

## CORRELACIÓN DE RESULTADOS ENSAYOS DPSH Y SPT EN SUELOS FINOS

Sebastián Aravena Vidal (1); Miguel Jaramillo Bopp (2)

(1) Ingeniero Civil, U.T.F.S.M., ENDESA CHILE

(2) Ingeniero Civil, U. de Chile, M. Sc. en Geotecnia U. de Chile, ENDESA CHILE  
seav@endesa.cl - Marcoleta 665 Piso 6 Santiago Centro, Santiago

### Resumen

Este trabajo presenta la correlación obtenida entre los resultados de los ensayos DPSH y SPT ejecutados en un terreno con un alto contenido de suelos finos, principalmente limos de baja plasticidad.

En los primeros metros de ejecución de estos ensayos la relación  $N_{SPT}/N_{30}$  se encontró cercana a la unidad, pero a medida que se aumentaba en profundidad esta relación comenzó a disminuir. Este hecho se atribuyó a la fricción ejercida por el terreno sobre las barras durante la ejecución del ensayo DPSH.

Pudiendo independizarse de otras variables existentes, se puede afirmar que la relación  $N_{SPT}/N_{30}$  se encuentra cercana a la unidad para suelos finos.

*Palabras-Clave: DPSH, SPT, suelos fino, fricción.*

### Abstract

This paper presents the correlation obtained between DPSH and SPT tests performed in an area with high content of fine soils, primarily silts of low plasticity.

In the first meters of these tests the relationship  $N_{SPT}/N_{30}$  was found close to unity, but as it grew in depth this relationship began to decrease. This is mainly attributed to the friction of the ground on the bars during the execution of DPSH.

Independent of other existing variables, it can be said that the relationship  $N_{SPT}/N_{30}$  is close to unity for fine soils.

*Keywords: DPSH, SPT, fine soils, friction.*

## 1 Introducción

Los ensayos DPSH (*Dynamic Probe Super Heavy*)<sup>1</sup> y SPT (*Standard Penetration Test*) corresponden a mediciones de penetración dinámica del terreno ejecutados in situ. La principal diferencia entre estos ensayos radica en que el ensayo DPSH es realizado de manera continua desde nivel de terreno natural, mientras que el ensayo SPT se realiza de manera discreta a través de la ejecución de una perforación tipo sondaje. Otra diferencia importante corresponde al elemento ubicado en la punta de las barras hincadas, el cual corresponde a una cuchara del tipo partida en el ensayo SPT, y a un cono cilíndrico de 60° de ángulo en el ensayo DPSH.

Las principales ventajas del ensayo SPT sobre el DPSH son entre otras: la gran cantidad de bibliografía existente, la obtención de muestras del terreno (aunque perturbada), y la posibilidad de alcanzar mayores profundidades para la ejecución del ensayo. La normativa más utilizada a nivel nacional para la ejecución del SPT es la ASTM D1586.

No existe normativa para la ejecución del ensayo de DPSH a nivel nacional, a excepción de ciertas características generales indicadas en el Manual de Carreteras - Sección 8.102.12. Como normativa internacional se identificó la norma española UNE 103801-1994.

En ambos ensayos se debe tener en consideración las características del terreno a investigar, las cuales definirán el grado de aplicabilidad de estos ensayos y la correcta definición de parámetros geotécnicos.

## 2 Definición ensayos

Los resultados de los ensayos DPSH y SPT utilizados en este trabajo se enmarcan dentro de una campaña de exploración geotécnica definida para un proyecto de Parque Eólico ubicado en la Comuna de Renaico, Provincia de Malleco, IX Región de La Araucanía.

El terreno donde se emplazará el proyecto se caracteriza por la existencia de suelos finos en sus estratos superficiales, los cuales geológicamente se asocian a depósitos sedimentarios de baja energía, transportados principalmente por la interacción de los tres ríos mayores de la zona, que son el Biobío, Renaico y Malleco. Otro dato característico del terreno es su orografía prácticamente llana.

Ocho (8) fueron los pares de ensayos DPSH - SPT ejecutados en esta campaña de exploración. Cada par de ensayo se realizó con una separación de 3 [m], distancia que tuvo como objetivo mantener en profundidad las condiciones estratigráficas donde eran ejecutados los ensayos. La ubicación de los ensayos trató de abarcar homogéneamente un área aproximada de 1000 [ha].

