- Tensión admisible
	5.3.- Asientos
6.- Otros elementos	Movimiento de tierras, mejoras de terreno, elementos de contención, ...etc
7.- Recomendaciones/ Limitaciones (alcance del estudio)	Un estudio se basa en elementos puntuales que son interpolados.

¿Cuándo es necesario un Estudio Geotécnico?

Con carácter general, el informe geotécnico **es necesario siempre que se realicen actuaciones sobre el terreno** incluyendo: desmontes, terraplenados, zanjas y cimentaciones. Dentro del ámbito de un proyecto urbanístico, se debe disponer de un informe geotécnico en todas las etapas de su desarrollo, desde la redacción del Plan General hasta el proyecto de un edificio individual.



Dentro ya del **ámbito normativo**, en la LOE (Ley 38/1999) se aclaran algunos aspectos:

1. Tienen carácter de edificación sus instalaciones fijas y el equipamiento propio, así como los elementos de urbanización que permanezcan adscritos al edificio.

2. Esta Ley es de aplicación al proceso de la edificación, entendiéndose por tal la acción y el resultado de construir un edificio de carácter permanente, público o privado, cuyo uso principal esté comprendido en los siguientes grupos:

- Administrativo, sanitario, religioso, residencial en todas sus formas, docente y cultural.
- Aeronáutico; agropecuario; de la energía; de la hidráulica; minero; de telecomunicaciones (referido a la ingeniería de las telecomunicaciones); del transporte terrestre, marítimo, fluvial y aéreo; forestal; industrial; naval; de la ingeniería de saneamiento e higiene, y accesorio a las obras de ingeniería y su explotación.
- Todas las demás edificaciones cuyos usos no se encuentren expresamente relacionados en los grupos mencionados anteriormente.

Otro aspecto que se debe recordar es que, conforme a la LOE, “los preceptos de los documentos básicos son aplicables a todos los edificios, incluso los de carácter provisional”.



¿Por qué es necesario el Informe Geotécnico?

El proyecto de cimentación de un edificio, así como el movimiento de tierras necesario para su construcción, precisan de un conocimiento preciso del terreno.

En primer lugar es necesario conocer las **propiedades de los materiales** y definir su comportamiento ante la nueva situación.

En segundo lugar, se necesita tener un conocimiento preciso de la **geometría y distribución de las capas** que configuran el terreno de cimentación. Ante la limitación, en cuanto a número de puntos, que tiene toda investigación, esta geometría se debe interpretar a partir de unos pocos datos, por lo que es imprescindible el concurso de un técnico experto que realice una interpretación “razonable” a partir de los datos de puntos discretos.

En tercer lugar, es necesario conocer las **condiciones hidrogeológicas** del terreno donde se encuentra el edificio.

Toda esta información es el producto de combinar: la investigación geotécnica, que se apoya en una serie de

técnicas y conocimientos geológicos; los ensayos de laboratorio, que se deben adecuar a los objetivos de cada trabajo concreto; y la interpretación y conocimiento de técnicos competentes, como los geólogos, con suficiente experiencia para interpretar la información de la que se dispone.



Por tanto, **tan necesario como el estudio lo es la propia intervención de técnicos competentes**, como los geólogos, en la realización de esos estudios que definan las condiciones del terreno en el que se realizará la obra prevista, así como su comportamiento ante las nuevas solicitaciones y los problemas que pueda generar sobre los terrenos y edificaciones adyacentes.

¿Qué referencias a otras normativas se incluyen en los Estudios Geotécnicos?

Además del CTE los estudios geotécnicos contienen referencias a la **normativa sismorresistente** (NCSE) y la **instrucción del hormigón estructural** (EHE). Estas normativas se han ido modificando y adaptándose a los conocimientos que se tienen sobre las acciones sísmicas y el hormigón estructural respectivamente. En el momento de la redacción de esta guía las ediciones aplicables son:

- En relación a la posible agresividad del terreno sobre los propios materiales (específicamente el hormigón): tabla 8.2.3.b de la EHE-08 (RD 1247/2008 de 18 de julio).
- En relación a la NCSE/NCSR-02 (esta se aprueba por el RD 997/2002 de 27 de septiembre y dispuso de un periodo de adaptación de dos años).



