

PARÁMETROS EDMÉTRICOS DE SUELOS ARCILLOSOS BAJO DIFERENTES METODOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS PARA LA VERIFICACIÓN DE ASENTAMIENTOS EN FUNDACIONES SUPERFICIALES

EDOMETRIC PARAMETERS OF CLAY SOILS UNDER DIFFERENT SAMPLING METHODS FOR THE VERIFICATION OF SETTLEMENTS IN SUPERFICIAL FOUNDATIONS

CLEMENTELLI CHÁVEZ, A., LOPEZ MEJÍA, E. E.

RESUMEN

Determinar la eficiencia del tipo de muestra y la incidencia del tipo de muestreo en la estimación de los parámetros edométricos de suelos arcillosos, tales como el coeficiente de compresión o compresibilidad, coeficiente de expansión o expansibilidad, presión de preconsolidación, relación de vacíos inicial e índice de preconsolidación u OCR. El valor de los parámetros edométricos son las principales variables necesarias para la estimación de deformaciones del suelo o de los asentamientos de las estructuras debido a la aplicación de carga y al proceso de consolidación propiamente de las arcillas. Estos parámetros son estimados a partir de una curva virgen de consolidación o compresibilidad, productos de un proceso de carga y descarga de especímenes que son sometidos a condiciones reales que estarían presentes en el suelo de fundación de obras civiles y que darían como referencia valores de asentamientos necesarios para adoptar capacidades de carga del suelo y diseñar fundaciones que cumplan los estados límites, para este caso fundaciones de tipo superficial. La estimación de estos parámetros tiene directa relación e incidencia en la calidad de las muestras utilizadas en los ensayos de consolidación unidimensional, regido bajo la norma ASTM D2435-70, por lo tanto, es de gran importancia verificar cómo varían conforme a la naturaleza de las muestras.

ABSTRACT

To determine the efficiency of the type of sample and the incidence of the type of sampling in the estimation of the edometric parameters of clayey soils, such as the coefficient of compression or compressibility, coefficient of expansion or expansibility, pre-consolidation pressure, initial void ratio and index pre-consolidation or OCR. The value of the edometric parameters are the main variables necessary for the estimation of soil deformations or the settlement of structures due to the application of load and the consolidation process of the clays themselves. These parameters are estimated from a virgin curve of consolidation or compressibility, products of a loading and unloading process of specimens that are subjected to real conditions that would be present in the foundation soil of civil works and that would give settlement values as reference. Necessary to adopt soil load capacities and design foundations that meet the limit states, in this case surface-type foundations. The estimation of these parameters has a direct relationship and incidence on the quality of the samples used in the one-dimensional consolidation tests, governed by the ASTM D2435-70 standard, therefore, it is of great importance to verify how they vary according to the nature of the samples. samples.

PALABRAS CLAVE

Parámetros edométricos, Suelos arcillosos, Asentamientos en fundaciones superficiales, Extracción con Tubo Shelby, Extracción con forma de bloque

KEYWORDS

Edometric Parameters, Clay Soils, Settlements in Shallow Foundations, Shelby Tube Extraction, Block Extraction.

INTRODUCCIÓN

La carga transmitida por la cimentación al suelo, da lugar a su deformación y esta se traduce en asentamientos de la estructura que, si resultan excesivos, podrán originar fisuras, agrietamientos, u otras patologías.

Los asentamientos por consolidación, son aquellos que a largo plazo generan inconvenientes en las estructuras, son estimados mediante compresión edométrica, a través de coeficientes o parámetros edométricos, obtenidos en laboratorio mediante el uso de muestras sin perturbaciones.

En gran parte de los proyectos estructurales no se verifica la capacidad de carga admisible del suelo para estimar asentamientos admisibles de fundaciones superficiales debido a la carencia de información y a la complejidad en la obtención de parámetros edométricos de suelos arcillosos a partir de muestras con diferentes naturalezas y metodologías de extracción. De igual manera, no se presenta una información que corrobore la eficiencia del tipo de muestreo en la realización de los ensayos de edometría.

De manera general se sabe que los parámetros edométricos están directamente relacionados con la calidad de las muestras utilizadas en la realización del ensayo, sin embargo, muchas de estas muestras poseen una dificultad en su extracción debido a la profundidad, tipo de material y su condición de inalterabilidad, cuya condición anteriormente mencionada es la más importante.

