

MODIFICACIONES EN EL ESTADO DE ESFUERZOS Y CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DE UNA TOBA METEORIZADA, SANTO DOMINGO, HEREDIA, COSTA RICA: CASO CIMENTACION CIRCULAR

Rolando Mora Ch.

Escuela Centroamericana de Geología, Apdo. 35, 2060 Universidad de Costa Rica

(Recibido 5/6/1997; Aceptado 23/10/1997)

ABSTRACT: This study shows the classification of the weathering products of tuffs, using geotechnical criteria. The main physical properties of the material have been determined as well. The geostatic and induced stresses have been calculated in the case of a circular foundation, determining the most suitable exploration depth and the limiting depth to be used in calculating the expected settlement. The allowable bearing capacity of the material has been calculated with the use of the shear resistance parameters, as a function of the diameter and depth of foundation.

RESUMEN: En el presente trabajo se presenta la clasificación de los productos de la meteorización de tobas, utilizando criterios geotécnicos, así mismo, se han determinado las propiedades físicas más relevantes de los materiales. También, se han calculado el estado de esfuerzos geostático y el inducido por la colocación de una estructura de cimentación circular, con lo cual se ha determinado la profundidad de exploración apropiada para estos casos, así como, la profundidad límite utilizable en el cálculo de los asentamientos. Con la determinación de los parámetros de resistencia al corte del material, se ha calculado la capacidad de soporte del mismo, en función del diámetro de la fundación y la profundidad de cimentación.

INTRODUCCION

El sitio de estudio se localiza al NE de la ciudad de Santo Domingo, Provincia de Heredia, en las coordenadas (218000-219000)N y (527000-528000)E, según la cuadrícula Lambert Costa Rica Norte (IGNCR, 1991) (Fig.1). En este lugar se planea la construcción de un tanque de almacenamiento de agua para abastecimiento público.

Geológicamente, el área se enmarca dentro de los depósitos piroclásticos pertenecientes al Miembro La Caja, de la Formación Tiribí

(Echandi, 1981). En el sitio de estudio estos depósitos presentan un espesor de 30 m (Losilla, 1996), este espesor fue observado en la perforación del pozo AB-1488.

El estudio involucra la clasificación de los productos de la meteorización de las tobas, según un punto de vista geotécnico, la identificación del estado de esfuerzos antes y después de la construcción de la estructura, y el cálculo de la capacidad de carga admisible del suelo.

La estructura de cimentación propuesta consta de una placa circular de 9 m de diámetro,

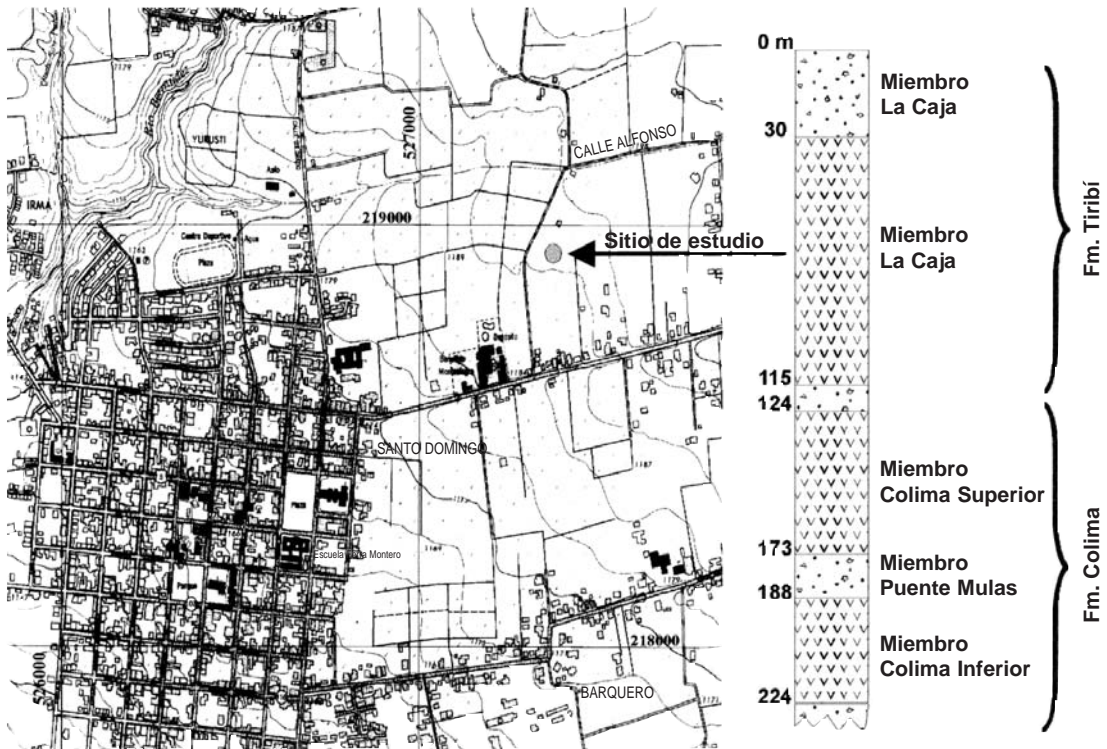


Fig 1. Ubicación del sitio de estudio y columna estratigráfica generalizada.