Además, dependiendo de la naturaleza de la solución de cimentación se pueden producir referencias a la **Norma Básica de la Edificación** (NBE-AE-88) que pese a encontrarse derogada (de acuerdo a la disposición transitoria segunda del R. D. 314/2006 de 17 de marzo: derogación del R. D. 1370/1988, por el que modificaba

parcialmente la Norma MV-1962 que paso a denominarse NBE AE-88 “Acciones en la edificación”) aún se aplica como referencia a los valores de asientos en losas y zapatas.

En el capítulo de planificación de la campaña se suelen complementar los criterios que recoge el CTE con:

1.- Eurocódigo 7. UNE-ENV 1997-1: Proporciona las Reglas Generales de aplicación a un proyecto de tipo Geotécnico, que siguen las directrices de los Eurocódigos 0 y 1, haciendo referencia a las características específicas del Proyecto Geotécnico.

2.- Normas Tecnológicas de la Edificación: aunque han sido derogadas se suelen citar con bastante frecuencia las normas NTE, concretamente es una referencia habitual en la definición de las campañas de investigación la norma NTE-CEG (Estudios geotécnicos para cimentaciones de edificios) editada en el año 1975.

La citada norma considera cuatro tipos de campaña (CEG-1, 2, 3 y 4) con tres tipos de edificación M, N o Q (función de la modulación media entre apoyos, número de plantas y tipología estructural). Es interesante citar que la norma no se consideraba de aplicación en terrenos que sean susceptibles de deslizamientos ni en terrenos en los que haya precedentes de galerías u oquedades subterráneas de origen natural o artificial.

Otra normativa puede encontrarse en los estudios geotécnicos por la tipología

de los elementos que permitan su ejecución o referida a fases de control:

1.- En relación a las pantallas de hormigón, las especificaciones constructivas aparecen en la UNE-EN 1538:2000.

2.- En relación a los anclajes son válidas las especificaciones contenidas en la norma UNE-EN 1537:2001.

3.- En relación a la normativa aplicable a ensayos (suelos y rocas) nos referimos a las tablas D.18 y D.19 que aparecen recogidas en el anejo D del DB-SE-C.

4.- En lo que respecta a la descripción de macizos rocosos es de referencia obligada la sociedad internacional de mecánica de rocas (ISRM) que recoge procedimientos para la descripción de los macizos rocoso que se han sintetizado en las tablas D9 a D17 del anejo de del documento DB-SE-C.



En relación a las técnicas de investigación son aplicables, al menos como referencia, las normativas ASTM (American Society for Testing Material):

- ASTM: G 57-78: Son normativas que se aplican en la determinación de los valores de resistividad del terreno. Estos valores de resistividad son aplicables a la definición de las tomas de tierra en instalaciones.
- ASTM: D 4428: Técnicas de down hole o cross hole.
- ASTM: D-2487: Clasificación de suelos para proyectos de ingeniería.

Por último, también se deben tener en cuenta algunas referencias normativas de apoyo como:

- 1.- La guía de cimentaciones en obras de carretera (dirección general de carreteras).
- 2.- Pliego de prescripciones técnicas para obras de carreteras y puentes PG-3.
- 3.- R.O.M. 0.5-05 (Recomendaciones Geotécnicas para Obras Marítimas y Portuarias).



¿En qué afecta el CTE a los Estudios Geotécnicos?

El proceso de investigación del terreno y la ciencia asociada, geotecnia, parte de un esquema geológico para, en un proceso de modelización, interpretar su respuesta ante las solicitaciones estructurales. La realidad es que la geotecnia sufrió un significativo avance en la segunda mitad del siglo XX pero la heterogeneidad del terreno mantiene un notable grado de empirismo en determinados campos. Por todos estos factores, antes de la llegada del CTE, los estudios geotécnicos mostraban una excesiva dispersión en métodos y medios.

