



**PILOTES  
TERRATEST**

LÍDER EN  
FUNDACIONES  
ESPECIALES



EMPRESA  
ISO-9001



# COLUMNAS DE GRAVA

## VIBROSUSTITUCIÓN Y VIBROCOMPACTACIÓN

MEJORAMIENTO DE SUELOS

MINERÍA / INDUSTRIA Y ENERGÍA / INFRAESTRUCTURA / EDIFICACIÓN

## INTRO

## ⚠ EL PROBLEMA

“Los terrenos existentes no son suficientemente buenos para la fundación”

La gran actividad en el sector de la construcción en los países industrializados ha motivado un continuo incremento de los costos y una progresiva escasez de los terrenos edificables. Ello hace que cada día con mayor frecuencia sea necesario levantar construcciones de mayor volumen sobre terrenos de reducida capacidad portante. Para estos casos es posible, en principio, obtener tres soluciones básicamente diferentes:

1. Una fundación profunda mediante pilotes, micropilotes, elementos de pantalla (barretes), etc.
2. Mejora de las características resistentes del suelo.
3. Reemplazo de Suelo.

## 🔑 LA SOLUCIÓN

“Mejorar la capacidad de los terrenos”

En muchos casos, el tratamiento adecuado de los suelos a edificar, mediante una mejora, resulta más económico que cualquier otra solución. Las ventajas con otras alternativas son:

- **No se requiere un gran movimiento de suelos:** por consiguiente, no plantean problemas ambientales con el transporte y la eliminación de residuos (esto aplica al caso de reemplazo de suelos como alternativa).
- **Condiciones simples de fundación:** Luego del tratamiento es posible la fundación directa sobre el terreno mejorado.
- **Se reducen o eliminan los efectos a considerar por licuación en caso sísmico.**
- **Economía.**
- **Velocidad:** Menor plazo.

## VIBROSUSTITUCIÓN (COLUMNAS DE GRAVA)

Se trata de un **método de mejora de suelos** naturales o de relleno, **consistente en inclusiones de material granular**, realizadas **en el terreno de apoyo de terraplenes o fundación de estructuras**, con objeto de **obtener un conjunto suelo-columna equivalente mejorado**, disipando las tensiones transmitidas al terreno, aumentando la resistencia al corte del terreno, homogeneizando el conjunto suelo-columna y reduciendo tanto los asentamientos totales y diferenciales como el tiempo de consolidación. También se utiliza **método para mitigar la licuación** en suelos susceptibles en caso sísmico.



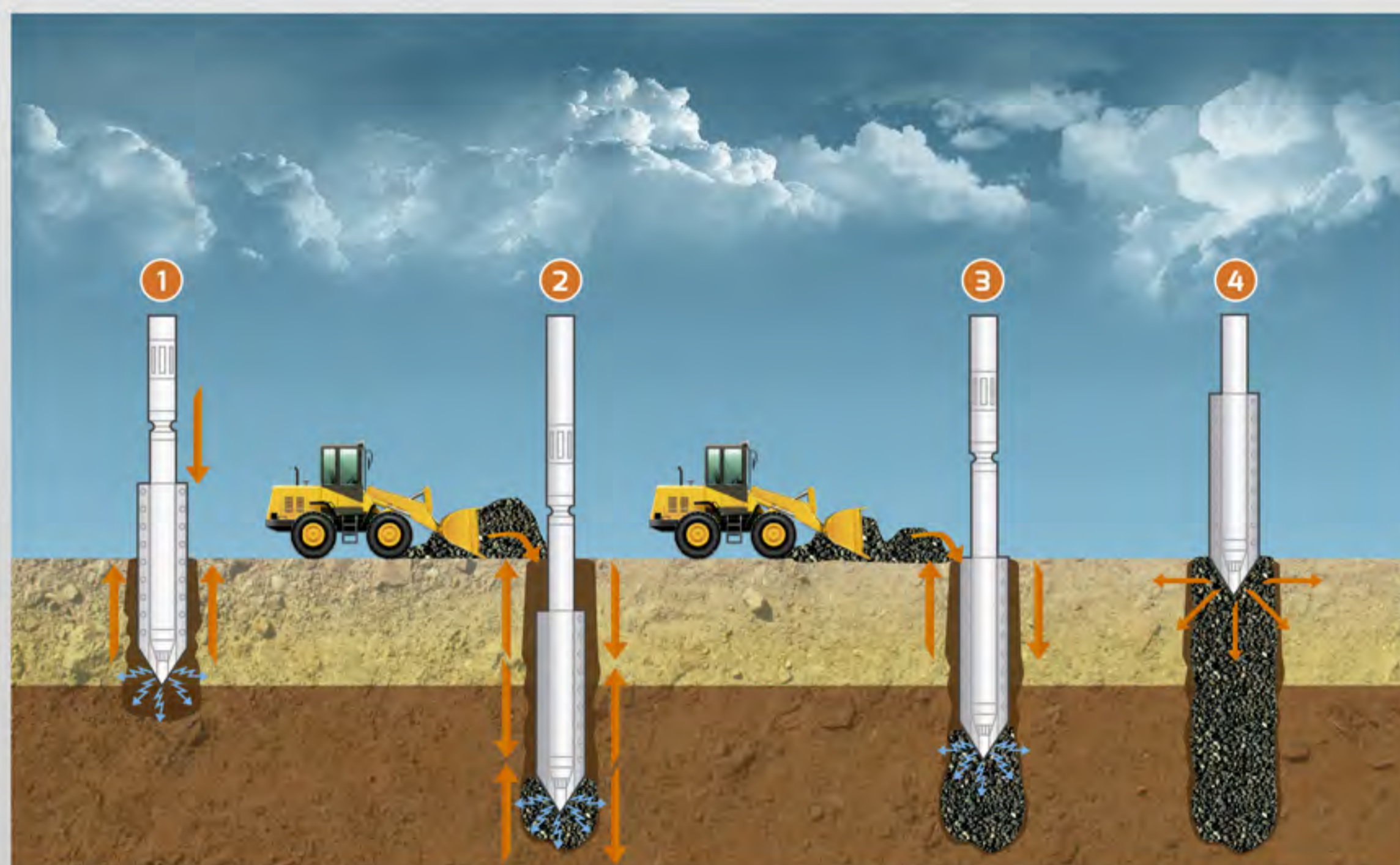
COLUMNAS DE GRAVA, Concesión Vial Ruta 160. Mercado: Infraestructura.



## SOLUCIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS


**VIBROSUSTITUCIÓN VÍA HUMEDA (TOP FEED)**
**PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN**

- 1 Introducción del **vibrador en el terreno**, por su propio peso y **con ayuda de la inyección de agua a presión por su punta**.
- 2 Creación de un estado de **licuefacción local mediante vibración** que facilita la penetración del vibrador y su conjunto en el suelo hasta alcanzar la profundidad requerida. Alcanzada la profundidad deseada se disminuye la inyección de agua en punta comenzando entonces el **aporte de grava**.
- 3 El vibrador sube y baja, vibrando e inyectando agua. Cuando el vibrador asciende, la grava cae por el espacio anular, y cuando el vibrador desciende, compacta la grava contra el terreno circundante. Durante esta operación se forma un cono superficial de grava, la cual debe aportarse en forma continua mediante un cargador frontal.
- 4 La extracción lenta y escalonada del vibrador **crea una columna densificada** cuyo diámetro depende de las características del terreno y la potencia empleada.



Planta Petrox, ENAP.



Central Bocamina, ENDESA.

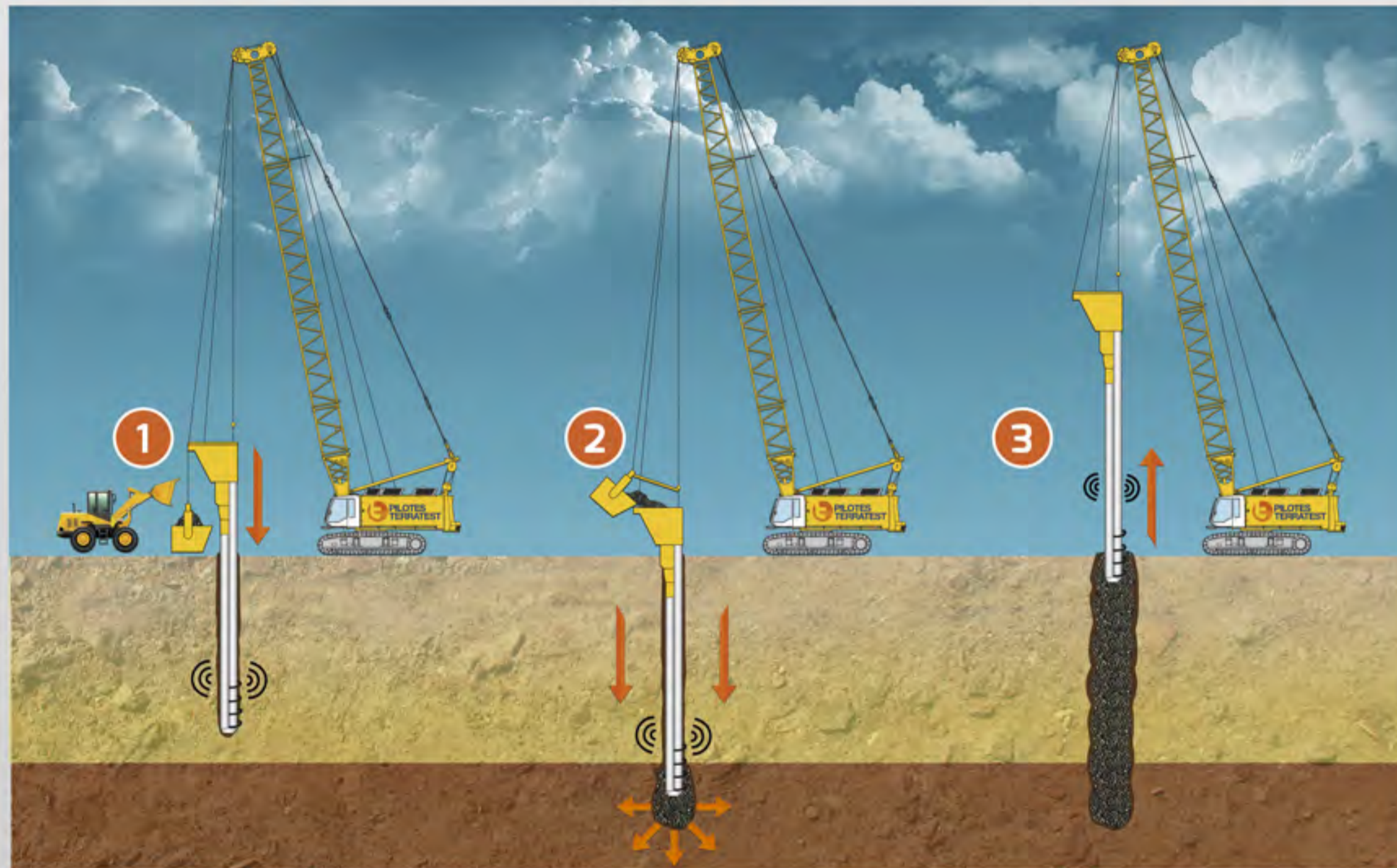


SOLUCIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS  
