

El departamento de diseño de **JEOPROBE** GEOTECNIA ESPECIALIZADA está conformado por ingenieros especialistas que ofrece servicios de Análisis y Modelación Numérica, Diseño y Asesoría Geotécnica y Geotecnia Sísmica y Dinámica, con base en experiencia, conocimiento y la utilización de tecnología avanzada.

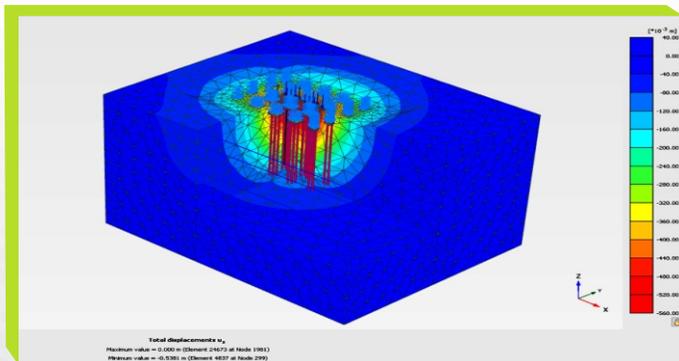
Diseño y Asesoría Geotécnica

JEOPROBE GEOTECNIA ESPECIALIZADA realiza diseños y asesorías geotécnicas especializadas en los siguientes temas:

- Excavaciones
- Cimentaciones.
- Vías y obras lineales.
- Obras hidráulicas.
- Túneles.
- Mejoramiento del suelo.
- Geotecnia ambiental.
- Estudios de riesgos geotécnicos.
- Hidrogeología.
- Sistemas de mejoramiento del suelo: diseño de inclusiones rígidas (Suelo-cemento), drenes verticales, precargas, compactación dinámica.
- Interpretación de ensayos de laboratorio y ensayos de campo para la caracterización geotécnica de sitio.
- Proyectos portuarios.
- Estudios sísmicos.

Análisis y Modelación Numérica

Mediante la capacitación y actualización constante en la utilización de software especializado (PLAXIS, PLAXIS 3D, 3D Foundation, GeoSlope, Foxta, Deepsoil entre otros) se hace análisis y modelación en geotecnia en los siguientes temas:



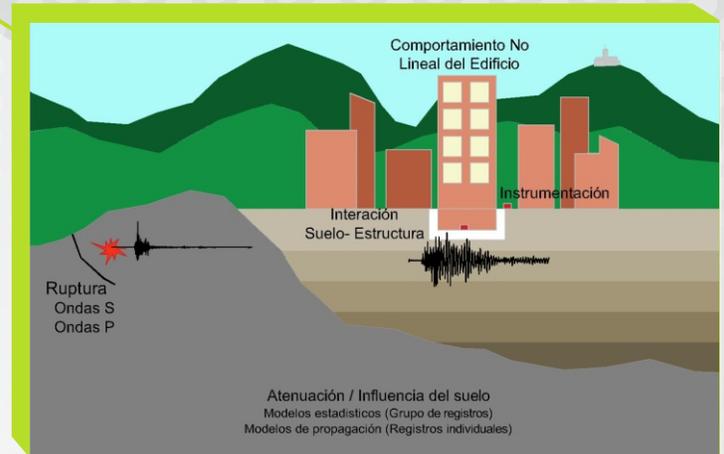
- Excavaciones.
- Cimentaciones.
- Túneles.
- Hidrogeología.
- Análisis dinámicos.
- Modelamiento numérico 2D y 3D bajo condiciones estáticas y dinámicas.

Para la realización de los diseños y los conceptos técnicos se cuenta con herramientas de última tecnología que permiten realizar modelación numérica en 2 y 3 dimensiones, interpretación de resultados para geocaracterización, procesamiento de señales y otros programas para diseños específicos de cimentaciones y sistemas de contención.



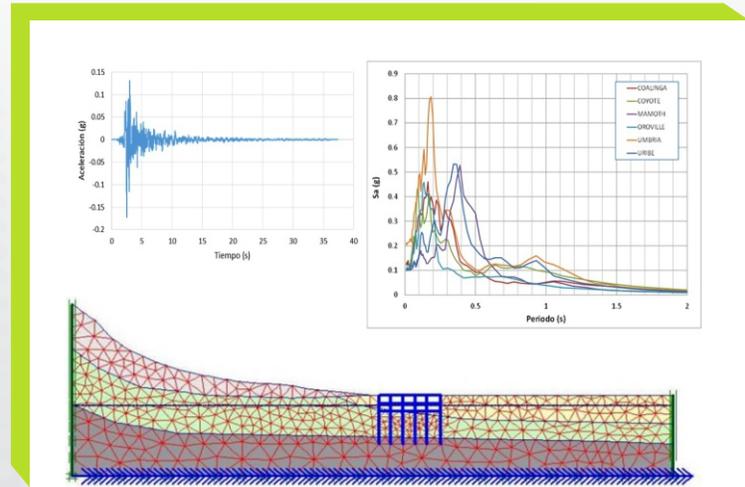
Geotecnia Sísmica y Dinámica

En el campo de la ingeniería geotécnica sísmica se realizan estudios de respuesta local, análisis de potencial de licuación por movimientos sísmicos, estudios de interacción dinámica suelo-estructura por métodos directos a través de modelación por elementos finitos y análisis de estabilidad de taludes ante movimientos sísmicos bajo normativa NSR-10, decreto 523 de 2010 de Bogotá, CCP-14 y otras normativas internacionales.



Con base en experiencia, conocimiento y programas especializados, **JEOPROBE** GEOTECNIA ESPECIALIZADA realiza los siguientes análisis y estudios sísmicos:

- Estudios de amenaza sísmica.
- Análisis de respuesta dinámica.
- Análisis de estabilidad sísmica de estructuras térreas.
- Análisis sísmico de líneas de conducción enterradas.
- Evaluación y mitigación de licuación.
- Estudios de vibraciones.
- Análisis y diseños dinámicos de cimentaciones.



Prueba de Integridad a Bajas Deformaciones

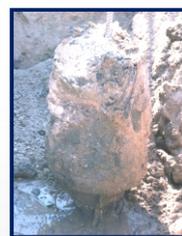
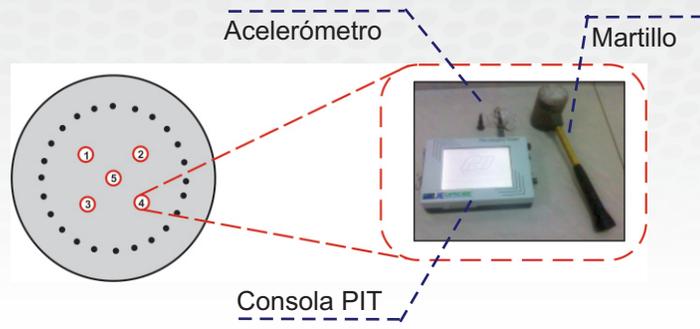
Objetivos y Descripción

El objetivo del ensayo es analizar los cambios de impedancia y evaluar la continuidad del pilote y/o barrete en toda su longitud siguiendo la norma ASTM D5882-16. El ensayo se basa en la propagación de una onda de esfuerzo a compresión generada por un golpe de un martillo en la cabeza del pilote. Las reflexiones generadas por las variaciones de impedancia del pilote son medidas por un acelerómetro colocado en la cabeza del elemento y son recolectadas por un sistema de adquisición de datos que integra la señal y genera un gráfico de velocidad en función del tiempo. Las señales son evaluadas de acuerdo a sus características particulares y son cotejados a los datos de fundida.

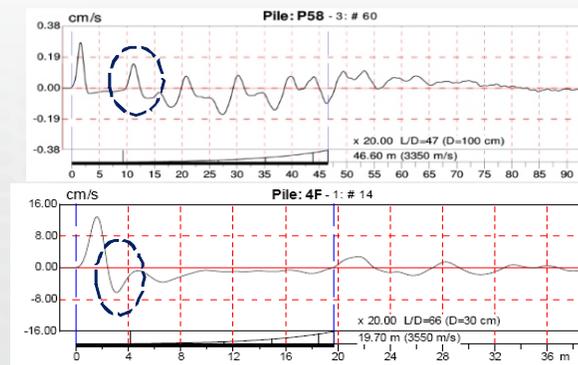


Ventaja y Limitaciones

- Permite evaluar la longitud del pilote y/o barrete, ya que el cambio de material entre el elemento del pilote y el suelo genera normalmente una reflexión detectable de la onda.
- Identifica variaciones de impedancia que pueden afectar el comportamiento del elemento profundo de cimentación debido a: Presencia de contaminación del concreto por la inclusión de material terreo, fisuras perpendiculares al eje del pilote tales como juntas frías o fisuras de retracción del concreto al finalizar el acero longitudinal, y/o cambios significativos en la sección transversal del elemento.
- Permite localizar la profundidad donde se presentan las anomalías pero no la causa específica de estas. Sin embargo del análisis conjunto con los datos constructivos del elemento ensayado (expansión, resistencia y tipo de concreto utilizado, longitud del refuerzo longitudinal y/o particularidades presentadas durante la excavación y fundida), se puede precisar su diagnóstico y su evaluación.
- Por la reflexión generada en las juntas, no es recomendable para la evaluación de continuidad de elementos compuestos por varios segmentos.