Se pueden sintetizar los efectos de la normativa en dos aspectos:

- **Homogeneización de metodologías** en la definición de la campaña de investigación: Aplicación de las mismas técnicas y establecimiento de unos mínimos a la hora de evaluar las propiedades del terreno.
- **Disposición de unas formulaciones de referencia.**

Sus efectos se han hecho notar en:

- **Los aspectos económicos y de planificación:** Lograr una reducción de las incertidumbres asociadas a la excesiva dispersión en las ofertas técnico-económicas.
- **Aspectos técnicos:** Homogeneización del contenido del estudio. Referencias en cuanto a correlaciones básicas y

formulaciones en las que se dispone de varios modelos o referencias empleadas comúnmente, aunque sin embargo no se encuentran especificadas del ámbito de la edificación.



Evidentemente estos avances conllevan algunas limitaciones al haberse dotado de un marco normativo pero no disponer de elementos singulares que se apliquen a la heterogeneidad del terreno. En este sentido se debe avanzar en campos como:

- La cartografía geológico-geotécnica como herramienta previa, de planificación y análisis que permita una distribución más efectiva de los elementos de investigación.
- Estudio geomecánico y caracterización de macizos rocosos: herramienta que
- Implícitamente es aceptada por el código pero que no es desarrollada por él.



¿Qué información necesita el redactor del Estudio Geotécnico?

En el informe geotécnico se debe proporcionar toda la información necesaria para el dimensionamiento de la cimentación del edificio, la definición de las sollicitaciones de elementos del edificio en contacto con el terreno (como muros de contención, soleras etc.) y las actividades necesarias para su propia construcción (desmontes, terraplenados, zanjas). Para conseguir estos objetivos se deben conocer las características del futuro edificio, la urbanización y el área de influencia.

A la hora de solicitar un informe geotécnico se debe proporcionar la siguiente información:

- Cota prevista de la solera y número de plantas de sótano.
- Número de plantas a edificar. Variaciones en altura dentro de la planta del edificio.
- Secciones del propio edificio y la urbanización.

- Planta taquimétrica de la parcela. Límites del terreno involucrado en la futura obra.
- Situación exacta del edificio dentro de la parcela, incluyendo los límites de sus sótanos.
- Los servicios y redes subterráneas que existen dentro de la parcela (conducciones, depósitos, centros de transformación, etc).
- Condicionantes a tener en cuenta en el diseño geotécnico (ríos, laderas, las propias infraestructuras subterráneas, acantilados, etc).



¿Cuáles son los tipos de edificación?

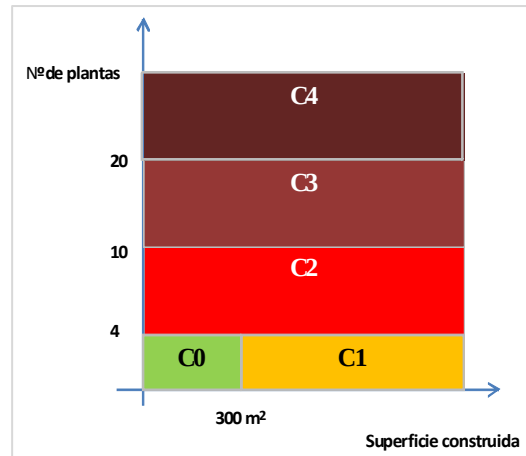
Para la clasificación de la edificación se aplican unas reglas sencillas en función de los siguientes aspectos:

1.- Superficie construida: Esta frontera, establecida de forma arbitraria en los 300 m², únicamente delimita los edificios C0 y C1.

2.- Número de plantas: En este caso las edificaciones de más de 300 m² construidos y menos de 4 plantas son edificios C1. Para entre 4 y 10 plantas serían un C2 que se convierten en C3 para entre 11 y 20 plantas.

Los edificios C4 son los de carácter monumental, edificios singulares o de más de 20 plantas.

El esquema que podemos observar a continuación, es evidentemente muy simple, pero debe matizarse con la calificación de monumental o las rehabilitaciones.



¿Cómo se clasifica el terreno?

