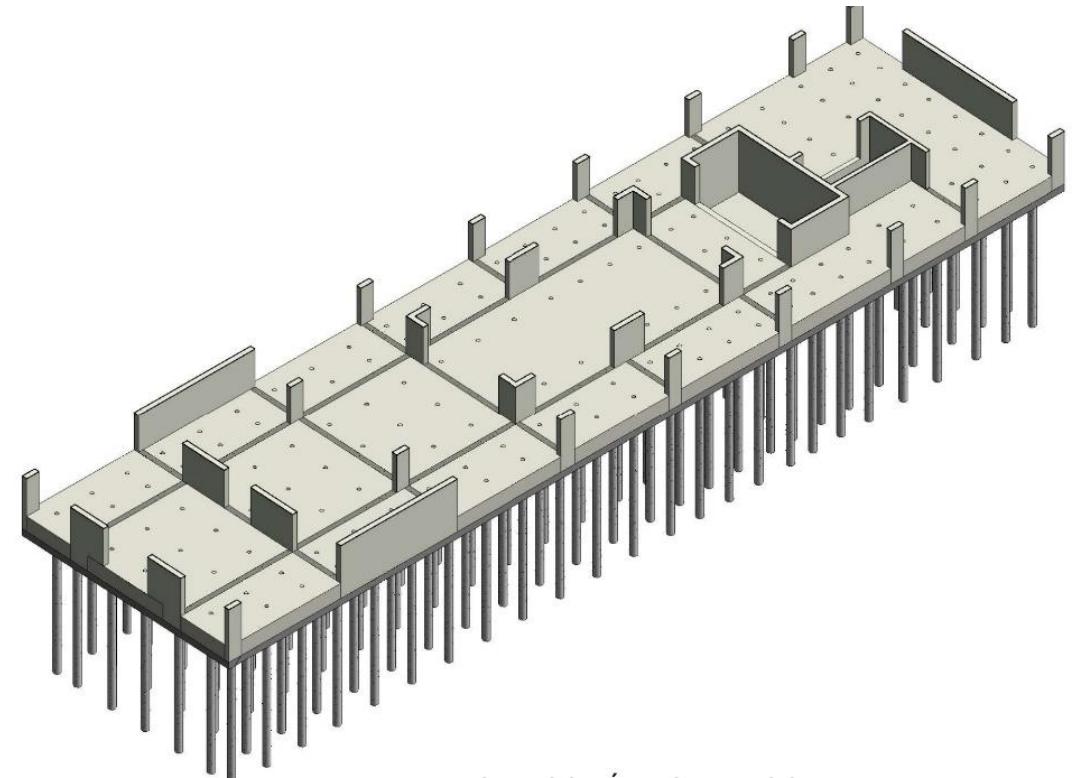




INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

TÉCNICAS DE MEJORAMIENTO DE SUELOS

Ing. Jhomayra Herrera Villa



Proyecto de muros diafragma con anclajes

Imágenes y animaciones de Soletanche Bachy

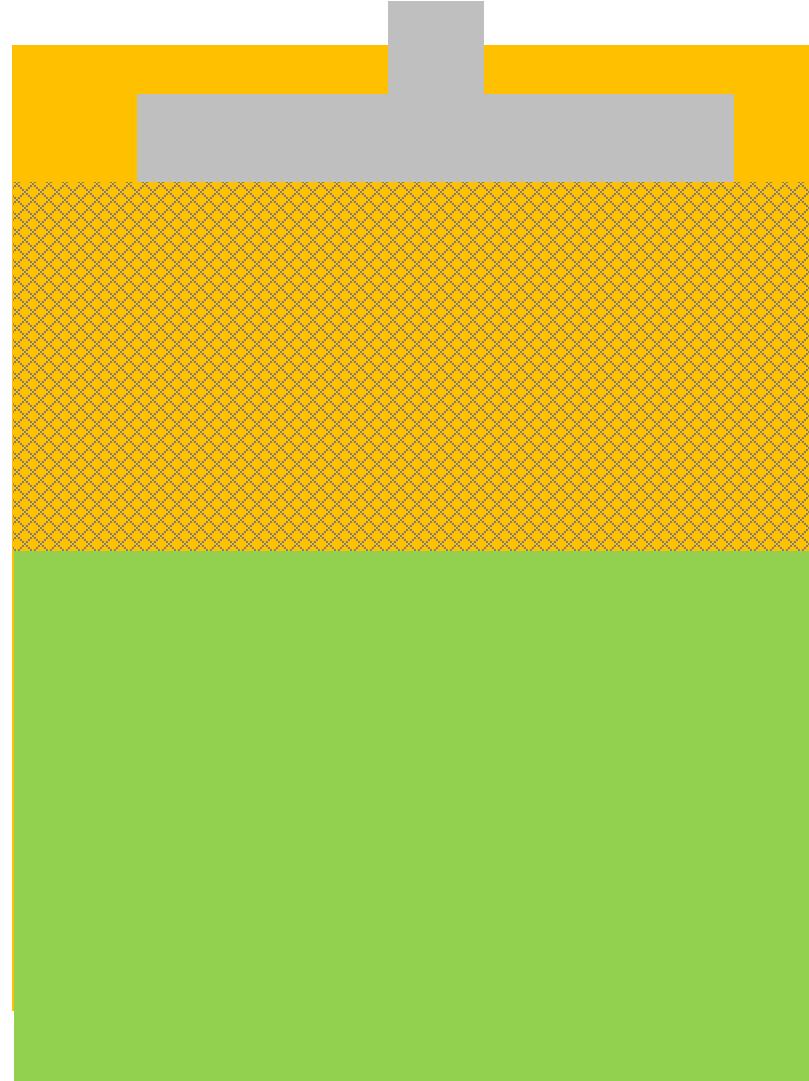
Contenido

1. Tecnologías de mejoramiento de suelos
2. Técnicas de soil mixing
 - 2.1. Jet Grouting
 - 2.2. Soil mixing mecánico
3. Caso aplicativo – mejoramiento de suelos para reforzamiento

01. Tecnologías de mejoramiento de suelo

Generalidades

Cimentación superficial con mejoramiento de suelos

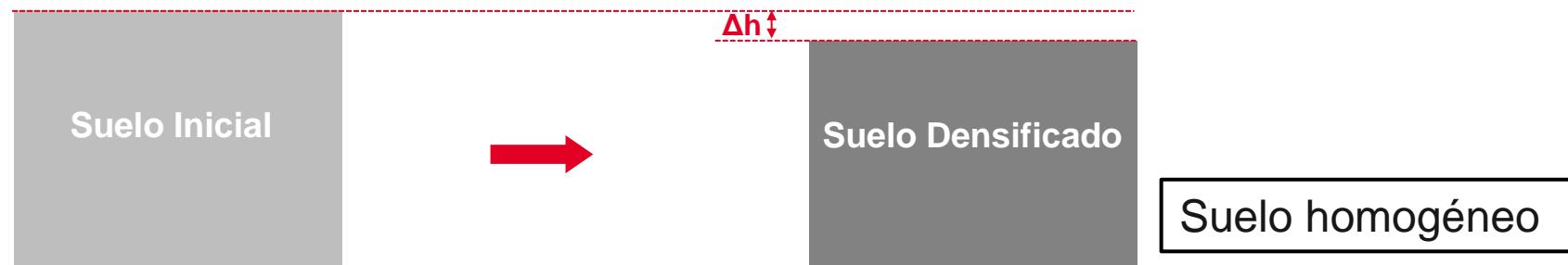


Imágenes y animaciones de Soletanche Bachy
Producción de Soletanche Bachy

Generalidades

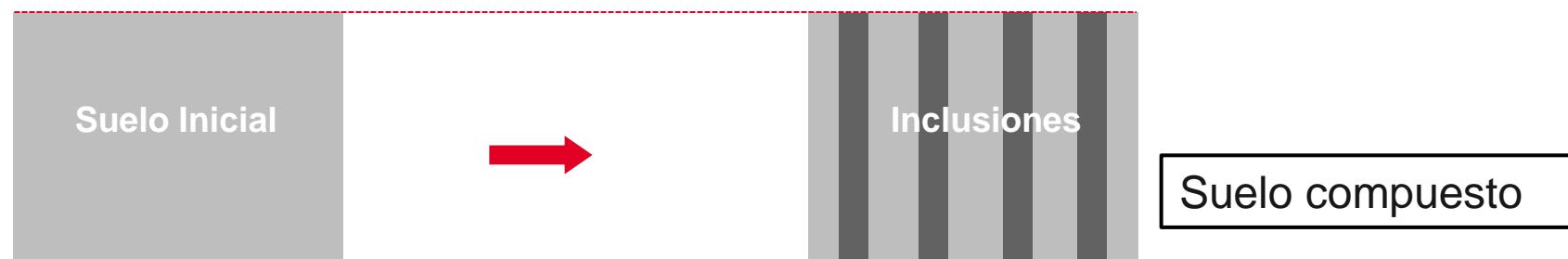
Técnicas de Mejoramiento de Suelos sin incorporación de material añadido

- + Densificación por acción directa en la estructura del suelo.