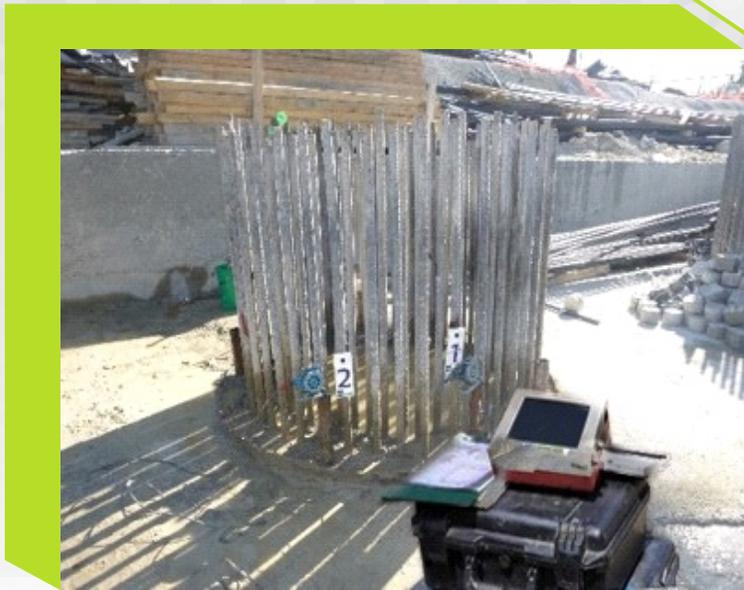
Pilote con reducción significativa en su sección transversal



Pilote con expansión en la sección transversal



Prueba Ultrasónica de Cross Hole



Objetivos y Descripción

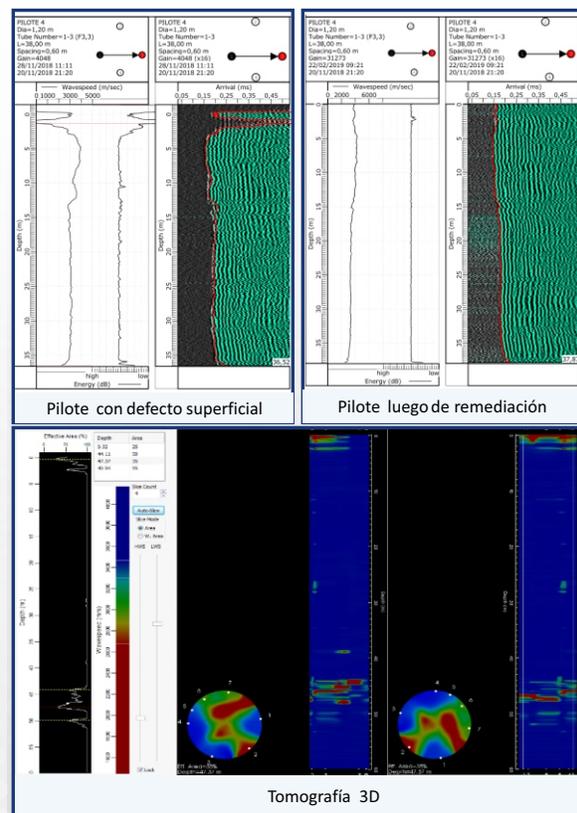
El objetivo del ensayo es determinar la calidad del concreto en elementos preexcavados fundidos en sitio tales como pilotes, barretes y/o segmentos de pantallas siguiendo la norma ASTM D6760-16. Con este ensayo se pueden detectar fisuras de gran dimensión, contaminación por inclusión del material, segregación excesiva, vacíos en el concreto y/o estrangulamientos presentes en el elemento.

El ensayo consiste en el descenso de una sonda emisora y una receptora en tuberías en acero previamente instaladas y embebidas dentro del cuerpo del pilote. Una vez enfrentadas las sondas en profundidad se halan para que estas se desplacen paralelamente y se registre en la sonda

receptora el tiempo de llegada (First Arrival Time, FAT) de la onda de compresión de alta frecuencia para cada punto en profundidad. De esta forma haciendo barridos para las combinaciones posibles en función de la cantidad de tuberías instaladas, se cubre el área del elemento y se puede evaluar la calidad del concreto en profundidad.

Ventajas y Limitaciones

- Los defectos se identifican claramente a cualquier profundidad, de manera puntual en la sección del pilote y se define su gravedad de acuerdo a rangos establecidos en la literatura y a la evaluación conjunta de la totalidad de perfiles ensayados.
- Se emplea principalmente en elementos preexcavados de concreto fundido "in situ" de diámetro superior a 50cm.
- La profundidad de inspección está limitada por la longitud mas corta del par de tuberías medidas. Se recomienda el uso de tuberías metálicas (2" de diámetro) y uniones roscadas para evitar interferencias en profundidad.
- La realización de tomografías ayuda a precisar la localización del daño y a estimar su extensión en área y en profundidad en términos de velocidad de onda en el concreto.
- Los pilotes deben ensayarse mínimo 7 días después de su fundida o cuando el concreto supere el 75% de la resistencia a la compresión.
- El ensayo no da información por fuera del área inscrita por las tuberías.



Prueba de Carga Dinámica a Altas Deformaciones

Objetivos y Descripción

El objetivo del ensayo es determinar la capacidad de carga a compresión axial del elemento de cimentación (pilote o barrete), evaluando la respuesta suelo-elemento a un impacto que genera altas deformaciones y por ende movilización de resistencia.

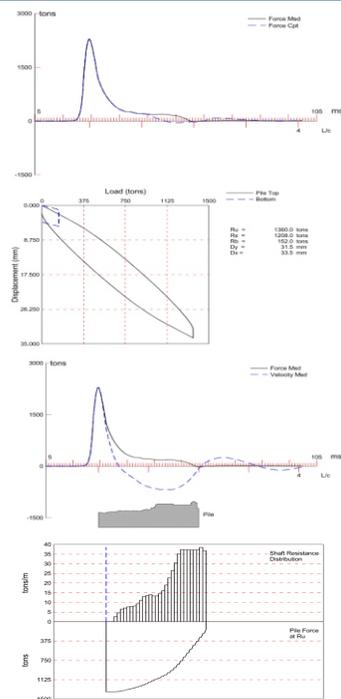
La medición se hace de acuerdo a la norma ASTM D4945-17 y utiliza dos pares de sensores de fuerza y aceleración localizados en el fuste del pilote. Los sensores recolectan la respuesta del pilote al impacto generado por una masa soltada en caída libre o por un martillo de hinc (hidráulico o diésel).

La prueba inicia con una baja altura de caída y se va incrementando gradualmente para aumentar la energía de transferencia y producir una mayor movilización de resistencia. La prueba finaliza si se llegó a la carga requerida, si se alcanzó la carga última, si se presentaron esfuerzos a tensión y compresión elevados o si se evidenció una anomalía significativa de continuidad.

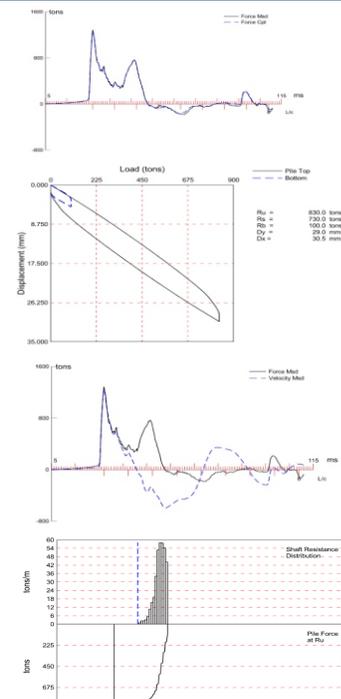
Los datos recolectados en campo son interpretados y mediante un análisis de retrocálculo se obtiene la resistencia estática movilizada por el pilote durante el ensayo.



Sensores utilizados en la medición



Pilote Preexcavado

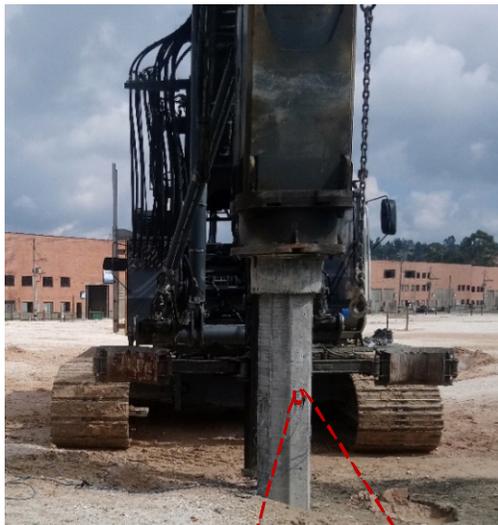


Pilote Hincado Tubular

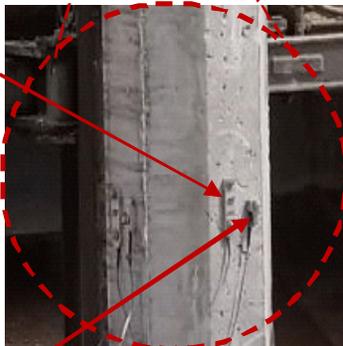
Prueba de Carga Dinámica a Altas Deformaciones

Ventajas y Limitaciones

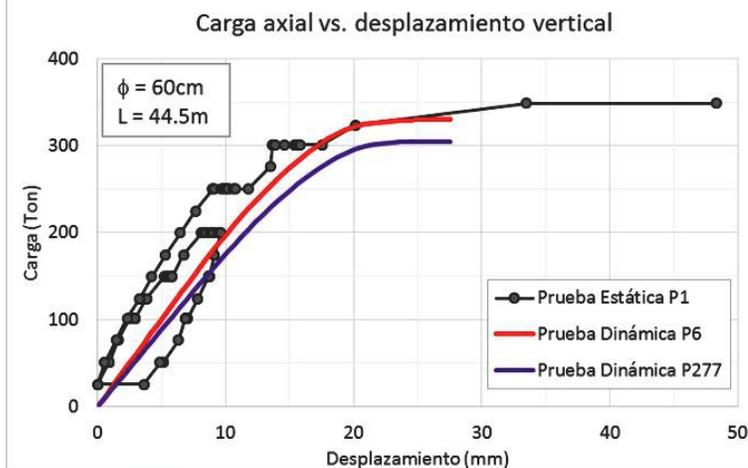
- Por medio de un análisis de ajuste de la señal modelada con la señal obtenida, permite estimar la capacidad de carga estática, discriminando su aporte por fricción y por la punta del elemento.
- Estima la distribución de fricción unitaria en profundidad y el esfuerzo movilizado en la punta del pilote.
- Evalúa la integridad y continuidad del elemento y permite considerar cambios en la sección transversal para mejorar la interpretación de elementos preexcavados.
- Mide los esfuerzos a tracción y a compresión generados por el impacto.
- Evalúa la energía de transferencia del martillo de hinca y obtiene la eficiencia de este.
- Requiere de una logística de medición más sencilla y económica que ensayos de carga estática y de pulso rápido.
- Aplicable en pilotes de concreto, tubulares metálicos y de sección combinada (camisa metálica llena de concreto).
- Posibilidad de alta movilización de carga con el uso de masas manejables por equipos de construcción (entre el 1% y el 3% de la carga que se requiera movilizar).
- Obtiene un comportamiento congruente de la curva carga vs. desplazamiento respecto a la obtenida en ensayos estáticos cuando se analizan conjuntamente las señales del ensayo con las características geotécnicas del suelo del proyecto.