con un orificio de 4 m de diámetro en su centro y de 0,35 m de espesor (cimentación anular). Para la construcción de esta estructura se planea utilizar concreto 280, el cual tiene una densidad seca de 2500 kg/m³. Lo anterior significa que la estructura de cimentación aportaría una carga de 36.608,9 kg. Por su parte la superestructura, completamente llena de agua, aportaría 200.000 kg. En general se tiene una carga de 236.608,9 kg, lo que significa una fuerza de 2.320,42 kN, que estaría distribuida en un área de 51,025 m², es decir, se estaría aplicando al suelo un esfuerzo de 45,5 kPa (Fig. 2).

CLASIFICACION DE SUELOS

La columna de suelos del sitio se puede apreciar en la figura 3. El ensayo de penetración se inició a una profundidad de 1,75 m y se prolongó hasta 6,75 m (Fig. 3). La consistencia del material mejora notablemente con la profundidad, se

observa que a 2,75 m el material presenta una consistencia semidura, lo cual significa que su resistencia a la compresión simple sería de 100 a 200 kPa (Lambe & Wittman, 1987), es decir un valor bastante aceptable para su utilización como capa soportante.

Se han ejecutado ensayos granulométricos mecánicos y de límites de consistencia, con el objetivo de clasificar los productos de la meteorización de las tobas, también se han determinado las propiedades físicas más relevantes (Cuadro 1) y necesarias para el cálculo del estado de esfuerzos y la capacidad de carga admisible.

Los materiales analizados se han clasificado como arenas limosas (SM) de plasticidad alta (Fig. 4a), sus límites de consistencia se ubican en el espacio perteneciente a los limos de plasticidad alta (MH) (Fig. 4b). La fracción fina (limos y arcillas) oscila de un 21 a un 29%. El porcentaje de arena es superior al 70%, y se compone primordialmente de arena fina.

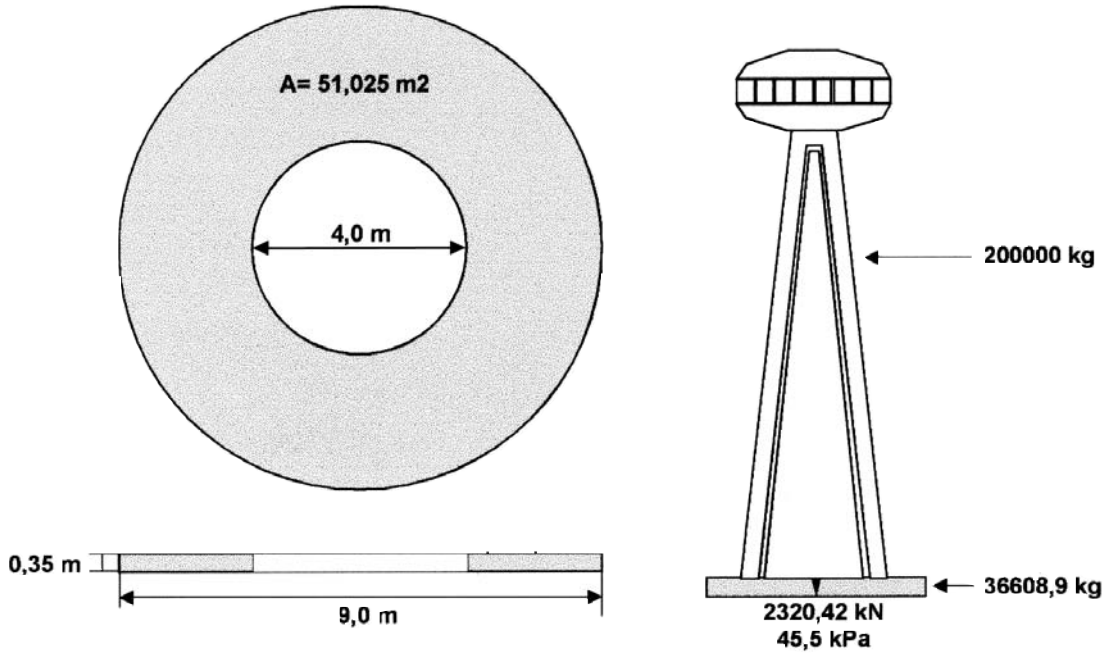


Fig. 2: Estructura de cimentación y cargas aplicadas al terreno.

