



## Mecànica de sòls

**Característiques** principals del sòl i la seva consolidació



**Gemma Muñoz**  
Arquitecta tècnica i arquitecta  
Professora d'estructures  
de la UPC i del CAATEEB

■ Els criteris sobre sòls i fonaments són tan recents que, a hores d'ara, encara no han estat recollits per la normativa de construcció de la major part dels països de la nostra àrea econòmica; en el nostre cas només està recollit al document DB SE-C de l'any 2006.

Amb l'entrada del Codi Tècnic i exactament amb la primera aparició de document Bàsic que parla sobre els fonaments en els edificis, aquí, a L'Informatiu, es va publicar tot un seguit d'articles que explicaven la classificació de Fonamentació, execució i control.

Tot i així, ens feia falta parlar de l'element més important que està en contacte directe amb els fonaments: el terreny.

En moltes ocasions la mecànica de sòls és un tema poc conegut entre professionals del sector. És per això que en aquest article s'intentarà fer una breu descripció de les característiques principals de la mecànica de sòls, per tal de poder conèixer cada cop més el terreny on construïm els nostres edificis.

### Història de la mecànica de sòls

A començaments del segle XX, encara se sabia ben poc de com fonamentar els edificis d'una forma rigorosa. La mecànica del sòl com a ciència és molt recent. Terzaghi llegeix la seva tesi doctoral a Viena el 1925 i fins llavors no es compta amb cap eina sòlida per a afrontar el dimensionament d'aquests elements constructius. De fet, a Europa, els laboratoris de mecànica del sòl no es van implantar fins després de la Segona Guerra Mundial, com a continuïtat dels que utilitzaven els americans per a la construcció de pistes d'aterratge, carreteres, etc., al servei del seu exèrcit.

*A través de l'estudi geotècnic es recorre a determinar-ne les propietats físiques i mecàniques amb la finalitat de definir el comportament dels sòls davant les sol·licitacions externes.*






Quasi tota la història coneguda dels fonaments es basa en els criteris de Vitruvi i d'Alberti. Des de les legions romanes, que van construir racionalment en tota mena de llocs fins al començament del segle XX, els tècnics de la construcció van haver d'aplicar criteris molt subjectius per a determinar la fondària i



l'amplada dels fonaments. Es comptava amb molt poca cosa, més enllà del concepte de pressió admissible (sense referir-la a la seguretat davant de la ruptura del sòl ni a les deformacions acceptables) o dels criteris de Coulomb, destinats a determinar el valor de les empenyes del sòl contra un mur (en aquests estudis de finals del segle XVIII, el sòl només hi era com a referència; en realitat el que Coulomb presenta és la resolució d'un problema pur de màxims i mínims que va llegir a l'Acadèmia de París).

A l'Escola d'Arquitectura de Barcelona, als anys seixanta, es mantenia aquesta situació. Només el catedràtic Bonaventura Bassegoda impartia coneixements de la matèria basats en el llibre de Tschebotarioff que amb el temps han resultat una alternativa interessant als criteris de Terzaghi. Així, entre els principals contribuents moderns tenim (vegeu quadre 1).

Aquests grans personatges van obtenir grans avanços en la formulació, classificació i teories que actualment encara s'utilitzen fidelment.

Karl Terzaghi	A. Atterberg	A. Casagrande	L. Bjerrum	A. Skempton
1883-1963	1846/1916	1902-1981	1918-1973	1914-
				
<b>Esforsos actius</b>	<b>Límit plàstic sòls</b>	<b>Classificació sòls</b>	<b>Resistència al tall</b>	<b>Teoria dels talussos</b>

QUADRE 1

### Definició de mecànica de sòls (Karl V. Terzaghi)

És l'aplicació de les lleis de la mecànica i hidràulica als problemes d'enginyeria que tracten amb sediments i altres acumulacions no consolidades de partícules sòlides produïdes per la desintegració mecànica o descomposició química de les roques, independentment que tinguin o no contingut de matèria orgànica.