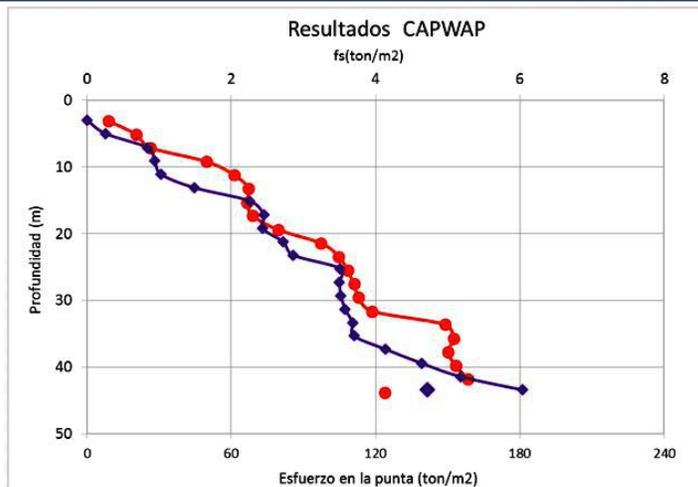
Deformímetro



Acelerómetro



Curva Carga Desplazamiento



Curva Fricción Unitaria en profundidad.

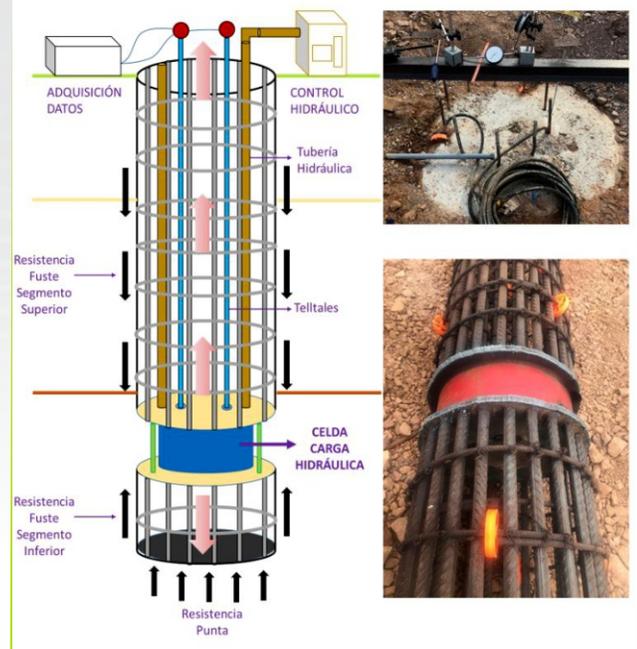
Prueba de carga estática bidireccional (BDSLT)

Objetivos:

Determinar por medio de la apertura de una celda hidráulica de carga y la medición del desplazamiento del pilote en profundidad, la resistencia por fricción y por punta de un pilote y su comportamiento carga vs. desplazamiento, siguiendo lo estipulado en la norma ASTM D8169M-18

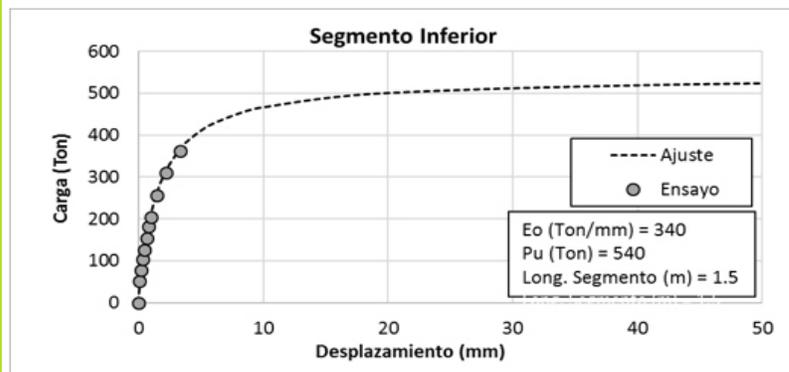
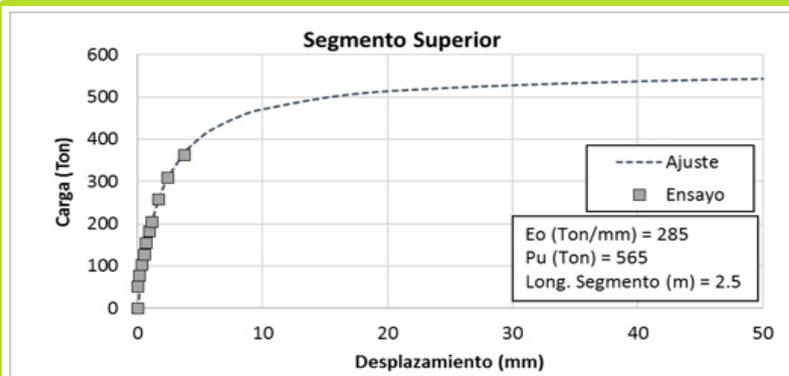
Descripción:

El ensayo consiste en el embebimiento de una celda hidráulica en la parte inferior del pilote buscando que la carga por fricción del segmento superficial equipare la carga por fricción del segmento inferior más el aporte por punta. Este mecanismo hace que el pilote mismo actúe de reacción cuando se inicia la apertura de la celda, cuya carga es aplicada por la presión del aceite que viaja a través del circuito hidráulico previamente instalado. Con el control de presión, de volumen y la medición de la apertura de la celda más el registro de desplazamientos ocurridos en el pilote con el uso de strain gages y tell tales en profundidad, se determina la curva carga desplazamiento del pilote sumando el aporte de cada segmento por separado.



Ventajas y Limitaciones:

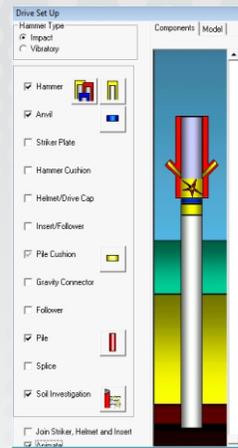
- Capacidades de ensayo desde 70 Ton a más de 2000 Ton. Posibilidad de uso de varias celdas por nivel o de instrumentos de alta capacidad.
- Logística reducida por no necesitar de pilotes de reacción ni de sistema externo para la aplicación de carga.
- Estimación del perfil de fricción unitaria en profundidad y esfuerzo movilizado en la punta cuando se tienen varios niveles de medición de deformaciones y desplazamientos.
- Posibilidad de evaluación de la carga última directamente del ensayo, si la celda es localizada adecuadamente, o del ajuste de los datos a funciones hiperbólicas.



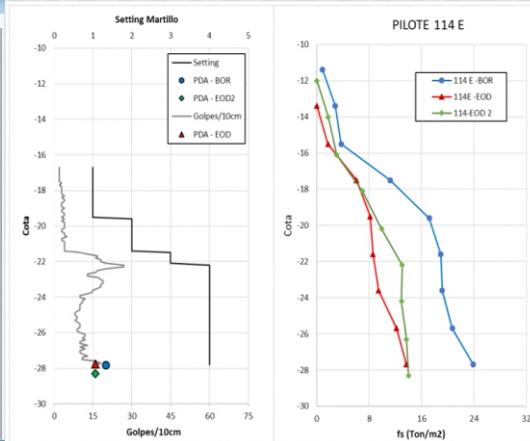
Análisis y Control de Hincabilidad

Objetivos y Descripción

El análisis de hinca simula el proceso de hinca de los pilotes en función del martillo a utilizar, las propiedades del pilote y de las características geotécnicas del suelo del proyecto, utilizando la teoría de propagación de ondas de esfuerzo. Como resultado se obtiene un procedimiento de hinca recomendado para que no se presenten sobreesfuerzos en el elemento durante su instalación y estima la profundidad a la que se deben dejar los elementos para alcanzar la capacidad solicitada.



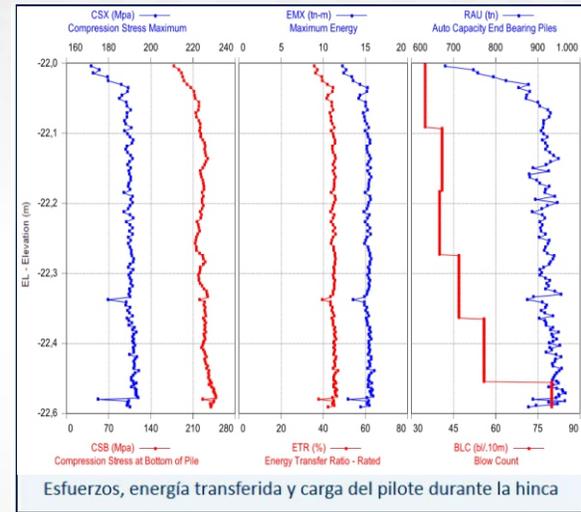
PDP Wave



Registro de hinca y distribución de fricción en la hinca

Ventajas y Limitaciones

- Proporciona una secuencia de hinca para la instalación del proyecto, buscando la generación de esfuerzos a compresión y a tensión en el elemento menores a los permisibles que eviten daños que comprometan su integridad.
- Establece capacidad de carga de los pilotes en condiciones de hinca y a largo plazo en función de la profundidad y/o del conteo de golpes presentado durante construcción.
- Ayuda a la toma de decisiones en campo, teniendo el modelo calibrado, para modificar las profundidades de los pilotes en función de la carga necesaria y el conteo de hinca presentado durante su instalación.
- Calibración alimentada con pruebas de carga dinámica para medir la energía de transferencia real del martillo y precisar los valores de amortiguamiento del suelo y magnitud del set-up y/o de la relajación a largo plazo.



