Región Industrial

Nº34
JUNIO 2005

Revista del Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de la Región de Murcia

Desaladoras Flotantes

El necesario Estudio Geotécnico

Jesús H. Alcañíz Martínez (*)

En el "Boletín Informativo" colegial del mes de mayo de 2005 aparece una reseña titulada "ESTUDIO GEOTÉCNICO EN PROYECTOS", con una carta - comunicado a los colegiados sobre la necesidad de la realización de un Estudio Geotécnico previo a la presentación del Proyecto en el Colegio, para proceder a su visado, como medida de garantía y seguridad estructural del inmueble proyectado, dado que las Compañías de Seguros son muy sensibles a estos asuntos, a la vista de la obligatoriedad de la LOE en otras edificaciones y de los siniestros que se vienen produciendo, por causas debidas al comportamiento del suelo y de las cimentaciones.

Ya en el pasado número 20 de esta misma revista, allá por el mes de Marzo del año 2002, aparecían unas páginas donde se daban los primeros esbozos de cómo hacer un Estudio Geotécnico, a través de un artículo titulado "El estudio geotécnico en naves industriales", que hoy podemos considerarlo de total actualidad.

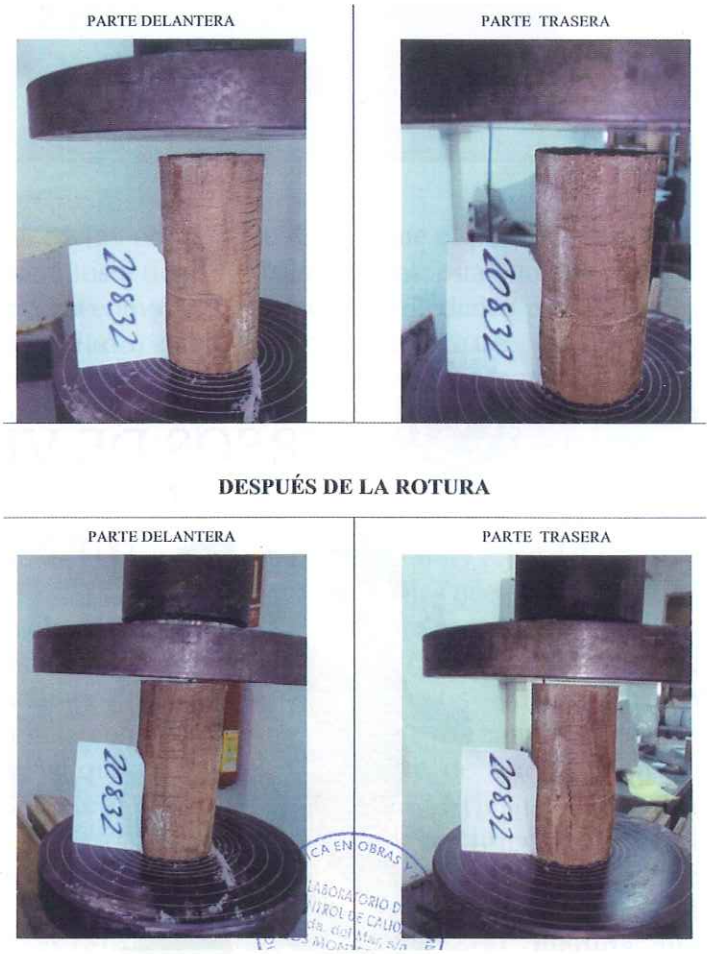
La necesidad del Estudio Geotécnico

Parece claro y de todos ya conocido, que disponiendo de un adecuado Informe Geotécnico, podríamos dar respuesta a las siguientes cuestiones, que en ocasiones nos plantean algunas dudas:

· Conocimiento del terreno
· Estudio de la tensión admisible
· Adecuado dimensionamiento de las cimentación y de los muros
· Localización del nivel de apoyo de cimentación
· Cobertura de responsabilidades

Estudiando cada uno de estos aspectos seremos capaces de resolver adecuadamente nuestras cimentaciones a nivel de proyecto y posteriormente para la ejecución de la propia obra.