### Formació dels sòls

Una característica del tall terrestre, determinant per a l'activitat humana, és la seva gran varietat. Aquesta varietat prové, per una part, de les diverses roques que la formen, on existeixen materials procedents d'erupcions volcàniques, roques cristal·lines formades en les zones més profundes de l'escorça i roques sedimentàries que es formen per la sedimentació dels materials, procedents d'altres roques (vegeu quadre 2).

### Classificació dels sòls

La classificació de sòls, encara que es basi en uns poc paràmetres —partícules, humitat i comportament— és complexa de realitzar. Actualment s'obtenen més de 20 tipus de classificació que s'han realitzat depenent del país i de l'any. Tot i així, actualment obtenim diverses classificacions importants en el nostre país (vegeu quadre 3).

### Propietats elementals dels sòls

El sòl, a diferència dels materials normalment utilitzats a l'edificació, és un material molt heterogeni. Per això, és necessari utilitzar un llenguatge específic que permeti identificar els diferents tipus amb una nomenclatura internacional.

A través de l'estudi geotècnic es recorre a determinar-ne les propietats físiques i mecàniques amb la finalitat de definir el comportament dels sòls davant les sol·licitacions externes.

Les **propietats físiques** es determinen mitjançant assajos d'identificació i estat efectuats en el laboratori, amb l'objecte de determinar certs paràmetres entre els quals, els de més interès són:

- 1. Composició granulomètrica
- 2. Porositat
- 3. Pesos específics
- 4. Contingut d'humitat
- 5. Estats de consistència
- 6. Permeabilitat
- 7. Densitat
- 8. Plasticitat

Les **propietats mecàniques** s'estudien igualment mitjançant assajos al laboratori per a determinar-ne les característiques de resistència i de deformabilitat (vegeu quadre 4).

### Consolidació dels sòls

És important conèixer com pot evolucionar l'assentament d'una estructura al llarg del temps, i comprovar els pronòstics amb els assentaments que es produeixen al construir-la posteriorment.

El tema de la relació assentaments-temps va ser resolt per TERZAGHI el 1936, quan va publicar un article titulat "Teoria dels assentaments en capes

*És important conèixer com pot evolucionar l'assentament d'una estructura al llarg del temps.*