Para la hincada de las barras, en ambos ensayos se utilizó el impacto de una masa estandarizada de 63,5 [kg] dejada caer desde 76 [cm] de altura. En los ensayos SPT se utilizó el criterio de rechazo indicado en la norma ASTM D1586, mientras que para el ensayo DPSH se utilizó como criterio de rechazo el alcanzar 100 [golpes] para avanzar 15 [cm] de penetración de las barras.

---

<sup>1</sup> Este ensayo se conoce también como "Cono de Penetración Dinámica Súper Pesada".

### 3 Resultados

Las Figuras 1 - 8 presentan los resultados de los ensayos de DPSH y SPT analizados en este trabajo. Estos resultados corresponden a los valores medidos directamente del ensayo, a los cuales no se les ha aplicado ningún tipo de corrección o normalización. En estas mismas figuras se ha incorporado información sobre la profundidad de la napa y la clasificación USCS en profundidad en cada posición.

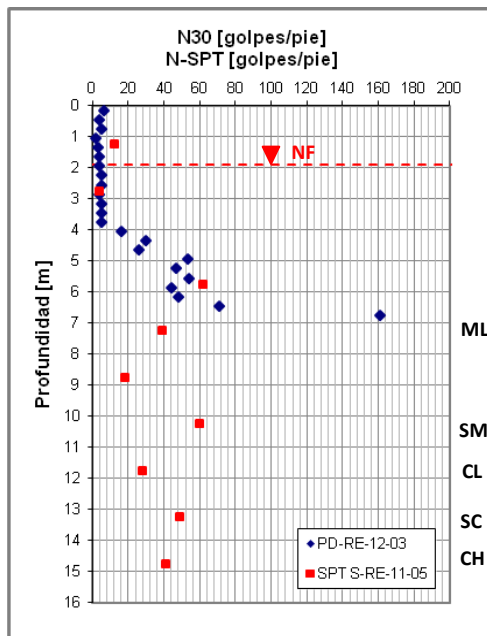


Figura 1: Resultados ensayos PD-RE-12-03 y SPT S-RE-11-05.

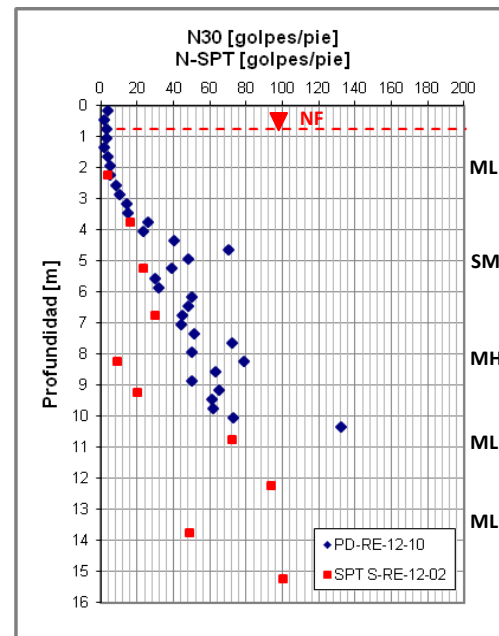


Figura 2: Resultados ensayos PD-RE-12-10 y SPT S-RE-12-02.

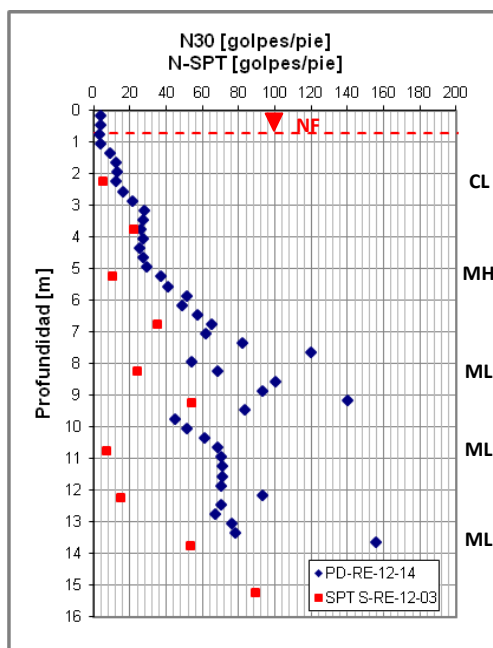


Figura 3: Resultados ensayos PD-RE-12-14 y SPT S-RE-12-03.