Por tanto, la no realización del preceptivo Estudio Geotécnico, conllevaría el incumplimiento en el conocimiento de estos cinco aspectos, con lo que ello conlleva de repercusión en nuestra toma de decisiones y en la propia responsabilidad del Ingeniero Técnico como Proyectista y como Director de Obra.



Detalle del proceso de Ensayo a Compresión de una muestra de terreno. Véanse las distintas secuencias y su estado final al acabar el ensayo

Conocimiento del terreno
Con esta información se llega a conocer las características del terreno, tanto desde el punto de vista de las necesidades geotécnicas, para la cimentación del edificio, como para conocer la tipología general del terreno de cara a su escavabilidad y a su uso como material de terraplén y de soporte de la capa de base de la posterior solera de hormigón de la nave.

Estudio de la tensión admisible
Con ello conoceremos la capacidad portante del terreno y su tensión admisible, en función de la tipología prevista para la cimentación de la nave. Nos facilitará también otros parámetros, como los asientos previsibles, cohesión y ángulo de rozamiento interno.

Detalle de una caja de sondeos donde se custodian y exponen las muestras del terreno extraído, para su estudio e interpretación, así como para su posterior traslado al laboratorio

Adecuado dimensionamiento de la cimentación y de los muros
Con los datos obtenidos del Informe Geotécnico, conociendo los parámetros citados, dimensionaremos nuestra cimentación, generalmente mediante zapatas aisladas, arriostradas y algunas zonas de zunchos de atado y de zapatas corridas, así como el dimensionado y armado de muros y otras estructuras complementarias. En caso de cimentaciones especiales, se requiere un tratamiento específico en cada caso, objeto de estudio particular.

Localización del nivel de apoyo de cimentación
Con el Perfil Estratigráfico que nos proporciona el Informe Geotécnico, llegamos a conocer las distintas capas o estratos del terreno, su potencia (espesor del estrato), su capacidad portante en cada punto y su profundidad (se nos indica también la posible presencia de nivel freático) y con todo ello, decidimos la cota o el nivel de apoyo de la nueva cimentación.

Cobertura de responsabilidades
Además de los aspectos puramente técnicos que nos proporciona la información del Estudio Geotécnico, no debemos olvidar los efectos colaterales. Y como mas importante, la responsabilidad del Ingeniero T. Industrial, como Proyectista y como Director de Obra, que con esta herramienta, además de garantizar la seguridad en la toma de decisiones, desde el punto de vista estructural, está cubierto por su seguro frente a posibles lesiones debidas a fallos del terreno o problemas de cimentación, además de las responsabilidades de la propia empresa, en caso de error en sus actuaciones, sin olvidar que el Promotor en esos casos, se aparta de esa responsabilidad en base a su reconocida "falta de conocimientos técnicos", con lo cual recae en el Ingeniero toda esa responsabilidad.

Alternativas de Estudios Geotécnico
Una vez que están claras las observaciones expuestas anteriormente, es bueno recordar que son varias las alternativas que nos presenta el mercado, para la realización de una campaña de Estudio Geotécnico: Sondeos Mecánicos (S. M.), Penetraciones Dinámicas (P. D.) y Catas de Reconocimiento (C. R.), fundamentalmente:
El Sondeo Rotativo (S. R.) o Sondeo Mecánico (S. M.), es el ensayo de campo más fiable y de uso más extendido. Se utiliza una batería con una corona recambiable de widia o de diamante, que permite perforar cualquier tipo de terreno, suelo o roca. Se obtiene un testigo continuo que permite una interpretación exacta de la estratigrafía del terreno. Del interior de los sondeos se tomarán las correspondientes Muestras Inalteradas (M. I.), para realizar posteriormente en laboratorio, los ensayos de caracterización del terreno, cada dos metros como máximo y en todos los estratos diferentes. Después de cada M. I. se realiza un Ensayo de Penetración Estandar (S.P.T.) que consiste en introducir una cuchara bipartida (se puede tomar muestra del terreno atravesado) o una puntaza ciega y mediante golpeo (con una maza de 63,5 Kg a 76 cm de altura de caída) en una longitud de 45 cm, contabilizando el número de golpes, que corresponde a cada avance parcial de 15 cm.
El resultado N del ensayo, es la suma de los golpeos