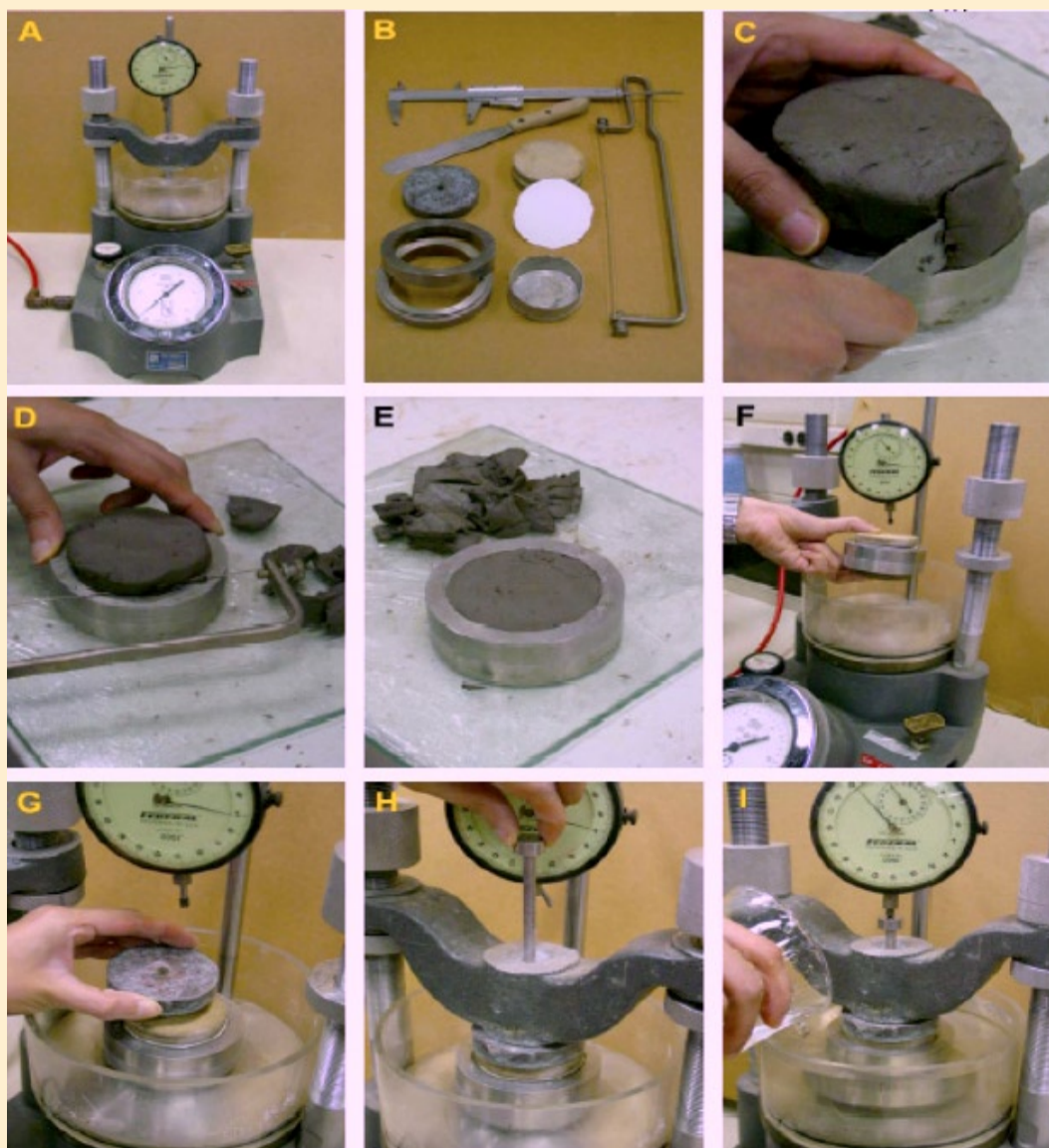
	TIPUS	DEFINICIÓ
METEORITZACIÓ DE LES ROQUES	MECÀNICA	Quan la roca es redueix a fragments més petits sense perdre'n les característiques químiques. Aquesta meteorització es compon gràcies al clima, exfoliació, erosió, abracció i activitat orgànica.
	QUÍMICA	Comprèn l'alteració dels minerals de la roca a nous compostos. Els processos que comprèn: l'oxidació, solució, lixiviació i hidròlisi.
FORMACIÓ DELS SÒLS PER METEORITZACIÓ	RESIDUALS	Material meteoritzat dipositat al peu d'una muntanya (sauló).
	TRANSPORTATS	Són sòls que trobem allunyats de la roca mare.

QUADRE 2

1	Classificació segons tipologies	Ígnies
		Sedimentàries
		Metamòrfiques
2	Classificació segons la dimensió del gra	2
		0.2
		0.002
		...
3	Classificació del sòl. Sistema unificat	Graves
		Sorra
		Sorra
		Llims i argiles

Aquesta última classificació és la més utilitzada actualment aquí, a Espanya, encara que a altres països, també n'hi ha altres de molt semblants.

QUADRE 3



ASSAJI GRANULOMÈTRIC PER TAMISAT

d'argiles". Aquesta teoria, coneguda també com a "Teoria de la consolidació de Terzaghi Fröhlich", segueix actualment.

El plantejament de la teoria es basa, en essència, en l'esquema següent:

Al carregar un terreny saturat, l'aigua que existeix entre les partícules al ser comprimida, tendeix a escapar i sortir, com ocorre quan aixafa una esponja. Segons la dimensió que tinguin els forats, l'aigua sortirà de manera més o menys ràpida i, a mesura que surt, l'esquelet sòlid del terreny (o de l'esponja) es va comprimint i deformant.

Durant la sortida de l'aigua es produeix una transferència de pressions de l'aigua, en un fenomen que es coneix com a *procés de consolidació*.