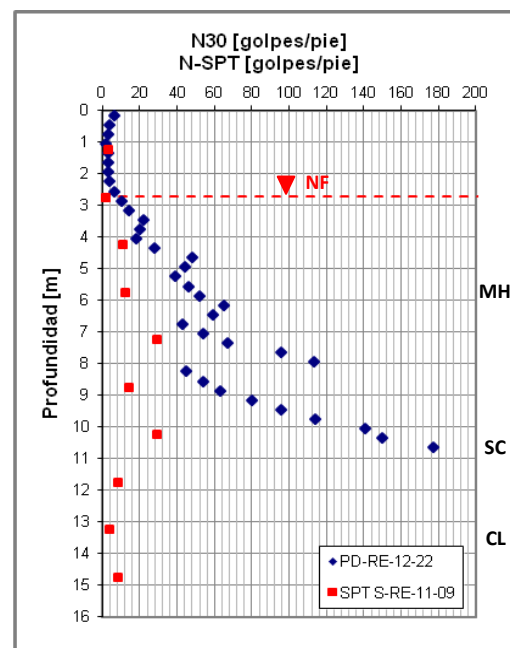


Figura 4: Resultados ensayos PD-RE-12-22 y SPT S-RE-11-09.

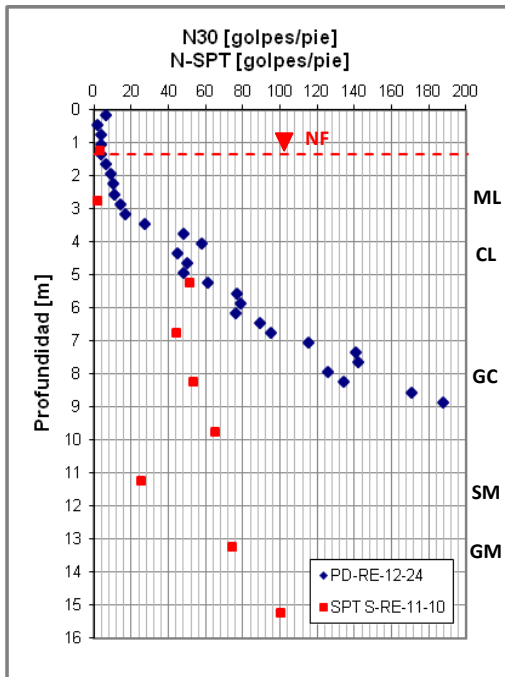


Figura 5: Resultados ensayos PD-RE-12-24 y SPT S-RE-11-10.

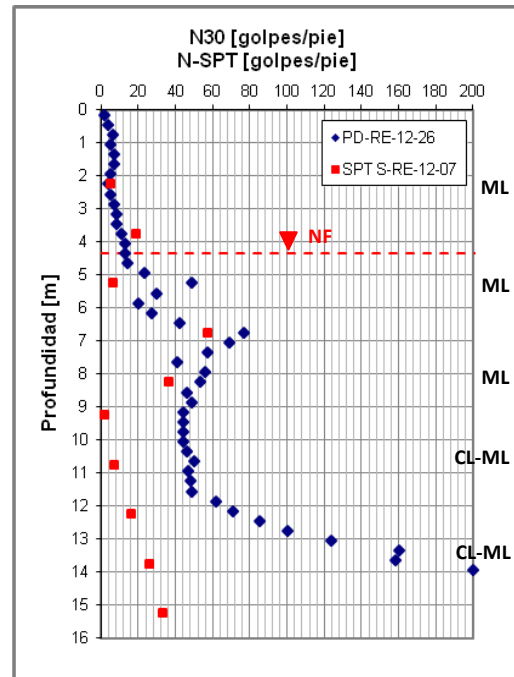


Figura 6: Resultados ensayos PD-RE-12-26 y SPT S-RE-12-07.