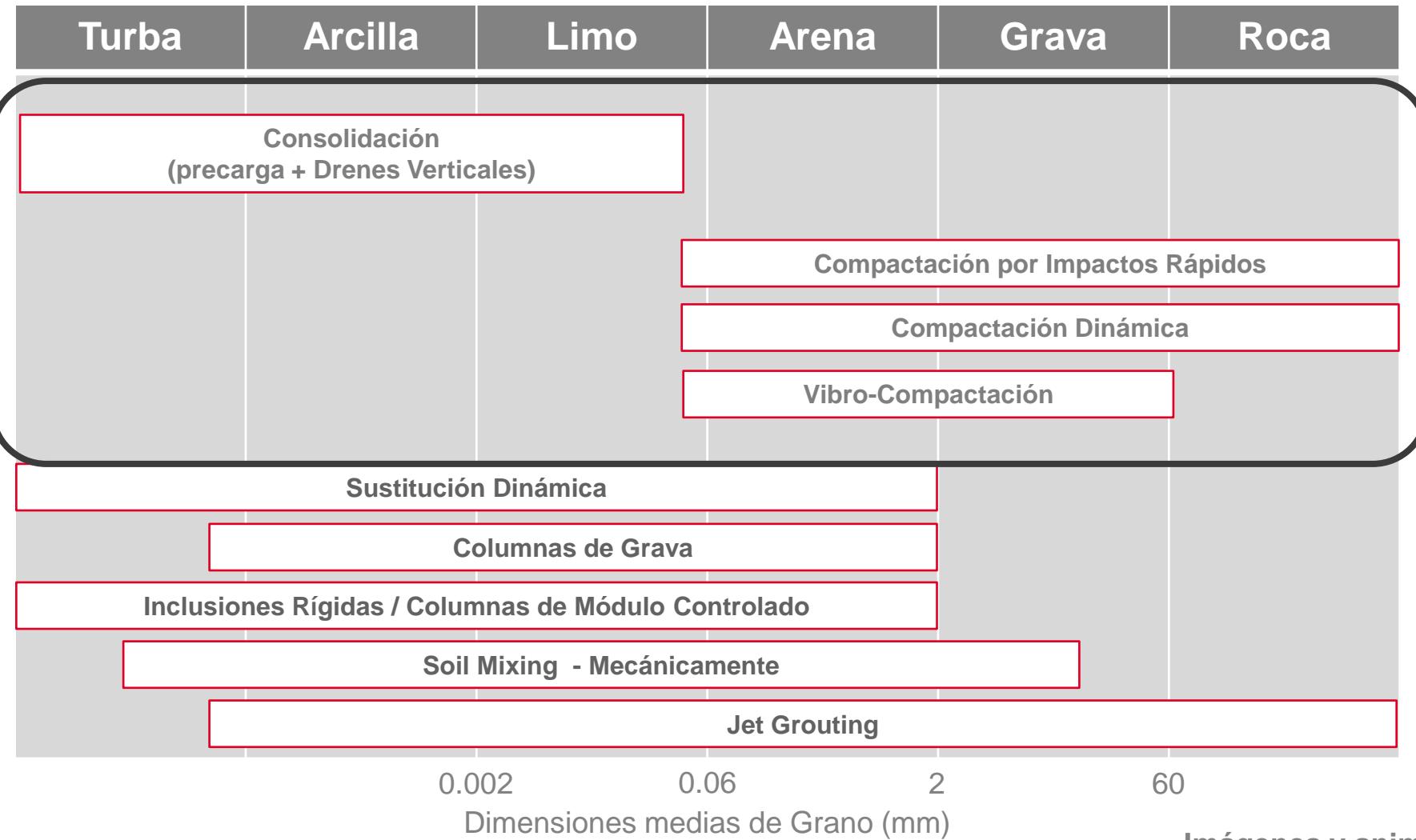


Técnicas de Reforzamiento de Suelos

- + Mejoramiento mediante instalación de inclusiones.

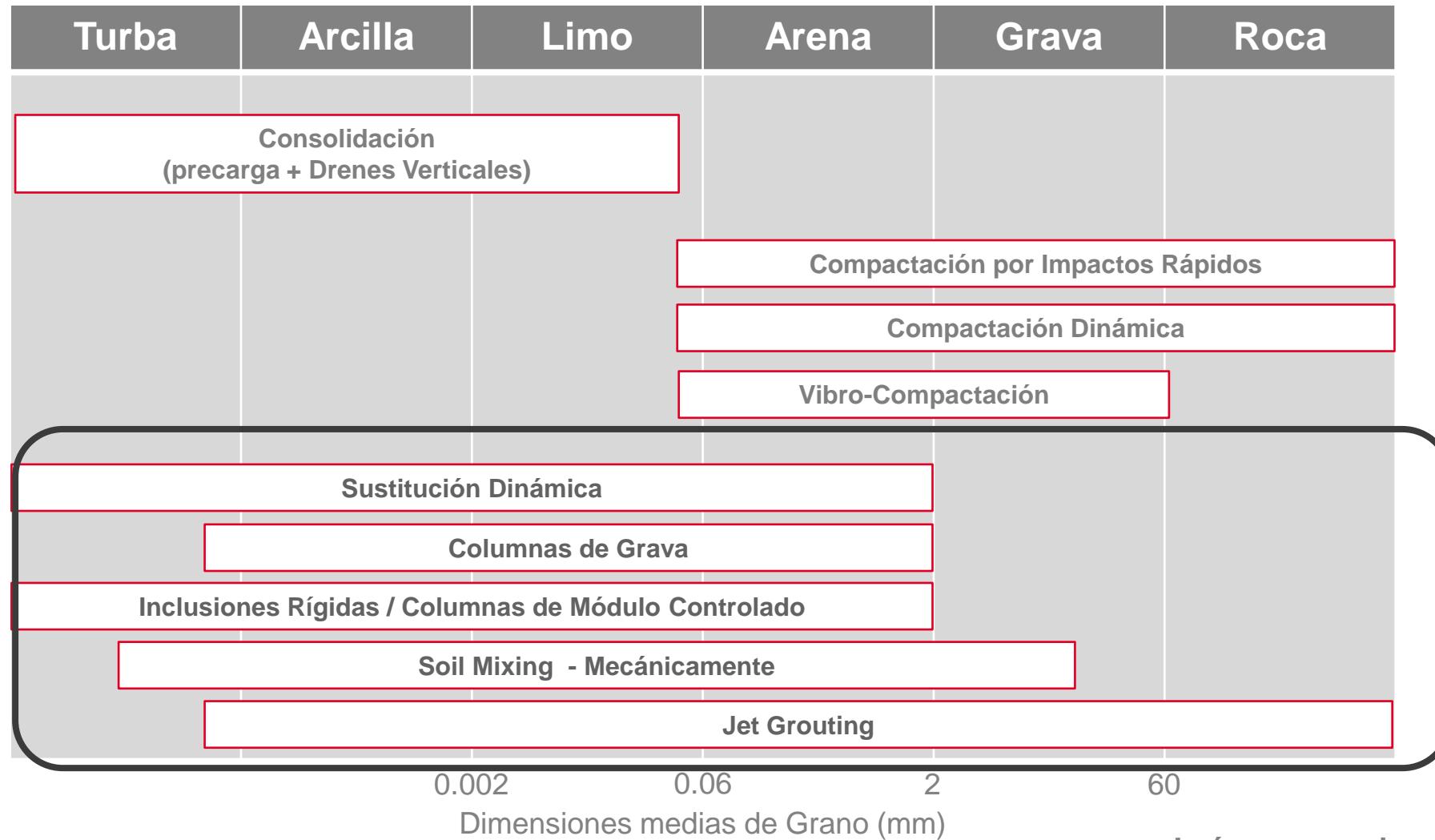


Generalidades



Mejoramiento de Suelos (sin incorporación de material añadido)

Generalidades



Reforzamiento de Suelos

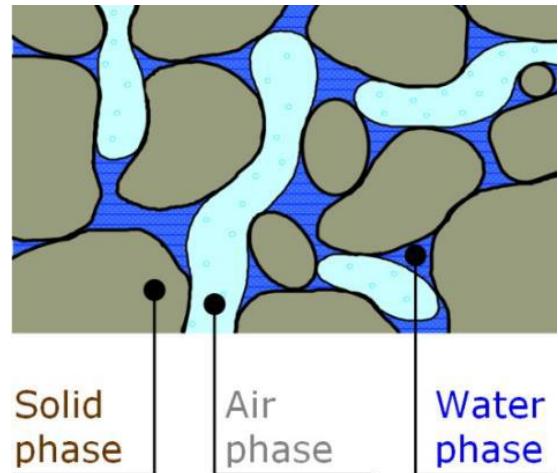
Objetivos

- Reducir asentamientos de las estructuras
- Incrementar capacidad portante
- Mitigar riesgos de licuefacción en caso de sismos

Precarga y drenes verticales

- Un suelo se compone de 3 fases distintas

Granos solidos
Agua
Aire } En los huecos entre los granos



- La **Consolidación** de suelos finos cohesivos es el fenómeno de disipación de las sobre presiones intersticiales y la reducción de volumen en el tiempo bajo un cambio de esfuerzo efectivo

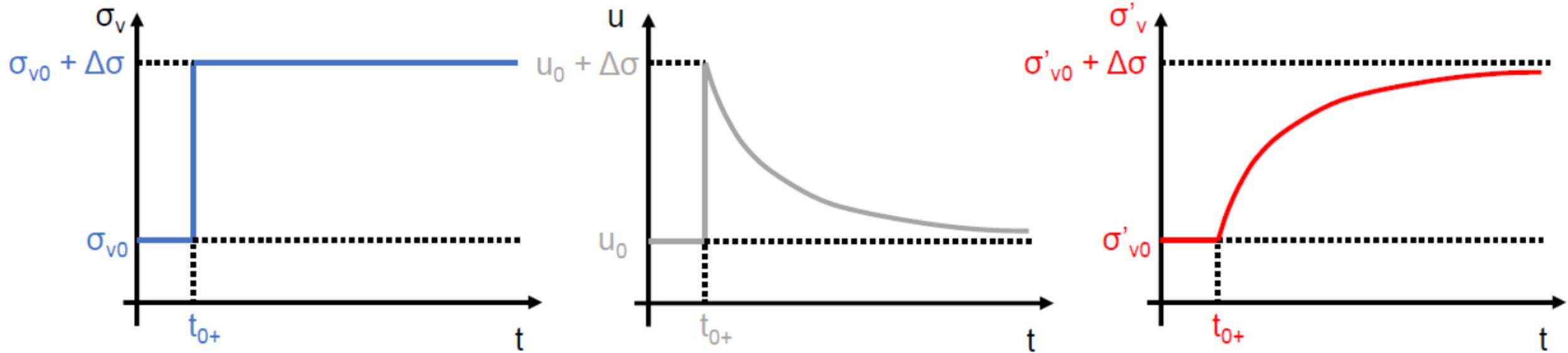
Precarga y drenes verticales

10

- Para los suelos finos cohesivos (arcilla, turbas) - saturados

La aplicación de una carga produce inmediatamente un aumento de la presión intersticial

