

**EL ENSAYO PRESIOMÉTRICO
EN EL PROYECTO GEOTÉCNICO**

15 de Septiembre 2009

**OBTENCIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS
MEDIANTE
EL ENSAYO PRESIOMÉTRICO**

**AUTORA : HERMINIA CANO LINARES
Dra. Ing. de Caminos, C. y P.**

POSIBILIDADES DEL ENSAYO

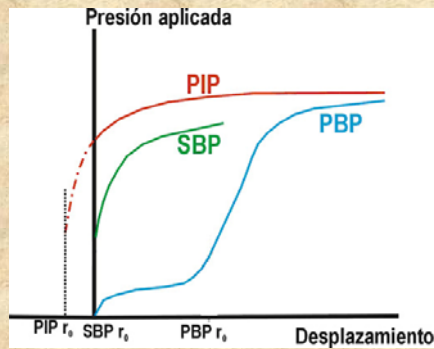
- España: Se ha extendido y generalizado el empleo del ensayo presiométrico
- Aplicación más extendida : Obtención de módulos de “calidad” in situ
- El ensayo presenta otras posibilidades: Diseño geotécnico (C.S y C.P)

OBTENCIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

- **FORMA DE LA CURVA PRESIOMÉTRICA**
 - Tipo de ensayo: **PBP** (Pre-perforado), **SBP** (autoperforado), **PIP** (Hincado)
 - Clasificación de suelos
- **PARÁMETROS GEOTÉCNICOS**
 - COEFICIENTE DE EMPUJE AL REPOSO: **K_0**
 - MÓDULOS DE DEFORMACIÓN: **E** o **G**
 - RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO: **C_u**
 - ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO: **ϕ**
 - COEFICIENTE DE CONSOLIDACIÓN: **C_h**

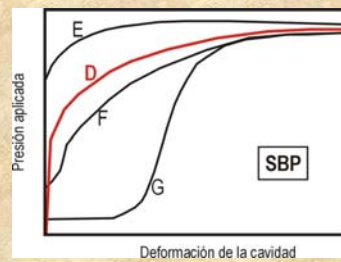
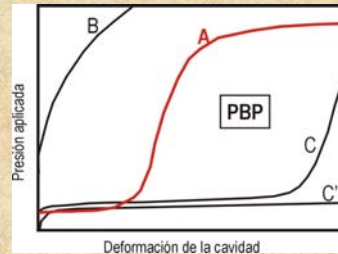
FORMA DE LA CURVA PRESIOMETRICA

□ SEGÚN TIPO DE ENSAYO:
CURVA CARACTERÍSTICA



Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presiométrico

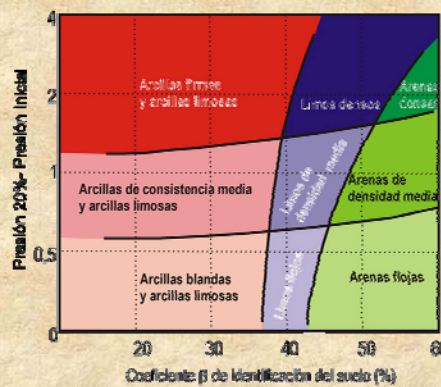
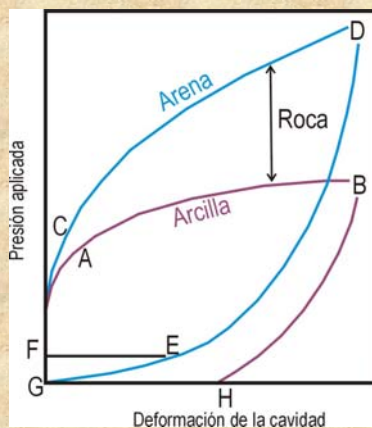
□ CALIDAD DE LA PERFORACIÓN



3

FORMA DE LA CURVA PRESIOMÉTRICA: TIPO DE SUELO

SBP (Autoperforador)



$$\beta = \frac{p_{20} - p_5}{p_{20} - p_{0h}} \times 100$$

Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presiométrico

4

FORMA DE LA CURVA PRESIOMÉTRICA: TIPO DE SUELO

PBP (Pre-perforado)