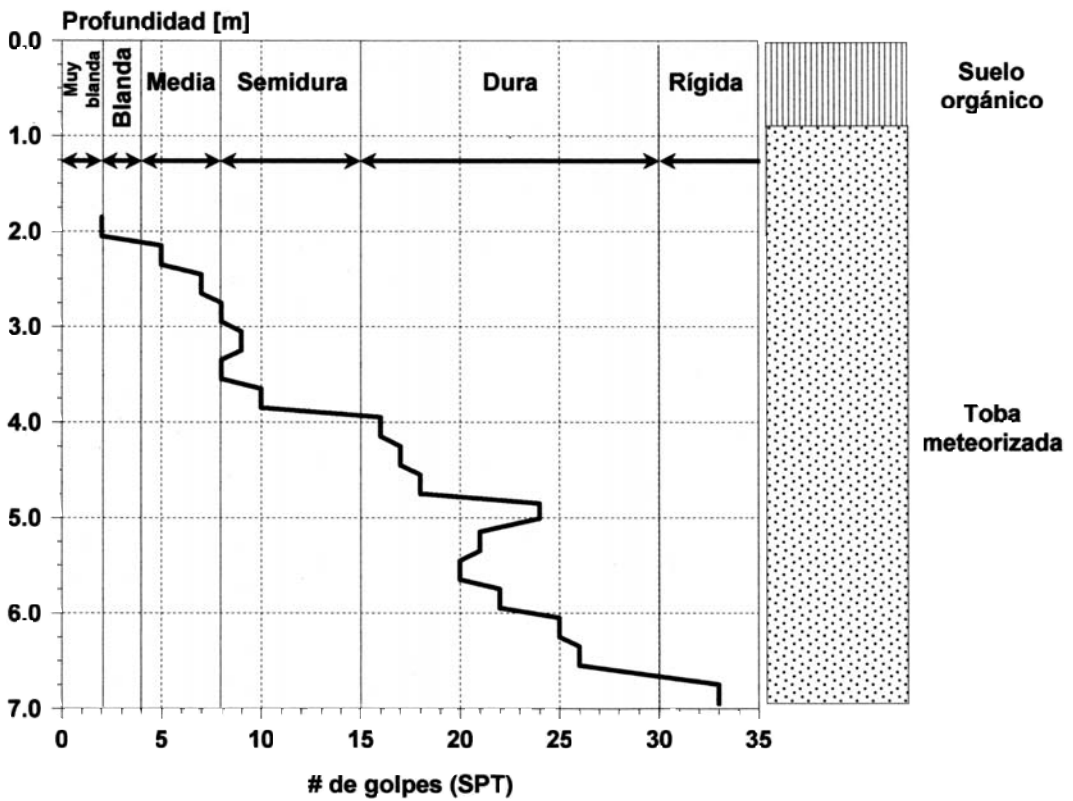


Fig 3: Columna de suelos y consistencia hasta 7,0 m de profundidad.