de la segunda y tercera penetración parcial. En el interior del mismo sondeo se puede proceder a la instalación de un "tubo piezométrico" para el control del nivel freático.
Los ensayos de Penetración Dinámica (P. D.) consisten en hacer penetrar en el terreno una puntaza de dimensiones normalizadas, por aplicación de una determinada energía de impacto que proporciona una medida indirecta, pero continua, de la resistencia, dureza y deformabilidad del terreno.
Por eso, sus resultados deben evaluarse de forma cualitativa y siempre como complemento a la realización de Sondeos Rotativos. Son muy adecuadas para terrenos arenosos o limo arcillosos, no siendo aptos para terrenos duros, capas de gravas o capas de relleno, ya que en un solo "bolo" puede dar el rechazo como resultado e invalidar la prueba.
Las Catas de Reconocimiento (C. R.) permiten la observación directa del terreno así como la toma de muestras alteradas e inalteradas y la realización de algunos ensayos "in situ". Sólo se realizarán como complemento a otros métodos de prospección, en terrenos cohesivos, sin aparición del nivel freático. Para no alterar el terreno, se recomienda realizar las catas, siempre que sea posible, fuera de la planta de la nave o al menos, sin coincidir con futuras zapatas.

Ensayos de Laboratorio

Una vez tomadas las muestras de terreno por cualquiera de los métodos descritos, se procede a la realización de los correspondientes ensayos de laboratorio. No vamos a entrar en una descripción profunda del método de ensayo, ni de su proceso de realización, pero si nos debe quedar claro el tipo de ensayo necesario, para cada resultado que queremos obtener, de cuya interpretación extraeremos nuestras propias conclusiones a la hora de proyectar la cimentación de la nave.
Los Ensayos de Laboratorio que se deben realizar serán imprescindiblemente: Determinación del Grado de Humedad Natural, Densidad, Análisis Granulométrico, Límites de Atterberg (plasticidad), Compresión Simple (Para el cálculo de la tensión admisible) y Determinación del Contenido de Sulfatos (posibles ataques al hormigón).
Opcionalmente y dependiendo del tipo de terreno que nos encontremos y de las necesidades de información, por el tipo de obra de que se trate, se deberán realizar también los ensayos de Hinchamiento "Lambe" (expansividad), Corte Directo (cohesión y ángulo de rozamiento interno) y el Edométrico (cálculo de asientos), como más habituales.

En los Anejos al preceptivo Informe Geotécnico se presentarán las Actas de Resultados de los Ensayos de Laboratorio, debiéndose comprobar su Acreditación Oficial para realizar esos trabajos.

Interpretación del Informe Geotécnico

Otro problema con el que nos encontramos con frecuencia es saber interpretar el documento, la trazabilidad de los datos que nos proporciona, entender sus conclusiones y con ello, tomar las decisiones pertinentes para la redacción de nuestro Proyecto. No es esta una tarea fácil, dada la amplitud de diversidad de tipos de Informes Geotécnicos y los criterios de sus técnicos redactores.
Se necesita profundizar mucho en este sentido y no se puede conseguir en el corto espacio físico que nos proporciona un artículo, serian necesarias algunas páginas más, que dejaremos para otra ocasión. Lo que si es imprescindible es tener las nociones básicas para su interpretación, destacando las siguientes:
En cuanto a los resultados de los Trabajos de Campo se debe comprobar que son suficientes para el tipo de terreno y edificación proyectada.
Deberá ir claramente definido el tipo de trabajo que se ha realizado: Sondeos Mecánicos (S.M.), Penetraciones Dinámicas (P.D.), Catas de Reconocimiento (C.R.), etc.
En todos los casos, comprobaremos que la profundidad de investigación haya sido mayor o igual que:

· Para zapatas: Cota de apoyo de la cimentación mas dos veces el ancho de la zapata.
· Para losas: Cota de apoyo de la cimentación mas el ancho de la dimensión menor del edificio.

