



2.3.4 Resistencia al corte

La resistencia al corte de los suelos de Santafé de Bogotá se estudió principalmente con base en pruebas de compresión triaxial consolidada no drenada. Para complementar estas medidas principalmente en lo que se refiere a la resistencia al corte en esfuerzos totales se realizaron numerosas pruebas de compresión simple y de veleta de laboratorio.

Los ensayos de resistencia al corte en pruebas de compresión triaxial, se realizaron siguiendo el procedimiento descrito en la norma ASTM D 4767-88 para pruebas de compresión triaxial consolidadas no drenadas con medida de presión de poros.

La gran cantidad de pruebas realizadas constituyen una base de datos de considerable importancia para el desarrollo futuro de la ciudad. Es por ello que para su interpretación se utilizaron las teorías modernas de resistencia al corte con las cuales es posible modelar en compu-

tador el comportamiento de los suelos arcillosos.

La línea de estado crítico representa la envolvente de falla en plasticidad perfecta de todas las pruebas realizadas con suelos normalmente consolidados. Esta envolvente se manifiesta en dos de los planos utilizados para interpretar los resultados: en el plano de invariantes isotrópico y desviador (p' , q') la línea de estado crítico se manifiesta como una recta que pasa por el origen (siempre y cuando no exista cementación) cuya pendiente es M . En el plano de volumen específico en función del esfuerzo isotrópico (v, p') la línea de estado crítico aparece como una curva que al ser representada en escala logarítmica se convierte en una recta paralela a la línea de compresión isotrópica.

A manera de ejemplo en la Figura 2.15 se representan los resultados obtenidos para un suelo localizado en Suba a una profundidad de 41.5 m, consolidado a 1.0, 2.5 y 5.0 kg/cm^2 .

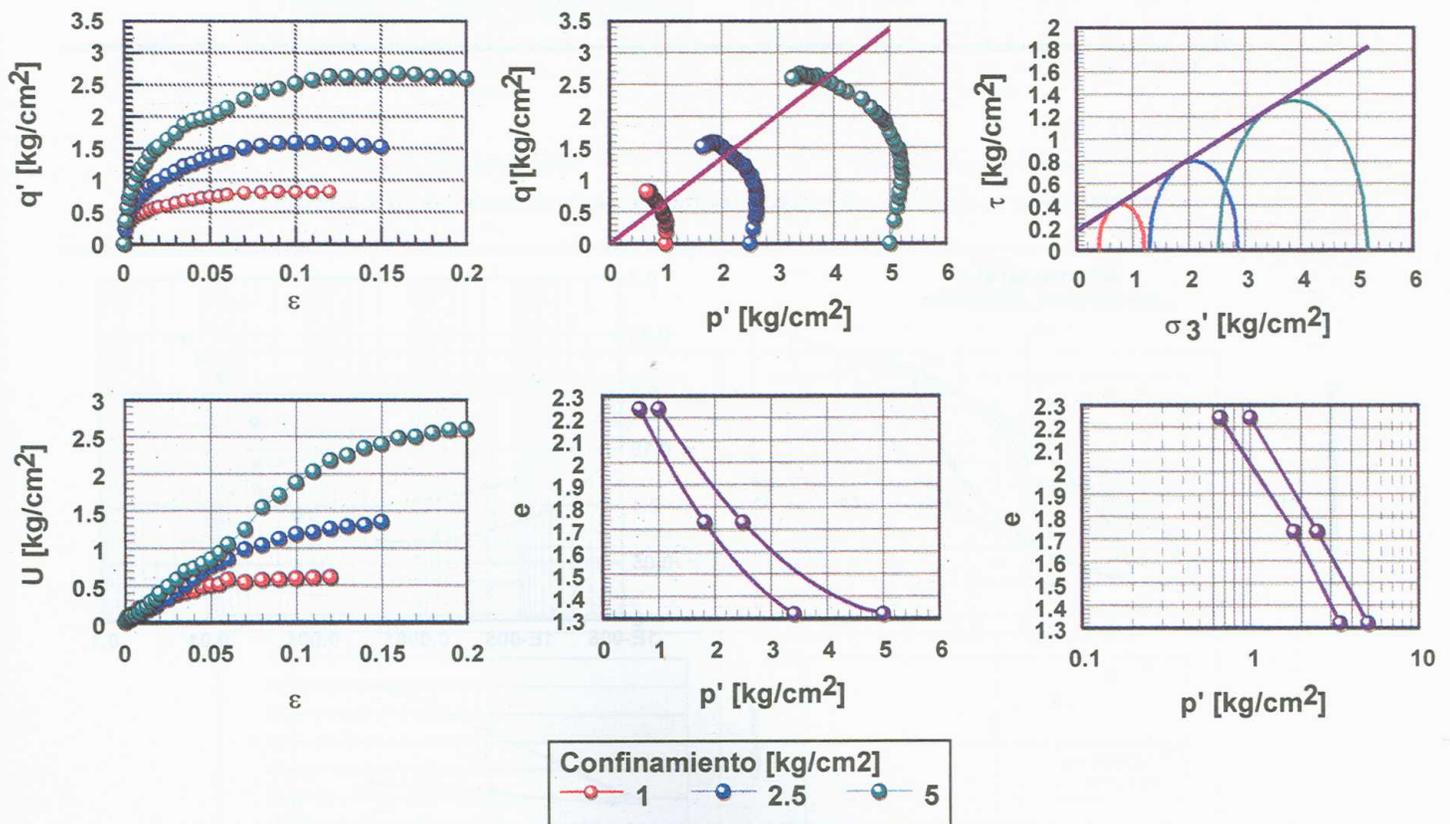


FIGURA 2.15 GRÁFICO DE RESULTADO ENSAYO TRIAXIAL CU (MUESTRA N14 - 18, PROFUNDIDAD 41.5m).



