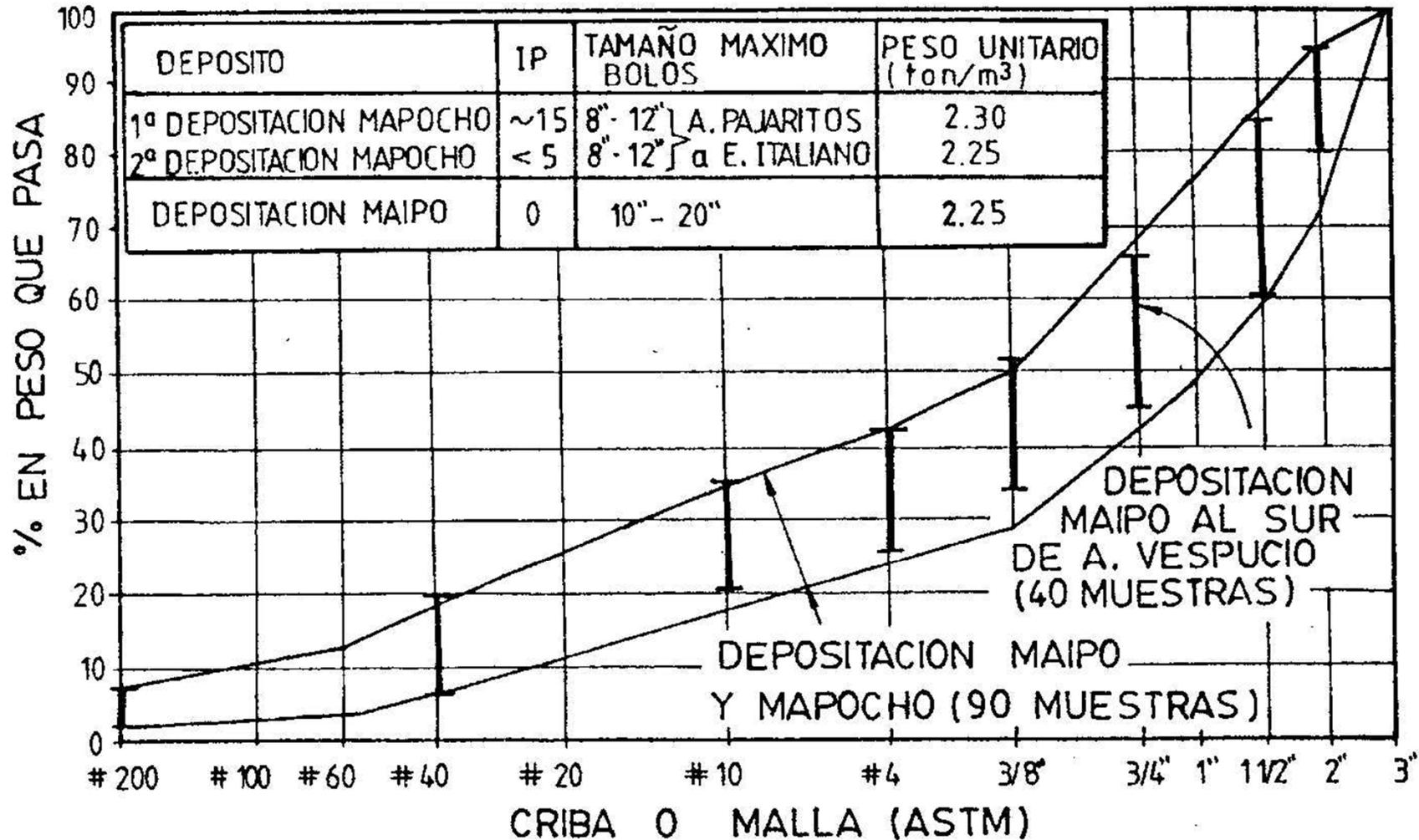


Visita a terreno

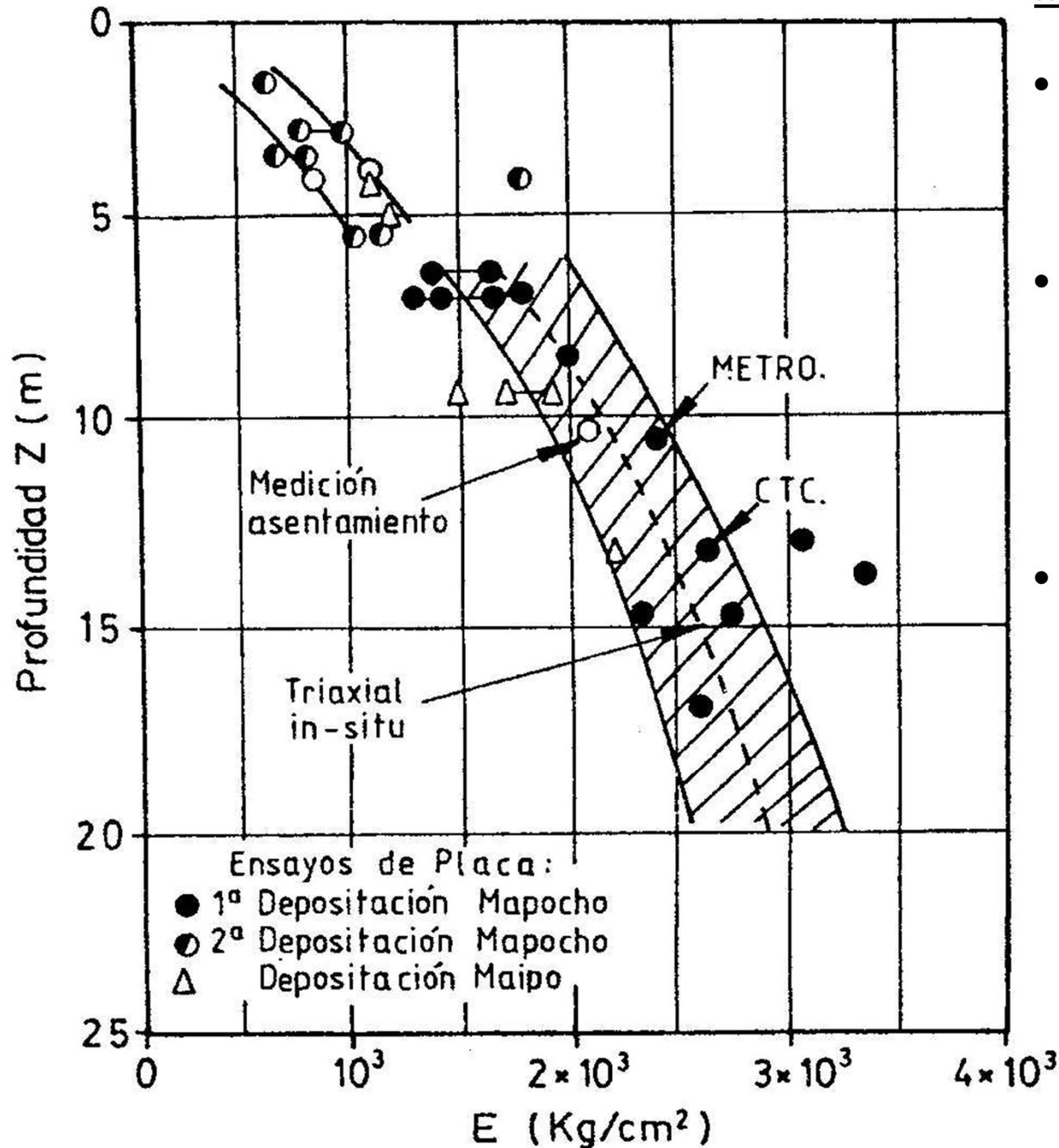
# Caracterización Geotécnica del Suelo de Fundación de Santiago

- La cuenca está conformada por sedimentos cuaternarios de aproximadamente 300 a 400 metros de espesor provenientes de la erosión de los cordones montañosos circundantes, transportados por acción fluvial y fluvio-glacial de los ríos Maipo y Mapocho.
- En ingeniería, esta unidad geológica se conoce con el nombre de Grava de Santiago, la cual en la sección norte se denomina Depositación Mapocho y en su sección sur Depositación Maipo, debiendo sus nombres al río que los conformó.
- En la Depositación Mapocho se distingue un primer horizonte de origen fluvial denominado 2ª Depositación que se extiende hasta 4.5 - 6.5 metros de profundidad bajo el cual se desarrolla un horizonte de origen fluvio-glacial denominado 1ª Depositación, con gradación similar a la anterior, pero con finos plásticos y una compacidad y trabazón mecánica mayor.
- La Depositación Maipo es de origen fluvial y presenta propiedades índice y mecánicas similares a la 2ª Depositación Mapocho, por lo que normalmente se las encasilla en una misma unidad geotécnica.
- Napa freática: 25 – 30 metros (edificio ISE, Las Condes), mas de 40 – 50 metros (edificio Costa Azul, Providencia y edificio Eurocentro, Santiago Centro).