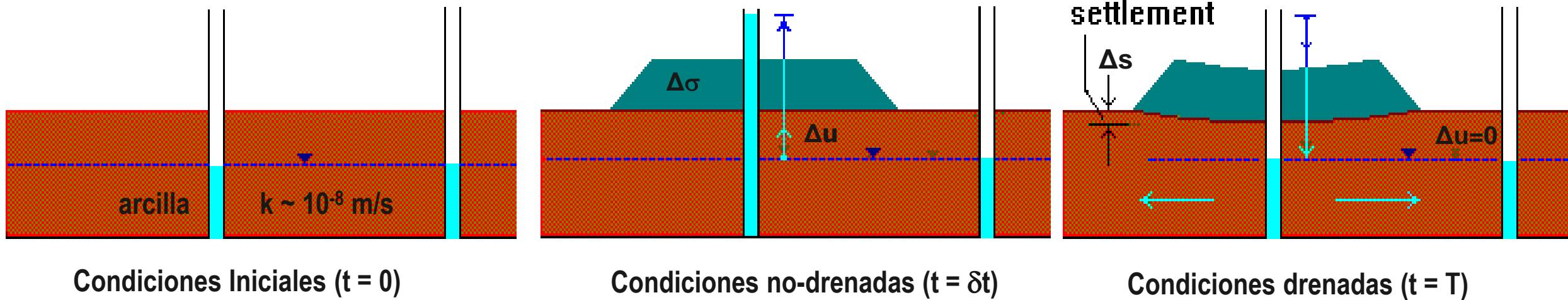
La expulsión del agua intersticial es lenta debido a la permeabilidad muy baja de estos suelos



Precarga y drenes verticales

11

- Aplicación de una carga sobre un suelo fino-cohesivo



Condiciones Iniciales ($t = 0$)

Condiciones no-drenadas ($t = \delta t$)

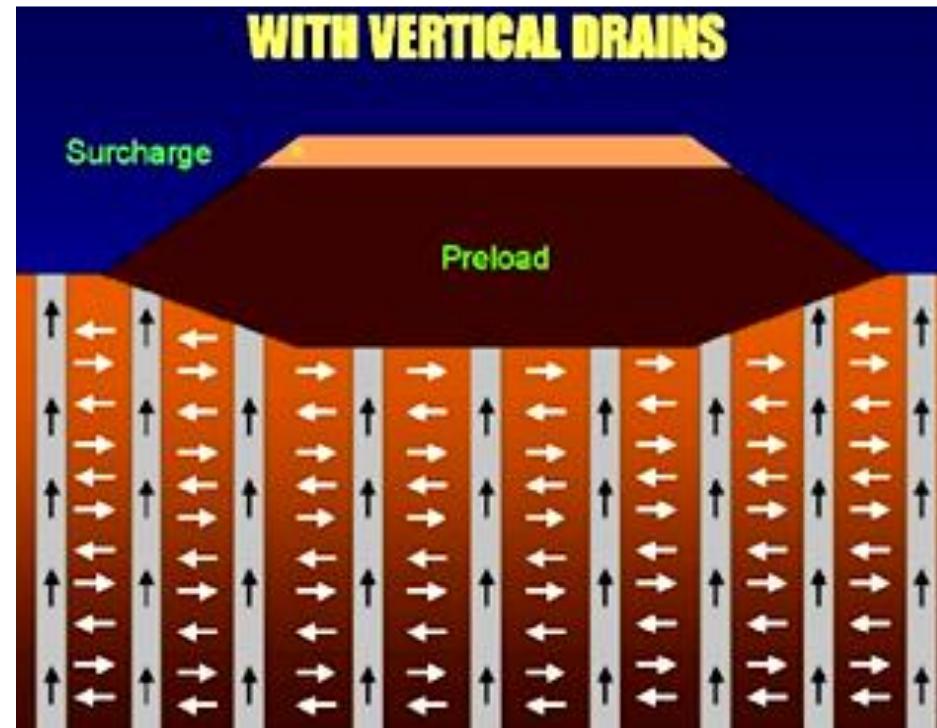
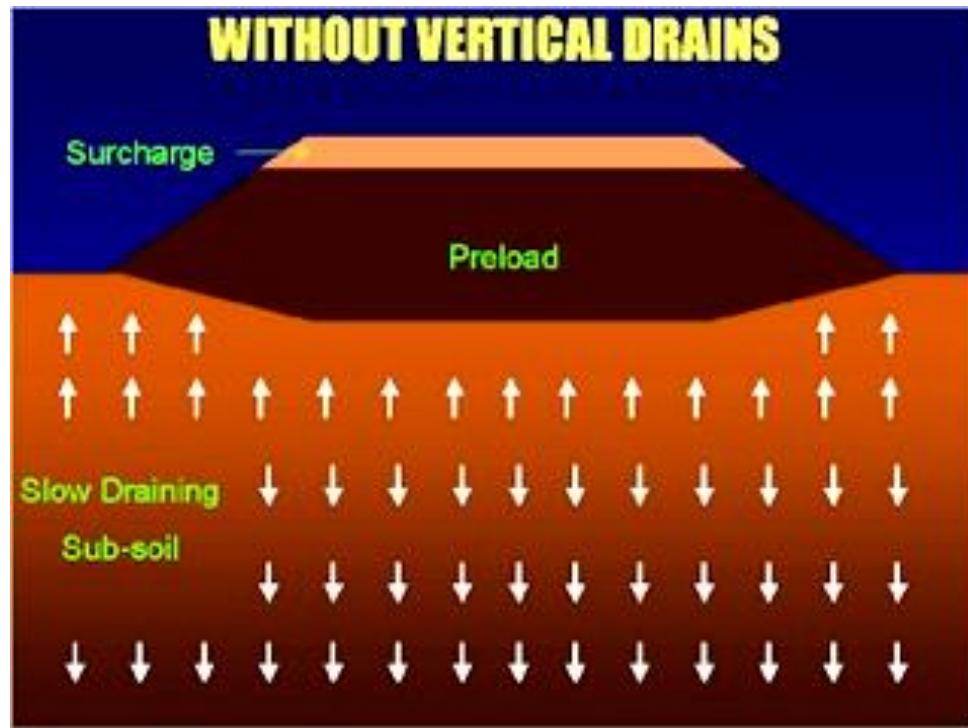
Condiciones drenadas ($t = T$)

Tipo de Suelos	k (m/s)
Gravas	$>10^{-2}$
Arenas	10^{-2} to 10^{-5}
Limos	10^{-5} to 10^{-8}
Arcillas	$< 10^{-8}$