Esfuerzos, energía transferida y carga del pilote durante la hinca

Capacidad de Carga largo plazo vs. Golpes durante hinca

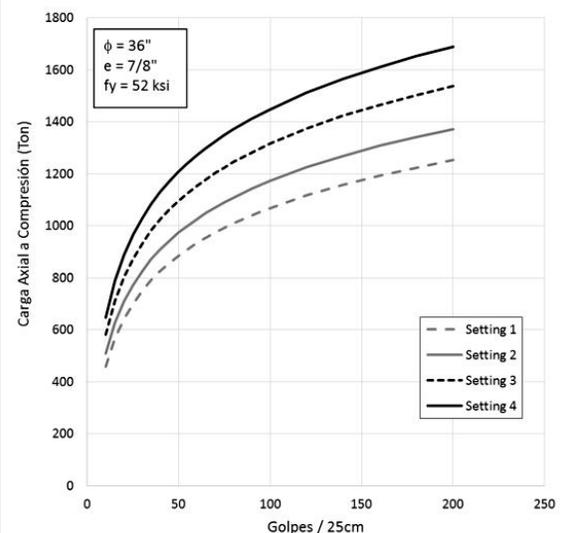
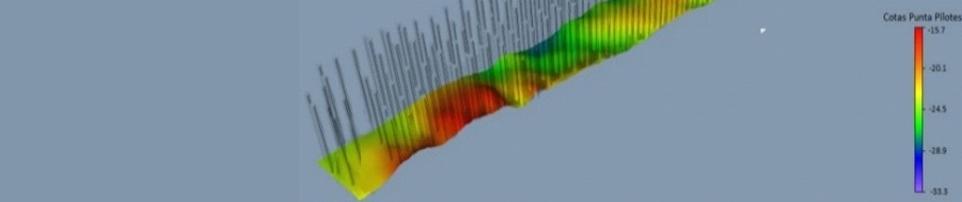
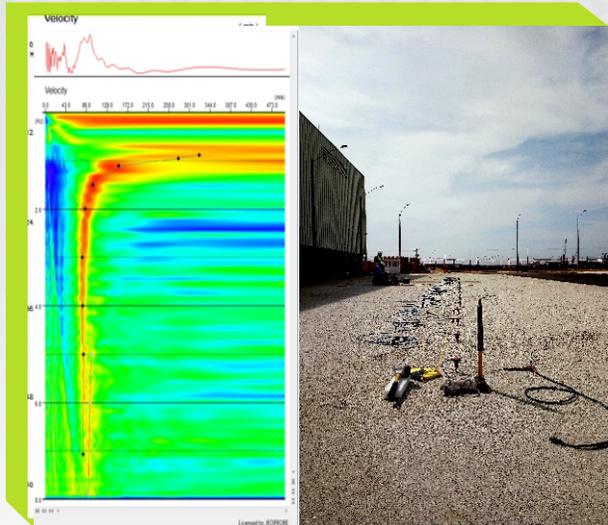


Diagrama de contornos del nivel de la punta al final de hinca



MÉTODOS GEOFÍSICOS

Los métodos geofísicos aplicados a la geotecnia son pruebas realizadas para la determinación de la estructura interna del terreno, basándose en la medida de ciertas magnitudes físicas, tomadas generalmente en la superficie o en pozos. Gracias a su rapidez y economía, los métodos geofísicos han tomado un papel muy importante en los reconocimientos geotécnicos.



En **JEOPROBE** contamos con los equipos, software, el personal capacitado y la experiencia para la realización de las siguientes pruebas de geofísica para ingeniería:

- Dispensión de ondas superficiales.
- Refracción sísmica.
- Downhole.
- Reflexión sísmica.
- Tomografía sísmica.
- HVSr (Relación espectral de componentes H/V).
- Método SPAC.
- SEV (Sondeos Eléctricos Verticales).
- Tomografía de resistividad o cargabilidad.

Dispersión de ondas:

El análisis multicanal de ondas superficiales (MASW) es un método utilizado para obtener la velocidad de onda de corte (V_s) del terreno. El ensayo se fundamenta en el análisis de dispersión de las ondas sísmicas superficiales para calcular un modelo de velocidad de ondas de corte del subsuelo (V_s). Este tipo de información tiene una gran relevancia en el campo de la ingeniería civil, ya que a partir de V_s y de la densidad del terreno es posible cuantificar su módulo de corte máximo (G_0).



Refracción sísmica:

La sísmica de refracción es una de las técnicas más antiguas en la caracterización geofísica y geológica del terreno. Se fundamenta en el análisis de las ondas sísmicas refractadas entre dos unidades con distintos contrastes de impedancia (como por ejemplo en el límite entre dos litologías distintas), para establecer una sección del terreno donde interpretar su estructura y estado.

Down Hole:

El método Down-Hole consiste en generar ondas sísmicas en la superficie mediante golpes verticales y horizontales en una placa ubicada a una distancia de 1 a 3 metros aprox. del pozo, registrándose los tiempos de llegada de las ondas de compresión (ondas P) y corte (ondas S). Permite un registro incremental de las velocidades de onda en profundidad.

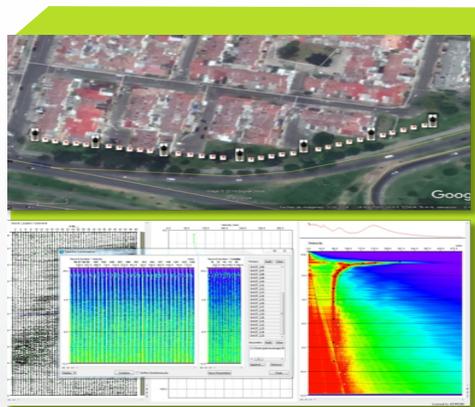


HVSR (Método de Nakamura):

También conocida como H/V por “horizontal-to-vertical” o método de Nakamura) utiliza un sismómetro o acelerómetro triaxial de banda ancha para grabar el ruido sísmico ambiental. La relación H/V mide las componentes vertical y horizontal del ruido sísmico, permitiendo determinar el período fundamental de vibración del depósito y, mediante un proceso de inversión, obtener el perfil de velocidades del terreno.

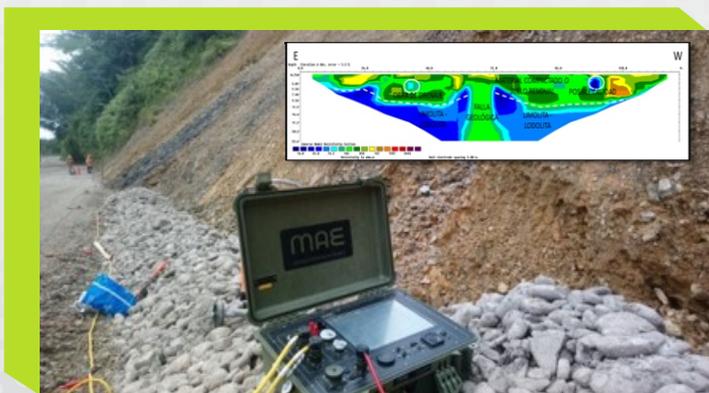
SPAC:

El Método SPAC (Tokimatsu, 1997) es un método pasivo que hace uso del ruido sísmico (microtremores) para obtener modelos estratigráficos de velocidades a partir de la curva de dispersión de ondas Rayleigh, resultado de la correlación temporal y espacial de las ondas superficiales que son estacionarias en espacio y tiempo.



Métodos Eléctricos

Estas técnicas permiten caracterizar los materiales que configuran el terreno en función de su resistividad o cargabilidad (capacitancia) eléctrica, tanto en 1D (SEV) como en 2D y 3D (Tomografía eléctrica). Las variaciones de la resistividad responden a cambios litológicos, así como a variaciones en la porosidad, permeabilidad, saturación y la propia salinidad del agua. Es por ello que la tomografía eléctrica se aplica con frecuencia a la caracterización de unidades estratigráficas, estructuras geológicas, fracturas y zonas con mayor contenido en humedad.



Dispersión de Ondas Superficiales

Las líneas geofísicas se realizan con el fin de evaluar la rigidez de los materiales del terreno en determinado sitio. Las líneas se interpretan por medio del análisis de dispersión de ondas superficiales, permitiendo obtener varios modelos unidimensionales de la variación de la estructura de la velocidad de onda de corte en profundidad por cada línea realizada.

Con los modelos obtenidos se realiza un perfil tipo tomografía con la variación de la velocidad de onda de corte en profundidad y a lo largo de cada línea. el trabajo de campo se realiza con uno o varios sismógrafos de 24 canales.

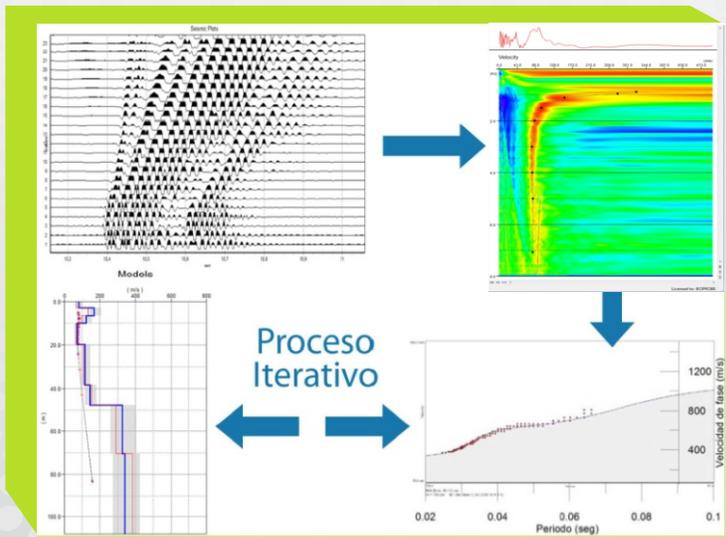
Para la producción de ondas superficiales se pueden tomar mediciones activas (fuentes de vibración controladas) o pasivas (vibraciones ambientales). A la derecha se muestra un montaje típico de una línea geofísica.