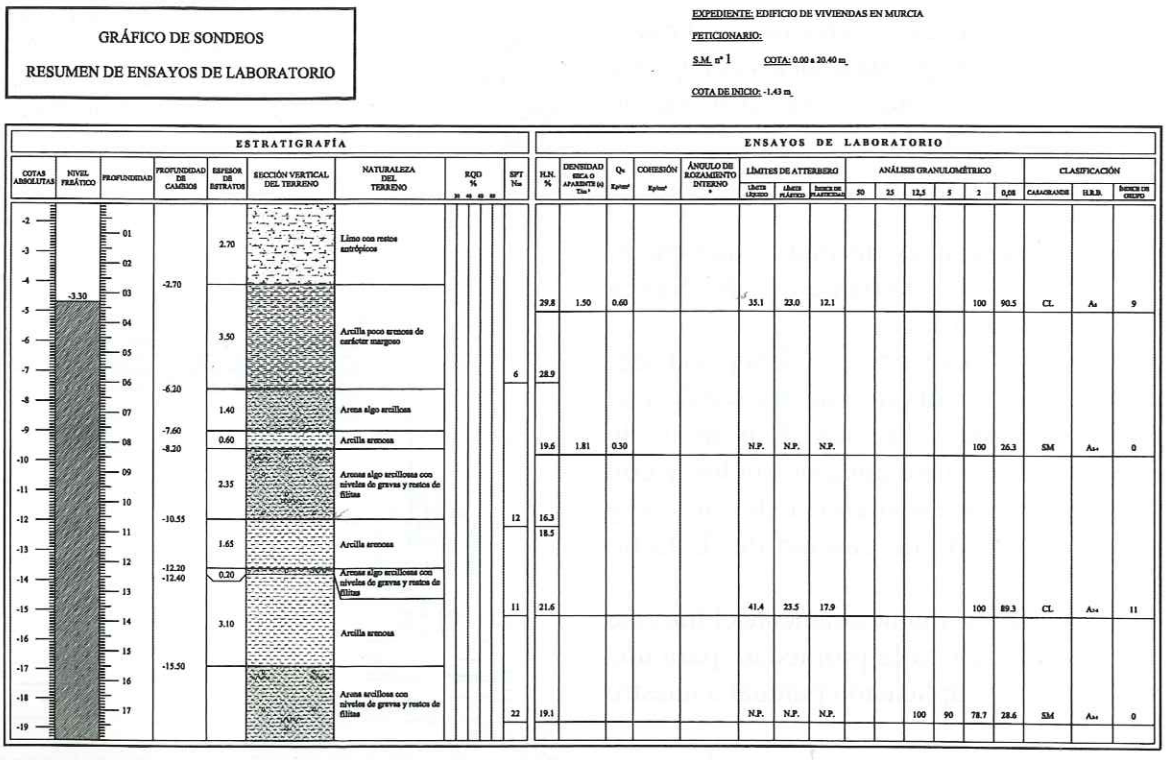
Aspecto general de un equipo de sondeos en trabajos de campo, emplazado en uno de los puntos objeto de investigación

· Para pilotes: Cota de apoyo del pilote más cinco veces su diámetro.