TIPO MÉNARD

Tipo de terreno	E_m/P_L
Arena floja	4-7
Arena de compactación media a densa	7-10
Arcilla blanda saturada (fango)	8-10
Arcilla de consistencia blanda a firme	8-10
Arcilla de consistencia firme a muy firme	10-20
Loess	12-15
Roca fracturada	8-40

EJEMPLOS DE APLICACIÓN: SUELOS DE MADRID

Tipo de suelo	E_m/P_L
Arena tosquizada	17
Tosco	19
Peñuela	45

Suelos de Madrid

Materiales terciarios muy sobreconsolidados

Arcillas preconsolidada: Peñuela ■

Limos arcillosos y arcilla: Tosco ■

Arenas con limos: Arena de miga ■

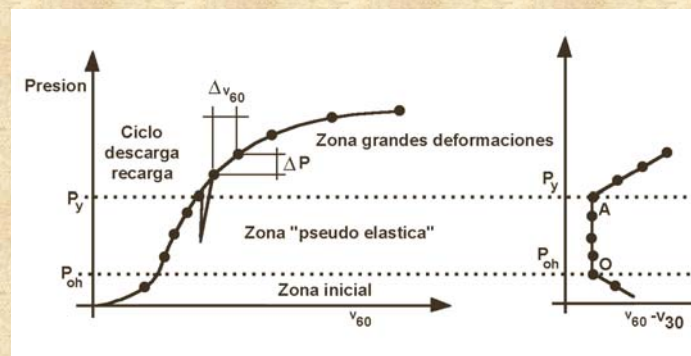
Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

5

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS: PRESIÓN DE EMPUJE AL REPOSO Y K_0

MÉTODO 1: PBP (Pre-perforado)

ANÁLISIS COMPARADO DE LAS CURVAS PRESIOMÉTRICA Y DE FLUENCIA



Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

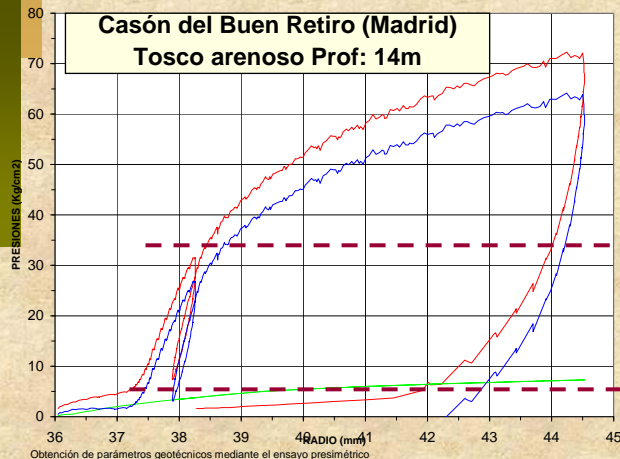
6

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS: PRESIÓN DE EMPUJE AL REPOSO Y K_0

PBP (Pre-perforado)

Ejemplo de aplicación:

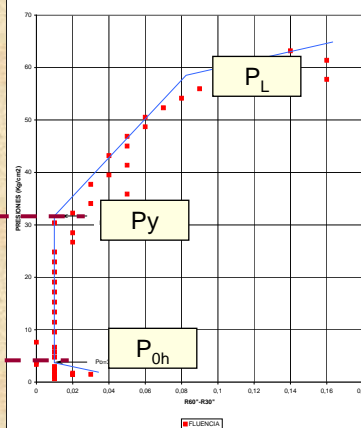
Casón del Buen Retiro (Madrid)
Tosco arenoso Prof: 14m



$$P_{0h} = 3 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_y = 30 \text{ Kg/cm}^2$$

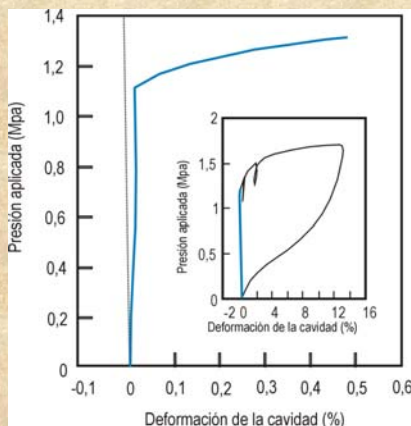
$$P_L^* = P_L - P_{0h} = 60 - 3 = 57 \text{ Kg/cm}^2$$