2.3.5 Comportamiento del subsuelo de Santafé de Bogotá bajo cargas cíclicas

El estudio del comportamiento dinámico de los suelos de la ciudad de Santafé de Bogotá se realizó por medio de ensayos triaxiales cíclicos, ensayos con elementos piezoeléctricos para encontrar la velocidad de onda cortante en el laboratorio y ensayos in situ como el Down Hole y el Presiómetro de Menard cíclico. Debido a la gran variedad de suelos y condiciones que pueden afectar la respuesta dinámica de estos y el área de la ciudad (650 km² aproximadamente), sería económicamente imposible pensar en la posibilidad de realizar un estudio determinístico de las propiedades dinámicas de los suelos en toda la extensión de la ciudad, por lo que se decidió utilizar un modelo de comportamiento para simular el comportamiento dinámico.

En las Figuras 2.16 a 2.18 se encuentran los resultados típicos de un ensayo triaxial cíclico, los ciclos de histéresis de esfuerzo cortante τ contra deformación por corte γ_c , la curva de degradación del módulo cortante G contra la deformación por corte γ_c y la curva de amortiguamiento contra deformación por corte γ_c .

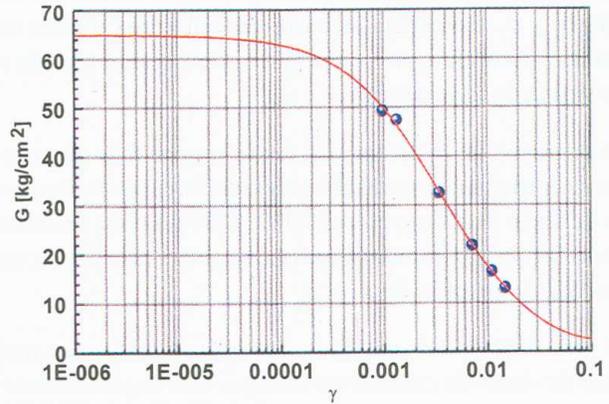


FIGURA 2.17 GRÁFICO DE RESULTADO TÍPICO DE ENSAYO TRIAXIAL CÍCLICO. CURVA DE MÓDULO CORTANTE EN FUNCIÓN DE LA DEFORMACIÓN.

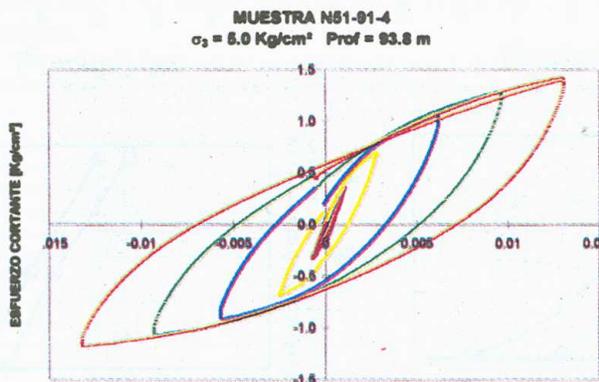


FIGURA 2.16 GRÁFICO DE LOS CICLOS DE HISTÉRESIS ENSAYO TRIAXIAL CÍCLICO

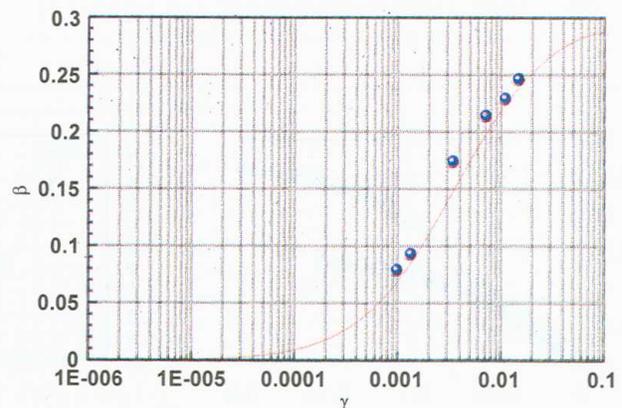


FIGURA 2.18 GRÁFICO DE RESULTADO TÍPICO DE ENSAYO TRIAXIAL CÍCLICO CURVA DE AMORTIGUAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA DEFORMACIÓN



2.3.5.1 Estudio del módulo de cortante máximo

En un equipo triaxial cíclico es difícil obtener el módulo en pequeñas deformaciones ya que éstas son difíciles de medir con la instrumentación convencional. Por este motivo para obtener el módulo máximo se recurrió a otro tipo de ensayo denominado "bender element"

desarrollado en el Instituto Geotécnico Noruego. Este ensayo está basado en la medida en laboratorio de la velocidad de una onda de cortante generada por un elemento piezoeléctrico. A manera de ejemplo en las Figuras 2.19 y 2.20 se muestran algunos resultados de estas medidas.