La definición del terreno tiene notables repercusiones en la complejidad de definición de los niveles geotécnicos y por tanto en la utilidad de determinadas técnicas de investigación.

El esquema planteado por el CTE diferencia únicamente entre:

- **Terrenos favorables T-1.**
- **Terrenos intermedios T-2.**
- **Terrenos desfavorables T-3.**

No obstante, la heterogeneidad de los terrenos ha obligado a encajar en los terrenos tipo T-3 un grupo bastante variado de terrenos problemáticos para las cargas de edificación (terrenos kársticos, variables, rellenos antrópicos, etc).

Por ello el Código indica:

En caso de terrenos T-3 o cuando el reconocimiento se derive de otro que haya resultado insuficiente, se intercalarán puntos de reconocimiento en las zonas problemáticas hasta que se definan adecuadamente.



La densidad y profundidad de los reconocimientos debe permitir una cobertura correcta de la zona a edificar.

Para definirlos se tendrá en cuenta el tipo de edificio, la ocupación en planta y el grupo de terreno.

Por todo ello **no debemos recurrir o esperar un criterio excesivamente mecánico** y debemos tener en cuenta que nuestro objetivo (tanto como redactores como proyectistas o promotores) es poder disponer de un modelo tridimensional del terreno que garantice la durabilidad de nuestra estructura en su interacción con el terreno. Debemos entender que es más correcto contemplar el sistema terreno-cimentación y por tanto ser capaces de definir el binomio hundimiento-asiento. El apartado de cimentaciones del informe geotécnico, para poder ser considerado completo, deberá:

- Definir la geometría y propiedades, a cota de apoyo de la cimentación, del estrato que soportará las cargas de cimentación **(condición de hundimiento)**.
- Valorar, con unos parámetros de deformabilidad que se estudien adecuadamente, la zona de influencia tensional de la cimentación. Alcanzando siempre la profundidad a la que el incremento de carga por efecto del edificio sea despreciable o un nivel incompresible de gran espesor (generalmente la roca) **(condición de asiento)**.

La cimentación debe satisfacer ambas condiciones, es decir, la carga admisible se definirá en función más restrictiva.

Así, en el estudio bastante habitual de una cimentación **en roca** debemos ser capaces de responder a la situación del



techo de la roca, perfil de meteorización y condiciones de estabilidad en el caso de que se requiera la realización de excavaciones. Independientemente de que este caso sea considerado un terreno tipo T-1, debemos recurrir a una cartografía geológica previa, a la toma de datos estructurales (estación geomecánica), a catas en caso de que se presente una cobertera con poco espesor de suelos y a sondeos en el caso de que el espesor de suelos nos impida alcanzar la roca mediante una retroexcavadora.

Para terrenos de **suelos** blandos que sean susceptibles de asentamientos de consolidación, debemos disponer de muestras inalteradas o ensayos in-situ que permitan evaluar los parámetros edométricos y la resistencia al corte en condiciones tanto drenadas como no drenadas.

Evidentemente **no hay una correlación única entre la mejor técnica de investigación y una problemática geotécnica** y en la definición intervienen factores de disponibilidad, limitación de acceso,...etc.

En cualquier caso no deberían influir factores como el precio o condicionantes no realistas de plazo que siempre repercutirán en la calidad del estudio y llevan asociado un incremento no justificado de la probabilidad de fallo.



¿Qué investigación debe realizarse?

La definición de la investigación debe tener en cuenta:

Naturaleza del proyecto. Ocupación, cotas de urbanización, elementos de contención previstos,...etc.

- Cota de cimentación relativa frente a la topografía actual.
- Clasificación del edificio (C-1, C-2, C-3, C-4).
- Superficie ocupada.

Clasificación del terreno (T-1, T-2 y T-3).

Con estas sencillas cuestiones podemos entrar en las tablas 3.3 y 3.4 del código y definir la investigación a realizar.

