

Análisis de Ondas Superficiales para monitoreo 4D en procesos de mejoramiento /compactación de suelos y evaluación de capacidad de carga permisible

Julio 2012

Palabras Clave: Geofísica, Refracción por microtremores (ReMi), Geotecnia, Velocidad de onda de corte (Vs), compactación de suelos, suelos en colapso, capacidad de carga.

El método de sismica por micro tremores, o de análisis de ondas superficiales, utiliza ruido natural o generado por la actividad humana para caracterizar la distribución de las ondas de corte en el subsuelo. La aplicación de esta tecnología, óptima en ambiente urbano e industrial por ser no invasivo, permite calcular la velocidad de propagación de la energía de ondas superficiales a partir de la cual es posible derivar el perfil de velocidades de ondas de corte y así obtener el espesor y características de la secuencias estratigráficas, determinar su rigidez (su consolidación) y determinar la profundidad del substrato geotécnico/roca entre otros.

Los diferentes métodos geotécnicos y geofísicos usados para caracterizar y cuantificar la rigidez del suelo son el CPT, SPT y el método sísmico downhole. Todavía, tanto el CPT/SPT y el método downhole son métodos invasivos que requieren la perforación de pozos. En ambos casos estos métodos son aplicados a condiciones perturbadas y son confiables sólo en un entorno muy cercano, en un volumen muy localizado cerca del pozo principalmente para evaluar métodos de compactación como el RDC (Rolling Dynamic Compactation). En el caso de mejoramiento de suelos con el método de columnas de piedra los métodos de evaluación CPT y SPT no parecen lo más apropiados por la naturaleza y forma de emplazamiento del método de compactación.

En relación a la evaluación de la capacidad de carga máxima permisible q_a , los métodos clásicos con prueba de laboratorio pueden ser ejecutados sobre material que es claramente perturbado. A través de la integración de las ondas de corte y el parámetro densidad que se obtiene mediante los estudios geotécnicos, se puede derivar en forma no invasiva (y no perturbada) la capacidad portante de los suelos en el área investigada en forma volumétrica con mejor representatividad desde el momento que se puede obtener mayor detalle tanto vertical (en el perfil investigado) como lateralmente.

Ejemplo de estudio

Se presenta el caso de una aplicación en correspondencia de una instalación de procesamiento de

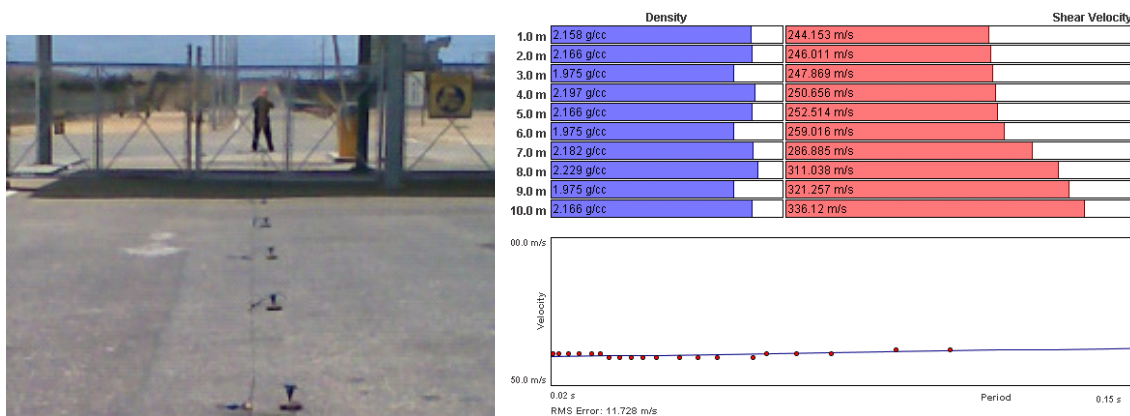


Figura 1. Adquisición datos & interpretación curva de dispersión.

crudo en la Faja del Orinoco donde se reporta la presencia de suelos colapsables.

Los objetivos fueron caracterizar el sitio y el monitoreo 4D de un proceso de mejoramiento de suelos ejecutado a través de columnas de piedra tipo Franki. Para tal fin se aplico el método sísmico superficial de micro tremores y algunos tendidos de refracción ejecutando un estudio de línea base previo al proceso de mejoramiento de suelo y un estudio posterior. Los estudios se ejecutaron con un sismógrafo de 24 canales y arreglos de geófonos de 1m.