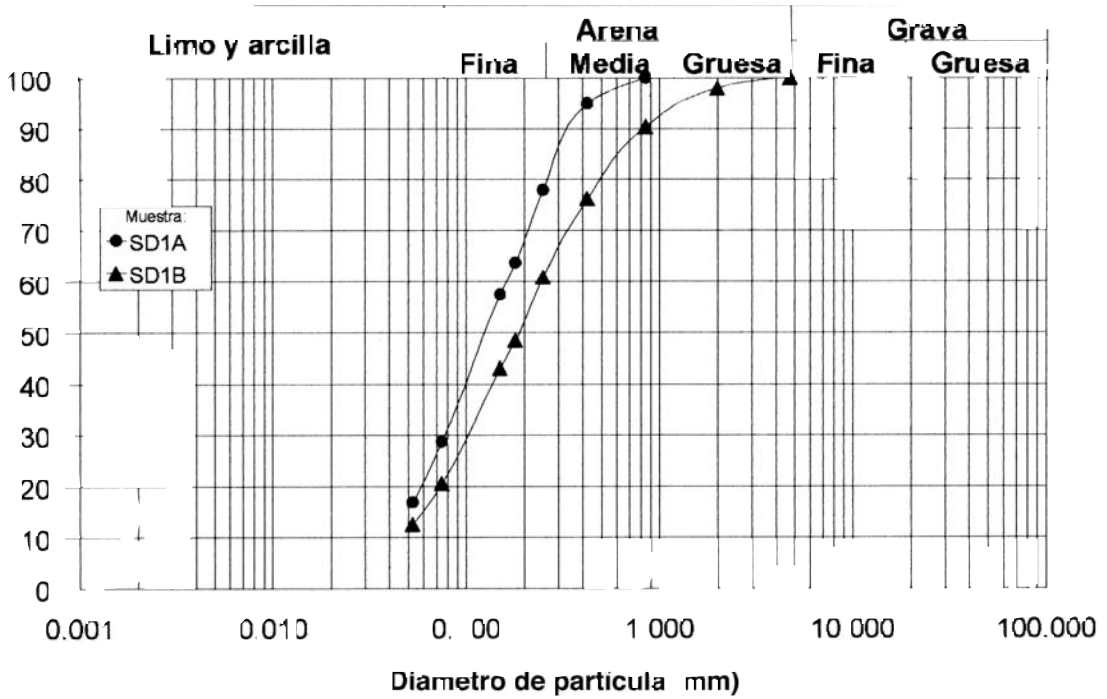


Fig. 4a: Análisis granulométrico de las tobas meteorizadas.

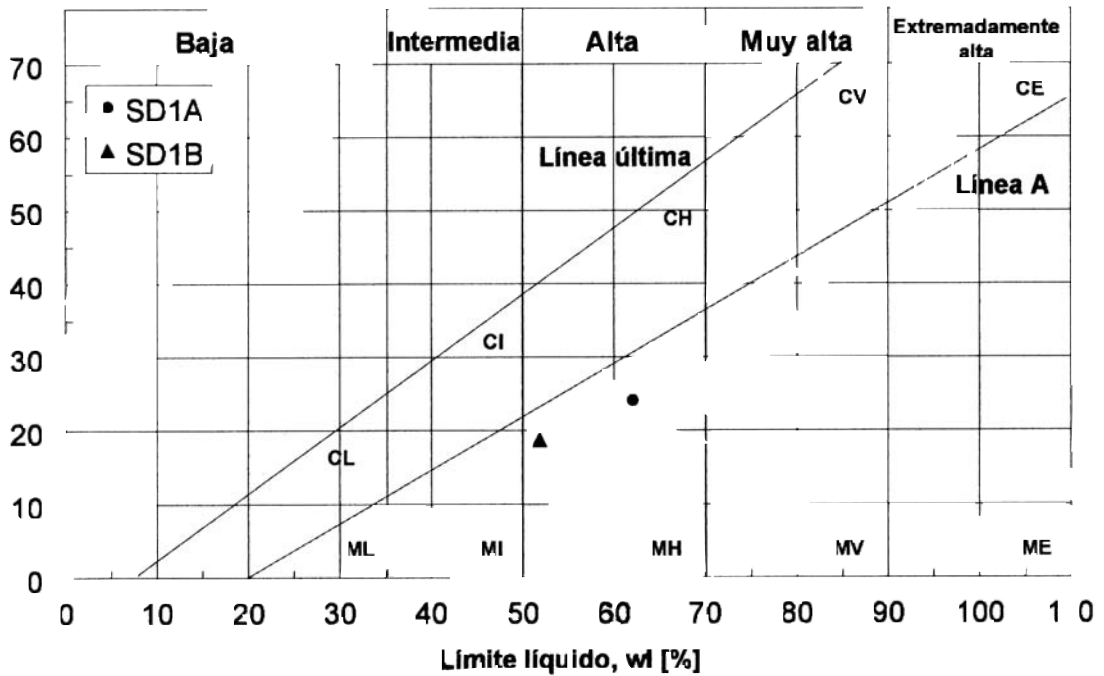


Fig. 4b: Límites de consistencia de las tobas meteorizadas.

ESTADO DE ESFUERZOS ORIGINAL Y SU MODIFICACION

El estado de esfuerzos original (geostático) se ha calculado hasta la profundidad de 21,90 m, utilizando los parámetros determinados previamente. El esfuerzo se interpreta como esfuerzo efectivo, debido a la ausencia de nivel freático en los materiales tobáceos. En la figura 5 se observa la distribución en profundidad del esfuerzo efectivo, así mismo, se ha graficado el esfuerzo inducido por la cimentación circular a lo largo de la vertical que pasa por su centro. Es importante mencionar que la cimentación anular original de 9,0 m de diámetro, se ha sustituido por una cimentación circular de 8,06 m de diámetro, esto con el objetivo de simplificar los cálculos de esfuerzos inducidos. Para el cálculo del esfuerzo principal primario, inducido en la vertical que pasa por el centro del área circular, se ha utilizado la siguiente expresión (Love, 1928 en Széchy y Varga, 1971):

$$\sigma_z = p(1 - \cos^3 \alpha)$$

donde: p es el esfuerzo vertical uniformemente distribuido en el área circular de radio r , α el ángulo entre la vertical que pasa por el centro del área cargada y la línea que une el extremo de la cimentación con el punto donde se está calculando el esfuerzo, y σ_z el esfuerzo principal primario en el punto deseado.