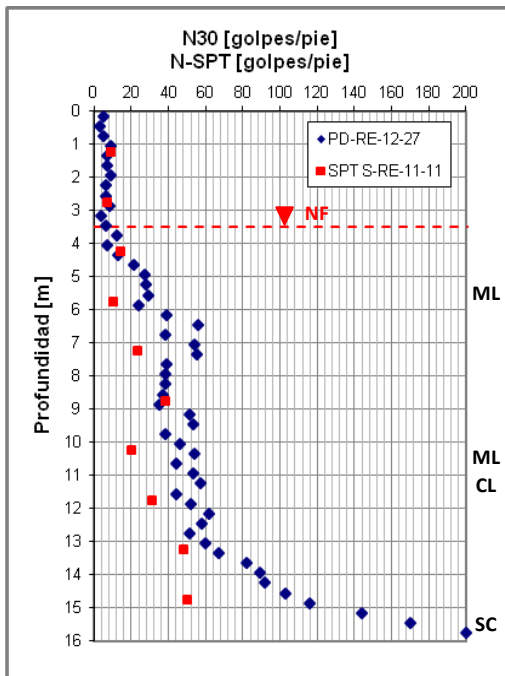


Figura 7: Resultados ensayos PD-RE-12-27 y SPT S-RE-11-11.

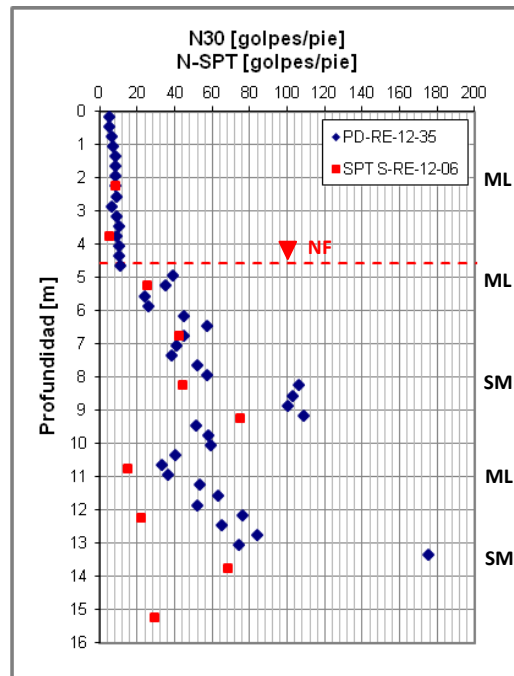


Figura 8: Resultados ensayos PD-RE-12-35 y SPT S-RE-12-06.

Los resultados obtenidos en los primeros metros de ejecución de los ensayos, donde existe el más alto porcentaje de finos del terreno, indicarían que la relación entre los resultados de los ensayos DPSH y SPT, representados por  $N_{30}$  y  $N_{SPT}$  respectivamente, se encuentra cercana a la unidad. Sin embargo, los resultados de los ensayos DPSH comienzan a distanciarse de los resultados del ensayo SPT a medida que se aumenta en profundidad. Este hecho que se atribuye principalmente a la fricción ejercida por el terreno sobre las barras durante la ejecución del ensayo DPSH.

Por otro lado, se puede afirmar que ambos ensayos identifican las variaciones de resistencia a la penetración a una misma profundidad.

#### 4 Análisis

Con el fin de obtener un coeficiente de corrección por fricción ( $C_f$ ) que permita la obtención de un índice de penetración estándar,  $N_{SPT\_PD}$ , a partir de los resultados del ensayo DPSH, se procedió a correlacionar la razón  $N_{SPT}/N_{30}$  en función de la profundidad (Figura 9). En este análisis no fueron utilizadas las mediciones obtenidas en materiales con un porcentaje de finos menor al 50 [%].

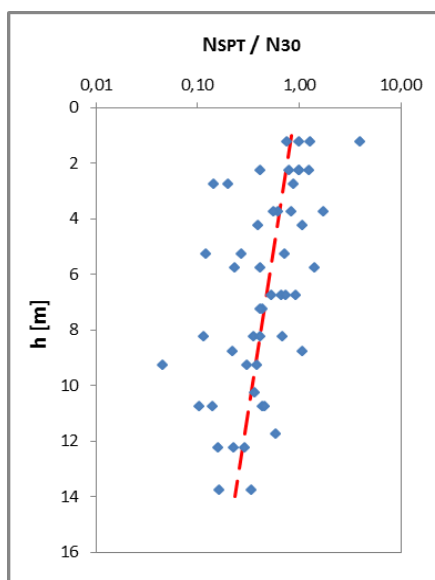


Figura 9:  $N_{SPT}/N_{30}$  en función de la profundidad.