Para elaborar los modelos de Vs se requiere realizar las siguientes acciones:

- Hacer mediciones de propagación de ondas a lo largo de la línea de acuerdo con la geometría adoptada. El espaciamiento final de los geófonos y la longitud final de la línea serán definidos de acuerdo con el objetivo del estudio en cuanto a resolución y profundidad de interés.
- Tomar registros de las ondas producidas por fuentes controladas (mediciones activas) y/o vibraciones ambientales (mediciones pasivas).
- Aplicar diferentes transformadas (F-K, SPAC entre otros) a los registros obtenidos para identificar curvas de dispersión de ondas superficiales.
- Elaborar un modelo con la estructura de la velocidad de onda de corte a partir del proceso de inversión de las curvas de dispersión de las ondas superficiales.
- Los perfiles de velocidad de onda de corte (Vs) derivados del proceso de inversión de las curvas de dispersión se utilizan como complemento a la exploración geotécnica realizada y permiten definir el tipo de perfil de suelo de acuerdo con el criterio definido por las normas de diseño sísmico (NSR-10).

A continuación se muestra un esquema con los pasos para la obtención de la estructura de Vs en profundidad.



Refracción Sísmica

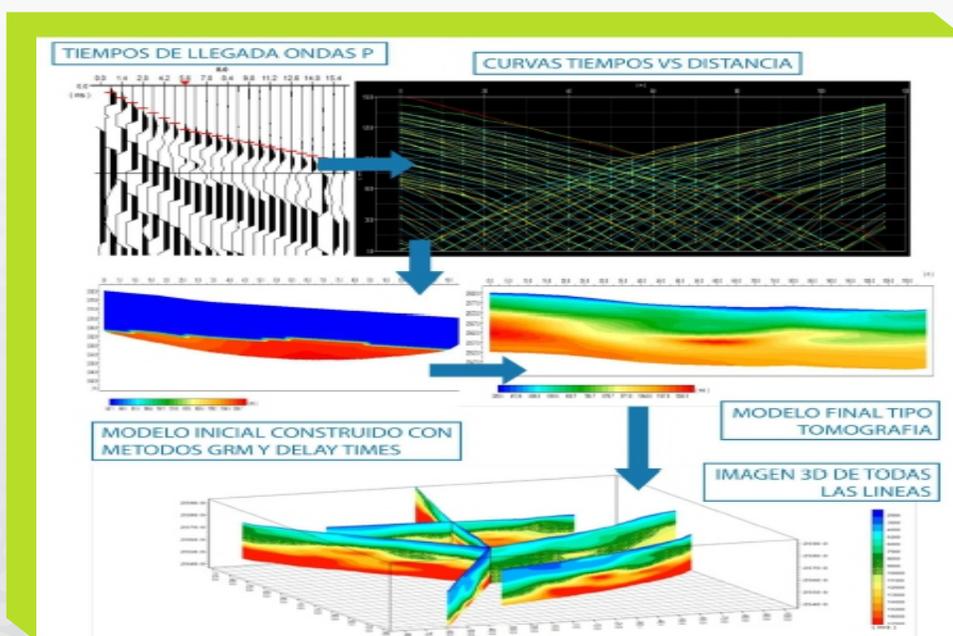
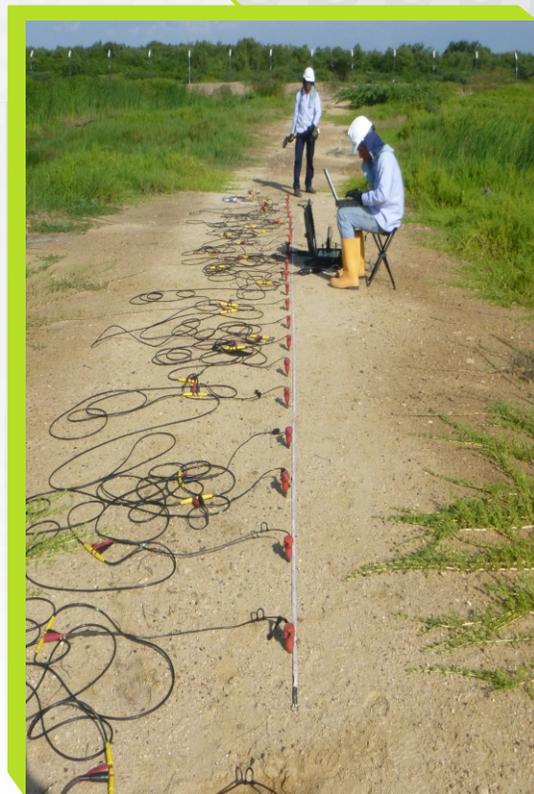
¿Qué es?

Las líneas de refracción sísmica se hacen para determinar espesores de materiales de menor rigidez que se encuentren superficialmente sobre materiales de mayor rigidez. Mediante el uso de sismógrafos y geófonos con fuentes activas se determinan perfiles de velocidad de ondas (normalmente ondas de compresión, V_p , aunque, utilizando sensores horizontales y ondas polarizadas, se puede determinar velocidad de ondas de corte, V_s) a lo largo de la línea geofísica.

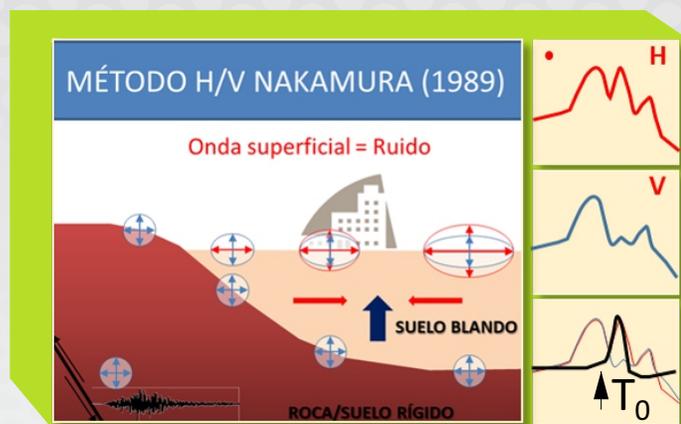
El objetivo principal de estas líneas de refracción sísmica es obtener un modelo bidimensional, para cada línea, con la variación de la velocidad en profundidad y a lo largo de cada línea identificar diferentes capas de materiales con velocidades de propagación de ondas diferentes.

Para identificar el valor de velocidad para cada capa se requiere realizar las siguientes actividades:

- Realizar líneas de 24 o más geófonos, con un espaciamiento entre geófonos que es variable en función de la cobertura en profundidad que se requiera.
- Tomar registros en diferentes puntos de cada línea sísmica de las ondas producidas por el impacto de un martillo de 20lbs u otra fuente impulsiva.
- Identificar los tiempos de llegada de las ondas de cuerpo.
- Elaborar un modelo bidimensional preliminar con la estructura de la velocidad aplicando los métodos GRM y Delay time.
- Incluir las variaciones topográficas de las líneas.
- Opcionalmente aplicar un método iterativo de ajuste entre los tiempos medidos y los calculados a partir de un modelo de propagación de ondas para refinar el modelo de velocidades del terreno (tomografía de refracción).



HVSR Relación espectral de componentes H/V Método Nakamura



El principio de estas mediciones se basa en el hecho de que las ondas superficiales tipo Rayleigh corresponden a modos naturales de vibración del terreno y tienen componente de vibración tanto vertical como longitudinal con trayectoria de partícula elíptica en superficie. Esta condición implica que al medir las vibraciones en sentido vertical (V) y horizontal (H) y obtener la relación de los espectros de Fourier de dichas mediciones (H/V) se encuentran picos a las frecuencias correspondientes a los modos de vibración natural del terreno.

La identificación de estos picos es un método útil para caracterizar el perfil de suelos.

La frecuencia o el período de vibración natural están relacionados con la velocidad de propagación de ondas de corte, que es muy cercana a la velocidad de propagación de las ondas superficiales, y con el espesor del estrato de suelos con el cual está asociado el modo particular de vibración que se mida.

El desarrollo de modelos matemáticos basados en el campo difuso (Sánchez-Sesma, 2013), permite invertir la curva HVSR y obtener un perfil de velocidades de ondas de corte con profundidad. Dicha técnica constituye uno de los avances más significativos en la sismica pasiva en los últimos 20 años, ya que constituye un método económico y rápido de obtener velocidades del suelo hasta la roca, aun para grandes profundidades con medición pasiva en una estación.

Se puede combinar el método de inversión de la curva HVSR con otras técnicas geofísicas más convencionales como el MASW o SPAC, y realizar la inversión conjunta de la curva de dispersión + HVSR para aumentar el detalle o precisión del método.