En la figura 5 también se ha graficado la sumatoria de los esfuerzos geostático e inducido, se observa que la influencia de la cimentación prácticamente desaparece a los 18 m de profundidad, con lo cual se puede sugerir que para este tipo de obras de fundación, la profundidad de exploración debe ser de al menos dos veces el diámetro del área cargada. En la misma figura 5 se representa el 20% del esfuerzo geostático, el cual intersecta el esfuerzo vertical inducido por la cimentación a aproximadamente 7 m de profundidad. Esta profundidad se conoce como profundidad límite y es utilizada para calcular los asentamientos, en caso de no encontrarse una capa a mayor profundidad, la cual pueda desarrollar un asentamiento importante debido a la modificación del estado de esfuerzos (Rózsa, 1971).

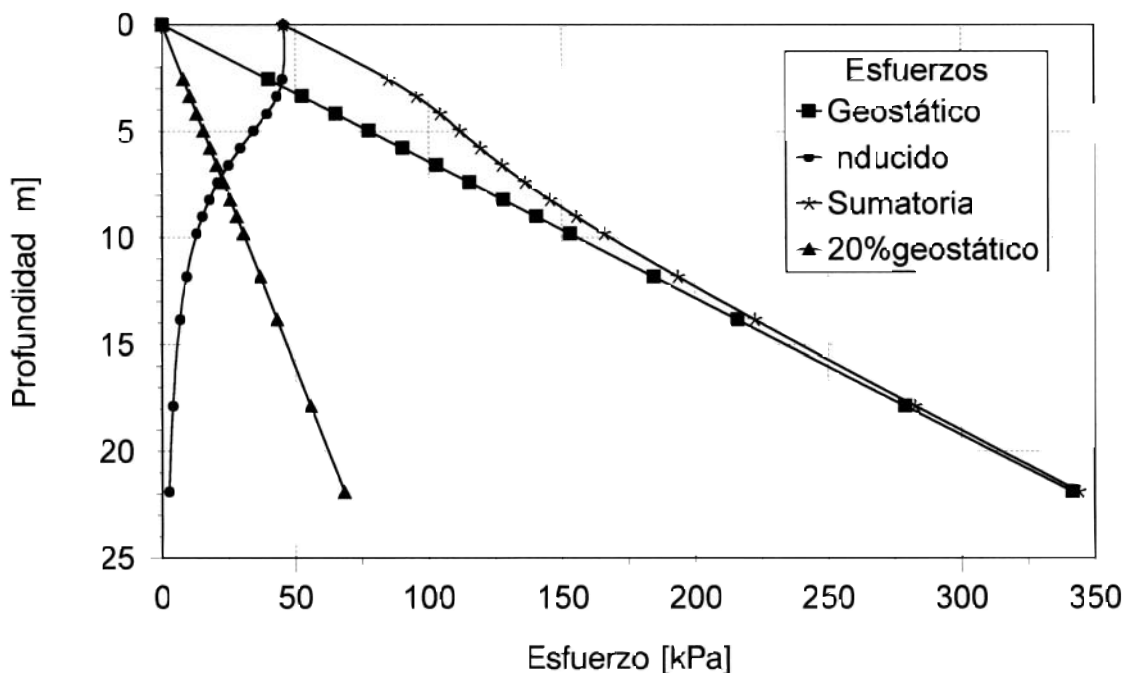


Fig. 5: Distribución de esfuerzos en profundidad.