A continuación se presentan las relaciones obtenidas entre los resultados de los ensayos DPSH y SPT.

$$N_{SPT\_PD} = C_f N_{30} \tag{1}$$

$$C_f = 1,013e^{-0,125h} \tag{2}$$

Donde  $h$  corresponde a la profundidad de la ejecución del ensayo de DPSH en metros.

Aplicando las Ecs. (1) y (2), en las Figuras 10 - 17 se presentan los valores de  $N_{SPT\_PD}$  a partir de los resultados de los ensayos DPSH. Adicionalmente, se graficaron los valores  $N_{SPT}$  de los materiales con un porcentaje de finos mayor al 50 [%]. Las diferencias observadas entre los valores reales de  $N_{SPT}$  y los obtenidos a través de las relaciones definidas en este trabajo se atribuyen a factores como: disminución del contenido de finos, cambios de estratigrafía entre la ubicación de un par de ensayo, variaciones de la energía aplicada en los ensayos, eventuales inclinaciones de la barras durante la ejecución del ensayo DPSH, terrenos de alta compacidad o consistencia, otros.

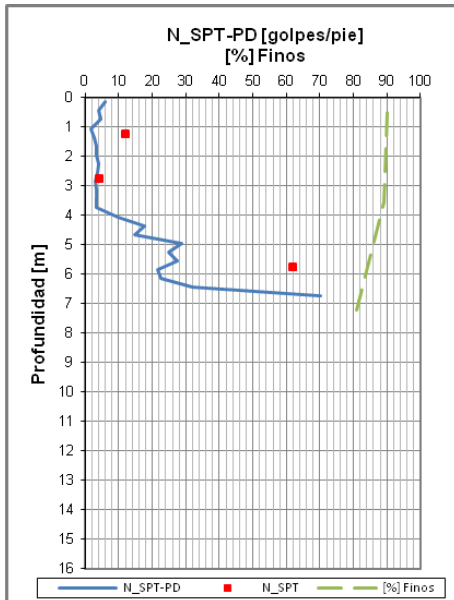


Figura 10: Comparación de resultados  $N_{SPT\_PD}$  (PD-RE-12-03) y  $N_{SPT}$  (S-RE-11-05).

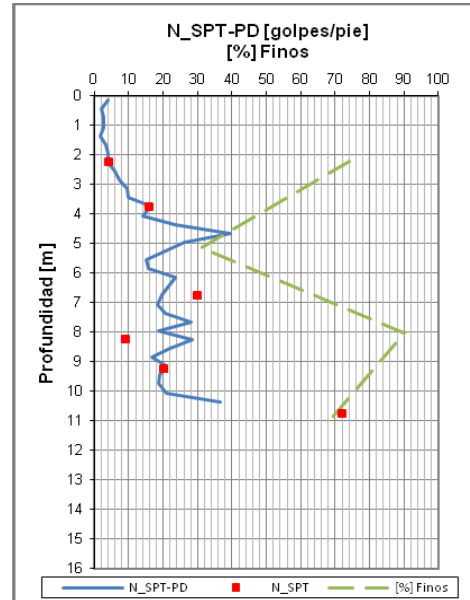


Figura 11: Comparación de resultados  $N_{SPT\_PD}$  (PD-RE-12-10) y  $N_{SPT}$  (S-RE-12-02).