 **VIBRODESPLAZAMIENTO VÍA SECA (BOTTOM FEED)**

**PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN**

El procedimiento de ejecución de columnas de grava mediante la **vía seca se diferencia de la vía húmeda** en el **sistema de aporte de grava y en la utilización de aire** en lugar de agua para la ejecución.

- 1 El vibrador se posiciona sobre el punto de hinca y se introduce en el terreno gracias al peso propio, a las vibraciones, y al aire comprimido que es el fluido empleado. La hinca se lleva hasta la profundidad de diseño o hasta rechazo, si éste se produce antes. **La grava se carga con una pala cargador al nivel de plataforma sobre un balde accionado** por el winche auxiliar del equipo.
- 2 El balde se desplaza verticalmente y descarga la grava sobre una tolva superior que conduce al tubo alimentador hasta la punta inferior del vibro. Alcanzada la profundidad de hinca, el vibrador se eleva ligeramente a la vez que la grava aportada a través del orificio de salida inferior ocupa el espacio que queda libre.
- 3 El vibrador continúa un movimiento ascendente - descendente, permitiendo que la grava vaya cayendo por el tubo y luego compactándose al descender contra el terreno circundante.



SOLUCIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS

✓ VIBRODESPLAZAMIENTO VÍA SECA (VARIANTE OFF-SHORE)

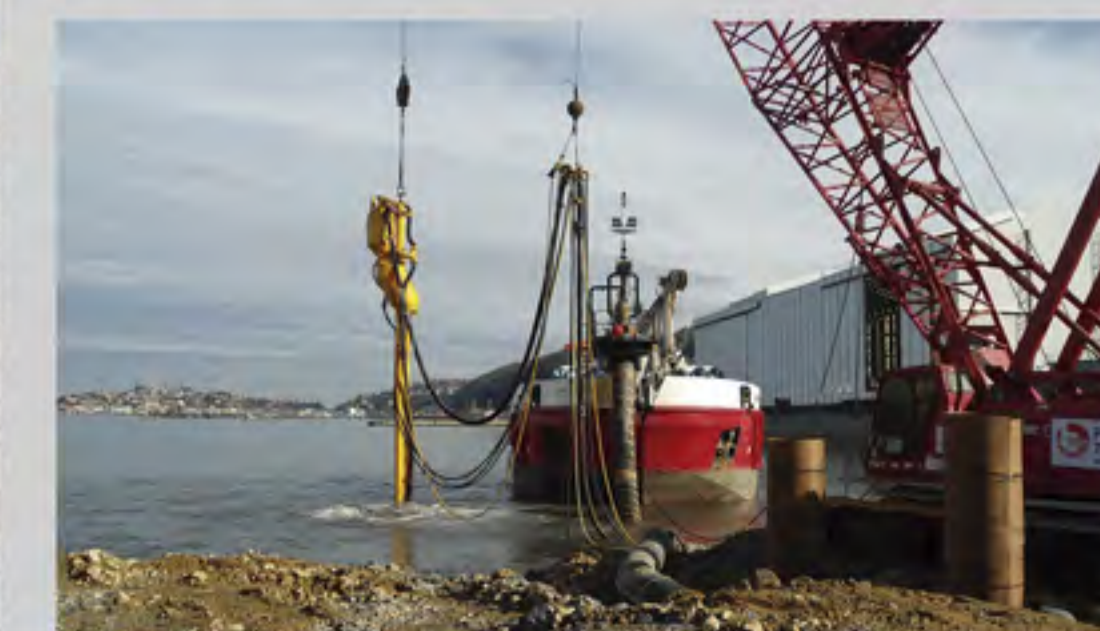
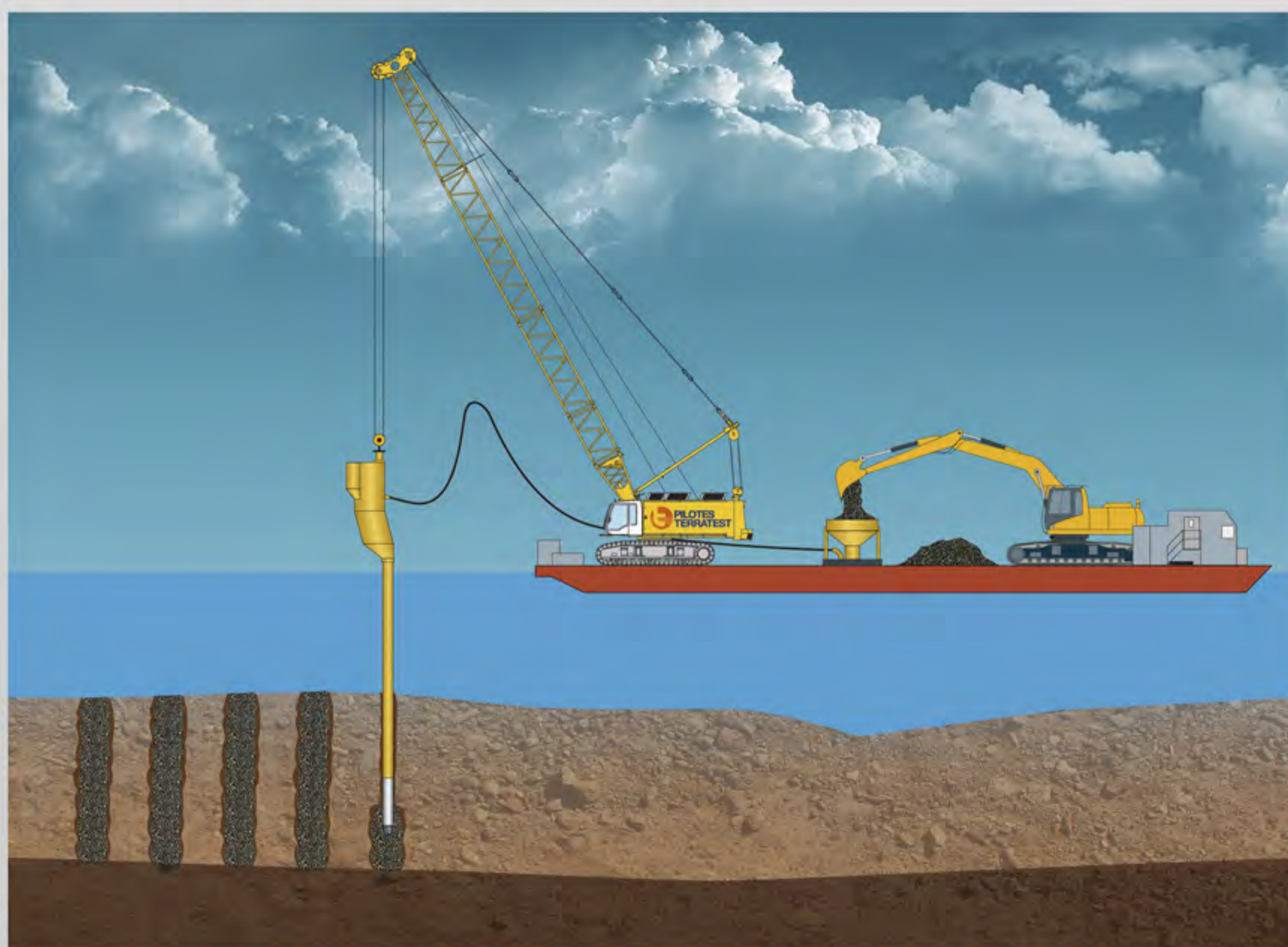
**COLUMNAS DE GRAVA OFF-SHORE**