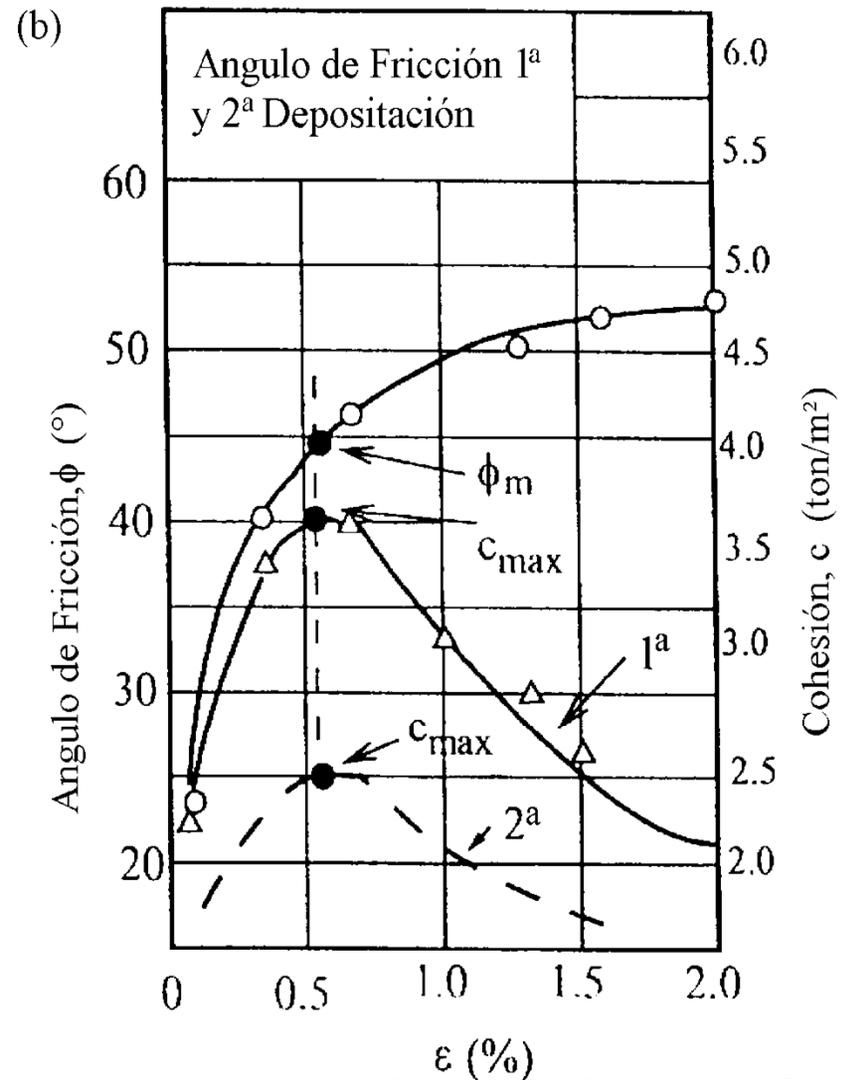
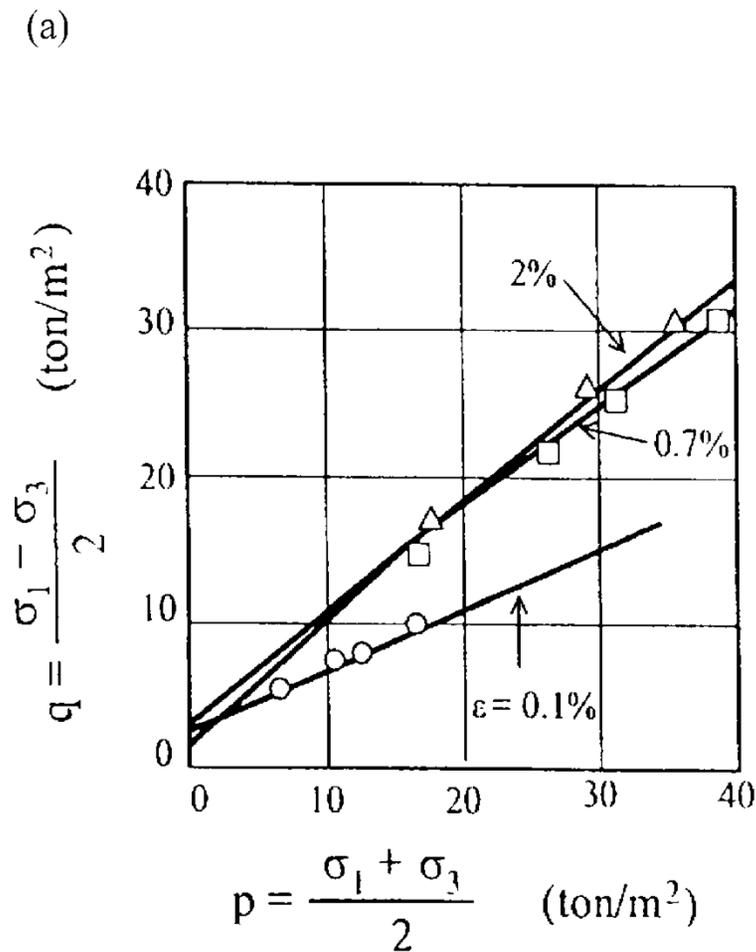


- Compacidad alta a muy alta
- Clastos son sanos y subredondeados con un tamaño máximo característico de 10"
- Contenido de arena en muestras bajo 3" en torno al 25%
- Porcentaje de finos de plasticidad baja a nula de aproximadamente 5%.
- Excelente trabazón mecánica como producto de la alta compacidad, de la buena gradación y del gran tamaño de los clastos

## Modulo de Deformación Elástica



- Ensayos de placa de cargas verticales y horizontales, triaxiales in - situ y mediciones de asentamiento
- Variación del módulo de deformación de la Grava de Santiago en función de la profundidad medida a partir de la superficie del terreno del terreno
- Los valores del módulo expuestos en esa figura corresponden a carga virgen ya que las tensiones aplicadas en los ensayos y mediciones sobrepasan, en la mayoría de los casos, la tensión de confinamiento que tenía el suelo a la profundidad donde se efectuó el ensayo