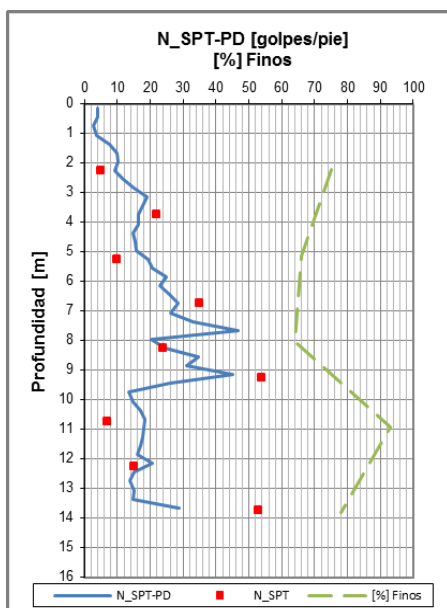


Figura 12: Comparación de resultados  $N_{SPT\_PD}$  (PD-RE-12-14) y  $N_{SPT}$  (S-RE-12-03).

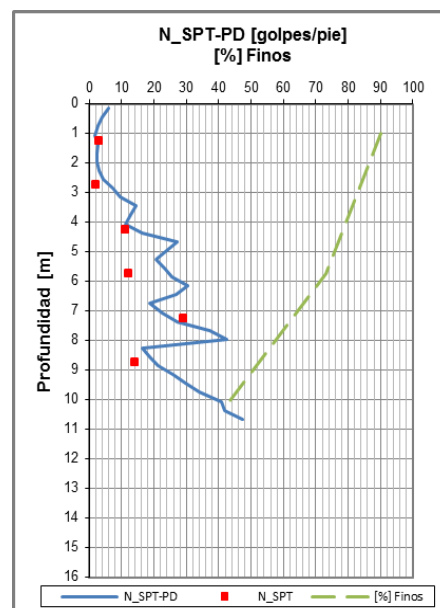


Figura 13: Comparación de resultados  $N_{SPT\_PD}$  (PD-RE-12-22) y  $N_{SPT}$  (S-RE-12-09).

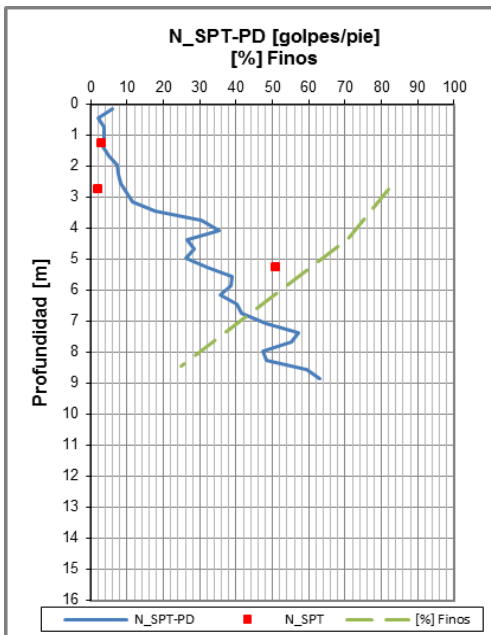


Figura 14: Comparación de resultados N<sub>SPT\_30</sub> (PD-RE-12-24) y N<sub>SPT</sub> (S-RE-11-10).

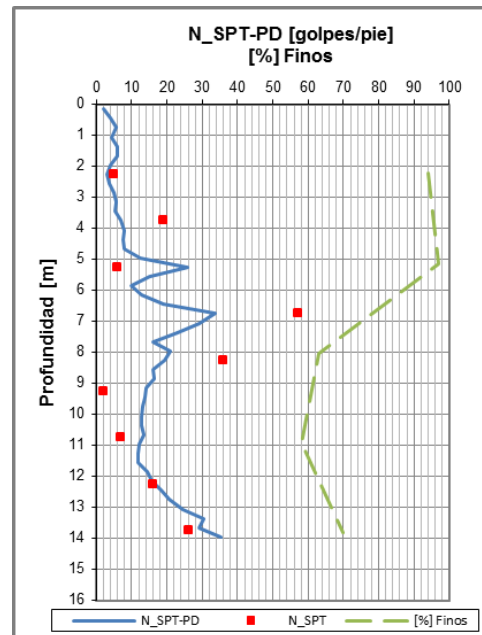


Figura 15: Comparación de resultados N<sub>SPT\_PD</sub> (PD-RE-12-26) y N<sub>SPT</sub> (S-RE-12-07).