Terzaghi (1925, citado en Braja, 2013, p.187), sugiere, por primera vez, el procedimiento de prueba de consolidación unidimensional, que se lleva a cabo en un consolidómetro, cuyo objetivo es obtener el comportamiento de la deformación de la muestra de suelo en función del tiempo para un incremento de carga dado.

Holtz et al (1986, citado en Lancellotta, 2009, p.134), realizó una comparación donde analiza la influencia de la calidad de la muestra en los resultados de la prueba del edómetro o ensayo de consolidación. Se hicieron dos tipos de exploración extrayendo muestras inalteradas, unas en forma de bloque y otra con un muestreador de tubo de pared delgada con pistón tipo Osterberg.

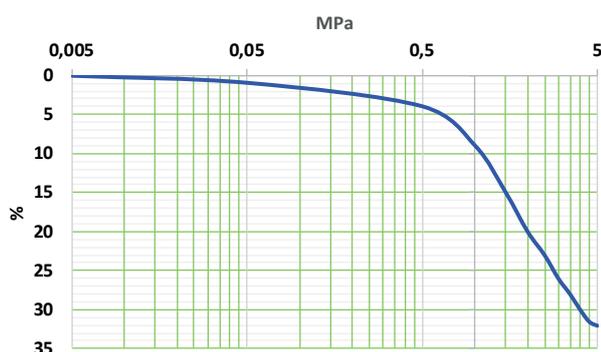


Figura 1: Curvas de Consolidación para extracción Cúbica y Osterberg

Se realizó la determinación de los parámetros edométricos de suelos arcillosos bajo diferentes metodologías de extracción de muestras para la verificación de asentamientos en fundaciones superficiales.

MÉTODOS

Se realizó el Ensayo de Penetración Estándar (SPT), de acuerdo con la norma ASTM D-1586-11, con la finalidad de obtener una estratigrafía del lugar explorado.

Luego de haber corroborado la existencia de material arcilloso en el lugar de exploración, se procedió a ensanchar el diámetro de perforación con una pala vizcacha de 10 cm de diámetro, 140 cm de profundidad, para así poder extraer la muestra mediante el tubo de pared delgada o tubo Shelby de acuerdo con la Norma ASTM D1587.

Es importante mencionar que antes de acoplar el Tubo Shelby a las barras de perforación, se tuvo que lubricar las paredes interiores con vaselina sólida para que al momento de desmoldar fuera más fácil. Una vez acoplado el Tubo Shelby a las barras de perforación, se procedió a hincar, mediante el martinete y tubo guía, a una profundidad aproximada de 40 cm. Se tuvo cuidado para que la muestra extraída no perdiera sus propiedades físicas, tales como humedad, por lo cual se la protegió para luego realizar su traslado al laboratorio.

La extracción de muestra en forma de bloque se la realizó mediante una calicata a cielo abierto, donde se extrajo la muestra a la misma profundidad de la extraída mediante el Tubo Shelby, de acuerdo con la Norma ASTM D 2488-75.

Por las características físicas del terreno, se tuvo que realizar una excavación con ayuda de una retroexcavadora, hasta una profundidad de 1,50 metros, para luego cortar un bloque de muestra inalterada representativa para los ensayos de consolidación.

De igual manera, se tomó una gran porción de muestra para la respectiva recompactación y para los ensayos de caracterización física de la muestra. Al igual que la muestra extraída con Tubo Shelby, la muestra en forma de bloque tuvo que ser correctamente tratada y transportada hacia el laboratorio para su respectivo análisis, por lo que se la cubrió para proteger principalmente su humedad natural.

Se realizaron ensayos de:

Contenido de Humedad del Suelo, de acuerdo con la Norma ASTM D2216-71.

Granulometría del Suelo, de acuerdo con la Norma ASTM D421-58 y D422-63.

Límites de Atterberg o Límites de Consistencia: límite líquido y límite plástico de acuerdo con la Norma ASTM 423-66 y D424-59 respectivamente.

Clasificación del Suelo mediante el sistema SUCS Y AASHTO. Gravedad Específica de los Sólidos, de acuerdo con la Norma ASTM D0854-58.

Relaciones Volumétricas y Gravimétricas del Suelo.

Compactación Estándar Proctor t-99 para la recompactación del suelo a densidad y humedad controlada, de acuerdo con la Norma ASTM D698-70.

Consolidación Unidimensional o Edometría a las muestras obtenidas mediante Tubo Shelby, Bloque y Recompactación. De acuerdo a la Norma ASTM D2435-70.

Se calcularon las presiones de preconsolidación con diferentes métodos gráficos.

Se realizaron las respectivas correcciones de las curvas de consolidación de laboratorio con curvas de campo.