CUADRO1

| Características granulométricas, índices de consistencia y propiedades físicas de las tobas meteorizadas en el sitio de estudio | |
|---|------------|
| Porcentaje de arena gruesa [%] | 0-2 |
| Porcentaje de arena media [%] | 5-22 |
| Porcentaje de arena fina [%] | 56-66 |
| Porcentaje de finos [%] | 21-29 |
| Límite líquido [%] | 51,9-62,1 |
| Límite plástico [%] | 33,1-38,0 |
| Índice de plasticidad [%] | 18,8-24,1 |
| Gravedad específica | 2,74 |
| Contenido de humedad [%] | 54,1-70,54 |
| Grado de saturación [%] | 84,1 |
| Porosidad [%] | 65,9 |
| Relación de vacíos | 1,94 |
| Peso unitario húmedo [kN/m ³] | 14,6-16,3 |
| Peso unitario seco [kN/m ³] | 9,2-10,3 |
| Peso unitario saturado [kN/m ³] | 15,6 |
| Peso unitario de los sólidos [kN/m ³] | 26,9 |

Las expresiones para el cálculo de esfuerzos en puntos fuera del eje de simetría son bastante complicadas, por lo cual se ha utilizado el cuadro propuesto por Grasshof (1955, en Széchy & Varga 1971). En la figura 6a se observan los esfuerzos inducidos por el área cargada (en KPa) y en la figura 6b la modificación del estado original de esfuerzos. Es claro que la influencia del área cargada prácticamente desaparece a los 18 m de profundidad.

PARAMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE Y CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Los parámetros de resistencia al corte han sido calculados con la ayuda de los resultados del ensayo de corte directo (Fig. 7), obteniéndose una cohesión de 16,1 kPa y un ángulo de fricción interna de 29,6°.

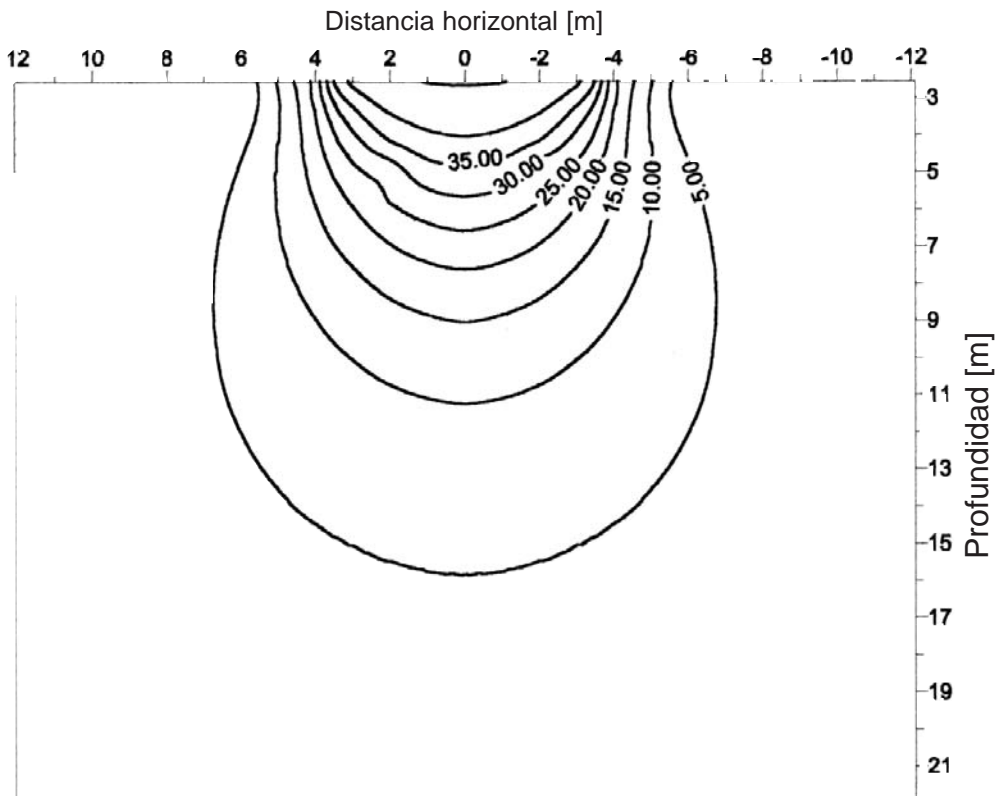


Fig. 6a: Esfuerzos inducidos por el área cargada.