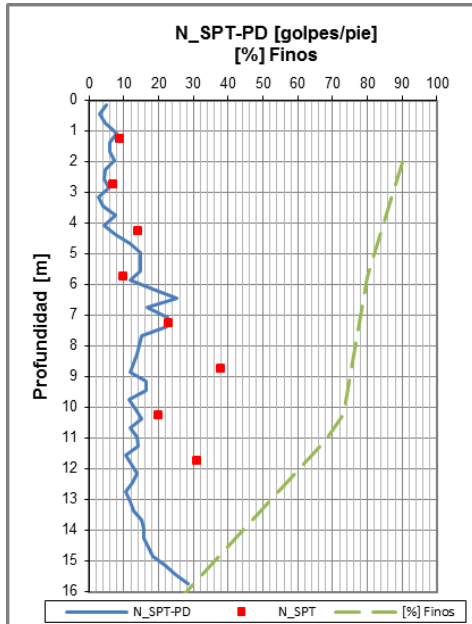


Figura 16: Comparación de resultados N<sub>SPT\_PD</sub> (PD-RE-12-27) y N<sub>SPT</sub> (S-RE-11-11).

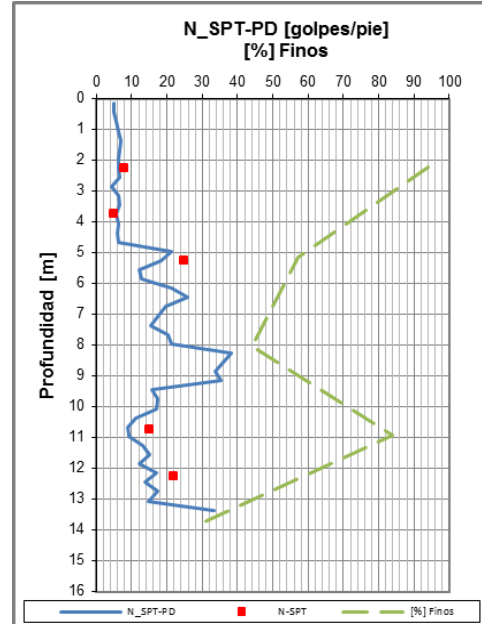


Figura 17: Comparación de resultados N<sub>SPT\_PD</sub> (PD-RE-12-35) y N<sub>SPT</sub> (S-RE-12-06).

## 5 Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que la relación  $N_{SPT}/N_{30}$  para suelos finos se encuentra cercana a la unidad tras la aplicación de un factor de corrección por fricción ( $C_f$ ) a los resultados del ensayo DPSH.

La gran pérdida de energía en los ensayos de DPSH hace que este tipo de ensayo sólo se recomiende para profundidades de exploración en torno a los 10 [m] y con valores esperables de  $N_{SPT}$  bajo 30 [golpes/pie].

La utilización de la correlación propuesta en este trabajo se recomienda para zonas que presenten características similares al lugar donde fueron ejecutados los ensayos analizados.

La ejecución de ensayos DPSH por sí solos no es recomendable para la caracterización geotécnica de un sitio. Al tratarse de un ensayo sin extracción de muestras y que la única variable que puede ser controlada es la cantidad de golpes para la hincada, resulta imposible realizar una interpretación de los resultados sin mayores antecedentes. En base a lo anterior, se recomienda siempre la ejecución de ensayos de DPSH en conjunto con otros tipos de ensayos y prospecciones que permitan su correlación.

Debido a la particularidad de este análisis, se recomienda en la ejecución de futuros trabajos la generación de correlaciones entre DPSH vs  $S_u$ , DPSH vs CPTU, entre otras.

El ensayo DPSH resulta atractivo desde el punto de vista económico y de plazos, ya que permite explorar grandes extensiones de terreno en plazos relativamente cortos y a un bajo costo.

## 6 Referencias

- [1] C MacRobert, D Kalumba y P Beales. *Correlating Standard Penetrating Test and Dynamic Probe Super Heavy Penetration Resistance Values in Sandy Soils*. Journal of the South African Institution of Civil Engineering, Volume 53 Number 1, April 2011.
- [2] G Vivar. *Aplicabilidad del Cono Dinámico Tipo Peck*. Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Arequipa, Perú, Octubre 2007.
- [3] Norma ASTM D1586 – Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils.
- [4] Norma UNE 103801:1994 - Geotecnia. Prueba de Penetración Dinámica Superpesada.