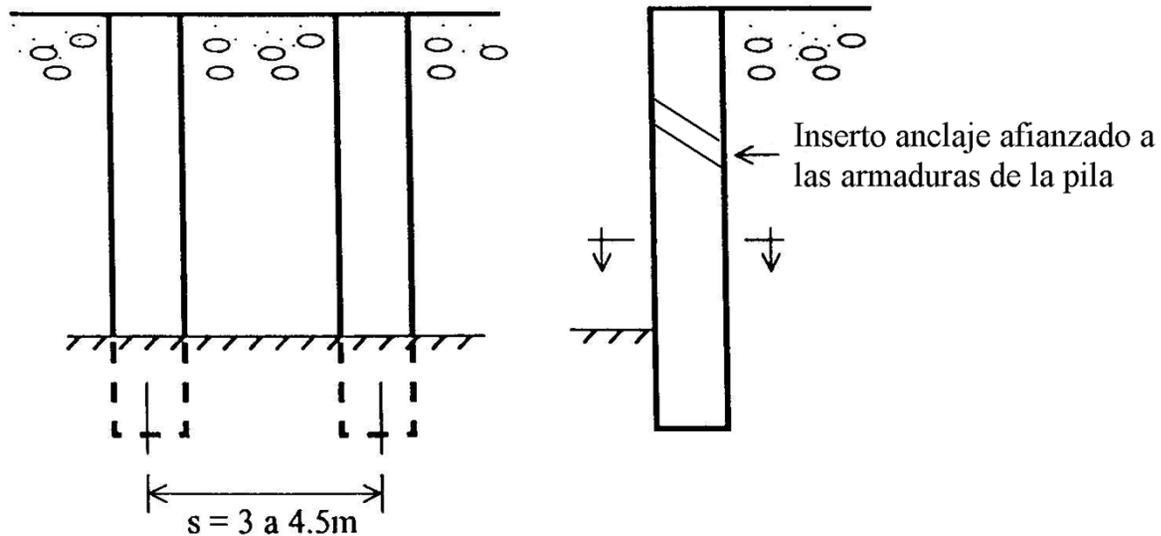


- Movilización de la resistencia al corte representada por la cohesión,  $c$ , y el ángulo de fricción,  $\phi$ , en función de la deformación,  $\epsilon$ , del suelo es de gran importancia en el análisis de estabilidad de taludes y en el diseño de elementos de contención (muros o pilas de entibación – socialzado)
- El desacople de las variables se efectuó a través de diagramas  $p - q$  de cuatro probetas triaxiales talladas in – situ en la 1ª Dep. Mapocho a 10m de prof. ensayadas a carga controlada

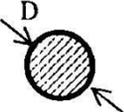
# Valores del par $c_{\max} - \phi_m$ para la Grava de Santiago obtenidos experimentalmente

Depositación	$c_{\max}$ (ton/m <sup>2</sup> )			$\phi_m$
	Natural	Natural	Con infiltración	
	Mediciones	diseño	de agua	
1ª Depositación Mapocho	3.75 - 4.50	3.75	2.48	45°
2ª Depositación Mapocho y Depositación Maipo	2.5 - 3.1 (1) > 2.0 - 2.9 (2)	2.50	1.81	45°
(1) Utilizando la razón de módulos de deformación				
(2) Análisis retrospectivos de estabilidad en taludes cercanos a la falla				