Precarga y drenes verticales

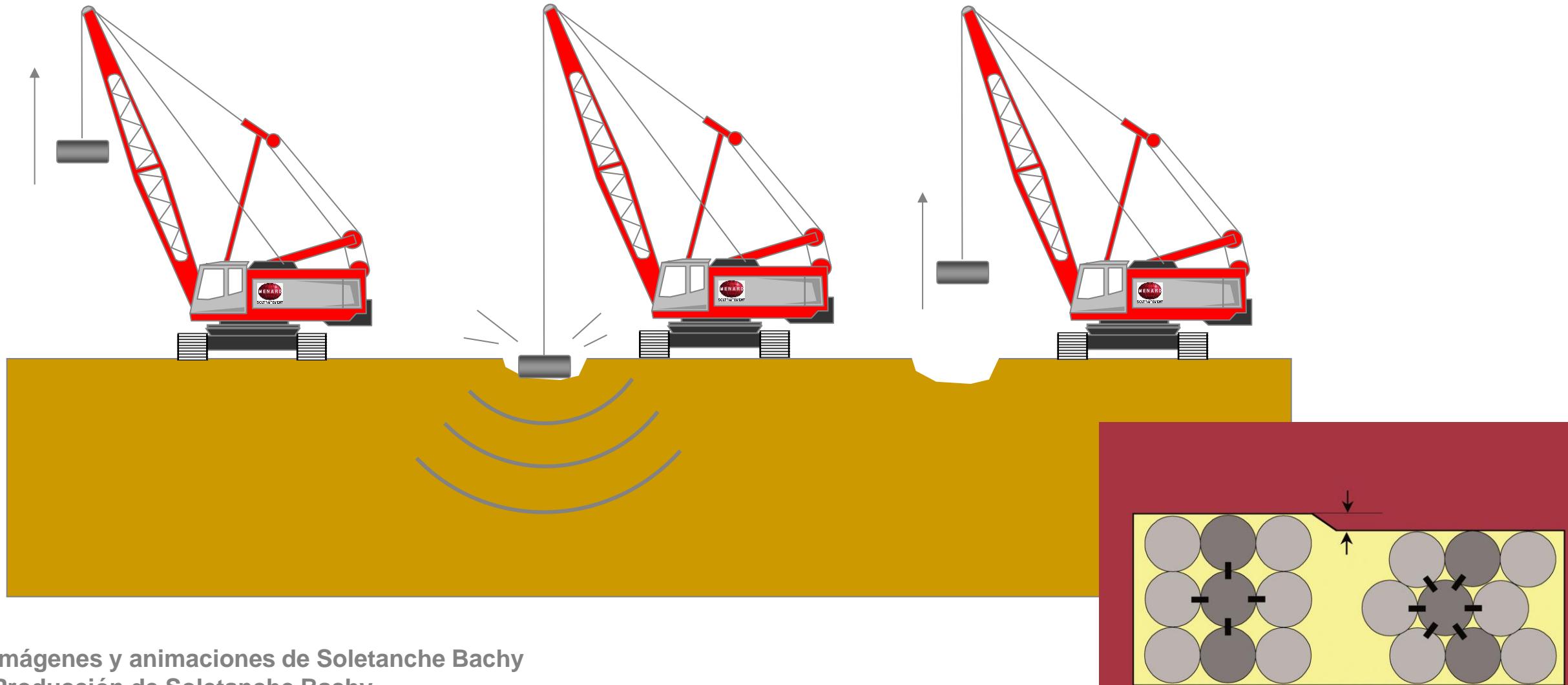
12

- Aplicación de una carga sobre un suelo fino-cohesivo

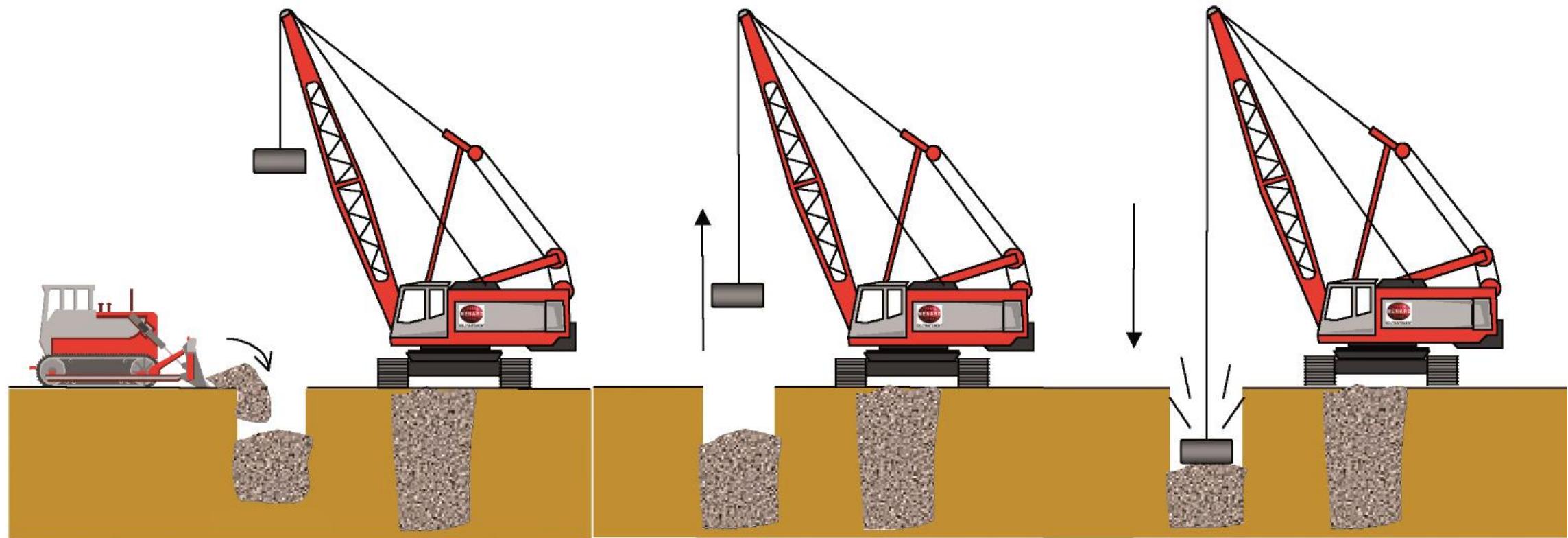


Compactación Dinámica

13

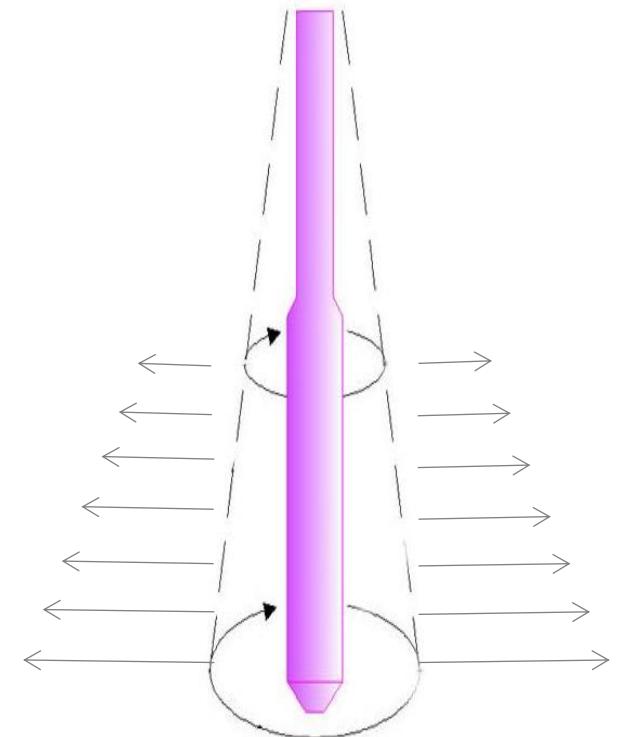
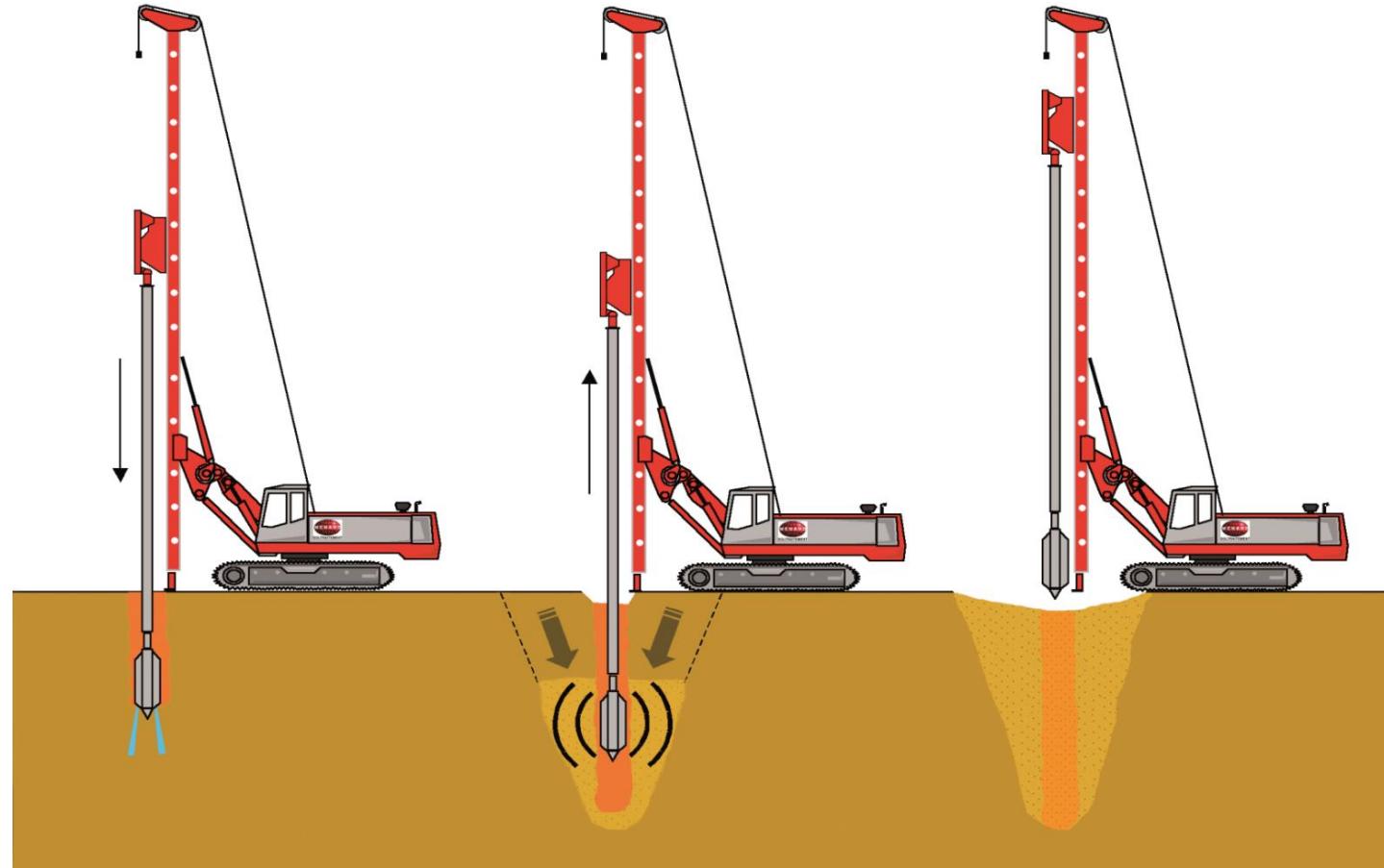