PARÁMETROS GEOTÉCNICOS: PRESIÓN DE EMPUJE INICIAL P_{0h} y COEFICIENTE DE EMPUJE K_0

MÉTODO 2: SBP (Autoperforador)

□ DESPEGUE DE LA MEMBRANA "LIFT-OFF"

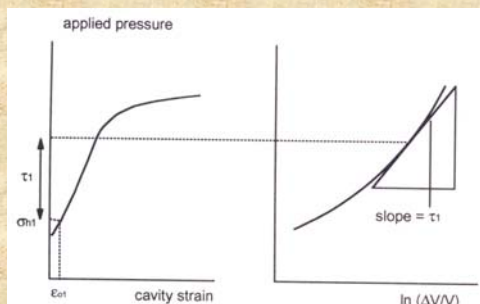


Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

MÉTODO 3:

□ MÉTODO DE MARSLAND Y RANDOLPH MODIFICADO

$$P_y = P_0 + \tau_y$$



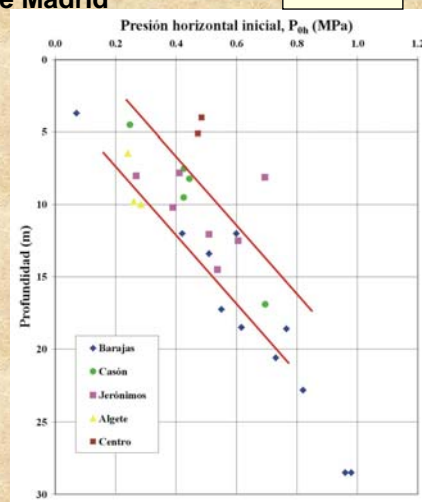
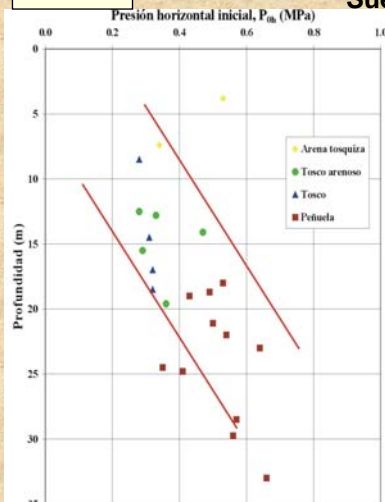
PARÁMETROS GEOTÉCNICOS:

PRESIÓN DE EMPUJE INICIAL P_{0h}

PBP

Ejemplos de aplicación :
Suelos de Madrid

SBP



Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

9

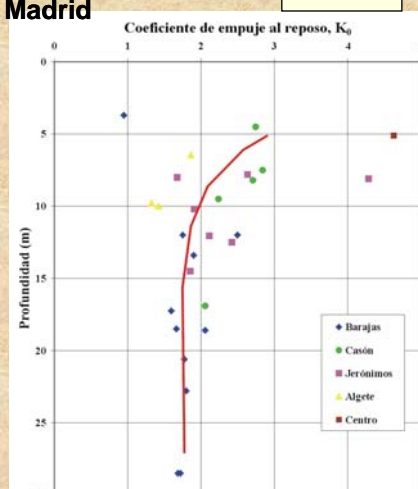
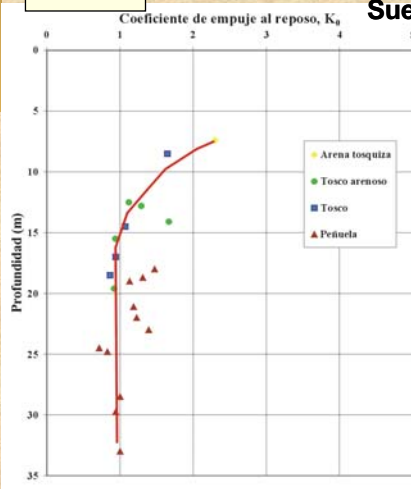
PARÁMETROS GEOTÉCNICOS:

COEFICIENTE DE EMPUJE K_0

PBP

Ejemplos de aplicación:
Suelos de Madrid

SBP



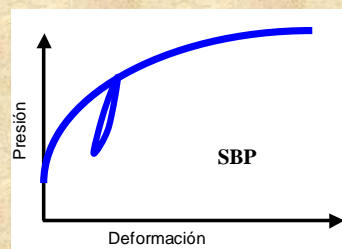
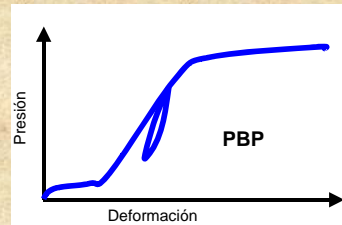
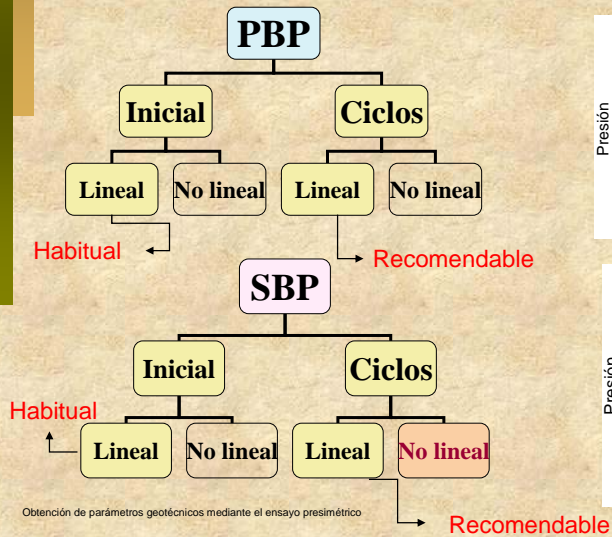
Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

10

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS:

MÓDULO DE DEFORMACIÓN

POSIBILIDADES DE INTERPRETACIÓN



11

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS:

MÓDULO DE DEFORMACIÓN

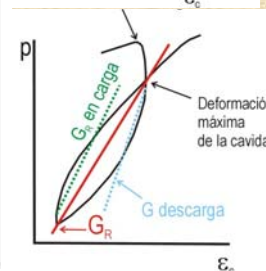
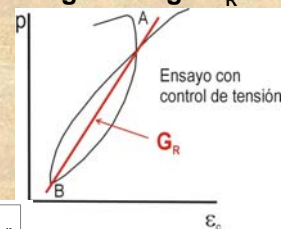
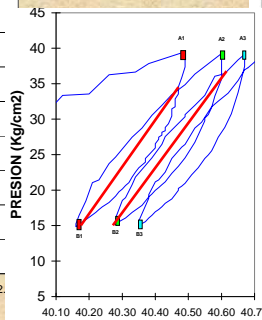
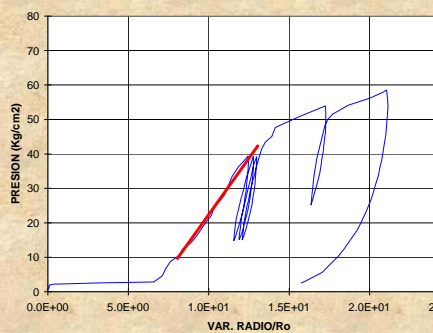
PBP

Medido en ciclo descarga-recarga G_R

Medido en la rama inicial: E_i y G_i

$$E_p = (1 + \nu) r_m \frac{\Delta p}{\Delta r}$$

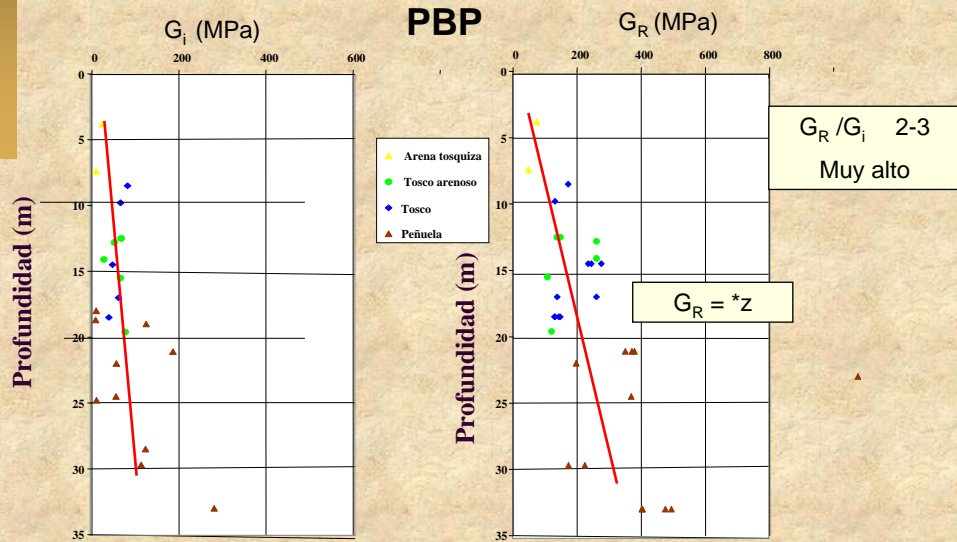
$$G_p = 0,5 r_m \frac{\Delta p}{\Delta r}$$



Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

12

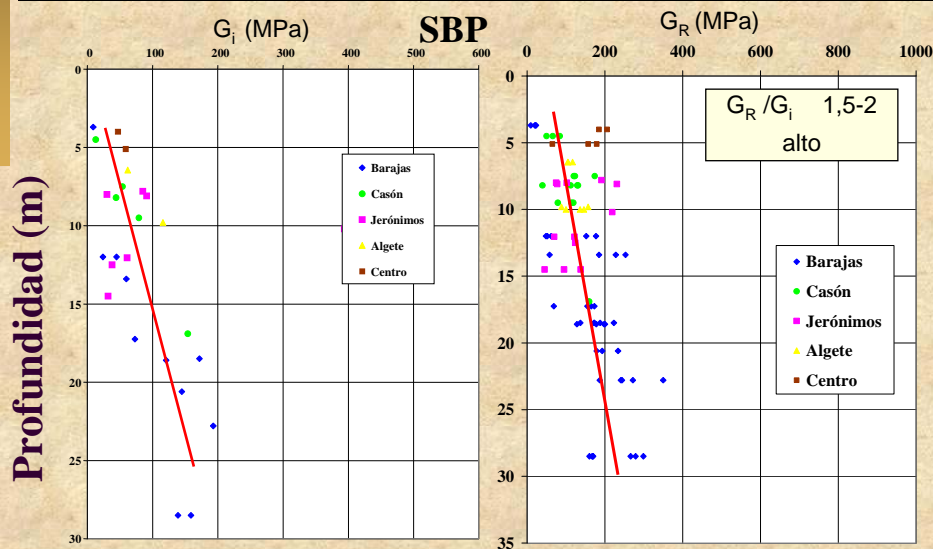
PARÁMETROS GEOTÉCNICOS: MÓDULO DE DEFORMACIÓN



Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

13

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS: MÓDULO DE DEFORMACIÓN

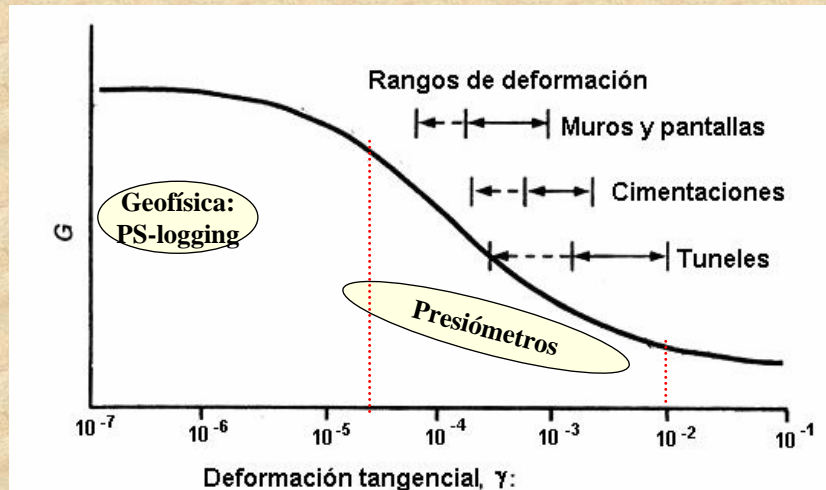


Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

14

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS: MÓDULO DE DEFORMACIÓN: INTERPRETACIÓN NO LINEAL

VARIACIÓN DEL MÓDULO EN FUNCIÓN DE LA DEFORMACIÓN



Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

15

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS: MÓDULO DE DEFORMACIÓN: INTERPRETACIÓN NO LINEAL

- Deformaciones intermedias: $5 \cdot 10^{-4} < \gamma < 10^{-2}$

Presiómetro autoperforador **SBP**

Interpretado con modelo no lineal Modelo de Bolton y Whittle (1999)

$$\tau = \alpha \gamma^\beta$$

α : coeficiente de rigidez

β : grado de linealidad ($0 < \beta < 1$)