# Sistemas Entibación – Socalzado en la Grava de Santiago

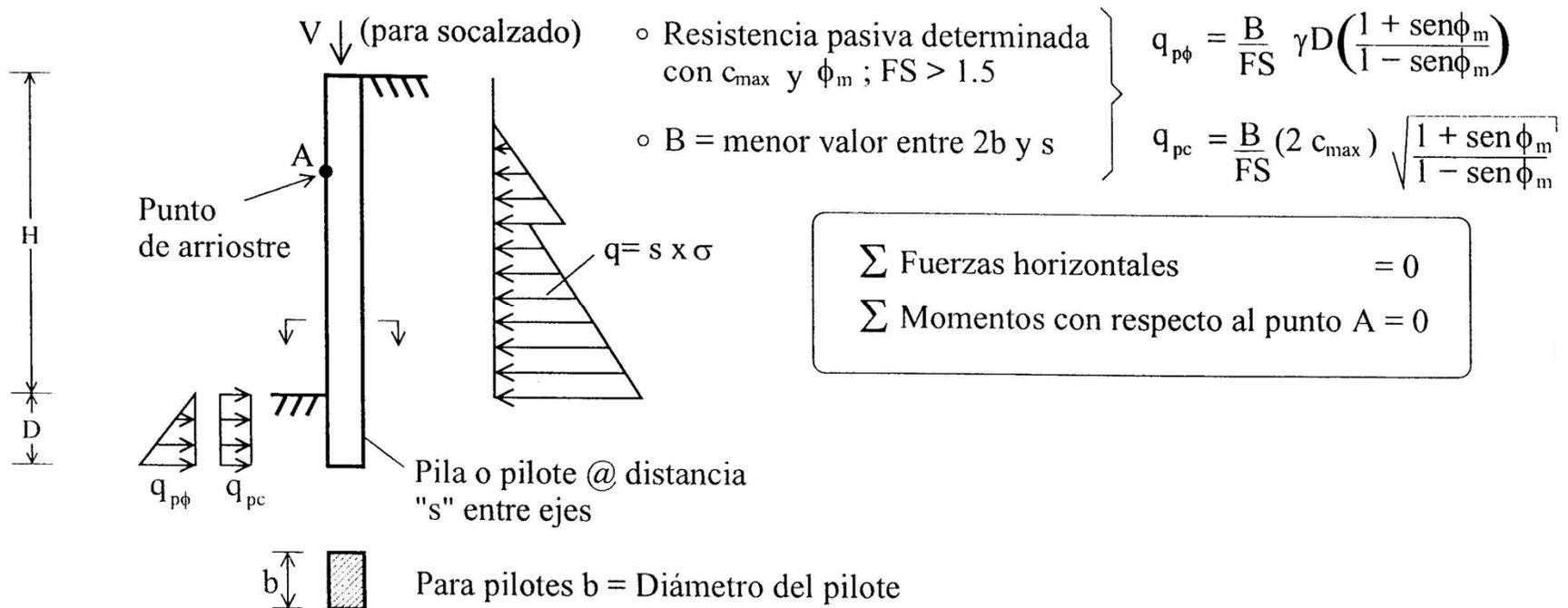


 Sección mínima 0.8x1.0m para pila excavada manualmente en pozo y hormigonada contra el suelo en las 4 caras

 Pilote precavado  
D = 0.80 a 1.5m

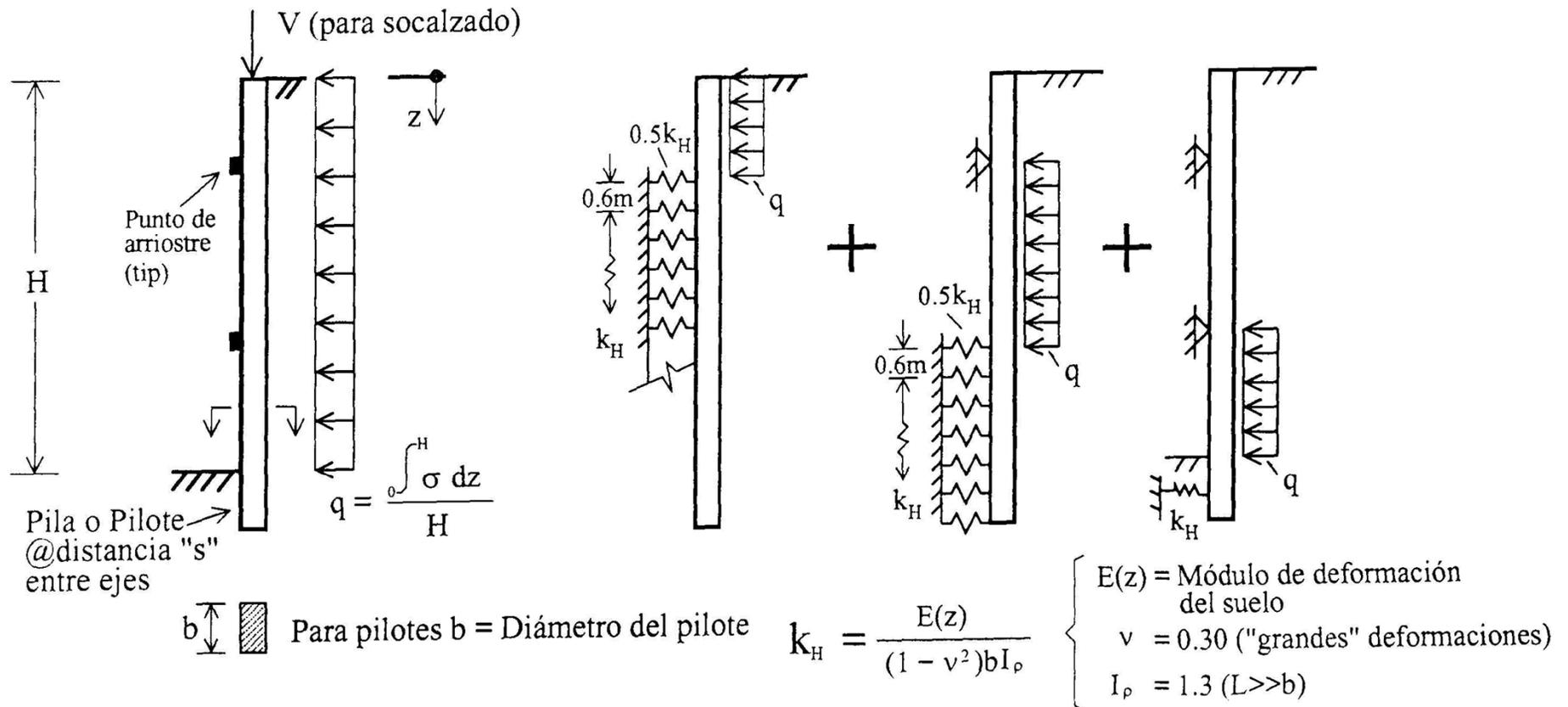
Los sistemas de entibación – socalzado utilizados en la Grava de Santiago corresponden al tipo discontinuo con sistemas de arriostre, que hasta mediados de los 90, se materializaron mediante puntales de eucaliptus o con tubos metálicos, según fuera el nivel de solicitaciones. Actualmente el arriostre se materializa mayoritariamente con anclajes, dispuestos en un nivel para profundidades de excavación en torno a 12 – 14 m y con dos o más niveles para profundidades mayores