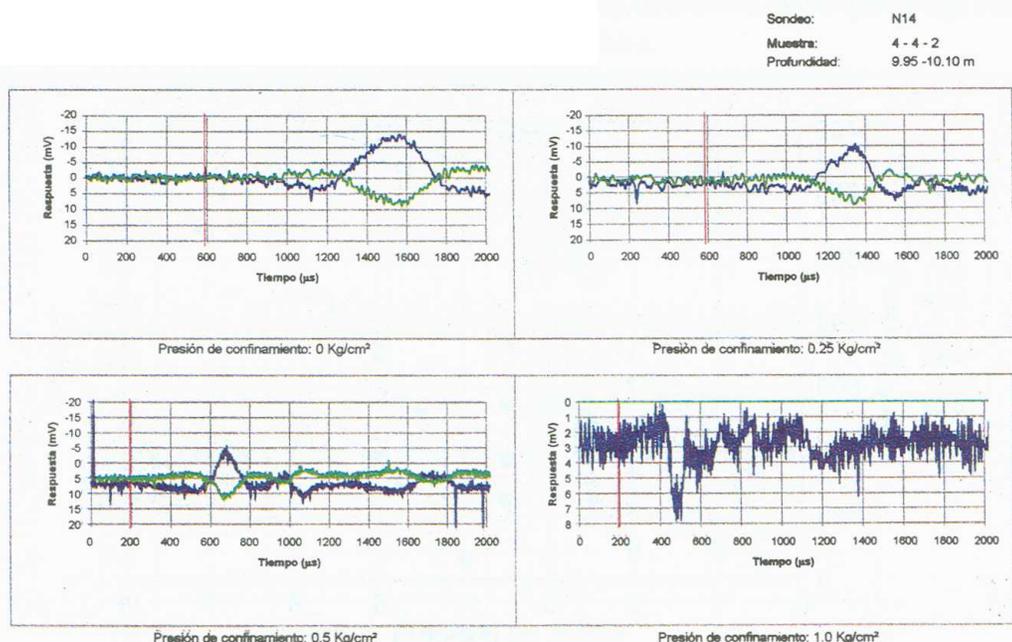


FIGURA 2.19 VELOCIDAD DE ONDA CORTANTE PARA DIFERENTES PRESIONES DE CONFINAMIENTO.

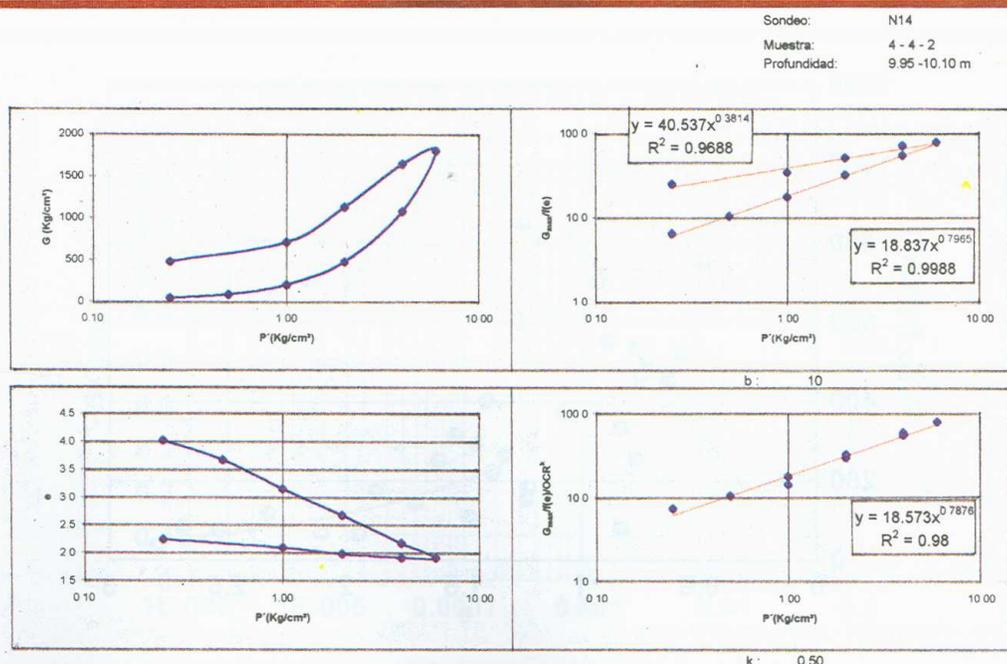


FIGURA 2.20 GRÁFICAS DEL MÓDULO DE CORTANTE MÁXIMO