Por otra parte, debemos comprobar en todos los casos, la correspondiente Acreditación Oficial de los equipos utilizados en los trabajos de campo y de la empresa responsable de los mismos, que puede no coincidir con los redactores del propio Informe Geotécnico.
Debemos comprobar también que exista concordancia en todo momento, entre los trabajos realizados, los resultados obtenidos y las conclusiones emitidas (Por ejemplo: no se pueden recomendar pilotes a 20 m, si se ha realizado un solo sondeo a 10 m de profundidad, en un solar de seiscientos metros cuadrados)
En cuanto a los Ensayos de Laboratorio que se realicen debemos conocer que la Humedad Natural (Hn) de un suelo nos da una clara idea de su comportamiento futuro.
Además utilizaremos el ensayo de Límites de Atterberg, donde en función de su resultado podemos detectar suelos mas o menos resistentes en presencia de cambios de humedad y su comportamiento frente a esos cambios.
Se trabaja con tres parámetros claros: Límite Líquido (Ll), Límite Plástico (Lp) y el Índice de Plasticidad (Ip), como diferencia entre los dos primeros. Todo ello nos va a dar idea del comportamiento plástico del terreno objeto de ensayo.
Por ejemplo en suelos granulares el "Ip" igual a cero es el ideal: Se trataría claramente de un material no plástico. En suelos arcillosos, sin embargo, cuando aumenta el "Ip" es mejor terreno.
Cuando es menor, se trata de un terreno con mayor riesgo, ya que con poco incremento de humedad, entramos en zona plástica. (Ver gráfico adjunto de Escala de Límites de Atterberg).
Según ese gráfico se nos pueden dar tres claras circunstancias:

· Cuando Hn < Lp, se trata de un terreno muy resistente.
· Cuando Hn > Lp < Ll, se trata de un terreno menos resistente.
· Cuando Hn > Ll, se trata de un terreno poco resistente.

Con los resultados del ensayo de Análisis Granulométrico, se comprueba la cantidad de finos que contiene el suelo y la distribución de sus tamaños.
Con todo ello, en la Clasificación de Casagrande, buscamos el grupo al que pertenece y así obtendremos una serie de características geotécnicas asociadas a ese tipo de terreno.
Del ensayo de Compresión Simple se obtendrá el valor de la resistencia del terreno ensayado, para suelo arcilloso. De ese ensayo se obtiene la resistencia a compresión del suelo en la probeta.
La mitad de ese valor es la cohesión sin drenaje y con ello se calcula la presión de hundimiento para cada



Esquema de un Gráfico de Sondeos, donde se analizan las muestras obtenidas y se exponen los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio. Véanse los distintos estratos y su interpretación

tipo de cimentación, a la que se le afecta con un coeficiente de seguridad de 3, obteniendo la tensión admisible, que es lo que realmente soporta el terreno. Del ensayo de Contenido de Sulfatos, obtendremos un resultado que nos indicará la agresividad química de este terreno sobre el hormigón y sobre sus armaduras. Atendiendo las especificaciones de la tabla 8.2.3. b., de la INSTRUCCIÓN EHE, donde se considera terreno agresivo a partir de 2.000 mg/Kg de suelo seco. Con ello también se clasifica el tipo de exposición Qa, Qb o Qc y con ello poder tomar las medidas adecuadas en la ejecución de la estructura de hormigón armado.