Pilotes Terratest S.A. utiliza un equipo específico para la ejecución de columnas de grava en obras marítimas y off-shore, empleando un vibrador dotado de un sistema de transporte hidráulico de la grava hasta una doble cámara de descarga, desde donde la grava se conduce a un tubo alimentador que permite su descarga en la punta inferior del vibrador ("bottom feed"). Sus ventajas:

- Garantiza la continuidad e integridad de la columna.
- Ejecución por vía seca.
- Largo alcance. Profundidades ≤ 50 mts.
- Altos rendimientos.

**PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN.**

- 1 POSICIONAMIENTO EN EL EJE DE LA COLUMNA (GPS).
- 2 PENETRACIÓN DEL TUBO-VIBRADOR HASTA PROFUNDIDAD DE PROYECTO / RECHAZO.
- 3 BOMBEO DE LA GRAVA DESDE LA TOLVA HASTA LA CÁMARA DE DESCARGA.
- 4 DESALOJO DEL FLUIDO DE TRANSPORTE DE LA GRAVA (AGUA).
- 5 TRANSPORTE DE GRAVA HASTA LA PUNTA DEL VIBRADOR (AIRE).
- 6 COMPACTACIÓN ASCENDENTE EN FASES VERTICALES DE 1-2M.
- 7 FINALIZACIÓN DE LA COLUMNA EN EL FONDO MARINO.