# Sistemas con un nivel de arriostre



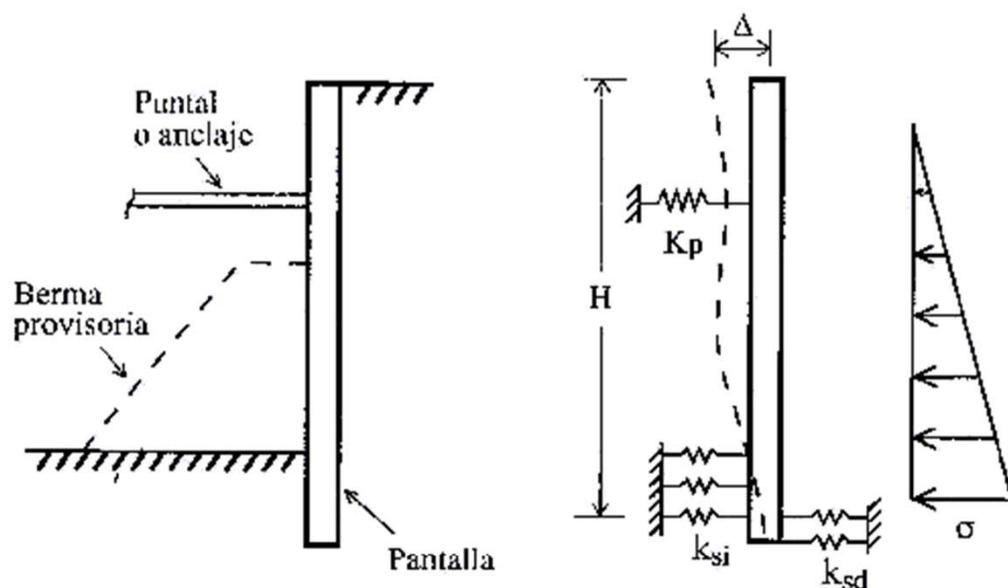
- Cuando existe un solo nivel de arriostre el sistema se analiza considerando el pilote o la pila como elemento rígido, que debe satisfacer las ecuaciones de equilibrio ilustradas

# Sistemas con mas de un nivel de arriostre



- El sistema se analiza en su condición final como viga continua apoyada en los puntos de arriostre y sometida a un empuje uniforme según se establece en la figura.
- Para considerar la secuencia de excavación se incorpora en forma explícita la rigidez del suelo a través de la constante de balasto horizontal,  $k_H$ .
- Para la determinación de la constante de balasto en la Grava de Santiago se utiliza la variación promedio con la profundidad del módulo de deformación,  $E$ .