RESULTADOS

De acuerdo a los sistemas de clasificación, el suelo analizado se clasifica como:

CLASIFICACIÓN AASHTO: A-7-5, (18)
 CLASIFICACIÓN SUCS: CL, ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD.

El índice de penetración estándar N60, que se tomó para el primer metro de profundidad, fue igual a la suma de los números de golpes necesarios para penetrar los últimos 30 cm. En la tabla 1 se indican el número de golpes para lograr 45 cm de penetración.

Tabla 1. Número de golpes en el Ensayo de Penetración Estándar para los 45 cm de penetración

Distancia de penetración, cm	Número de golpes
15	8
30	10
45	15
Índice de Penetración estandar N60	25

Las tablas 2 y 3 muestran los resultados del contenido de humedad y la granulometría de las muestras obtenidas respectivamente.

Tabla 2. Contenido de humedad en porcentaje para las muestras obtenidas según la norma ASTM D2216-71

Muestra extraída en:	Humedad, %
Tubo Shelby	14,65
Bloque	14,61
Recompactada	14,70

Tabla 3. Granulometría - Método Mecánico (AASHTO T87-80 y ASTM D421-58)

Tamiz		% más fino
Serie	mm	
4	4,75	100,00
1	2	99,54
40	0,425	98,59
100	0,15	97,95
200	0,64	97,57

La tabla 4 indica las diferentes relaciones Volumétricas y Gravimétricas para cada tipo de muestra.

Tabla 4. Relaciones Volumétricas y Gravimétricas para muestra

	Muestra extraída en:		
	Tubo Shelby	Bloque	Recompactada
RELACIONES VOLUMÉTRICAS			
Volumen de la muestra, cm ³	18,16	17,95	22,79
Volumen de sólidos, cm ³	9,79	9,60	12,81
Volumen de agua, cm ³	4,32	3,64	3,00
Volumen de, cm ³	4,05	4,71	6,99
Volumen de vacíos, cm ³	8,37	8,35	9,99
RELACIONES GRAVIMÉTRICAS			
Peso húmedo de la muestra, g	31,06	29,84	7,96
Peso seco de la muestra, g	26,74	26,20	34,96
Peso del agua, g	4,32	3,64	3,00
RELACIONES PRINCIPALES DE PESO Y VOLUMEN			
Relación de vacíos, e, %	0,85	0,87	0,78
Porosidad, n	0,46	0,47	0,44
Grado de saturación, s, %	0,52	0,44	0,30
Peso unitario de la muestra, γ_m g/cm ³	1,71	1,66	1,67
Gravedad específica, γ_s	2,73	2,73	2,73
Peso específico de los sólidos, γ_s , g/cm ³	2,73	2,73	2,73

En la tabla 5 se observa los valores de recompactación de la muestra a densidad y humedad controlada.

Tabla 5. Recompactación de la muestra a densidad y humedad controlada

MUESTRA RECOMPACTADA PROCTOR ESTÁNDAR T-99 ASTM D698-70	
Densidad de la muestra, g/cm ³	1,63
CONTROL DE HUMEDAD DE LA RECOMPACTACIÓN	
Contenido de humedad, %	14,60

Las tablas 6, 7, 8, 9 y 10 indica las deformaciones de las muestras para cada tipo de muestra extraída para cargas de 0,25, 0,50, 1,00, 2,00 y 4,00 kg/cm². Mientras que las figuras 2, 3, 4, 5 y 6 muestran las curvas Taylor para cada tipo de muestra extraída para cargas de 0,25, 0,50, 1,00, 2,00 y 4,00 kg/cm².

Tabla 6. Deformaciones de las muestras para una carga de 0,25 kg/cm²

Tiempo, min	$\sqrt[3]{t}$	Muestra extraída en:		
		Tubo Shelby	Bloque	Recompactada
Lectura del dial o deformímetro, div				
0	0,00	0	0	0
0,1	0,32	0	0	0
0,25	0,50	0	0	0
0,5	0,71	0	0	0
1	1,00	-1	-1	0
2	1,41	-1	-1	-1
4	2,00	-5	-2	-1
8	2,83	-9	-4	-4
15	3,87	-13	-7	-11
30	5.48	-14	-12	-25
60	7,75	-15	-16	-42
120	10,95	-16	-17	-56
400	20,00	-16	-18	-65
1440	37,95	-16	-18	-72