Distancias máximas entre elementos de investigación

Tipo de terreno/ Tipo de construcción		1	2
		T-1	T-2
		dmax	
1	C-0/C-1	35	30
2	C-2	30	25
3	C-3	25	20
4	C-4	20	17

Se puede apreciar en esta tabla que la capacidad de extrapolación de la información geotécnica se ha reducido en función de la complejidad del terreno (aproximadamente entre 5 y 3 metros de diámetro del cilindro de investigación) y con un ratio similar en función del tipo de edificación. Los valores por tanto van desde unos 1000 m² (C-0/C-1/T-1) a unos 250 m² (C-4/ T-2).

Profundidades orientativas investigación

Tipo de terreno/ Tipo de construcción		1	2
		T-1	T-2
		PROFUNDIDADES ORIENTATIVAS	
1	C-0/C-1	6	18
2	C-2	12	25
3	C-3	14	30
4	C-4	16	35

En cuanto a las profundidades debemos subrayar que el código califica los valores suministrados como orientativos, y que define métodos más precisos para estimar la profundidad a alcanzar por la investigación.

El criterio es:

Disponer de una interpretación geológico-geotécnica en la zona de influencia de las tensiones indicadas por lo que se ha añadido dos criterios complementarios que se indican a continuación:

Criterio I: Debe comprobarse que la profundidad planificada de los reconocimientos ha sido suficiente para poder alcanzar una cota de terreno por debajo de la cual no se desarrollan asientos significativos bajo las cargas que pueda transmitir el edificio objeto del estudio.

Criterio II: Dicha cota podrá definirse como la correspondiente a una profundidad tal que, en ella, el aumento neto de la tensión en el terreno bajo el peso del edificio sea igual o inferior al 10% de la tensión vertical existente en el terreno en esa cota en el momento anterior a la construcción del edificio en cuestión.

Como valores mínimos se debe considerar la tabla 3.4 del CTE que fija el número mínimo de sondeos mecánicos:

Número mínimo de sondeos mecánicos

Tipo de terreno/ Tipo de construcción		1	2
		T-1	T-2
		Nº MÍNIMO DE SONDEOS MECÁNICOS	
0	C-0	0	1
1	C-1	1	2
2	C-2	2	3
3	C-3	3	3
4	C-4	3	3

Obviamente el geólogo redactor del estudio realizará la clasificación del terreno en base a los antecedentes disponibles y a los que añade su conocimiento de la problemática geotécnica regional y una cartografía o revisión somera de la parcela.

Pese a que externamente pueda parecer que este tipo de valoraciones presentan un fundamento científico limitado, el geólogo es capaz de valorar en una primera visita, datos relevantes en relación al espesor de regolito, presencia de zonas encharcadas, colapsos, disponibilidad de afloramientos rocosos (meteorización, estructura,...etc).

Una vez definida la campaña, no debe ser considerada como algo inamovible, sino que la supervisión continua del técnico competente permitirá la introducción de cambios para adaptarse a las condiciones del terreno. Esta adaptación puede verse traducida tanto en una reducción como en una ampliación de la campaña inicialmente prevista, así como en cambios en el programa de ensayos de laboratorio. Es por ello que la investigación y su definición es competencia del geólogo y al tratarse de un proceso de aproximación debe disponer de una cierta flexibilidad.

¿Qué consecuencias puede tener la no realización de un Estudio Geotécnico?

Existe un amplio abanico de consecuencias aparejadas a la carencia de un estudio geotécnico a la hora de abordar el proyecto y construcción de un edificio.

La más leve, por no poner en riesgo a las personas, es el **sobrecoste** debido a la realización de un proyecto con una información insuficiente. En estas condiciones, lo más normal es el sobredimensionamiento de las soluciones con el fin de cubrirse ante las incertidumbres.

A continuación se sitúan los **sobrecostos y retrasos** que se producen al descubrir que la solución de proyecto es inviable, obligando a redefinir las cimentaciones del edificio una vez iniciada la obra. En casos extremos se descubre la **inviabilidad del proyecto** obligando a su abandono.

La siguiente situación en cuanto a gravedad, es la **aparición de patologías** una vez el edificio está en servicio. El caso más grave es la necesidad de abandonar un edificio habitado. Estudios realizados en procesos de edificación evidencian que pese a que los costes de cimentación se sitúan en porcentajes del 10 al 15% del total, las patologías asociadas a defectos

de cimentación pueden suponer costes del 40 a más del 100% del proyecto.