Acelerógrafo 0,2 Hz 3 sensores triaxiales (2)

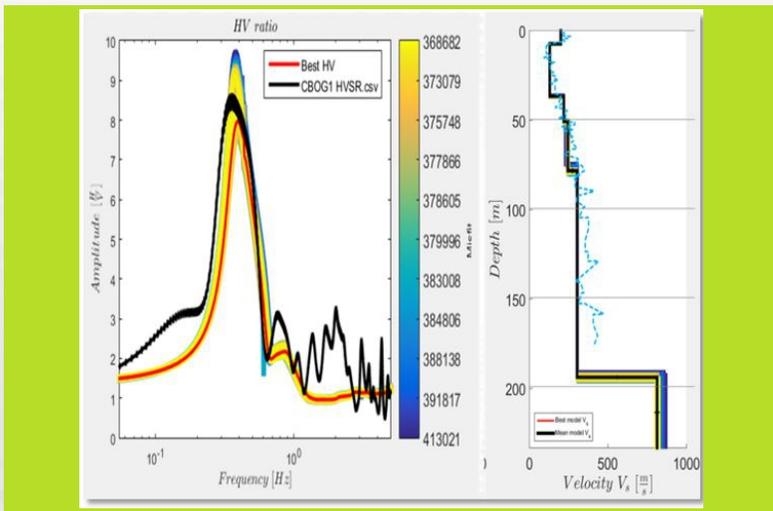


HVSR Relación espectral de componentes H/V Método Nakamura

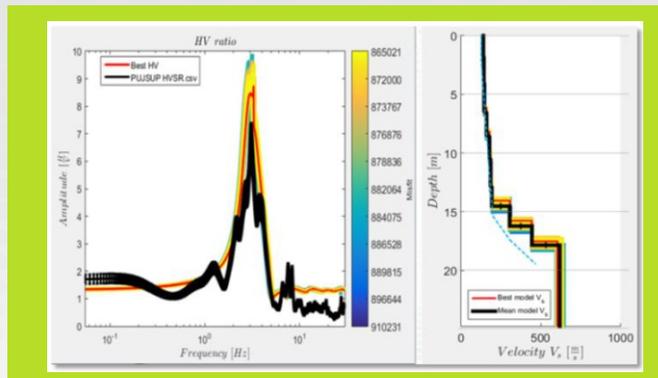
CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

- 📌 **Economía:** Método muy económico que aporta gran información en profundidad.
- 📌 **Practicidad:** Equipo ligero y de operación relativamente sencilla. No requiere de gran logística para la adquisición de las mediciones.
- 📌 **Medición de vibraciones ambientales:** Método no intrusivo, no se necesitan martillos, caída de masa ni explosivos como fuente.
- 📌 **Configuración sencilla:** Todos los equipos registran en modo autónomo; por lo tanto, no se requiere el uso de PC como controlador.
- 📌 **Sincronización con GPS:** No se requiere el uso de trigger. Precisión del GPS de 0.1 μ s.
- 📌 **Amplio rango de frecuencia:** Con los sensores disponibles se pueden cubrir frecuencias entre 0.2 y 200 Hz.
- 📌 **Método de gran penetración:** Ejemplos propios y a nivel mundial reportan profundidades hasta de 1 km.
- 📌 **Combinación con otras técnicas:** Se pueden realizar inversiones conjuntas de la curva HVSR del método de Nakamura con la curva de dispersión de Onda Rayleigh para aumentar el detalle o precisión del método.

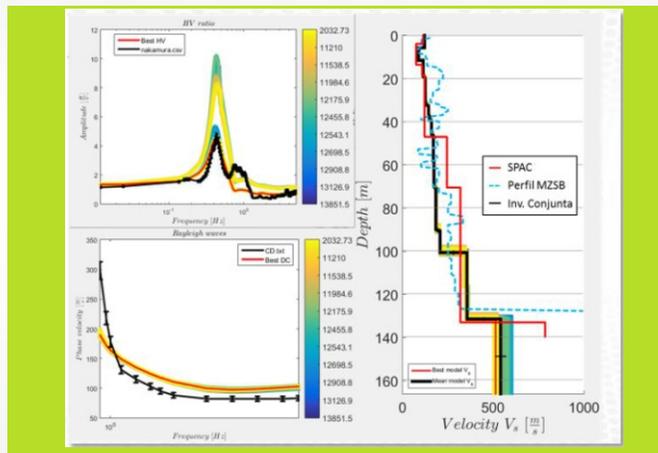
Los resultados obtenidos demuestran que la inversión de la curva HVSR bajo el enfoque de campo difuso son de gran utilidad para obtener los perfiles de velocidad de ondas de corte, especialmente para depósitos de suelos profundos, tales como los localizados en la Sabana de Bogotá.



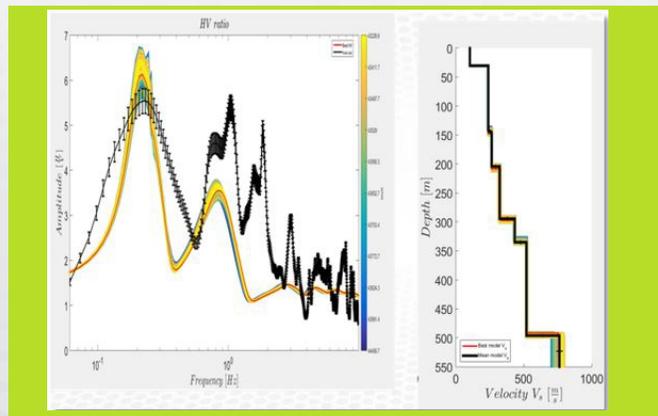
Caso 3: Ingeominas



Caso 1: Universidad Javeriana



Caso 2: Uniagrar



Caso 4: Funza.

SPAC de alta resolución

Mediciones de ruido sísmico multicanal
Perfiles de Vs desde 10m hasta 500m de profundidad



JEOPROBE GEOTECNIA ESPECIALIZADA, como empresa pionera en el desarrollo de la geofísica somera en Colombia y Latinoamérica, se complace en presentar el método SPAC de alta resolución. El método de autocorrelación espacial propuesto por Tokimatsu (1997), permite obtener la curva de dispersión por medio del cálculo del coeficiente de autocorrelación espacial, a partir de la medición de vibraciones ambientales en varias estaciones simultáneamente.

Para ello, se requiere registrar vibraciones ambientales de manera simultánea en varias estaciones que conforman un arreglo instrumental.

Con esa información, y mediante el procesado propuesto por Tokimatsu (1997), se obtiene la curva de dispersión de ondas Rayleigh que posteriormente se usa para determinar la estructura de velocidades buscada.

En **JEOPROBE** GEOTECNIA ESPECIALIZADA contamos con los equipos, el software, el personal calificado y la experiencia para la realización de pruebas SPAC de alta resolución y profundidad de penetración de hasta 500 m, utilizando como fuente el ruido ambiental.

Los equipos disponibles permiten la ejecución de arreglos lineales, circulares, triangulares y en forma de L, los cuales se adaptan a las condiciones de los espacios urbanos con un grado de intrusión mínimo durante la realización de los ensayos.

La versatilidad de equipos disponible en **JEOPROBE** GEOTECNIA ESPECIALIZADA permite realizar arreglos de hasta 78 receptores, sincronizados con GPS, cubriendo cualquier tipo de arreglo geométrico, con una banda de frecuencia comprendida entre 0.2 Hz y 200 Hz.



Sismógrafo de 24 canales con GPS (3)



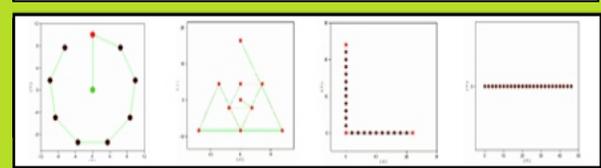
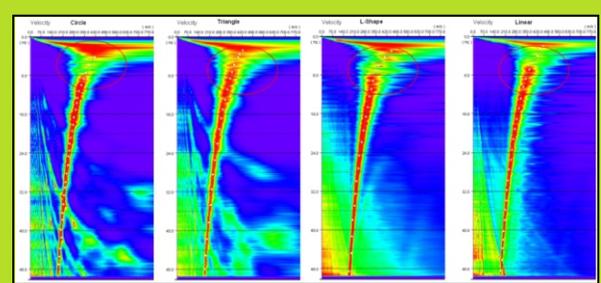
Acelerógrafo con GPS 0,2 Hz de 3 sensores triaxiales (2)



Geófono 4,5 Hz (72)



Geófonos 1 Hz (7)

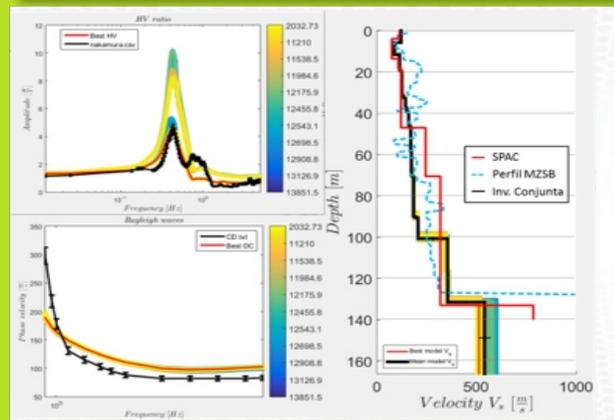
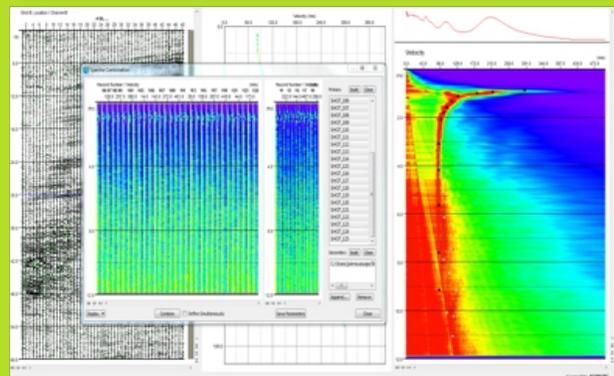
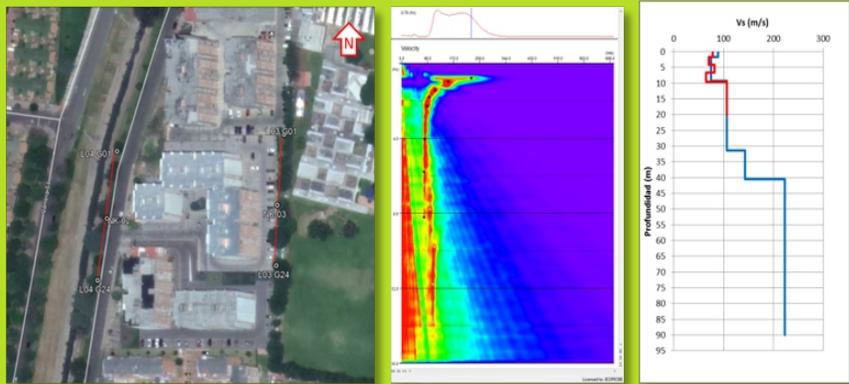