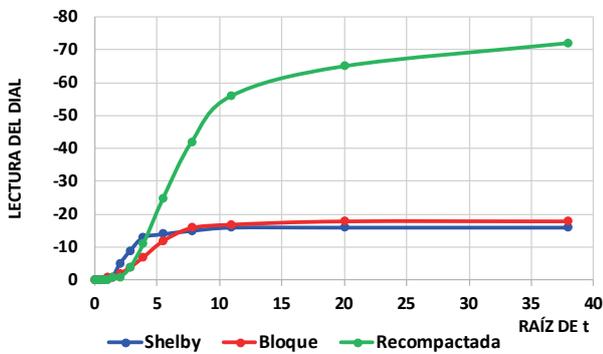


Figura 2. Curva Taylor para cada tipo de muestra extraída para una carga de 0,25 kg/cm²

Tabla 7. Deformaciones de las muestras para una carga de 0,50 kg/cm²

Tiempo, min	$\sqrt[3]{t}$	Muestra extraída en:		
		Tubo Shelby	Bloque	Recompactada
Lectura del dial o deformímetro, div				
0	00,0	-16	-18	-72
0,1	0,32	-16	-11	-72
0,25	0,50	-16	-11	-72
0,5	0,71	-16	-10	-72

Tabla 7. Deformaciones de las muestras para una carga de 0,50 kg/cm²

Tiempo, min	$\sqrt[3]{t}$	Muestra extraída en:		
		Tubo Shelby	Bloque	Recompactada
Lectura del dial o deformímetro, div				
1	1,00	-16	-10	-72
2	1,41	-16	-9	-72
4	2,00	-16	-8	-72
8	2,83	-16	-7	-72
15	3,87	-16	-6	-72
30	5.48	-16	-5	-72
60	7,75	-16	-4	-72
120	10,95	-16	-3	-72
400	20,00	-16	-2	-72
1440	37,95	-16	3	-72

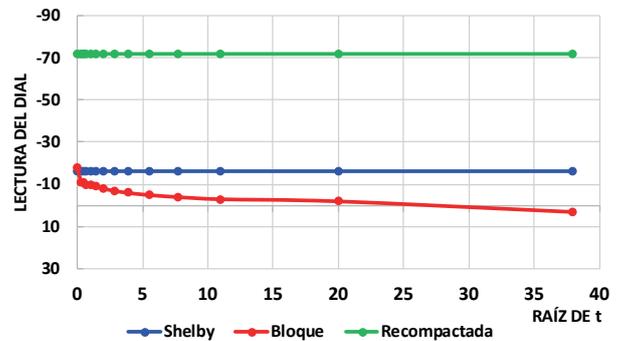


Figura 3. Curva Taylor para cada tipo de muestra extraída para una carga de 0,50 kg/cm²

Tabla 8. Deformaciones de las muestras para una carga de 1,00 kg/cm²

Tiempo, min	$\sqrt[3]{t}$	Muestra extraída en:		
		Tubo Shelby	Bloque	Recompactada
Lectura del dial o deformímetro, div				
0	0,00	-16	3	-72
0,1	0,32	-15	20	-64
0,25	0,50	-15	41	-64
0,5	0,71	-15	45	-63
1	1,00	-15	46	-62
2	1,41	-15	48	-61
4	2,00	-15	50	-61
8	2,83	-15	54	-60
15	3,87	-15	56	-59
30	5.48	-15	58	-59
60	7,75	-12	60	-57
120	10,95	-12	61	-56
400	20,00	-12	62	-40
1440	37,95	-11	65	-40

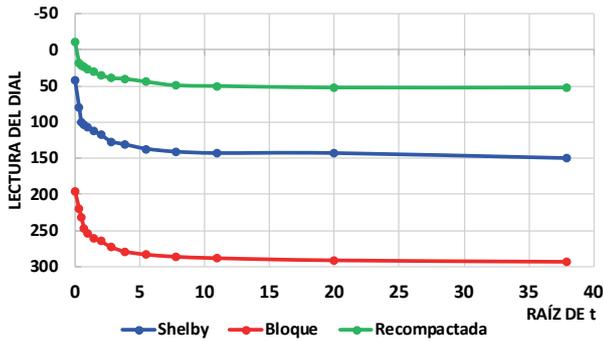


Figura 4. Curva Taylor para cada tipo de muestra extraída para una carga de 1,00 kg/cm²