En cada fase del proceso (pre y post mejoramiento), por cada tendido, se definieron curvas de dispersión para las cuales se calcularon un modelo de inversión, hasta los 10m. En cada modelo se define el valor de Vs en intervalos de un metro de profundidad obteniendo así un registro detallado de Vs en función de la profundidad (Figura 1). En cada fase los diferentes modelos fueron representados en un arreglo pseudo 3D (Figura 2) para la evaluación volumétrica de cada fase de evaluación.

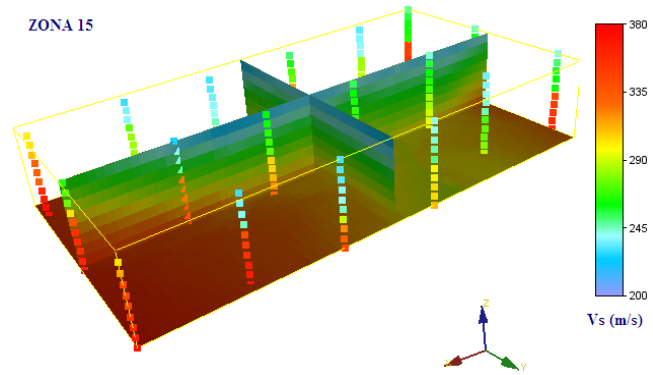


Figura 2. Evaluación Volumétrica Compactación

Los resultados sintetizados en un promedio de los diferentes modelos de Vs para una de las áreas estudiadas son presentados en la Figura 3 donde se puede observar la variación de las Vs pre y post compactación y el registro de la capacidad de carga permisible en función de la profundidad. En ambos gráficos se puede observar como el método aplicado contribuye la mejoría hasta los 9 m con mejores resultados de los reportados en literaturas para métodos similares de columnas de piedra vibro compactadas.

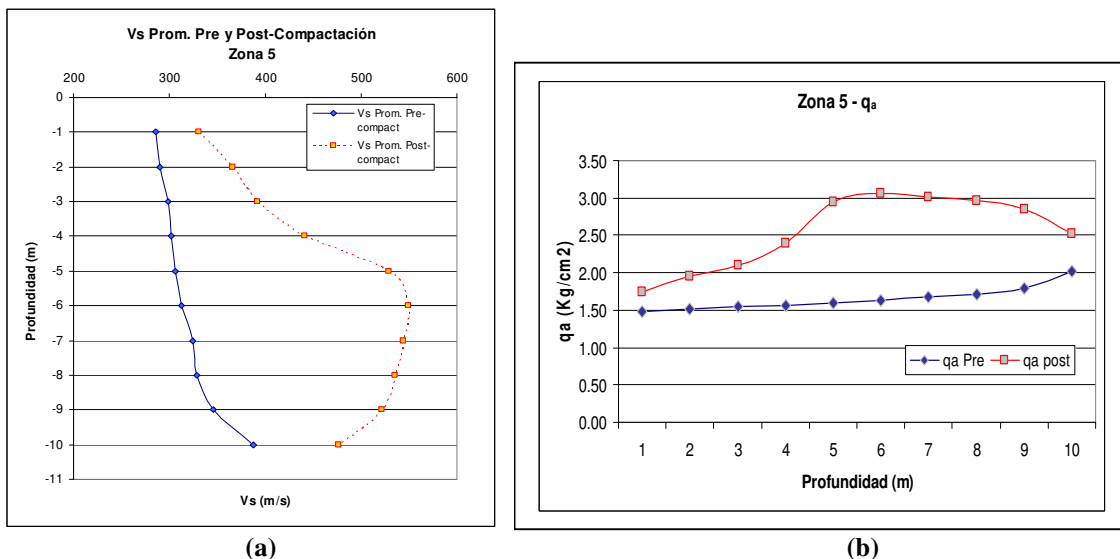


Figura 3. Evaluación Sintética Proceso de Compactación. Perfil promedio Vs pre y post mejoramiento (a). Registros qa / Profundidad promedio pre y post mejoramiento (b).