Des d'un punt de vista qualitatiu, es comprèn que en el problema de la consolidació de les argiles saturades, hi han d'intervenir els següents factors:

- Permeabilitat del medi
- Índex de forats del terreny
- Pressió exterior aplicada
- Pressió de l'aigua intersticial
- Temps transcorregut
- Alçada geomètrica de l'estrat

A través de diverses equacions s'obté el paràmetre C denominat "coeficient de consolidació", on intervenen la permeabilitat del terreny, mòdul edomètric i pes específic.

La consolidació fa referència a la resposta i els assentaments dels sòls sotmesos a sobrecàrregues. Aquestes sobrecàrregues produeixen increments en les tensions totals i problemes en l'estructura del nostre edifici com també en estructures d'edificis confrontants. La consolidació es produeix en el temps i en alguns tipus de sòl pot requerir un període molt llarg, fins a 100 anys, per aconseguir els assentaments finals (vegeu quadre 5).

**Conclusions**

Ha estat tot un resum ràpid de les característiques principals del sòl, però és un tema molt interessant en què s'ha d'anar entrant a poc a poc. Tot i així, ara ja tenim una breu descripció dels punts més importants.

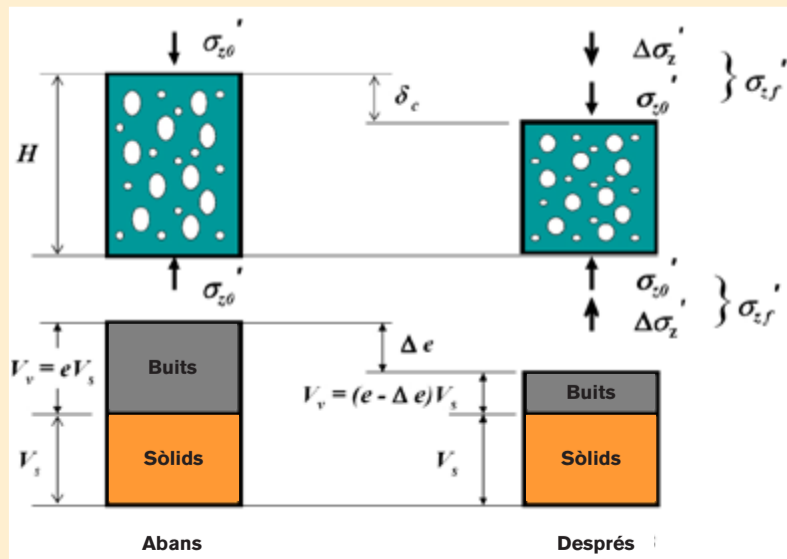
En referència a la consolidació —tema molt important per a l'execució correcta d'un edifici—, només remarcarem que els sòls argilosos per a consolidar no cal en alguns casos que siguin sotmesos a sobrecàrregues, poden fer-ho pel seu propi pes. En canvi, els sòls granulars sota càrregues NO es consoliden per la seva elevada permeabilitat. ■

PRINCIPALS CARACTERÍSTIQUES QUE RELACIONEN LES PROPIETATS FÍSQUES I MECÀNIQUES ENTRE ELLES		
Tipus	Descripció	Esquema
DENSITAT	La densitat d'un sòl no és un valor simple i invariable. Afecta per la presència de tres fases que consten de partícules, forats i la part líquida; aquesta part de forats pot estar parcialment o totalment ocupada per aigua.	
PLASTICITAT	La plasticitat és la variació en el comportament d'un sòl en funció de l'aigua continguda. És aplicable només si les partícules són petites. Per exemple, les propietats mecàniques d'una argila poden variar al considerar els cations continguts en els seus complexos d'absorció, ja que a diferents cations lligats corresponen diferents gruixos de la pel·lícula absorbida, fet que es reflecteix sobretot en les propietats de plasticitat i resistència del sòl.	

QUADRE 4

TIPUS DE CONSOLIDACIÓ	
Consolidació immediata	Causada per la deformació elàstica del sòl sec i/o saturat sense canvis en la seva humitat i saturació
Consolidació primària	Causada pel canvi de volum de sòls saturats cohesius a causa de l'expulsió de l'aigua que ocupava els forats
Consolidació secundària	Es produeix en sòls saturats i cohesius com a resultat de reajustament plàstic de les partícules

QUADRE 5



EDÒMETRE