Tabla 9. Deformaciones de las muestras para una carga de 2,00 kg/cm³

Tiempo, min	\sqrt{t}	Muestra extraída en:		
		Tubo Shelby	Bloque	Recompactada
Lectura del dial o deformímetro, div				
0	0,00	-11	65	-40
0,1	0,32	9	80	-30
0,25	0,50	11	110	-25
0,5	0,71	13	140	-24
1	1,00	16	155	-21
2	1,41	18	162	-20
4	2,00	21	171	-19
8	2,83	25	176	-16
15	3,87	28	179	-15
30	5,48	33	183	-13
60	7,75	35	185	-12
120	10,95	36	189	-12
400	20,00	37	190	-12
1440	37,95	42	196	-11

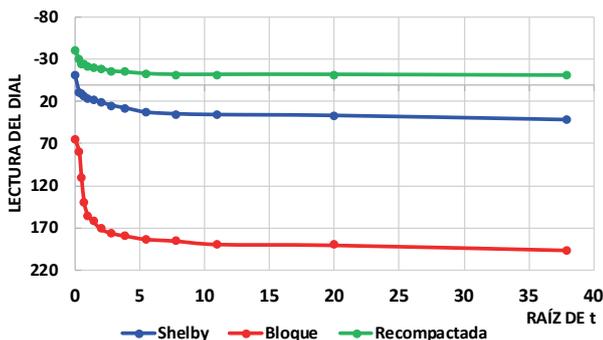


Figura 5. Curva Taylor para cada tipo de muestra extraída para una carga de 2,00 kg/cm²

Tabla 10. Deformaciones de las muestras para una carga de 4,00 kg/cm²

Tiempo, min	\sqrt{t}	Muestra extraída en:		
		Tubo Shelby	Bloque	Recompactada
Lectura del dial o deformímetro, div				
0	0,00	42	196	-11
0,1	0,32	80	220	18
0,25	0,50	100	232	22
0,5	0,71	104	247	24
1	1,00	107	254	27
2	1,41	112	260	31
4	2,00	118	265	35
8	2,83	127	273	39
15	3,87	131	279	40
30	5,48	137	283	44
60	7,75	141	286	49
120	10,95	143	288	50
400	20,00	143	291	52
1440	37,95	150	293	52

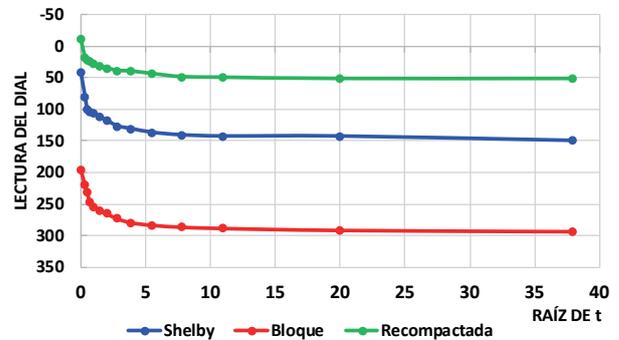


Figura 6. Curva Taylor para cada tipo de muestra extraída para una carga de 4,00 kg/cm²

La tabla 11 indica las diferentes lecturas de las deformaciones para las descargas de los especímenes para cada tipo de muestra.

Tabla 11. Lecturas de las deformaciones para las descargas de los especímenes

Valor de la descarga	2,00 kg/cm²	1,00 kg/cm²	0,5 kg/cm²
Muestra extraída en:	Lectura del dial o deformímetro		
Tubo Shelby	136	111	90
bloque	284	267	251
Recompactada	48	35	28

En la tabla 12 se señalan las diferentes de lecturas para carga y descarga de los especímenes para cada tipo de muestra.

Tabla 12. Resumen de lecturas para carga y descarga de los especímenes

CARGAS, kg/cm ²	Muestra extraída en:		
	Tubo Shelby	Bloque	Recompactada
	Lectura del dial o deformímetro		
0,25	-16	-18	-72
0,50	-16	3	-72
1,00	-11	65	-40
2,00	42	196	-11
4,00	150	293	52
2,00	136	284	48
1,00	111	267	35
0,50	90	251	28

En la tabla 13 se muestran los datos de la curva de compresibilidad de los especímenes para cada tipo de muestra.