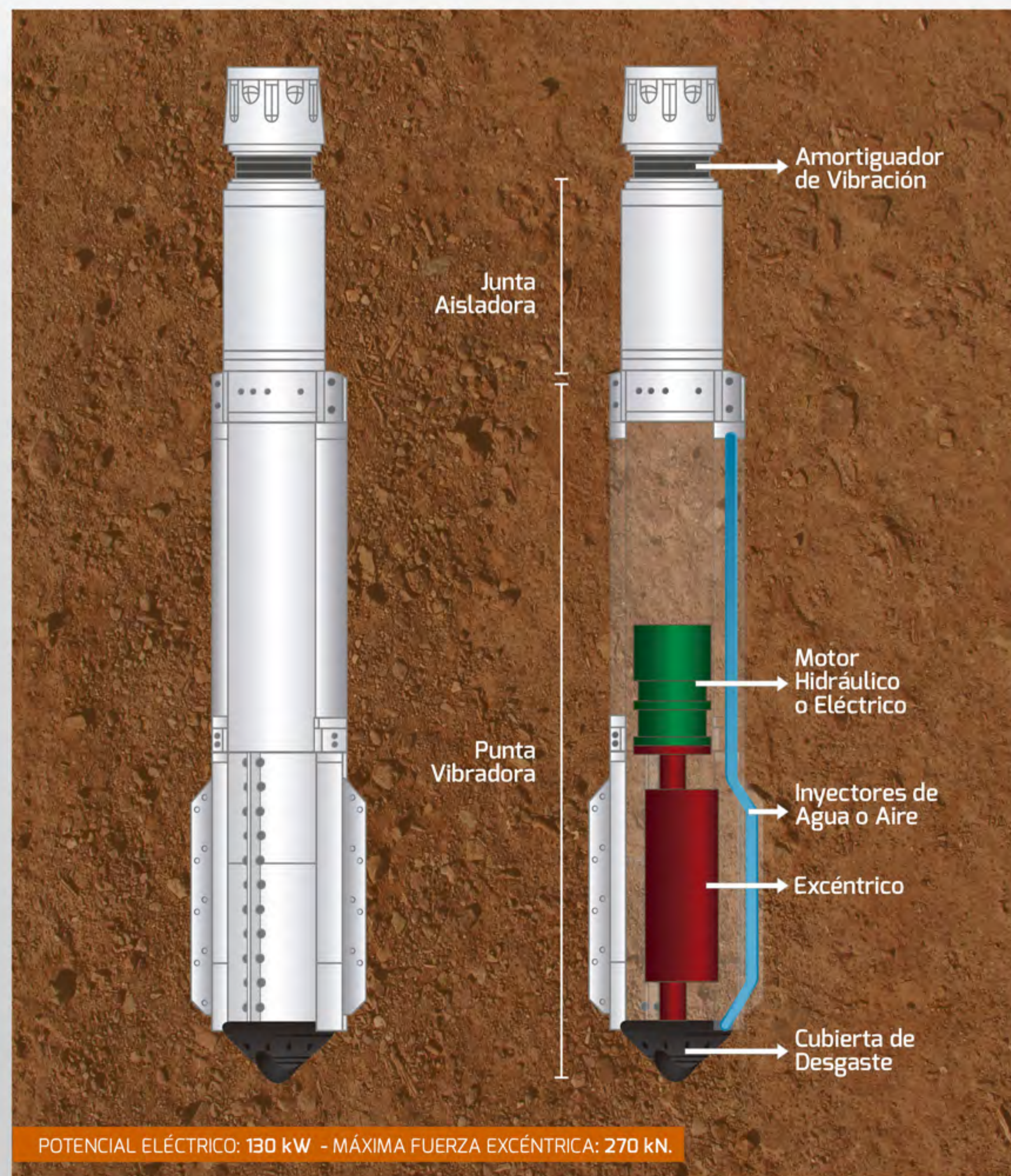
### MONITOREO CONTINUO DE PARÁMETROS

- Número de referencia de la columna.
- Fecha de ejecución.
- Tiempo requerido para su ejecución.
- Energía eléctrica o hidráulica consumida en la perforación y compactación.
- Presión o amperaje de perforación y compactación.
- Avance (profundidad vs tiempo).
- Profundidad máxima.
- Consumo de grava a lo largo de toda la columna.

### EQUIPOS UTILIZADOS

#### VIBRADOR

Equipo **Hidráulico o Eléctrico** que genera una vibración horizontal al nivel de la punta inferior de la columna. **Utiliza su peso propio** combinado con la **inyección de aire o agua para penetrar en el terreno**. El aporte de grava se realiza mediante un tubo adosado al vibrador en el sistema "bottom feed".



APLICACIONES COLUMNAS DE GRAVA

**PARQUE EÓLICO RAKI, REGIÓN DEL BIOBÍO. MERCADO: ENERGÍA.**



COLUMNAS DE GRAVA, Parque Eólico Raki.

El proyecto, ubicado en la Región del Biobío, consiste en la construcción y operación de un parque compuesto por 5 torres eólicas para alcanzar una producción de 15 MW.

La cimentación de estas torres fue diseñada con columnas de grava de 80cm de diámetro y de profundidades que variaban entre los 9 y 13m. Dadas las características del suelo, fue necesario ejecutar antes preperforaciones en todas las posiciones.

La obra, ejecutada el segundo semestre del año 2014, tuvo un plazo de 10 semanas, cumpliendo con los objetivos del contrato y del Cliente.



PREPERFORACIONES PARA VIBROSUSTITUCIÓN, Parque Eólico Raki.



COLUMNAS DE GRAVA, Parque Eólico Raki.

**MUELLE NORTE, PUERTO DE CALLAO, PERÚ. MERCADO: INFRAESTRUCTURA.**



5100 ml PRE-PERFORACIONES DE  $\varnothing$  600mm.  
27400 ml DE COLUMNAS DE GRAVA VÍA SECA.