SPAC de alta resolución

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

-  **Medición de vibraciones ambientales:** Método no intrusivo, no se necesitan martillos, caída de masa ni explosivos como fuente.
-  **Configuración sencilla:** Todos los equipos registran en modo autónomo; por lo tanto, no se requiere el uso de PC como controlador.
-  **Sincronización con GPS:** No se requiere el uso de trigger. Precisión del GPS de 0.1 μ s.
-  **Amplio rango de frecuencia:** Con los sensores disponibles se pueden cubrir frecuencias entre 0.2 y 200Hz.
-  **Método de alta resolución y gran profundidad:** Arreglos de hasta 78 canales por medición, de acuerdo con los requerimientos de resolución y profundidad. Ejemplos propios y a nivel mundial reportan profundidades hasta de 500 m.
-  **Geometría flexible:** El método permite arreglos de cualquier forma, incluso geometrías irregulares.
-  **Combinación con otras técnicas:** Se pueden realizar inversiones conjuntas de la curva de dispersión de Onda Rayleigh + la curva HVSR del método de Nakamura, para aumentar el detalle o precisión del método.

Caso 2: Mediciones SPAC Mazurén

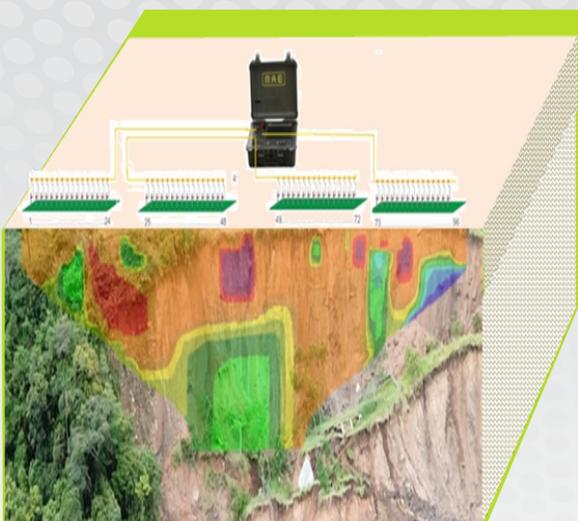


Caso 1: Mediciones SPAC Uniagraria. 48 canales, sensores de 4.5Hz y 1Hz, en arreglo sobre 240m de longitud. Inversión conjunta SPAC + HVSR curva HVSR del método de Nakamura, hasta 150m de profundidad para aumentar el detalle o precisión del método.

Comparación:

La línea roja corresponde al procesamiento de una línea MASW de 69 m de longitud, alcanzando una profundidad de 20m. La línea azul corresponde al análisis en conjunto de dos líneas de 69 m distanciadas 100 m entre ellas y analizadas bajo la técnica de SPAC, alcanzando 90m de profundidad.

MÉTODOS ELÉCTRICOS

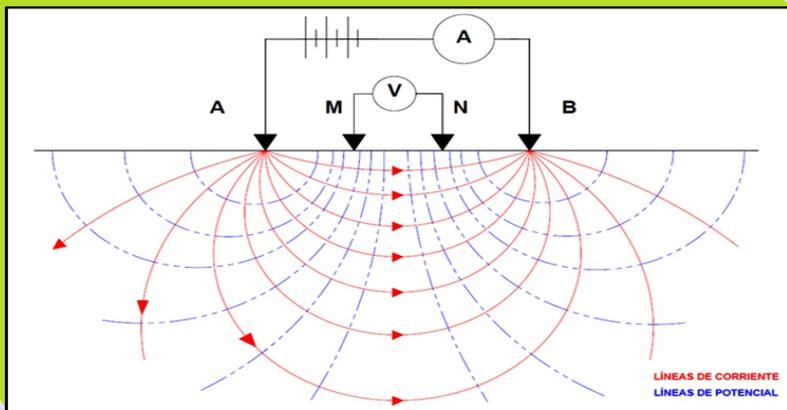


Tomografía de resistividad eléctrica:

Es un método de corriente continua cuya finalidad es determinar la variación de la resistividad eléctrica del subsuelo con la profundidad y a lo largo de un perfil, en 2 ó 3 dimensiones. La tomografía eléctrica es una técnica de múltiples electrodos, sobre la base teórica de los métodos de resistividad convencionales con algoritmos de inversión que permiten alta resolución (del orden de la separación entre electrodos en toda la sección y en profundidad). Es muy útil para conocer la variabilidad estratigráfica de los medios geológicos, identificar variaciones hidrogeológicas y estructuras enterradas.

Sondeos eléctricos verticales (SEV):

Es un método eléctrico que solo precisa 4 electrodos y se basa en introducir en el terreno un campo eléctrico de corriente continua mediante dos electrodos de corriente (A,B) conectados a un miliamperímetro, mientras que con los otros dos electrodos (M,N) que están conectados a un milivoltímetro, se mide cuál es la diferencia de potencial eléctrico ΔV entre esos dos puntos, parámetro a partir del cual se puede calcular el valor de la resistividad en el punto medio del dispositivo y a una profundidad determinada. Destaca por caracterizar el espesor y el valor de la resistividad de las distintas capas del subsuelo hasta una elevada profundidad de investigación. Solo permite obtener un perfil de velocidades 1D, y puede ser afectado por variaciones laterales de resistividad.

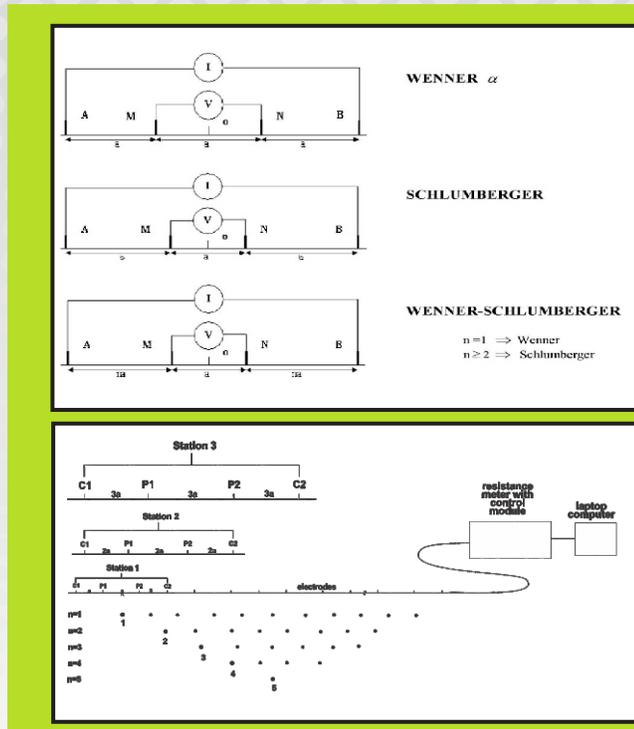


MÉTODOS ELÉCTRICOS

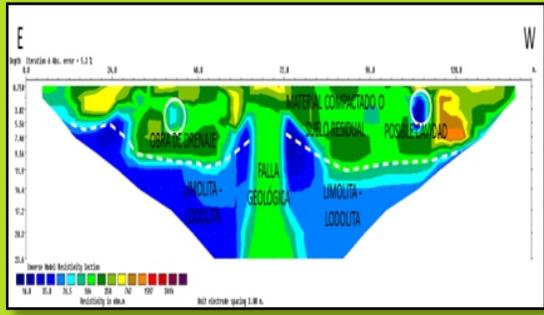
Especificaciones

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

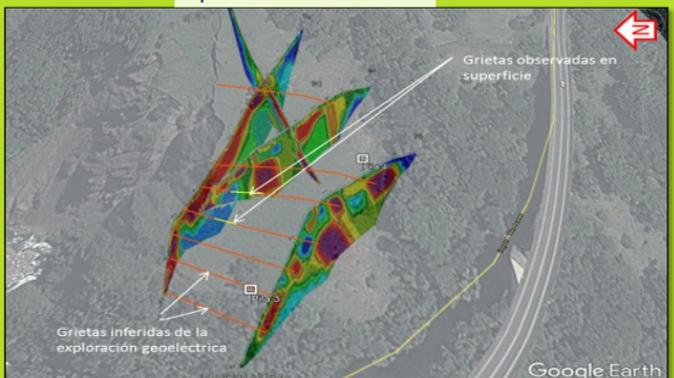
- Múltiples configuraciones de ensayo:** Flexibilidad para la utilización de diversas configuraciones Dipolo-Dipolo, Wenner-Schlumberger, Polo-Dipolo, etc.
- Adquisición automatizada:** Flexibilidad para programar la secuencia de inyección y medición deseada.
- SEV:** Posibilidad de realizar sondeos eléctricos verticales hasta 250 metros de profundidad.
- Geoeléctrica marina:** Posibilidad de realizar levantamientos en el fondo de ríos y mares hasta una profundidad de 15 metros.
- Mediciones:** Posibilidad de medir resistividad/conductividad, potencial espontáneo y polaridad inducida simultáneamente.
- QA/QC:** Múltiples herramientas para control de calidad de las mediciones.
- Aplicaciones:** Estudios geológicos, geotécnicos y ambientales, prospección de recursos minerales, determinación en detalle de zonas de daño y fallas geológicas en el subsuelo, geometría de las capas, así como espesores y características litológicas, detección de cavidades, cambios de facies, condiciones y cambios del agua en el terreno.