Tabla 13. Datos de la curva de compresibilidad para muestra extraída

Carga aplicada	Muestra extraída en:		
	Tubo Shelby	Bloque	Recompactada
	Relación de vacíos instantánea		
0,00	0,844	1,022	0,762
0,25	0,858	1,041	0,826
0,50	0,858	1,019	0,826
1,00	0,854	0,956	0,797
2,00	0,804	0,822	0,771
4,00	0,704	0,723	0,715
2,00	0,717	0,732	0,719
1,00	0,740	0,750	0,730
0,50	0,760	0,766	0,737

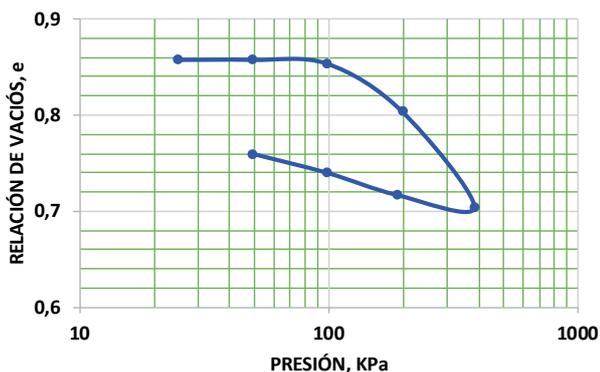


Figura 7. Curva de Compresibilidad para muestra extraída en Tubo Shelby

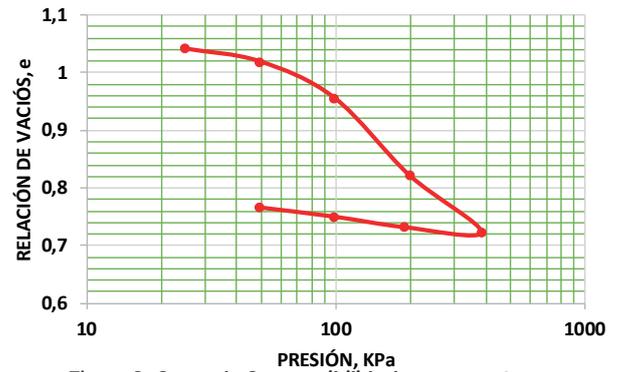


Figura 8. Curva de Compresibilidad para muestra extraída en Bloque

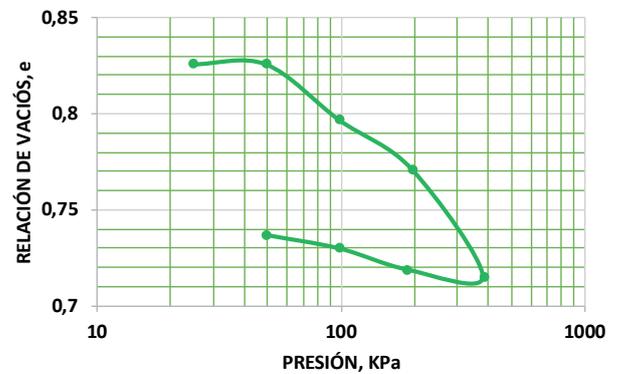


Figura 9. Curva de Compresibilidad para muestra recompactada.

En la tabla 14 se resumen de Resultados de las Propiedades Índices para cada tipo de muestra.

Tabla 14. Resumen de Resultados de las Propiedades Índices

Ensayo	Tipo de Muestra extraída en:		
	Tubo Shelby	Bloque	Recompactada
Relación de vacíos, e.	0,85	0,87	0,78
Porosidad, n.	0,46	0,47	0,44
Grado de saturación, s.	0,52	0,44	0,30
Peso unitario de la muestra, γ_m , kg/cm ³ .	1,71	1,66	1,67
Peso específico de los sólidos, γ_s , kg/cm ³ .	2,73	2,73	2,73

En la tabla 15 se muestran las presiones de preconsolidación obtenidas por diferentes métodos gráficos para cada tipo de muestra.

Tabla 15. Presiones de preconsolidación para diferentes métodos gráficos (kPa)

Método gráfico	Tipo de Muestra extraída en:		
	Tubo Shelby	Bloque	Recompactada
De la bisectriz (Casagrande)	158	75	116
Simplificado	147	74	105
Pacheco Silva (1970)	172	76	160

La tabla 16 indica los Índices de preconsolidación, OCR, obtenidos por diferentes métodos gráficos para cada tipo de muestra.

Tabla 16. Índices de preconsolidación, OCR

Método gráfico	Muestra extraída en:		
	Tubo Shelby	Bloque	Recompactada
De la bisectriz (Casagrande)	6,47	3,17	4,87
Simplificado	6,02	3,12	4,41
Pacheco Silva (1970)	7,05	3,20	6,71
Tipo de arcilla			
PRECONSOLIDADA O SOBRECONSOLIDADA OCR>1			

En la tabla 17 se muestran los Coeficientes de compresión y expansión para cada tipo de muestra.