OFICINA TÉCNICA AL MÁS ALTO NIVEL  
SERVICIOS DE INGENIERÍA

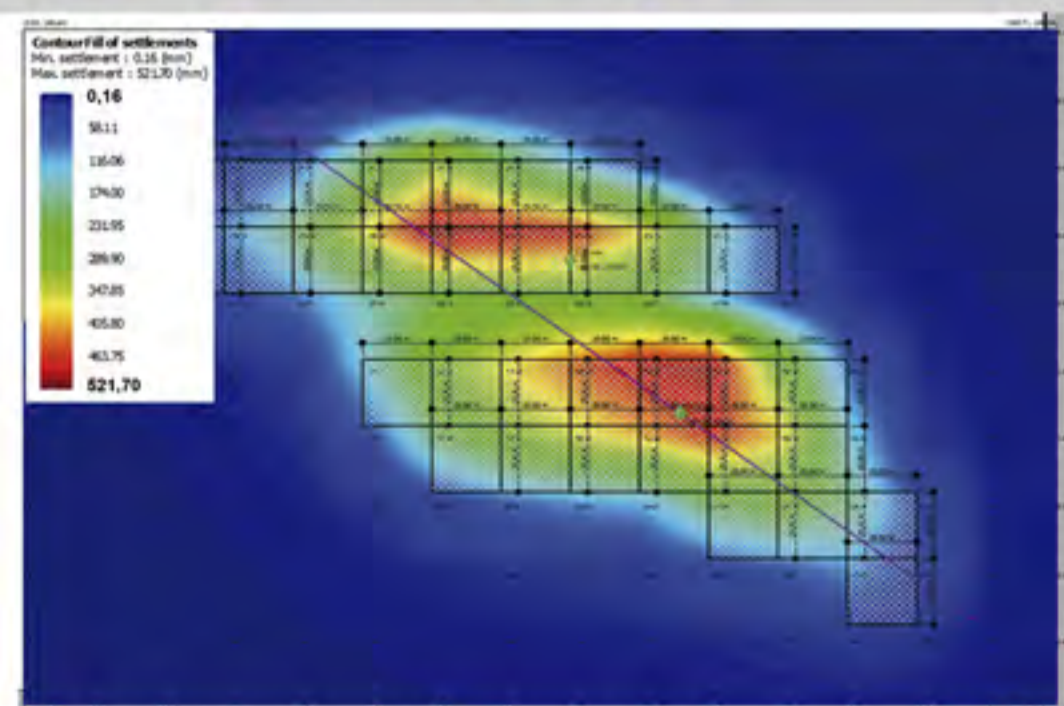
Pilotes Terratest S.A. cuenta con un Departamento Técnico compuesto por un selecto grupo de Ingenieros Civiles y Dibujantes Técnicos, capaz de desarrollar soluciones factibles, eficientes y a la vanguardia de las tecnologías de construcción de fundaciones especiales.

En una constante búsqueda del mejoramiento del servicio, contamos con una capacitación constante de nuestro personal en universidades chilenas y extranjeras. Tenemos acceso a las últimas normas nacionales e internacionales y una renovación continua de software de geotecnia aplicada y análisis estructural.

A través de los años Pilotes Terratest S.A. ha sido partícipe en el desarrollo de la ingeniería de proyectos de diferente índole y complejidad técnica. Los siguientes son algunos de los proyectos con ingeniería propia:

- Mejoramiento de Suelos, Paso Superior Ferrocarril Ruta 160, Columnas de Grava.
- Mejoramiento de Suelos, Paso Ramadillas, Ruta 160, Columnas de Grava.

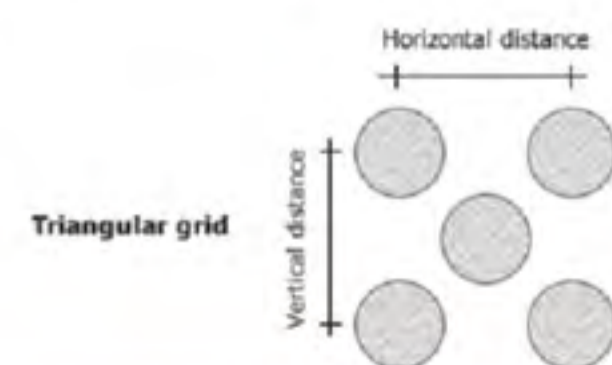
PASO SUPERIOR FERROCARRIL RUTA 160, COLUMNAS DE GRAVA, MEJORAMIENTO DE SUELOS.



ANÁLISIS DE ASENTAMIENTO.

**:: Stone Columns & Foundation properties ::**

Number of columns:	2220	Foundation geometry:	Rectangular
Installation grid:	Triangular	Foundation width:	180.00 m
Horizontal distance:	1.95 m	Foundation length:	40.00 m
Vertical distance:	3.35 m	Foundation pressure:	38.00 kPa
Friction angle of columns:	40.00	Ground water table:	0.00 m
Constrained modulus of columns:	100.00 MPa	Effective overburden pressure:	0.00 kPa
Dry unit weight of columns:	19.50 kN/m <sup>3</sup>		
Sat. unit weight of columns:	21.50 kN/m <sup>3</sup>		