Expresión resultante para la expansión de la cavidad

$$p = p_0 + \frac{\alpha}{\beta} \gamma^\beta \quad (\text{F.elástica})$$

$$p = p_0 + c_u \left[\frac{1}{\beta} - \ln(\gamma_y) + \ln(\gamma) \right]$$

$$G_s = \frac{\tau}{\gamma} = \alpha \gamma^{\beta-1}$$

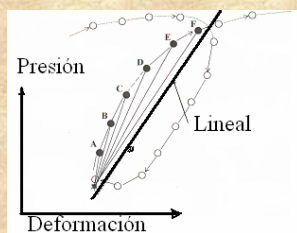
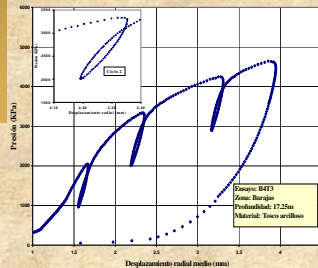
Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

16

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS: MÓDULO DE DEFORMACIÓN: Interpretación no lineal

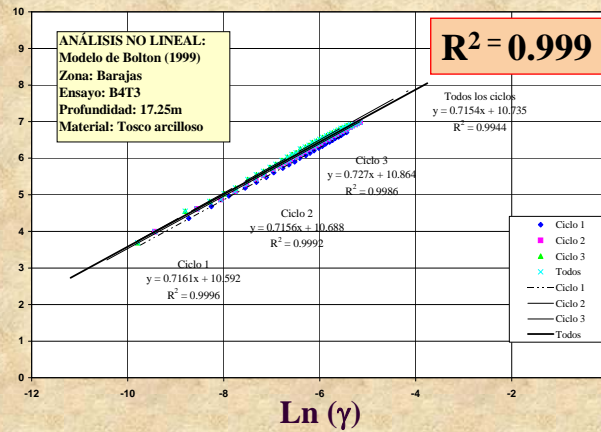
Modelo de Bolton y Whittle

$$\tau = \alpha \gamma^\beta \Rightarrow \ln(\tau) = \ln(\alpha\beta) + \beta \ln(\gamma)$$



Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

$\ln(\tau)$

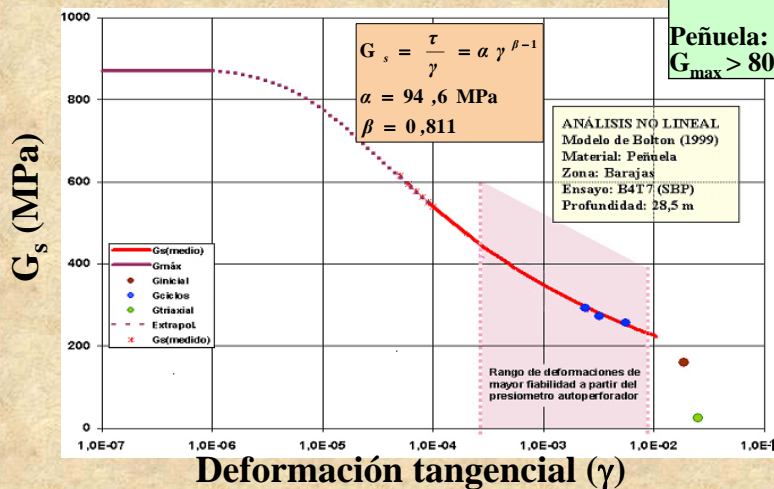


17

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS: MÓDULO DE DEFORMACIÓN: Interpretación no lineal

Mat. Tosquizo:
 $G_{\max} = 500-600 \text{ MPa}$

Peñuela:
 $G_{\max} > 800 \text{ MPa}$



Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

18

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS: RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO: C_u

MÉTODO 1:

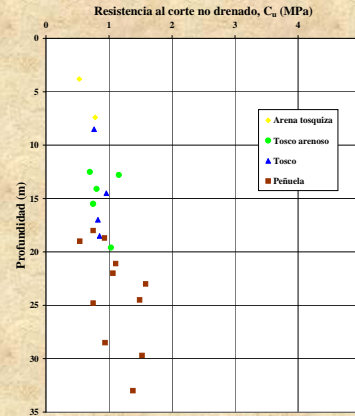
PBP

$$P_L - P_{0h} = C_u \left[1 + \ln \left(\frac{G}{C_u} \right) \right]$$

Constante
presiométrica β

$$C_u = \frac{P_L^*}{\beta^*}$$

Tipo de material	P_L^* (MPa)	β^*	C_u (MPa)
Arena tosquiza	4,8	7,5	0,6
Suelos tosquizos	6,8	7,5	0,9
Peñuela	8,3	8,0	1,0



Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

19

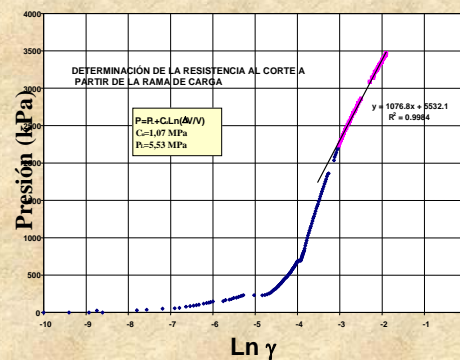
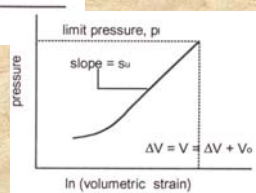
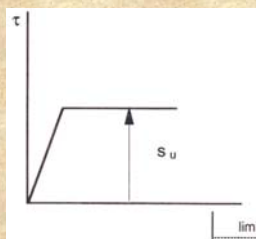
PARÁMETROS GEOTÉCNICOS: RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO: C_u

SBP

MÉTODO 2:

Método de Windle y Wroth

Elasticidad lineal -plasticidad perfecta



Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

20

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS:

ANGULO DE ROZAMIENTO INTERNO: ϕ

Método de Hughes y Windle

$$\log \frac{\Delta R_c}{R_c} + \frac{c}{2} = \frac{k(1 - \sin \phi) + 1 + \sin \phi}{2 \sin \phi} \log(p - u_0) + cte$$

Tipo de suelo	ϕ_{cv}
Grava- Arena-bien graduada	40
Arena gruesa uniforme	37
Arena media bien graduada	37
Arena uniforme a media	34
Arena fina bien graduada	34
Arena fina uniforme	30

$$\sin \phi = \frac{s}{1 + (s - 1) \sin \phi_{cv}}$$

Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

21

RESUMEN Y CONSIDERACIONES

- 1) El ensayo presiométrico presenta otras posibilidades:
Estimación de parámetros geotécnicos ()
- 2) La fiabilidad de los parámetros deducibles del ensayo depende directamente de la correcta ejecución de la cavidad presiométrica.
- 3) El módulo medido en rama inicial de la curva presiométrica está afectado por la alteración provocada por la perforación en la pared de la cavidad, tanto más cuanto peor haya sido la ejecución de la perforación.
- 4) El valor del módulo disminuye cuanto más alterada esta la pared pared de la cavidad. También depende del tipo de suelo.
- 5) El módulo obtenidos en ciclos de descarga-recarga representa mejor el comportamiento elástico del terreno.

Obtención de parámetros geotécnicos mediante el ensayo presimétrico

22

RESUMEN Y CONSIDERACIONES

- 5) En cavidades presiométricas muy alteradas el módulo inicial E_i no es representativo.
- 6) Con las ramas de recarga de ciclos presiométricos interpretados con modelos no lineales sencillos se pueden obtener curvas de variación del módulo en función de la deformación para rango de deformaciones intermedias $\gamma = 5 \cdot 10^{-4}$ a $\gamma = 10^{-2}$.
- 5) Es una alternativa razonable y muy sencilla al empleo de interpretaciones lineales
- 5) Con geofísica se mide G_{\max} para pequeñas deformaciones. El empleo conjunto de +++permite obtener de modo sencillo curvas **G** – γ representativas del comportamiento no lineal