Sustitución Dinámica



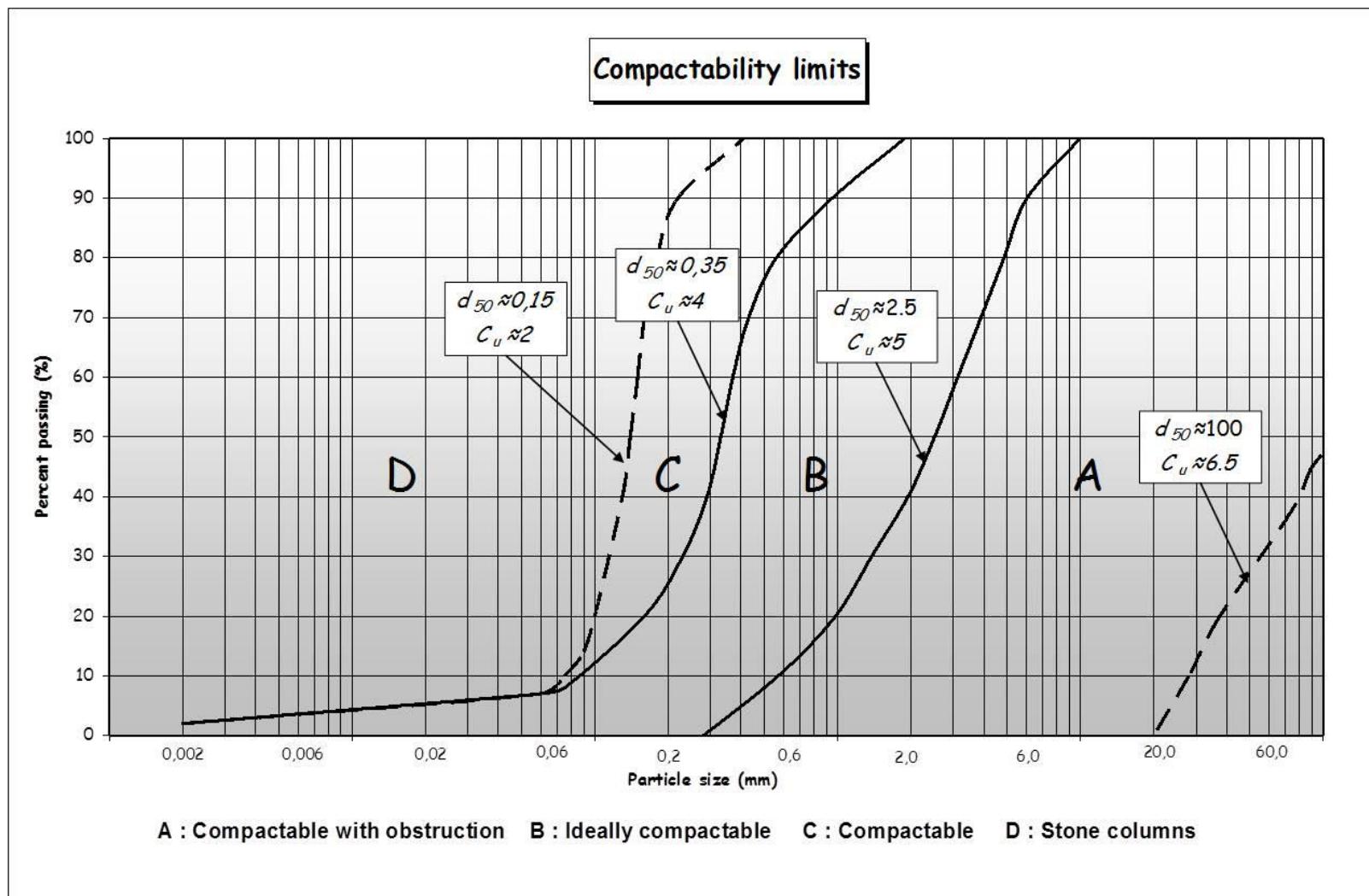
Imágenes y animaciones de Soletanche Bachy
Producción de Soletanche Bachy

Vibro-compactación



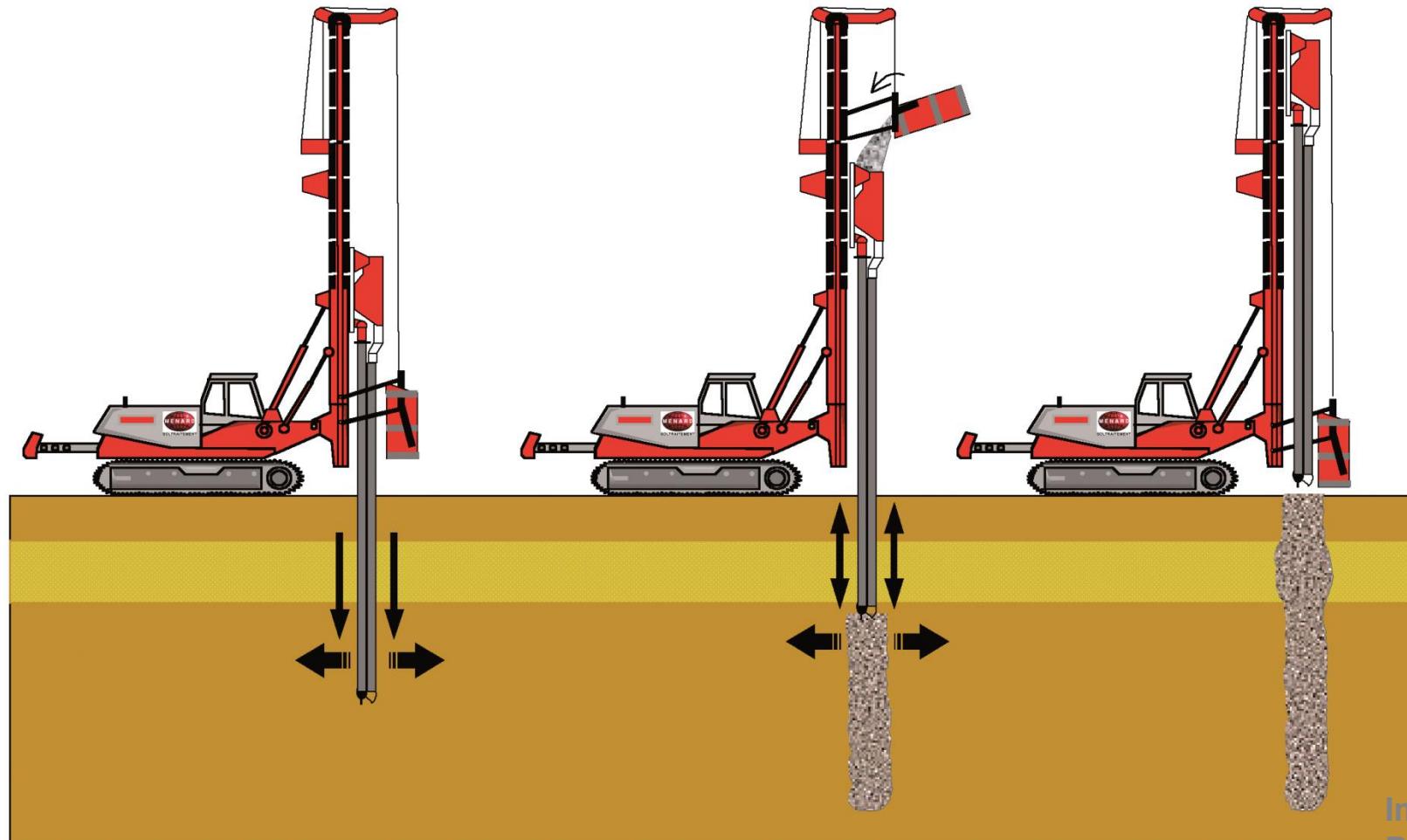
Imágenes y animaciones de Soletanche Bachy
Producción de Soletanche Bachy

Vibro-compactación



Columnas de Grava”

17

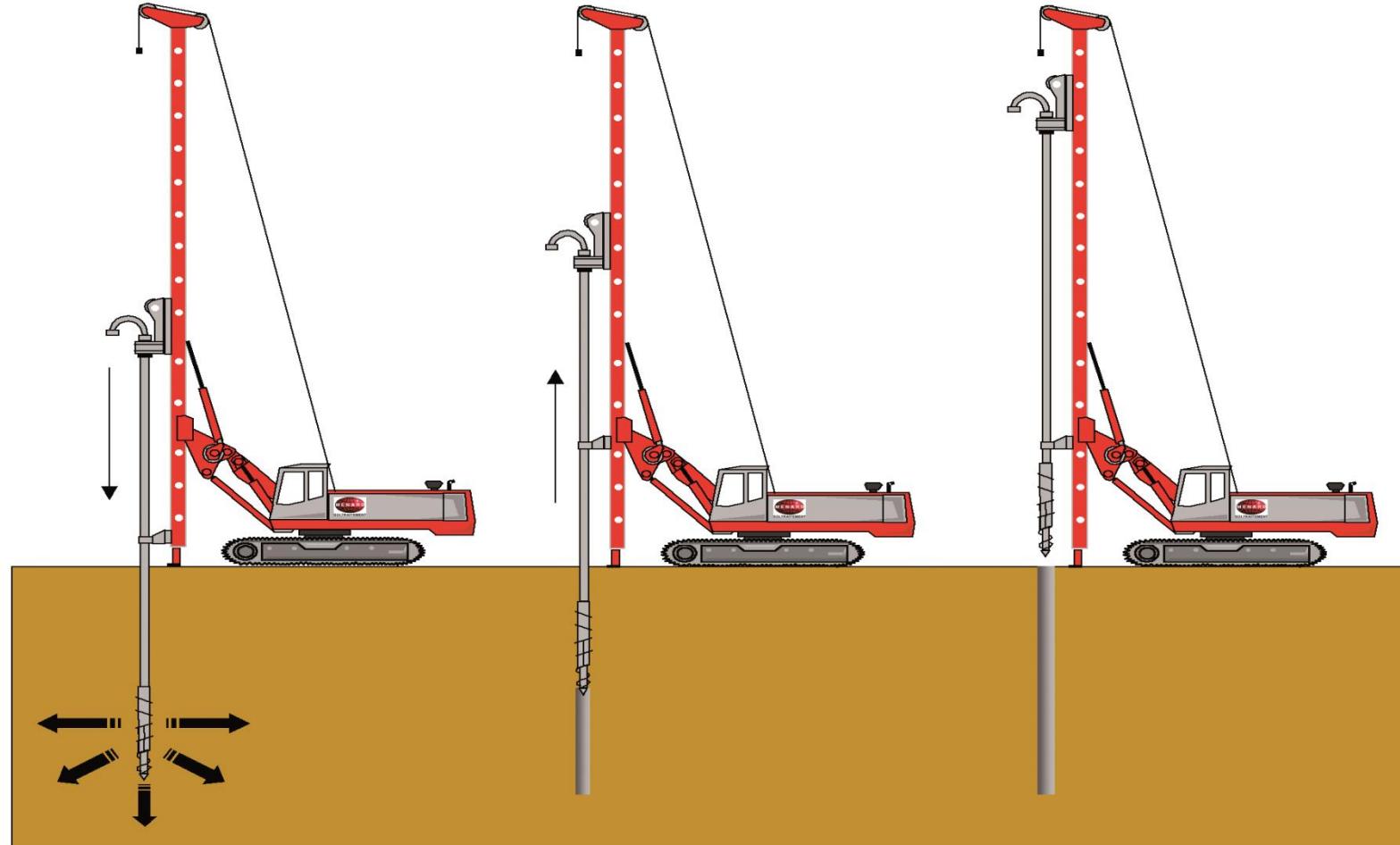


- Incorporación de material granular compactado al terreno
- Inclusiones flexibles
- Utilización de un vibrador
- Aumento de capacidad portante y disminución de los asentamientos
- Características drenantes de las columnas

Imágenes y animaciones de Soletanche Bachy
Producción de Soletanche Bachy

Inclusiones rígidas

18



02. Técnicas de soil mixing

El suelo es utilizado como material de construcción.