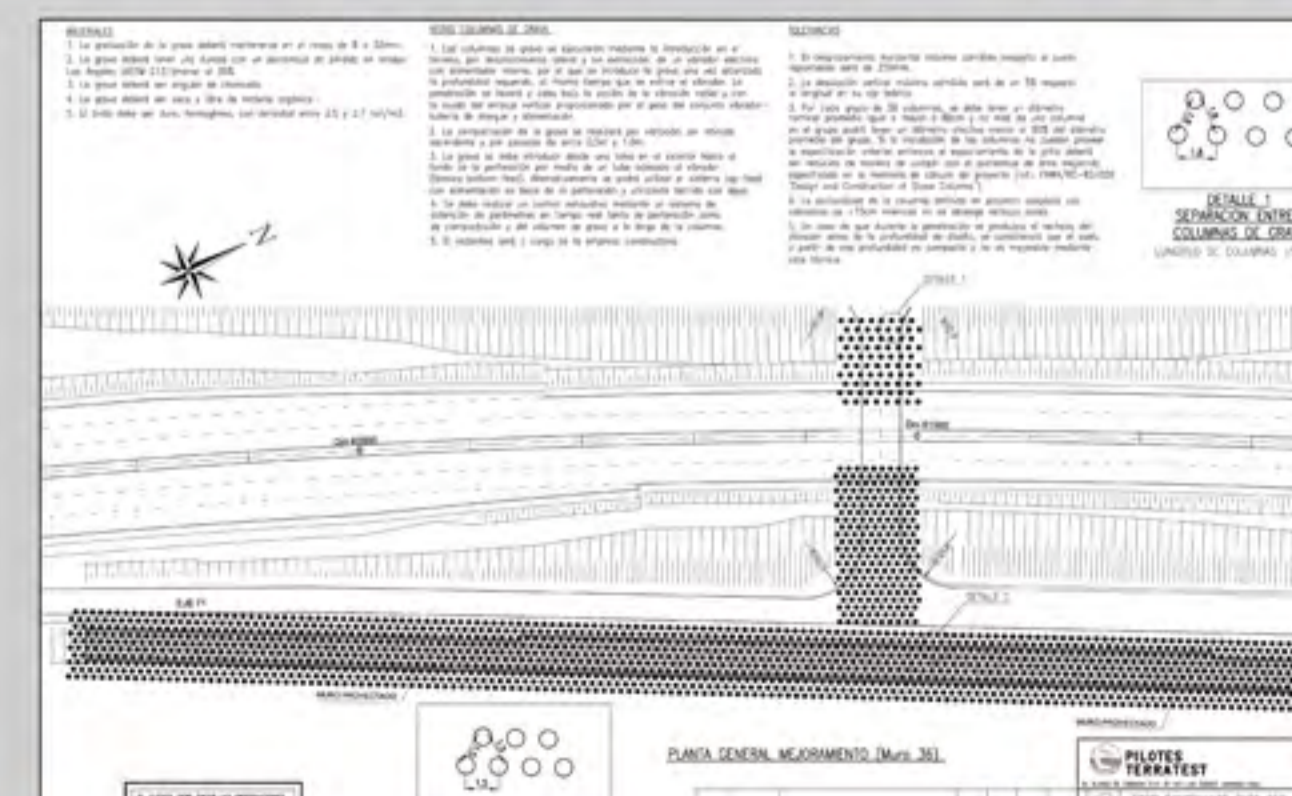
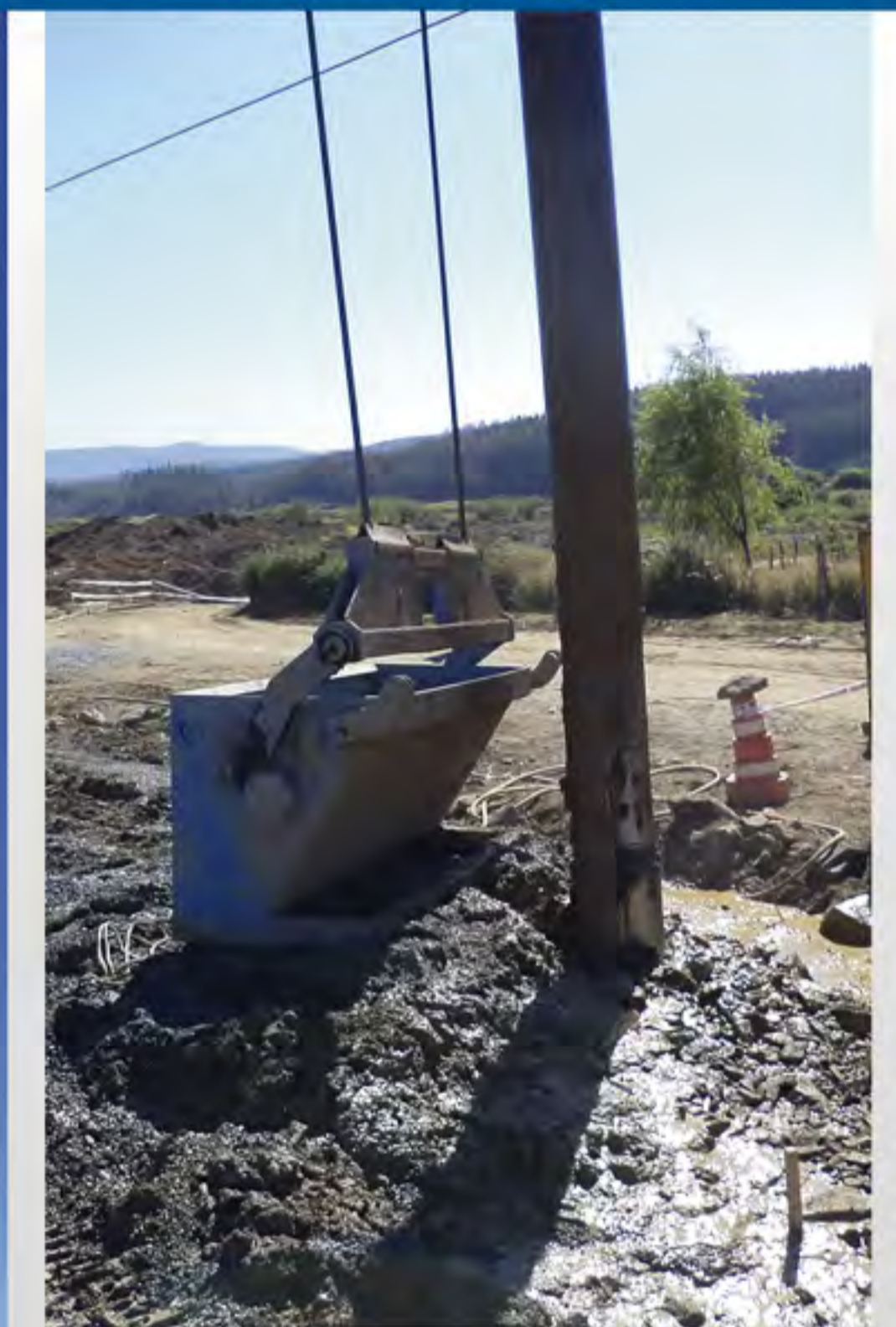