La situación más grave, de las que no afectan a la salud de las personas, es la ocurrencia de **incidencias graves durante la construcción o la vida útil del edificio**. Estas incidencias van desde la ruina de partes o todo el edificio en construcción hasta la afección grave a edificios o infraestructuras próximas, pudiendo obligar a su desalojo temporal o demolición.

Por último es necesario mencionar las situaciones en que se pone en **riesgo la salud** e incluso la vida de las personas.



¿Qué ámbito debe cubrir un Estudio Geotécnico?

El área a cubrir por el estudio geotécnico es muy variable, ya que depende de las condiciones de los terrenos que pueden influir sobre el edificio. No es lo mismo construir en una ladera escarpada, en un terreno próximo a un acantilado o en una zona llana sin pendientes próximas. Sin embargo, se puede considerar como norma, el hecho de que el área a cubrir debe exceder la superficie a edificar, ya que es necesario considerar la interacción del edificio con los elementos de urbanización adyacentes y con las construcciones próximas.

No se debe admitir ni considerar completo un estudio geotécnico que no tenga en cuenta las afecciones que puede

sufrir el edificio por las condiciones geológicas generales de la zona en que se sitúa, o que no tenga en cuenta el efecto que tendrán las nuevas obras sobre los edificios existentes.



¿Qué criterios se aplican para la elección de las técnicas de investigación?

En lo referente a las técnicas de investigación más adecuadas no existe una respuesta única, cada terreno tiene una técnica o conjunto de técnicas idóneo. Si a este hecho le añadimos que cada proyecto tiene necesidades diferentes, en un mismo emplazamiento las técnicas de investigación pueden variar de manera considerable. Generalmente la máxima calidad se consigue combinando varias técnicas.

Las principales técnicas de que se dispone para la elección son: sondeos, calicatas, cartografías geológicas, que incluyen el levantamiento de estaciones geomecánicas, penetrómetros dinámicos, penetrómetros estáticos, técnicas geofísicas y ensayos in situ.

No se debe descartar ninguno de los métodos de investigación disponibles, pero si conviene recordar que en el Código Técnico de la Edificación se especifica que no se podrán realizar informes geotécnicos basados únicamente en datos de geofísica o en datos de penetrómetros.

En ambos casos estos métodos de investigación deben ir asociados a la ejecución de sondeos y/o calicatas.



En la comunidad autónoma del País Vasco se dan situaciones de todo tipo, desde las marismas costeras y estuarios con grandes espesores de suelos blandos que hacen imprescindibles los sondeos de reconocimiento, hasta las zonas de colinas suaves en las que la roca llega a aflorar, en las que una cartografía geológica (con levantamiento de estaciones geomecánicas) combinada con la realización de calicatas, y la perforación de unos pocos sondeos puede ser la mejor opción para caracterizar superficies de varias hectáreas.

En cualquier caso, la campaña de investigación debe ser diseñada por un geólogo experto en geotecnia, en base a los datos que le facilitará el proyectista acerca de las características del edificio y al conocimiento del terreno del que se disponga en el momento de planificar la campaña.

La campaña debe ser un proceso vivo, conforme se vayan obteniendo datos se irá adaptando a las condiciones del terreno. Esa adaptación se consigue cambiando la situación de los puntos investigados, su número, los ensayos in situ, e incluso el método de investigación.



¿Qué debe contener un Estudio Geotécnico?

El informe debe contener los antecedentes, la información conseguida durante la investigación o generada durante la interpretación de los datos de campo, la distribución de las unidades geotécnicas, los niveles freáticos, las unidades geotécnicas cuantificando los parámetros a emplear en los cálculos y los coeficientes sísmicos a tener en cuenta. Se deberán describir las unidades geotécnicas presentes en el terreno conforme a las reglas de prescripción incluidas en el Anejo D del Documento Básico SE-C. La distribución de los materiales se deberá reflejar en perfiles geológicos longitudinales y transversales.