- La estructura del suelo es destruida.
- Incorporación de un ligante.
- Mezclado.



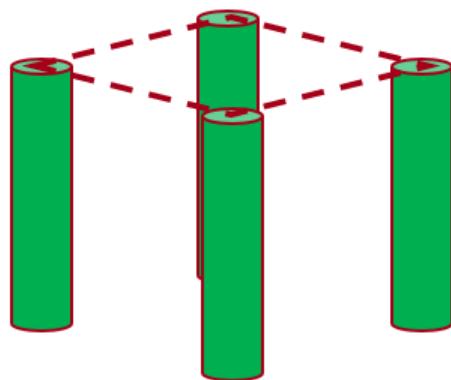
SOIL MIXING
CON HERRAMIENTA MECÁNICA



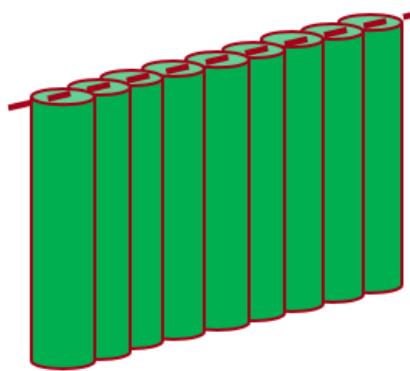
SOIL MIXING
JET GROUTING

Imágenes y animaciones de Soletanche Bachy
Producción de Soletanche Bachy

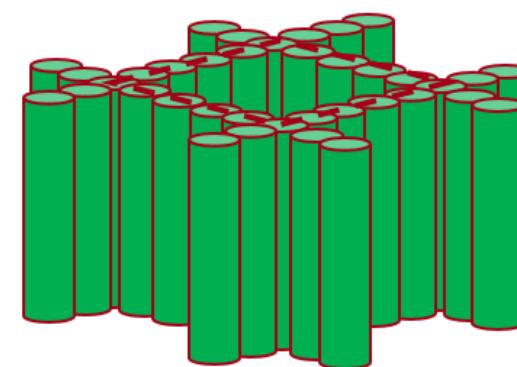
Se pueden aplicar para mejorar la cimentación de una estructura nueva o existente, conformar estructuras de contención, formar pantallas de impermeabilización, etc.



GRUPO DE INCLUSIONES
AISLADAS



PANEL



GRILLA

MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

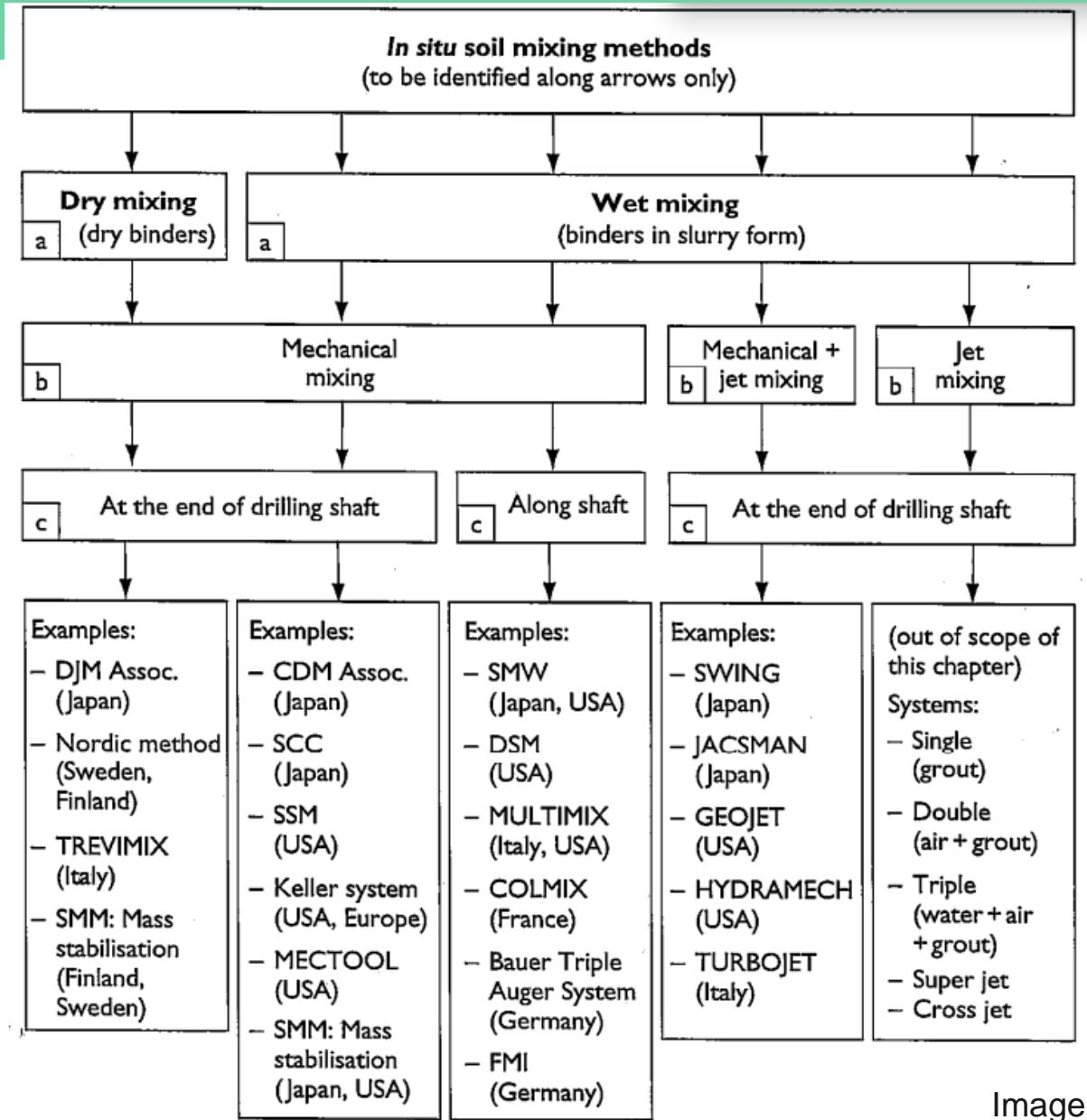


Imagen
M. Kitazume and M. Terashi, 2013

2.01. Jet Grouting

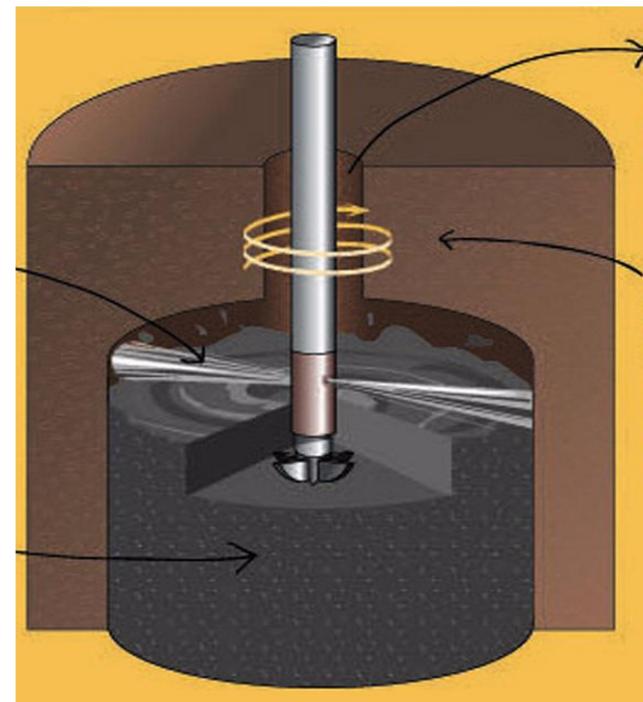
Formación de columna de jet

24

Tres acciones al mismo tiempo:

1. Destructuración del suelo con un jet de líquido
2. Incorporación de un ligante
3. Mezcla de suelo y ligante con turbulencias hidráulicas

Lechada (cemento + agua) con alta velocidad que hace la erosión del suelo



Imágenes y animaciones de Soletanche Bachy
Producción de Soletanche Bachy



Prueba con agua, CDM 2022

- Reforzamientos en estructuras existentes.
- Pantallas de impermeabilidad.
- Mejoramiento de suelos.
- Muros de contención.

OBRAS DE RECALCE



Deauville

Recalce de un hotel antes de la excavación de un parque de estacionamiento

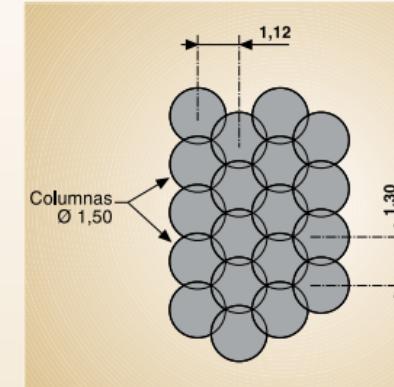


Lundville

Recalce de los muros interiores de una edificación por el método de media columna de jet doble