# Empuje de suelo sobre la entibación

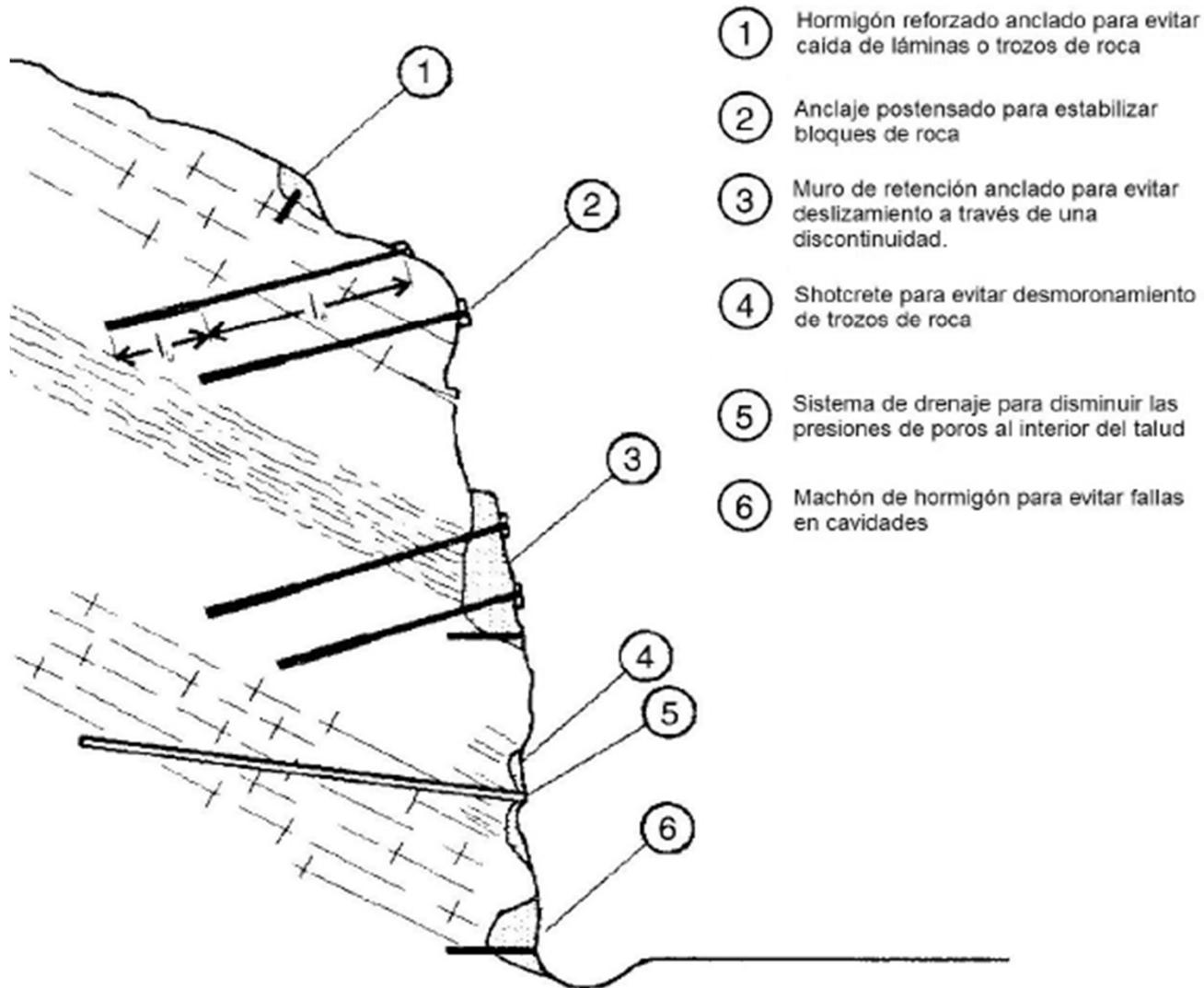


- El empuje del suelo,  $\sigma$ , depende del par  $c - \phi$  que se moviliza.
- El par  $c - \phi$  movilizado depende de la deformación,  $\epsilon$ , del suelo.
- La deformación del suelo,  $\epsilon$ , y por lo tanto el empuje, depende del desplazamiento normalizado de la pantalla,  $\Delta/H$ .
- El desplazamiento normalizado,  $\Delta/H$ , depende de:

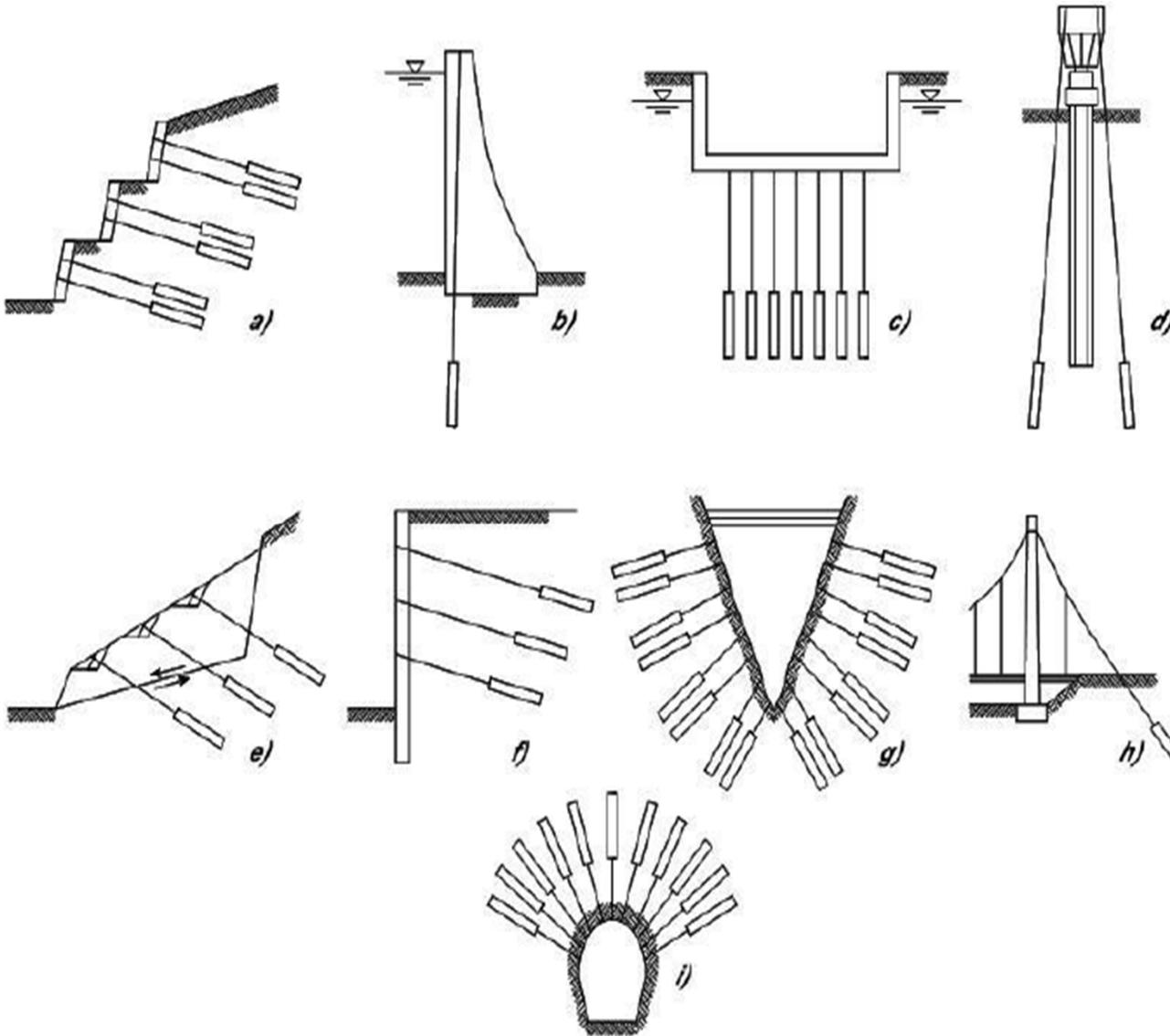
- \_ Empuje del suelo,
- \_ Rigidez del puntal,  $K_p$ , y de la pantalla
- \_ Rigidez del suelo donde se empotra la pantalla representada por las constantes de balasto  $k_{si}$  y  $k_{sd}$
- \_ De la geometría de la berma provisoria