Tabla 17. Coeficientes de compresión y expansión (Cc Y Cs)

Coeficiente de	Muestra extraída en:		
	Tubo Shelby	Bloque	Recompactada
Compresión Cc	0,323	0,387	0,186
Expansión Cs	0,062	0,048	0,024

Se obtuvo un valor de Capacidad de Carga admisible asumida mediante la ecuación de capacidad de carga modificada de Meyerhof y correlaciones del índice de penetración estándar N60 para la estimación de parámetros de resistencia del suelo y con una capacidad de carga admisible del suelo neta.

$$\sigma_{adm} = 0,265 \text{ MPa} \quad \sigma_{n_{dm}} = 0,245 \text{ MPa}$$

Se trabajaron los asentamientos con base al esquema de la figura 8.

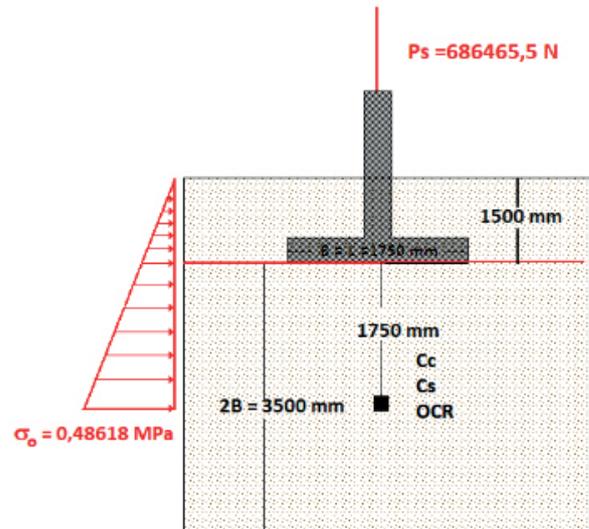


Figura 8. Esquema del Sistema

Para el cálculo de las deformaciones se hizo uso de las fórmulas de asentamientos por consolidación primaria de Terzaghi para un suelo preconsolidado o sobreconsolidado. La tabla 18 indica las deformaciones del suelo obtenidas por diferentes métodos gráficos para cada tipo de muestra.

Tabla 18. Deformación del suelo, mm

Método gráfico	Muestra extraída en:		
	Tubo Shelby	Bloque	Recompactada
De la bisectriz (Casagrande)	83,949	258,324	81,877
Simplificado	99,474	261,745	95,801
Pacheco Silva (1970)	65,683	254,949	36,935
Tipo de arcilla			
PRECONSOLIDADA O SOBRECONSOLIDADA OCR>1			

DISCUSIÓN

El material extraído con Tubo Shelby obtuvo una relación de áreas de 7.64% menor al 15%, lo que la categoriza como una muestra inalterada aparentemente. La muestra en bloque fue extraída mediante el uso de maquinaria de excavación debido a sus propiedades mecánicas de consistencia y dureza.

La muestra recompactada fue densificada a una humedad natural promedio, en todas las muestras, de 16,65%, cuyo valor de densidad con respecto a las muestras inalteradas eran similares (1.71 kg/cm³, 1.66 kg/cm³ y 1.67 kg/cm³ respectivamente). Se tiene una densidad mayor en la muestra extraída con el tubo Shelby.

Las muestras fueron caracterizadas mediante la realización de ensayos, dando como resultados, características típicas de suelos arcillosos necesarias para la ejecución del trabajo. Según la clasificación de suelos del sistema AASHTO, se estaría frente a un A-7-5 (18) y en el sistema SUCS frente a un CL o una arcilla orgánica de baja a mediana plasticidad.

En la preparación de los especímenes de pruebas se pudo evidenciar que las densidades de las muestras coincidían aceptablemente con las calculadas en el ensayo de relaciones volumétricas y gravimétricas (1.68 kg/cm³, 1.62 kg/cm³ y 1.61 kg/cm³).

cm³), indicando que las muestras se elaboraron y manipularon correctamente, sin perder las propiedades en su estado natural. Sin embargo, se mantiene la diferencia de densidades con respecto a la muestra extraída con el Tubo Shelby.