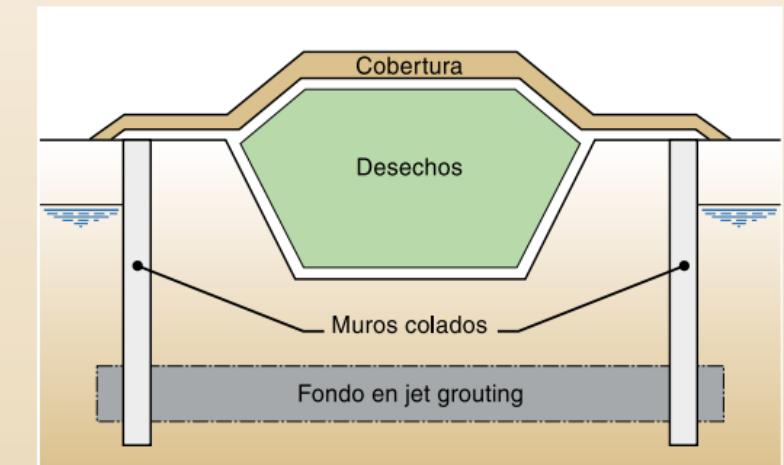


FONDO EN COLUMNAS SECANTES



ITALIA- Gambolo

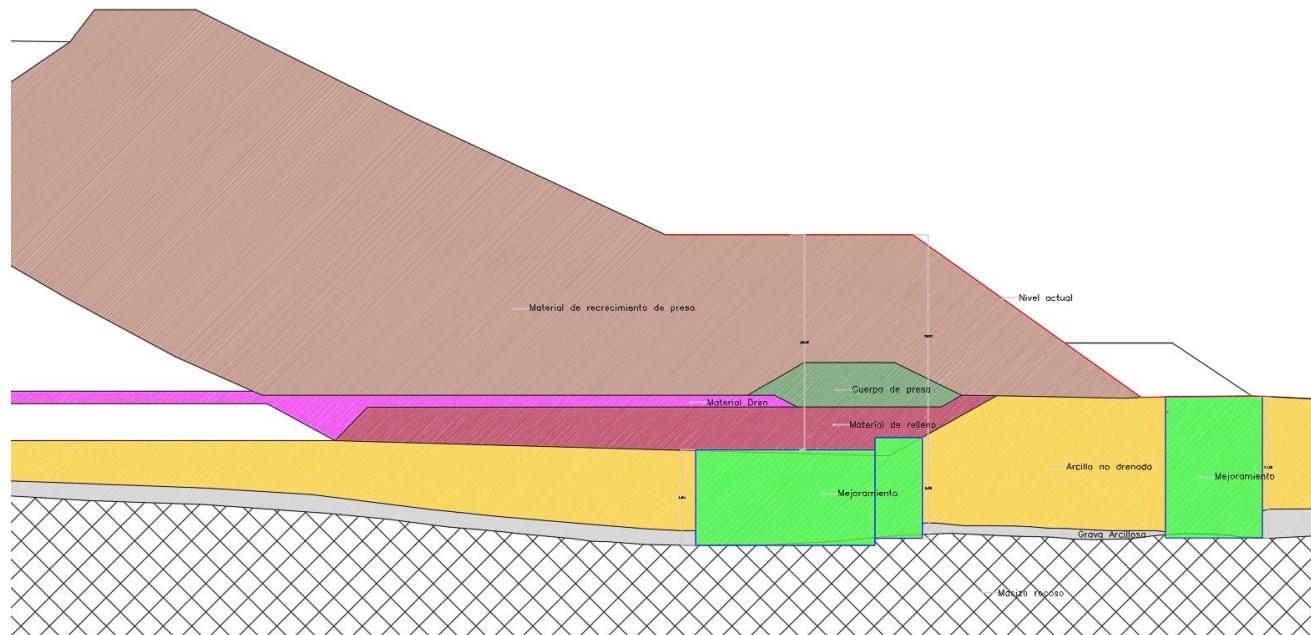
Encapsulado de una descarga por un fondo impermeable constituido de 9 000 columnas de Jet doble de 150 cm de diámetro y 6 000 m² de pantalla de lechada lateral



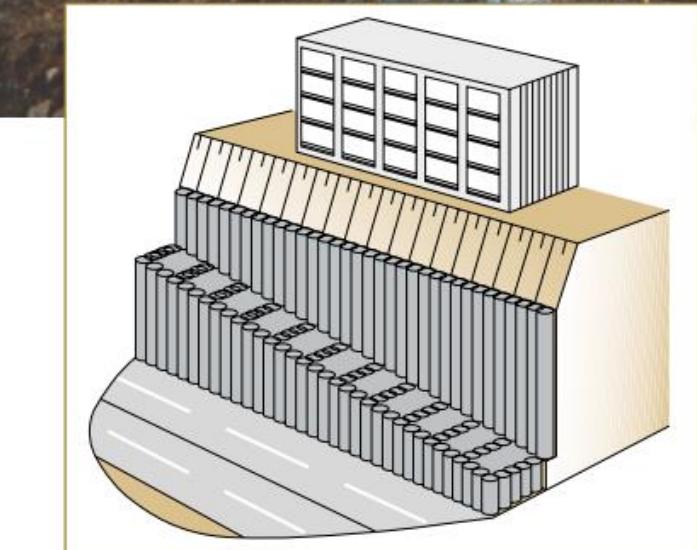
Aplicaciones

26

- Reforzamientos en estructuras existentes.
- Pantallas de impermeabilidad.
- Mejoramiento de suelos.
- Muros de contención.



Mejoramiento de suelo para estabilizar el talud



NIZA- Autopista urbana sur
Contención de talud por medio de contrafuertes
de columnas tangentes de Jet doble

Inicios

- Desarrollado en los años 60/70 en Pakistán y Japón.

Principio

- Uso del suelo como material de construcción.
- Suelo es destruido con un jet de líquido de muy alta velocidad.
- Excavación de una parte del suelo (rechazos).
- Mezcla fluido - suelo

Ligantes

- **Cemento**, Escorias de alto horno, cenizas volantes, cal

Resultado

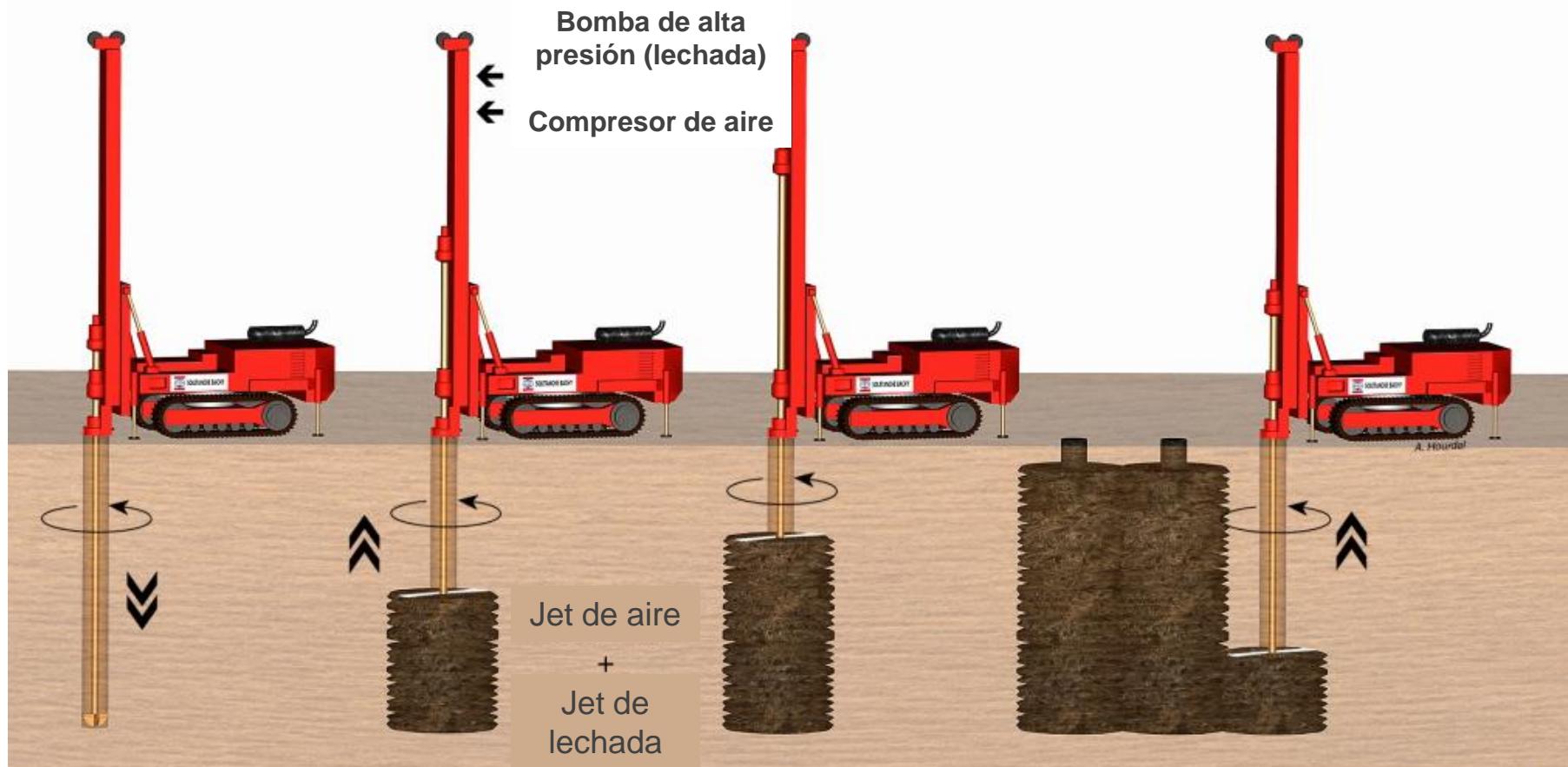
- Un volumen de suelo tratado en situ (columnas, paneles)
- Diámetro/Dimensión medio mínimo
- Propiedades medias mínimas



Dimensiones : Variable
Resistencia : Variable

Proceso constructivo

28



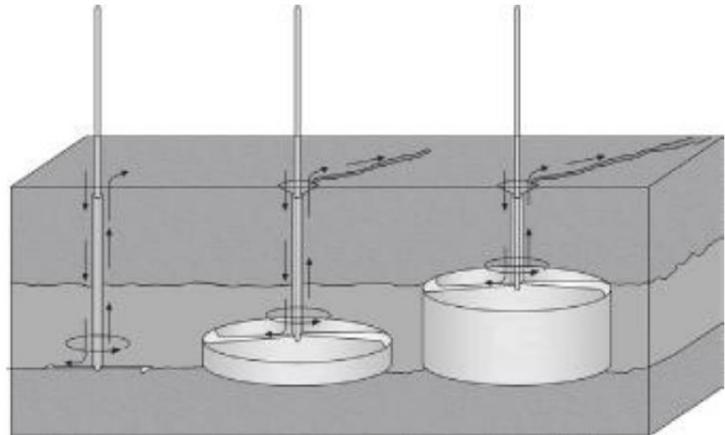
Perforación
Pequeño diámetro
(100 a 200mm)