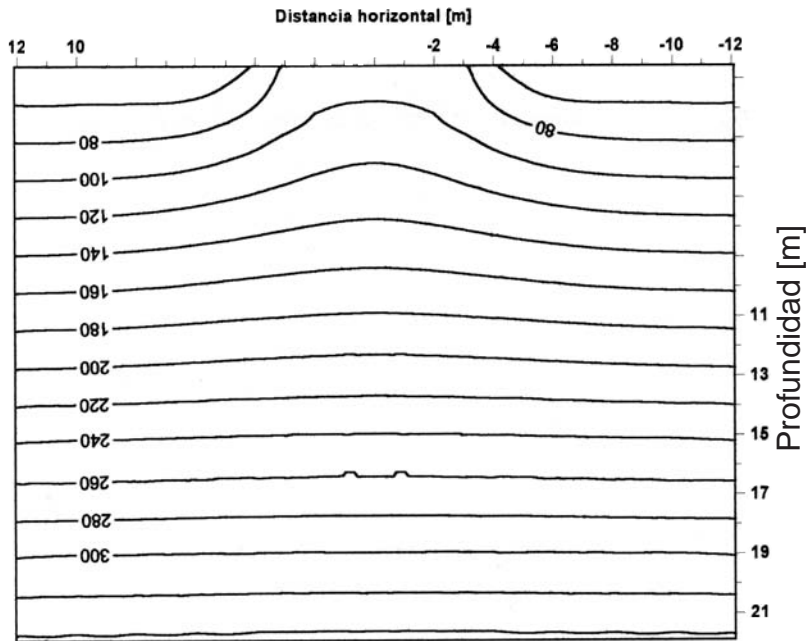


Fig. 6b: Modificación del estado original de esfuerzos.

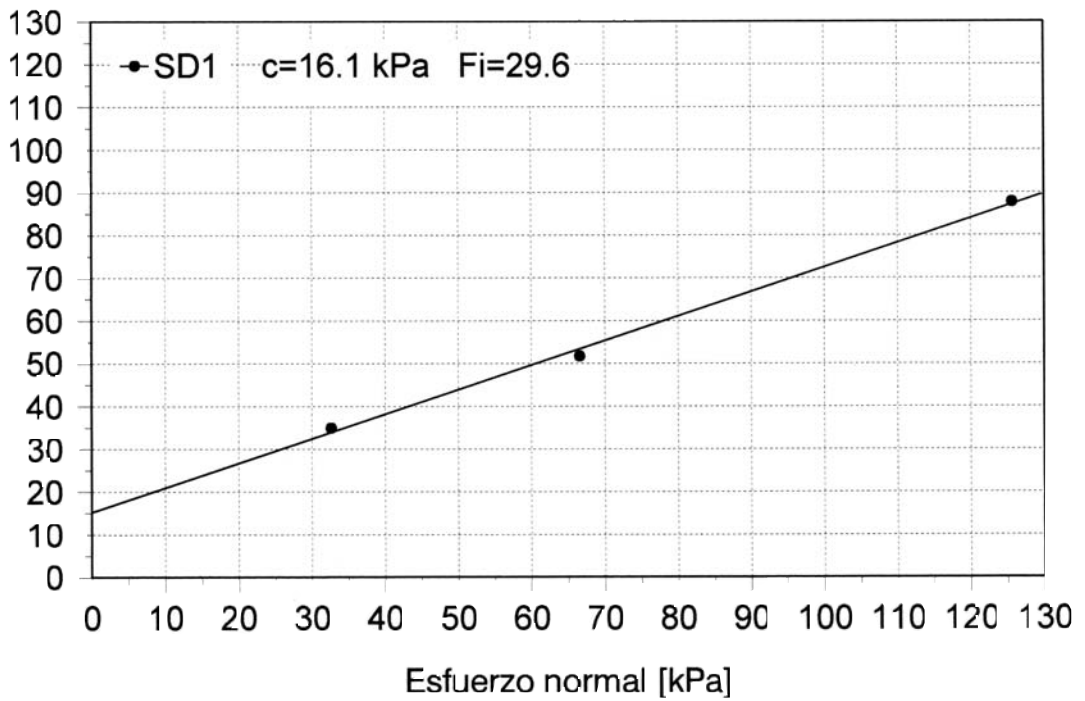


Fig. 7: Parámetros de resistencia al corte.