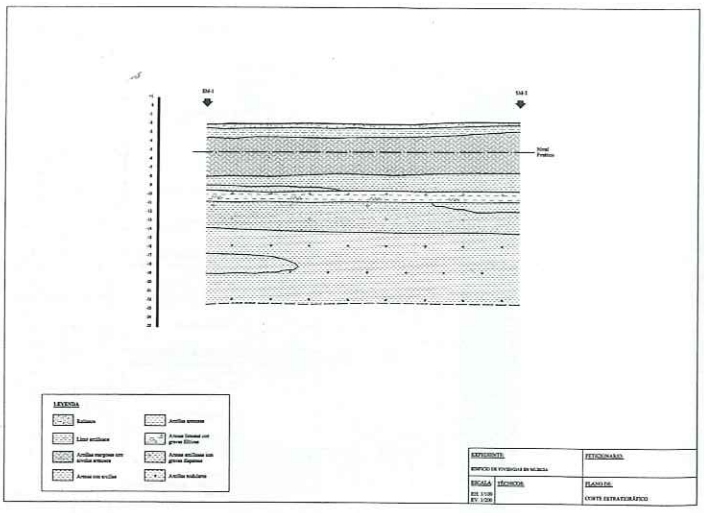
Con el resultado del Ensayo de Hinchamiento Lambe (ensayo cualitativo) se obtiene la capacidad expansiva del terreno, en tres niveles: No crítico, Marginal y Crítico. El nivel de No Crítico no reviste peligrosidad alguna.
Para los dos siguientes niveles que ya revisten cierta peligrosidad, es necesario complementarse esa información con la realización de un Ensayo Edométrico (cuantitativo).
Con el Ensayo de Corte Directo, obtendremos la Cohesión y el Angulo de Rozamiento Interno, con cuyos parámetros el proyectista calculará los muros de contención de nuestros sótanos, así como dispondrá de mayor información en el diseño de una posible cimentación profunda.
El Ensayo Edométrico determina la capacidad para asentar el terreno, a través del cual se obtienen los asientos previsibles, para suelos arcillosos blandos saturados. Este ensayo no es apto para suelos granulares, para los cuales es imprescindible la información obtenida de los ensayos "in situ".

Conclusiones

Como conclusiones, extraídas de distintas experiencias concretas en obras de construcción de Naves Industriales, podemos decir que:
· El encargo del Estudio Geotécnico lo debemos hacer a una Empresa Especializada de nuestra confianza, donde sus técnicos intervinientes dispongan de suficiente experiencia en mecánica de suelos y con suficientes atribuciones en materia de suelos y estructuras, como garantía de calidad del Estudio Geotécnico.
· Se debe estudiar y analizar minuciosamente el Informe Geotécnico que nos facilitará la propiedad, para una adecuada interpretación y aplicación puntual a nuestro Proyecto.
· No asustarse ni dejarse impresionar por largas y complicadas fórmulas matemáticas, para nosotros totalmente desconocidas. Estudiarlas y aplicar los resultados obtenidos, para comprobar su adecuada utilización y si se adaptan o no a las características del terreno de nuestro solar o parcela en concreto.
· Estudiar la bibliografía existente al respecto, que nos ayudará a una mejor interpretación del Informe y especialmente de sus conclusiones.
· Asegurarse que se ha realizado una adecuada interpretación de los resultados obtenidos.
· Aprovechar sus conclusiones y recomendaciones, para ser utilizadas en nuestra labor, primero como Proyectistas y después como Directores de Obra.

La no realización del Estudio Geotécnico, conllevaría el desconocimiento de los ampliamente citados aspectos, con lo que ello supone de repercusión en nuestra toma de decisiones y en la propia responsabilidad del Ingeniero Técnico como se ha dicho, en su faceta de Proyectista y de Director de Obra.
En esta misma línea de necesidad de conocimiento, los Colegios Profesionales están apostando por la formación del colegiado en materia de Estudios Geotécnicos, mediante seminarios prácticos, de un alto contenido de aplicación concreta a la realidad de nuestras obras, dado el interés que el propio colegiado está demostrando y así lo demanda.

(*) Jesús H. Alcañiz Martínez es Arquitecto Técnico, Jefe de Área de Edificación de "ESFERA CONSULTORES" (Organización de Control), Director del GABINETE DE CONTROL, Profesor de la Universidad Católica de Murcia (UCAM) y Especialista de Materiales del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de la Región de Murcia (COAATMU)
e-mail: gabinetedecontrol@ono.com



Esquema de un Corte Estratigráfico que se obtiene a partir de dos sondeos (como mínimo), donde se aprecia la posición y la potencia (espesor) de cada uno de los estratos