Erosión del suelo in situ con el jet de lechada
(con o sin aire)
Varillajes se retiran

Columna terminada
(o media columna o panel-jet)
= volumen de suelo y cemento

Rechazos o spoil

29



Generación de spoil o rechazos



Suelos arenosos



Suelos arcillosos

Sistemas de jet grouting

30

Jet simple

- Lechada a alta presión



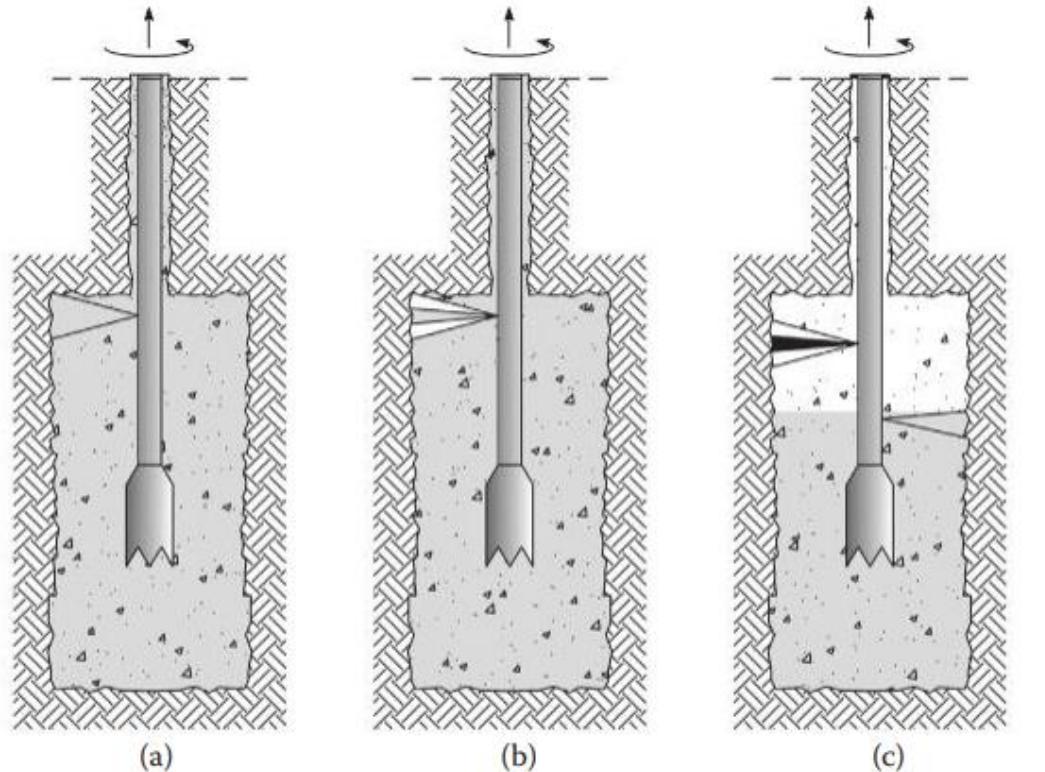
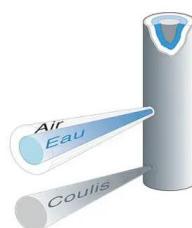
Jet doble

- Lechada a alta presión
- Aire a baja presión



Jet triple

- Agua a alta presión
- Aire a baja presión
- Lechada a baja presión



¿De que depende usar uno u otro sistema?

- Rigidez del suelo.
- Diámetro y resistencia objetivo.

Water-cement grout Air Water Jet-grouted material Remoulded soil

Jet Simple

Jet Doble

Jet Triple

Valores típicos de ejecución

31

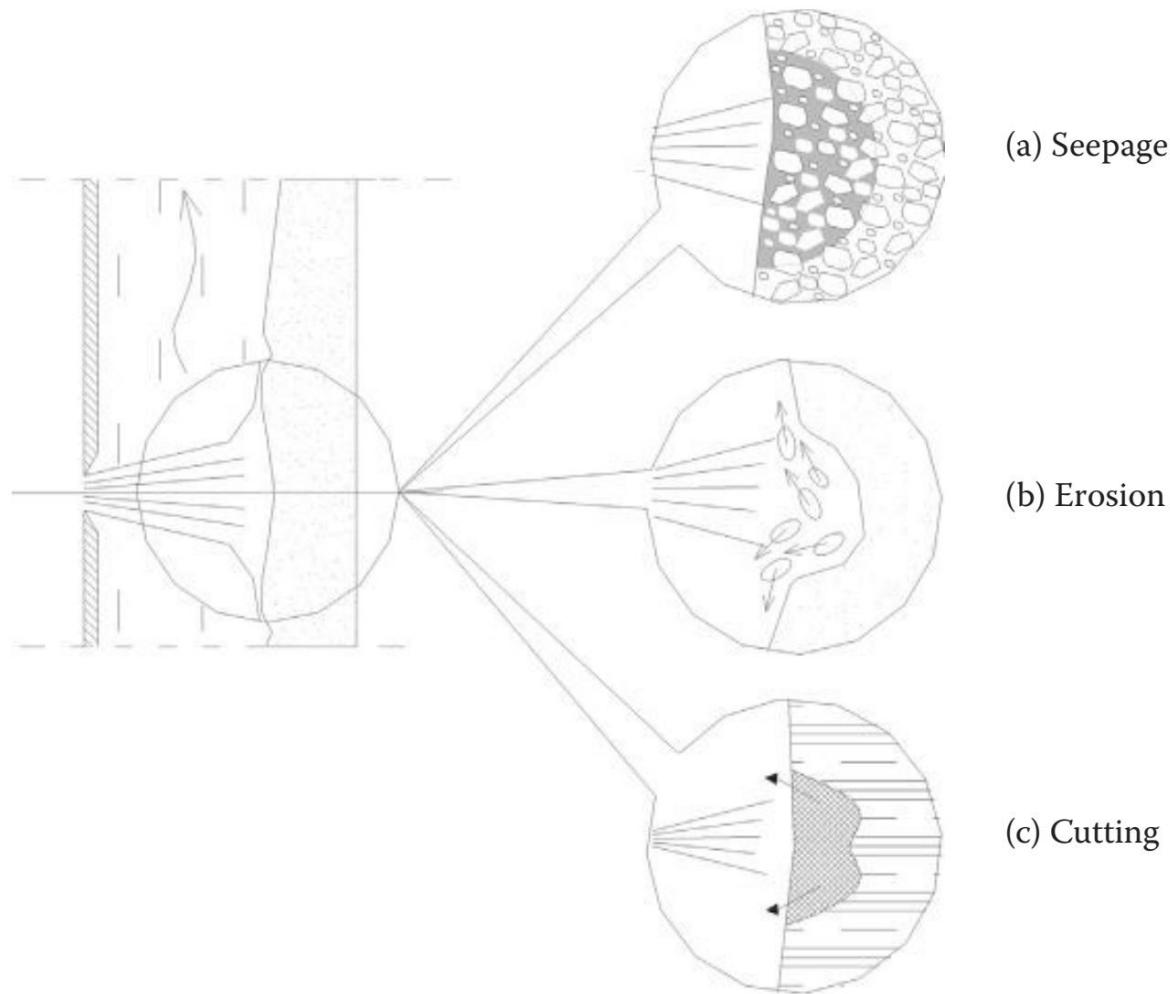
Table 2.3 Typical values of treatment parameters

Treatment parameter	Symbol	Unit	System		
			Single fluid	Double fluid	Triple fluid
Lifting step	Δs	mm	40–50	40–80	40–100
Average lifting speed	v_r	mm/s	4–10	1–8	0.5–5
Rotational velocity	ω	rpm	5–40	3–30	1–40
Nozzle diameter	d	mm	2–8.0	2–8	2–8
Number of nozzles	M	–	1–2	1–2	1–2
Grout pressure	p_g	MPa	30–55	20–40	2–10
Air pressure	p_a	MPa	–	0.5–2.0	0.5–2.0
Water pressure	p_w	MPa	–	–	20–55
Grout flow rate	Q_g	L/s	2–10	2–10	2.0–5
Air flow rate	Q_a	L/s	–	200–300	200–300
Water flow rate	Q_w	L/s	–	–	0.5–2.5
W-C ratio by weight	W/C	–	0.60–1.25	0.60–1.25	0.40–1.0

(Adaptado de Croce, et al; 2014)

Mecanismo: Interacción suelo - jet

32



- En gravas y gravas arenosas, el mecanismo principal es la erosión.
- En arenas, arenas gravosas, o arenas limosas el mecanismo también es la erosión.
- En limos y arcillas, el mecanismo es el corte y la homogeneidad depende del numero de pases que se ha realizado.
- De la interacción jet - suelo dependerán las propiedades mecánicas de la columna.

Figure 3.19 Interaction jet–soil mechanisms. (a) Seepage; (b) erosion; (c) cutting.

(Adaptado de Croce, et al; 2014)

Equipos de Jet Grouting

33



Maquinas

Desde 3 hasta
30 toneladas

...y mas



Imágenes y animaciones de Soletanche Bachy
Producción de Soletanche Bachy

Equipos de Jet Grouting

34

Datalogger



El datalogger muestra y registra los parámetros en tiempo real, y actúa en la maquina para tener la velocidad de ascenso

Fase de perforación :

Velocidad de perforación
Empuje sobre la herramienta
Torque
Velocidad de rotación de la cabeza
Presión del fluido de perforación

Fase de jet-grouting :

Velocidad de ascenso
Velocidad de rotación de la cabeza
Presión de los fluidos (lechada / aire / agua)
Caudal

2.02. Inclusiones de soil mixing – mezcla mecánica

PROCESO CONSTRUCTIVO



HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN Y MEZCLADO



1. POSICIONAMIENTO
2. PERFORACIÓN DESCENDENTE
3. Y 4. PERFORACION Y MEZCLADO ASCENDENTE

PROCESO CONSTRUCTIVO COLMIX

Imágenes y animaciones de Soletanche Bachy
Producción de Soletanche Bachy