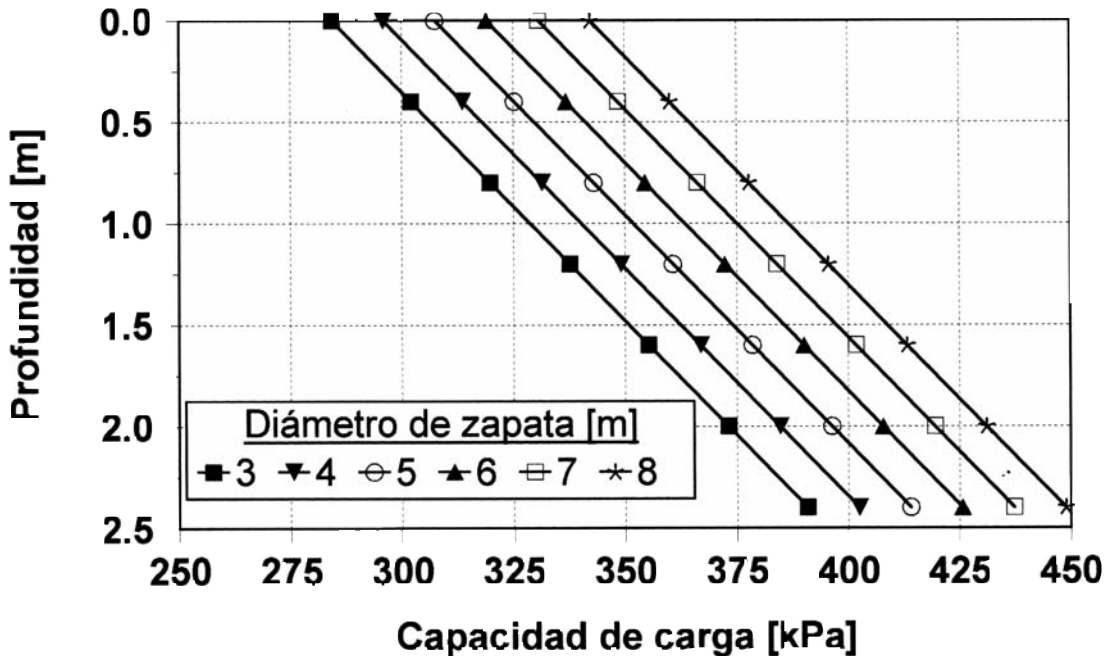


Fig. 8: Capacidad de carga admisible.

La capacidad de carga admisible (Fig. 8) del material se ha calculado utilizando la teoría de Terzaghi para cimentaciones circulares (Rozsa, 1971), y un factor de seguridad de 3. Se ha despreciado la capa vegetal, con un espesor de 0,95 m, lo que quiere decir que el cálculo se ha realizado a partir de esta profundidad.

Se observa entonces que el suelo es capaz de asumir las cargas con la seguridad apropiada; sin embargo el diámetro de la cimentación no es un factor primordial en el incremento de la capacidad de soporte.

CONCLUSIONES

Los productos de la meteorización de las tobas del Miembro La Caja se han clasificado como arenas limosas (SM) de plasticidad alta, sus límites de consistencia se ubican en el espacio perteneciente a los limos de plasticidad alta (MH).

La influencia de la cimentación, en términos de esfuerzos, prácticamente desaparece a los 18 m de profundidad, con lo cual podemos

sugerir que para este tipo de obras de fundación, la profundidad de exploración debe ser, al menos, dos veces el diámetro del área cargada.

La profundidad límite para el cálculo de asentamientos se ha determinado en 7,0 m, considerando que no existe ningún estrato compresible que pueda ser afectado significativamente por la modificación del estado de esfuerzos.

Los parámetros de resistencia al corte, calculados del ensayo de corte directo son: cohesión 16,1 kPa y ángulo de fricción interna 29,6°.

El suelo es capaz de asumir las cargas con la seguridad apropiada; sin embargo el diámetro de la cimentación no es un factor primordial en el incremento de la capacidad de soporte, por lo tanto, se recomienda analizar las posibilidades de utilizar otra estructura de cimentación menos costosa.

Se debe realizar un análisis del asentamiento que podría desarrollarse con la instalación de la estructura, y del tiempo que tardaría su manifestación. Así mismo, la estructura final debe ser diseñada para evitar volcamiento y deben considerarse también las cargas que puede inducir la actividad sísmica.

REFERENCIAS

- Echandi, E., 1981: Unidades volcánicas de la vertiente norte de la cuenca del río Virilla. - Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica. Tesis inédita; 123 págs.
- Grasshoff, H., 1955: Setzungsberechnungen starrer Fundamente mit Hilfe des kennzeichnenden Punktes. - *En: Széchy, K. & Varga, L., (eds.) 1971: Alapozás I. 3. átdolgozott kiadás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 545 págs.*
- Lambe, T.W. & Whitman, R.V., 1987: Mecánica de Suelos. - Editorial Limusa (México), 582 págs.
- Losilla, M., 1996: Determinación de áreas de protección bacteriológica para pozos de abastecimiento público de Santo Domingo de Heredia. - Proyecto Red Latinoamericana de Gestión de Aguas Urbanas (CIID-UCR), Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica (Informe inédito).
- Love, A.E.H., 1928: The Stress Produced in a Semi-Infinite Solid by Pressure on Part of the Boundary. - *En: Széchy, K. & Varga, L., (eds.) 1971: Alapozás I. 3. átdolgozott kiadás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 545 págs.*
- Rózsa, L., 1971: Az Alapozás Kézikönyve. - Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1116 págs.