En el proceso de aplicación de carga a los especímenes, estos en primera instancia fueron sometidos a una deformación negativa, debido a las presiones de hinchamiento del producto por la saturación de la arcilla seca y a su gran potencial de absorción y expansividad. El hinchamiento se fue reduciendo a medida que se equilibraba con el aumento de esfuerzo en los especímenes, hasta llegar a sobrepasarla. En la muestra extraída con el Tubo Shelby, la deformación positiva inicio a los 0.1 minutos de aplicar una carga de 2.00 kg/cm²; en la muestra extraída en bloque a los 1440 minutos de aplicar una carga de 0.50 kg/cm², y para una muestra recompactada a los 0.1 minutos de aplicar una carga de 4.00 kg/cm². Esta variación se debe a las propiedades de cada muestra y a la naturaleza de su extracción.

En la elaboración de las curvas vírgenes de consolidación o de compresibilidad, se pudo observar diferencias en la definición geométrica de las mismas, dando como resultado valores similares en las pendientes de la zona de compresión y expansión de las muestras extraídas con el Tubo Shelby y en bloque. Sin embargo, se presentó una diferencia respecto a la muestra recompactada.

Las pendientes más definidas geoméricamente se encuentran en la curva generada por la muestra extraída en bloque, debido a la facilidad de cálculo de los coeficientes a partir de una recta. Sin embargo, en las muestras extraídas con el Tubo Shelby y recompactada, se muestran pendientes difíciles de definir.

Los valores de las presiones de preconsolidación fueron calculados mediante diferentes métodos gráficos (método de la bisectriz o Casagrande, método simplificado y método de Pacheco Silva). La elección de un método para estimar las presiones de preconsolidación son proporcionales al criterio del ingeniero diseñador, quedando demostrado que todas guardan una significativa relación en cuanto a sus valores. Sin embargo, se pudo demostrar que las muestras extraídas en bloque poseen valores significativamente iguales en todos los métodos (75 kPa, 74 kPa, 76 kPa).

Todas las propiedades de las muestras guardan una relación directa de acuerdo a la naturaleza del suelo en el lugar de exploración. En las propiedades, se obtuvieron datos correlacionados respecto a la relación de vacíos, porosidad, grado de saturación y pesos unitarios del suelo.

En cuanto a los valores de los índices de preconsolidación, estos indicaban un tipo de suelo sobreconsolidado o preconsolidado debido a que la relación de OCR era mayor a 1. El sitio de extracción, según información del lugar, es una zona de constante movimiento de suelos debido a la actividad de producción tejera. Probablemente estos suelos hayan sido expuestos a incrementos de esfuerzos en su historia geológica. En cuanto a los coeficientes de compresión y expansión, se pudo observar una relación casi directa entre los especímenes de muestras extraídas en bloque y con el Tubo Shelby. Sin embargo, el espécimen de muestra recompactada posee menores valores debido a que este pasó por un proceso anterior de compactación.

En la interposición de las curvas vírgenes de consolidación, aparte de verse las diferencias en las definiciones geométricas de las mismas, se puede observar, de manera más precisa, que la muestra extraída en bloque, posee una mayor relación de vacíos en la zona de compresibilidad mientras que, en la zona de expansibilidad, el proceso de recuperación de vacíos es muy similar en todas las muestras.

En la estimación de la capacidad de carga admisible del suelo, parámetros de resistencia para el dimensionamiento de la fundación, se puso evidenciar la similitud con respecto a los métodos empíricos mediante el uso del índice de penetración estándar.

La carga céntrica que se estimó en la fundación superficial, corresponde a un valor acorde al tipo de estructura que se planteó en el trabajo. El dimensionamiento de la fundación se realizó mediante la capacidad de carga admisible neta de 0,245 MPa, producto de una estimación del método de Meyerhof, cuyo valor es el que produce los asentamientos en las estructuras.

En el cálculo de las deformaciones del suelo y el asentamiento de la fundación se pudo evidenciar que la muestra extraída en bloque obtuvo la mayor deformación de todas debido a su alto potencial de expansibilidad. Este resultado está acorde a las situaciones más críticas, desfavorables, conservadoras y verdaderas de una estimación de los asentamientos de las estructuras. La muestra recompactada obtuvo la menor deformación en el proceso de descarga, dando como referencia la no similitud con la realidad, debido a que esta fue sometida a un proceso anterior de compactación.

REFERENCIAS

LANCELLOTTA. R. (2009). Geotechnical Engineering, Estados Unidos y Canadá; Taylor & Francis e-Libraré.
BRAJA. D. M. (2012). Fundamentos de ingeniería geotécnica, México; Cengage Learning.
GUÍA DE CIMENTACIONES EN OBRAS DE CARRETERAS. (2009). España; 3 edición
SOCIEDAD AMERICANA PARA PRUEBAS Y MATERIALES

CITA