Fallas geológicas



Aplicación a deslizamientos



Down Hole

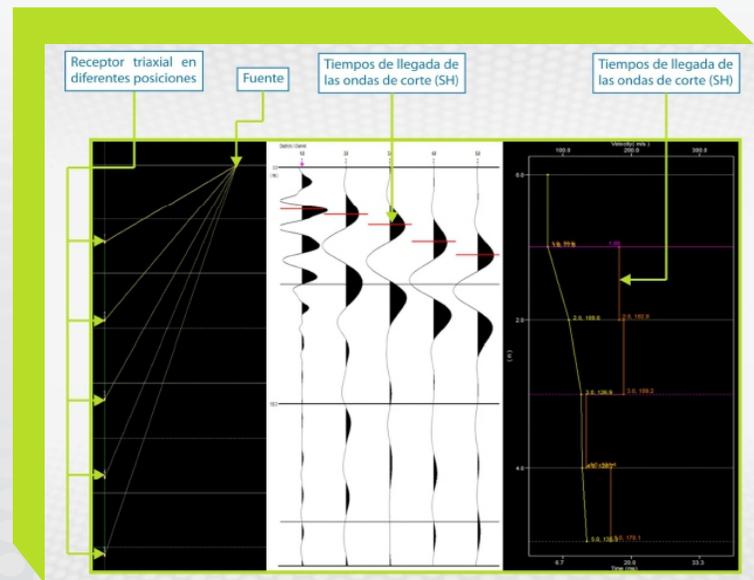
El ensayo Down Hole permite identificar los tiempos de llegada de las ondas producidas por una fuente en superficie. Esta técnica proporciona información muy precisa sobre la velocidad de propagación de las ondas sísmicas en los materiales que conforman el subsuelo. Los valores de velocidad de ondas P y de ondas S están directamente relacionados con importantes parámetros geotécnicos como, el módulo de corte, el módulo de elasticidad la relación de Poisson y el módulo volumétrico.

Para construir la estructura de la velocidad de onda de corte se requiere realizar las siguientes actividades:

- Realizar una perforación e instalar una tubería plástica de por lo menos 2 pulgadas de diámetro, y llenar el espacio entre el tubo y el terreno inyectando una lechada de cemento o una mezcla de bentonita-cemento.
- Generar ondas de corte golpeando en los extremos de una viga en la superficie y registrar la llegada de las ondas de corte a la profundidad deseada, repitiendo este procedimiento metro a metro hasta alcanzar la profundidad final de la perforación.
- Identificar los tiempos de llegada de las ondas de corte a diferentes profundidades.
- Las señales registradas por el sensor triaxial son registradas por el sismógrafo y procesadas posteriormente mediante software especializado.
- Se puede hacer un registro similar de señales de ondas de compresión generadas verticalmente mediante impacto en superficie. Esta permite la evaluación de V_p y con los valores de V_p y V_s se obtiene la relación de poisson.
- Construcción de la estructura de la velocidad de onda de corte en profundidad.



Procedimiento en campo para producción de ondas de corte tipo SH



SÍSMICA PARALELA (PARALLEL SEISMIC)

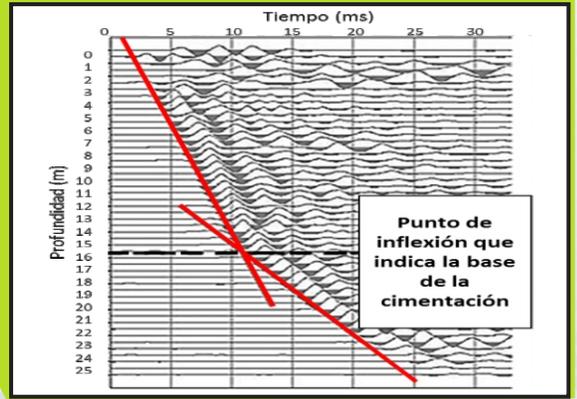
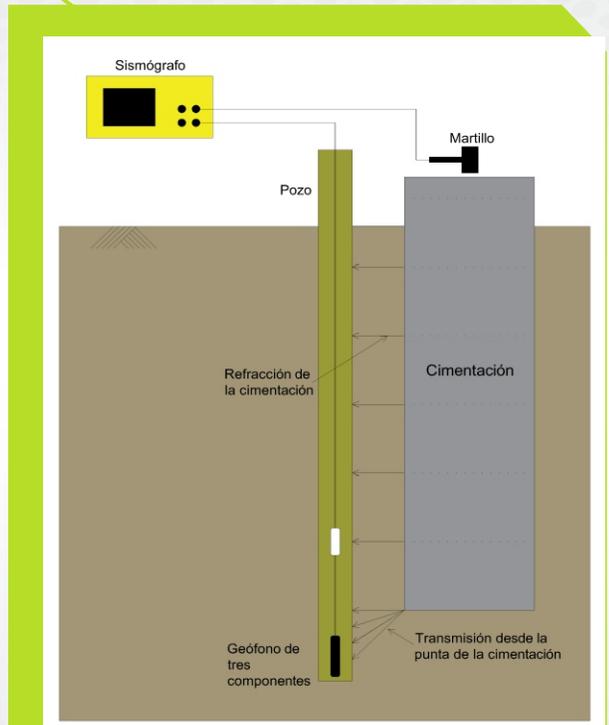


La sísmica paralela es un método de ensayo de pozo, similar al ensayo de Down Hole, desarrollado para la determinación de la profundidad de elementos de concreto (Pantallas, barretes, pilotes o caissons). Este método también podría detectar anomalías de gran magnitud dentro de la cimentación.

En el método de sísmica paralela, el tope expuesto de la cimentación es impactado por una fuente impulsiva (Martillo) para generar ondas compresionales o de corte, las cuales viajan a través de la cimentación y son refractadas al suelo que las rodea.

La llegada de la onda refractada es registrada a lo largo del pozo en intervalos regulares de distancia mediante el uso de un geófono de tres componentes. La profundidad de la cimentación se determina graficando los tiempos de las primeras llegadas como una función de la profundidad y observando la profundidad a la cual ocurre un cambio en la pendiente. Adicionalmente, la profundidad de la cimentación puede ser determinada observando la profundidad donde la amplitud de la energía de la señal se reduce considerablemente.

Para este método se debe perforar un pozo a una distancia entre 1 y 2 metros del borde de la cimentación, el cual debe alcanzar una profundidad de al menos 5 metros mayor que la profundidad de cimentación esperada. El pozo debe ser perforado garantizando su verticalidad y se debe colocar una tubería plástica con una lechada que garantice el acople de la tubería al terreno.



JEOPROBE GEOTECNIA ESPECIALIZADA tiene experiencia en la realización de exploración geotécnica directa utilizando una amplia variedad de métodos modernos de exploración y muestreo, que incluyen:

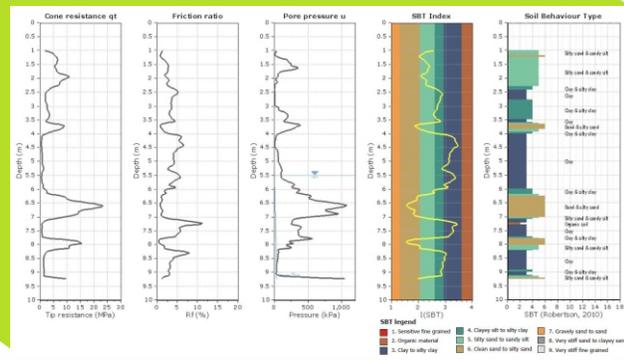
- ⚡ Perforación convencional por rotación o percusión y lavado.
- ⚡ Perforación utilizando direct push para obtención de muestras continuas o discretas sin contaminar.
- ⚡ Perforación mediante hollow stem augers con obtención de muestras discretas o continuas.
- ⚡ Monitoreo de energía del ensayo SPT.



Piezocono (CPTu)

Con este ensayo es posible obtener un perfil continuo de la estratigrafía y de parámetros del suelo, en especial para arcillas blandas y arenas sueltas a medias.

Al aplicar una adecuada calibración para cada geología en particular, se obtienen con gran precisión los siguientes parámetros geotécnicos del suelo:



- ⚡ Resistencia no drenada en arcillas (S_u).
- ⚡ Ángulo de fricción interna movilizada en la prueba (Φ).
- ⚡ Relación de sobreconsolidación en materiales finos.
- ⚡ Velocidad de propagación de onda de corte (V_s).
- ⚡ Módulos de rigidez por corte.

- ⚡ Coeficiente de tierras en reposo (K_0).
- ⚡ Parámetros de consolidación (C_v).
- ⚡ Conductividad Hidráulica o permeabilidad de los suelos (k).
- ⚡ Clasificación indicativa del comportamiento típico del material (arenas, limos, arcillas).

Ventajas

- ⚡ Mayor precisión en la caracterización del perfil de suelos para, posteriormente realizar análisis geotécnicos mas confiables y diseños óptimos evitando así sobrecostos o riesgos por desconocimiento de la propiedades de los materiales.
- ⚡ Reducción en los tiempos de obtención y análisis de parámetros para diseños geotécnicos con gran confiabilidad.
- ⚡ Maquina de fácil movilidad y poca afectación de área para trabajo.

Medición de vibraciones en estructuras



En ingeniería y arquitectura, la magnitud de las vibraciones de las estructuras (frecuencias, aceleraciones, velocidades, desplazamientos...) deben evaluarse en función de los criterios de aceptación o limitación de los valores tolerables. Adicionalmente, la medición de vibraciones en estructuras constituye un método práctico para determinar las características dinámicas básicas de un sistema estructural, tales como frecuencia natural de vibración, formas modales y amortiguamiento.

Por otra parte, es una buena práctica en la construcción y en la minería realizar mediciones que permitan determinar la magnitud de las vibraciones producidas por el desarrollo de sus actividades (Voladuras, hincas de pilotes, demoliciones, maquinaria pesada).

En **JEOPROBE** contamos con los equipos y el personal especializado para el monitoreo de vibraciones en estructuras y en el terreno, analizando los criterios de aceptación en función de estándares internacionales (Norma DIN 4150, ITME 1985, ISO 4866, USBM RI 8507, etc.) o para estudios de patología estructural u otros.