Es importante considerar la metodología constructiva empleada en las estructuras de entibación – socalzado, ya sean pantallas continuas o discontinuas con arriostres constituidos por puntales o anclajes, ya que los empujes de tierra varían con la movilización de los parámetros resistentes de la grava representados por su cohesión,  $c$ , y por su ángulo de fracción,  $\phi$ , cuyos valores dependen de la deformación el suelo,  $\epsilon$ , y por lo tanto de la deformación experimentada por la estructura de entibación.

# Tipos de reforzamiento: Anclajes



# Tipos de Anclajes



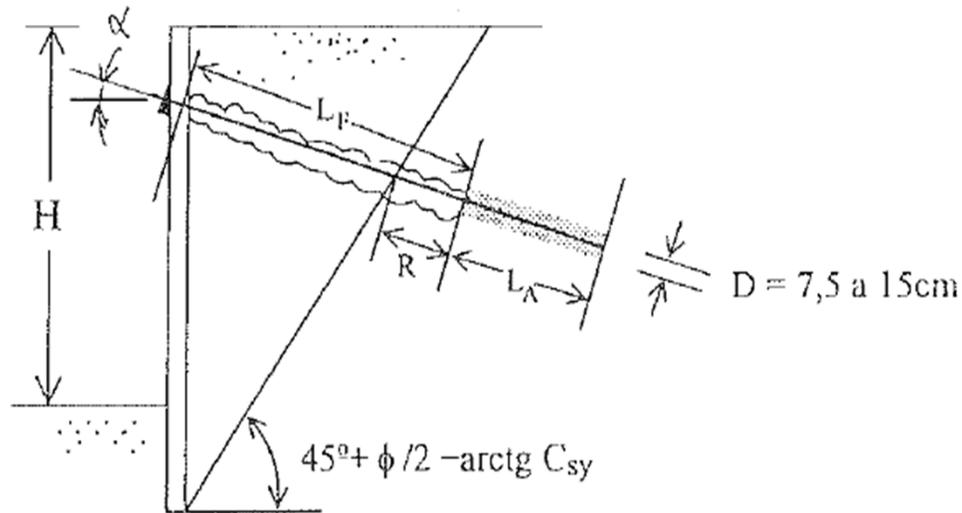
## Según vida útil

- Permanentes
- Temporales

## Según tratamiento de tensado

- Postensados o activos
- Pasivos

# Anclajes Inyectados



Uno de los tipos de anclaje inyectado utilizado con bastante éxito en la grava de Santiago corresponde al sistema autoperforante

$D$  = Diámetro nominal de la zona activa o resistente del anclaje; dependiendo del suelo puede aumentar hasta en 50%.

$L_A$  = Longitud zona activa conformada por grout inyectado con presión  $> 10 \text{ kg/cm}^2$  (3 m mínimo).

$R$  = Revancha igual al mayor valor entre 1.5m y  $H/6$ .

$L_F$  = Longitud neutra con grout de baja presión no adherido al suelo, para suministrar ductilidad (4.5 m mínimo).

$\alpha$  = Inclinación del anclaje con valores límites entre  $10^\circ$  y  $60^\circ$ ; normalmente se utilizan  $20^\circ$  a  $30^\circ$ .

Elementos básicos de un anclaje inyectado a presión y las condiciones geométricas para asegurar su capacidad de arranque y su ductilidad

# Fundaciones Profundas