Se incluirá un apartado de **conclusiones** con las alternativas de cimentación y contención del terreno definiendo los siguientes aspectos:

1. **Cota de cimentación** o unidad geotécnica de cimentación y el empotramiento necesario.
2. Presión vertical admisible de servicio (**asientos** tolerables genéricos).
3. Pilotes: carga admisible desglosada en **resistencia por punta y fuste**.
4. Datos para el dimensionamiento de pantallas u otros elementos de contención.
5. **Módulos de balasto** para el dimensionamiento de cimentaciones.
6. **Resistencia** del terreno frente a acciones horizontales.
7. **Asientos** y asientos diferenciales esperables (el asiento tolerable deberá ser definido por el proyectista de la estructura).
8. **Movimientos de tierras:** método de excavación, taludes de excavación, puesta en obra de rellenos, etc.
9. Posición del **nivel freático** y su interacción con la estructura. Otros factores hidrológicos.
10. **Agresividad** del terreno.
11. **Acción sísmica**.
12. Posibles **afecciones**.
13. Aspectos a comprobar o definir durante la realización de referida obra.

Un caso concreto: Estudios de viviendas unifamiliares

En primer lugar debemos recordar que **cualquier edificio destinado a vivienda está sujeto a la LOE y por extensión al CTE.**

Por definición una vivienda unifamiliar corresponde al menos con una clase C0 (edificio) y por tanto **debe disponer de al menos tres puntos de investigación.** Hay que hacer notar que si la superficie construida (que se obtiene de la suma de la superficie de cada una de las plantas) supera los 300 m², pasamos a un edificio tipo C1 y la investigación requiere que uno de los puntos sea un sondeo.

En el caso más sencillo de que el edificio se sitúe sobre un terreno del grupo T-1, las peculiaridades de este tipo de edificios permitirían realizar el estudio geotécnico con técnicas de investigación más sencillas (calicatas y/o penetrómetros dinámicos).

No obstante, hay que tener en cuenta que la ley surge para proteger al usuario final y que la mayor parte de los problemas no surgen de materiales

inadecuados (actualmente sometidos a sellos y controles de calidad) sino de defectos en proyecto o en el proceso de ejecución que son achacables a fallos en el dimensionamiento o tipología de cimentación.



Por lo tanto, **en terrenos de grupos T-2 y T-3 las necesidades de investigación serán independientes de la complejidad del edificio**, por lo que no debemos descartar la realización de campañas costosas en viviendas unifamiliares, máxime si tiene aparejados movimientos de tierras y/o constan de plantas de sótano.

¿Por qué son necesarias las modificaciones y adendas? Adaptación del Estudio Geotécnico

El contenido del informe geotécnico es el resultado de la interpretación de una serie de datos locales (puntos de observación, sondeos, calicatas, muestras ensayadas), con una extensión que va desde unos pocos centímetros (muestras y sondeos) hasta unos pocos metros (calicatas y puntos de observación) y su generalización a la totalidad del terreno.

Esta generalización se basa, en primer lugar, en la aplicación de una serie de principios científicos y técnicas de interpretación, tanto unos como las otras pertenecientes al campo de la Geología; y, en segundo lugar, en la aplicación del buen

criterio y la experiencia del geólogo que realiza el informe. En estas condiciones, es fácil comprender que el estudio no puede prever circunstancias no observadas durante la investigación, haciéndose necesario revisar las condiciones del terreno durante la obra para constatar que no existen cambios respecto a lo previsto en el informe.

De estas revisiones debe quedar constancia en forma de una adenda en la que se confirmará la validez de las recomendaciones del informe o, en caso de que existan cambios, las modificaciones oportunas.



Equipo redactor

Joaquín Souto

Cesar Monedero

Garikoitz Mendieta

Cesión de material fotográfico

Alfonso García de Cortazar

Garikoitz Mendieta

Virginia Ormaetxea

Naia Pagoaga

Revisión final

Garikoitz Mendieta

Nieves Paniagua

Maquetación

Áureo Caballero