DISEÑO DE TRATAMIENTO VIBROSUSTITUCIÓN.

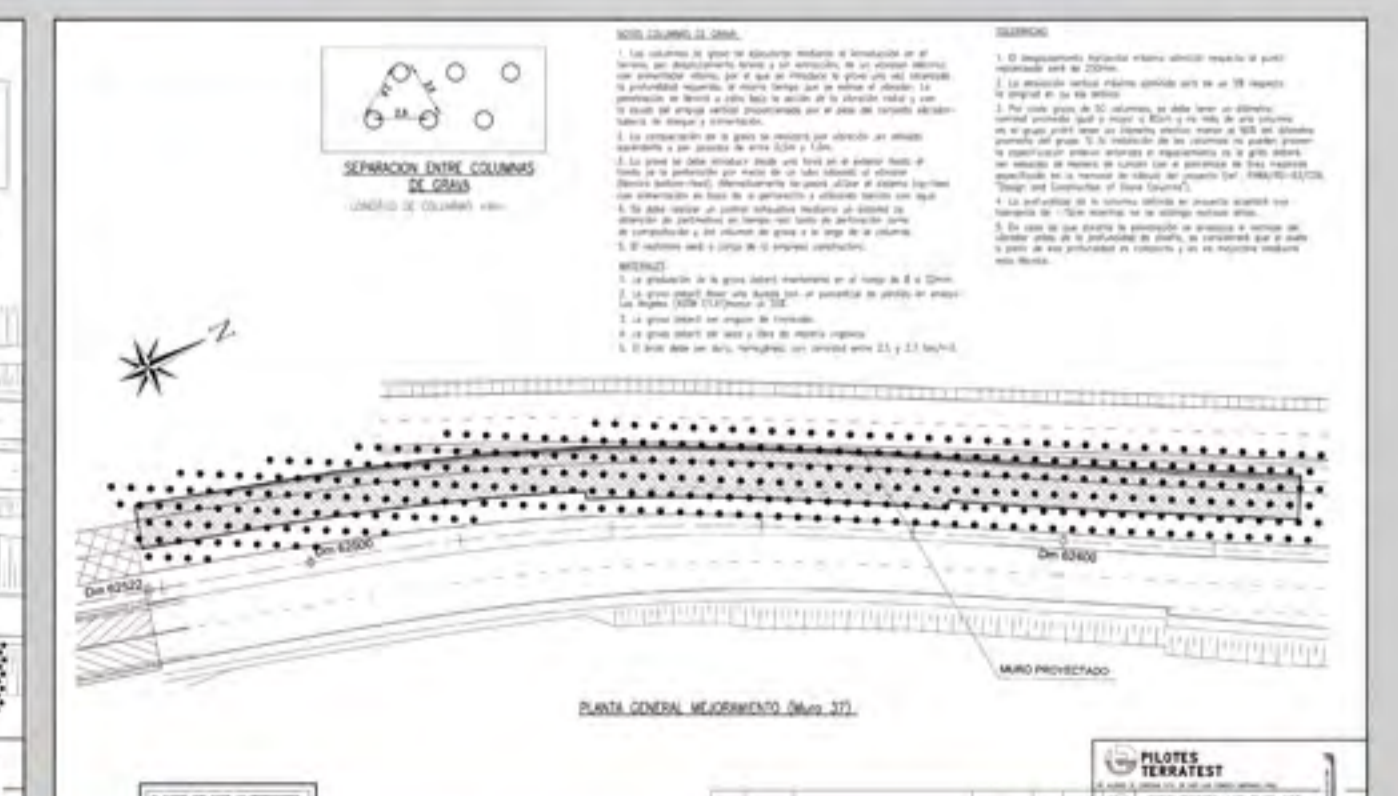
PASO RAMADILLAS, RUTA 160, COLUMNAS DE GRAVA, MEJORAMIENTO DE SUELOS. MERCADO: INFRAESTRUCTURA.



2555 COLUMNAS DE GRAVA, SISTEMA TOP FEED, 16.764 ml DE COLUMNAS.



PLANOS DE DISPOSICIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA.



PLANOS DE DISPOSICIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA.





📍 Alonso de Córdova 5151 of. 1401, Las Condes, Santiago de Chile

☎ (+56-2) 2437 2900 📠 (+56-2) 2437 2909

✉ comercial@terratest.cl

[www.terratest.cl](http://www.terratest.cl)

FOTOS: COLUMNAS DE GRAVA, RUTA 160, PASO RAMADILLAS.